МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ "КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО"

Б.С. Воронцов, Ю.М. Бецко, О.О. Мельник

# КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського як навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка»

Київ КПІ ім. Ігоря Сікорського 2023

Рецензенти:	Ступницький В.В., д-р	техн.	наук, професор,	завідувач кафедри
	робототехніки	та	інтегровани	х технологій
	машинобудування	Націс	нального універ	ситету «Львівська
	політехніка»			
	Васильченко Я.В., д-р	техн.	наук, професор,	завідувач кафедри
	комп'ютеризования	к меха	атронних систем	, інструментів та
	технологій Донбас	ької де	ержавної машино	будівної академії
Відповідальний				
редактор	Охріменко О.А., д-р тех	хн. нау	/к, проф.	

#### Гриф надано Вченою радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол №22/23-364 від 09.03.2023 р.)

Електронне мережне навчальне видання

Воронцов Борис Сергійович, д-р техн. наук, проф. Бецко Юрій Михайлович, ст. викладач Мельник Олена Олексіївна, канд. техн. наук, доц.

# КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Комп'ютерне моделювання технологічних процесів [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» за освітньо-науковою програмою магістерської підготовки - Технологія машинобудування/ Б.С. Воронцов, Ю.М. Бецко, О.О. Мельник; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 6,5 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 186 с.

Навчальний посібник написано за програмою курсу «Комп'ютерне моделювання технологічних процесів», затвердженої методичною комісією навчально-наукового механіко-машинобудівного інституту Національного технічного університету "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

В посібнику докладно викладено теоретичні положення курсу, дається методика вирішення задач із застосуванням сучасних комп'ютерних технологій. Обсяг та послідовність викладення матеріалу підібрано з урахуванням забезпечення самостійної роботи студентів. Навчальний посібник призначений для студентів всіх форм навчання.

© Б.С. Воронцов, Ю.М. Бецко, О.О. Мельник © КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023

**3MICT** 

Вступ	5
1. Імітаційне моделювання	6
1.1 Основні стадії проектування виробничих систем моделюв	ання6
1.3 Основні цілі і завдання імітаційного моделювання	6
1.3.1. Проектування виробничого підрозділу з нуля	7
1.3.2 Рішення оптимізаційних завдань на існуючому	
виробництві	7
1.4 Постановка експериментів. Моделювання сценарію «що,	якщо?»
•••••••••••••••••••••••••••••••••••••••	12
1.5 Алгоритм оптимізації моделі	13
1.5.1 Постановка оптимізаційної задачі	13
1.5.2.Етапи оптимизації	16
2. Поняття теоретичної логістики	22
2.1.Покоління програмних засобів імітаційного моделювання	ı22
2.2.Загальна оцінка пакетів для імітаційного моделювання	22
2.4.Вимоги, що пред'являються до симуляторів в плані засто	сування
статистичних методів	23
2.5.Вимоги, що пред'являються до симуляторів в плані ви	ведення
результатів і візуалізації	23
3. Огляд сучасних симуляторів	26
3.1. Arena	26
3.2.Extend	27
3.3.AutoMod	27
3.4.Quest	27
3.5. Tecnomatix Plant Simulation (eM-Plant)	
3.6.ProModel	29
3.7.Enterprise Dynamics (Taylor ED)	29
3.8.WITNESS	
3.9.AnyLogic	30
3.10. Plant Simulation	
3.10.1. Історія продукту	32
3.10.2.Короткий опис	32
3.10.3.Особливості продукту	
3.10.4.Використання	34
4. Порядок роботи в системі Tecnomatix Plant Simulation	35
4.1. Моделювання виробничої лінії	35
4.1.1.Підготовка імітаційної моделі	35
4.1.2.Імітація виробничого процесу	37
4.1.3.Аналіз результатів імітації і корекція моделі	

4.2	Створення власного	) класу об'єкті	B	43
4.3	Методи розподілу за	авантаження м	ііж верстатами	52
4.4	Створення	власної	стратегії	розподілення
дета	лей	• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	••••••	59
4	4.4.1. Підготовка імі	ітаційної моде.	лі	59
4	4.4.2 Імітація вироб	ничого процес	y	64
4	4.4.3 Аналіз результ	атів імітації та	а корекція моде	елі64
4.5	Моделювання виро	бничої лінії з р	обітниками	70
4	4.5.1. Підготовка імі	ітаційної моде.	лі	70
4	4.5.2. Імітація вироб	бничого процес	ey	73
4	4.5.3 Аналіз результ	атів імітації та	а корекція моде	елі73
4.6 M	оделювання роботі	а робітників цо	exy	78
4.7 M	оделювання в режи	имі 3D		
4.8 O	рієнтування загото	вок та об'єктів	в цеху	
4	4.8.1. Підготовка імі	ітаційної моде.	лі	91
<b>4.9</b> 31	найомство з анімаці	ією та 3D моде	люванням вир	обничих
проц	есів в програмі Тес	nomatix Plant S	Simulatio	98
4.10	Створення моделі в	ієрархічному	порядку	110
4.11.	3D: анімовані об'єк	ти	•••••	118
<b>4.12</b> ]	Метод організації р	уху працівник	ів в цеху	126
<b>4.13</b> ]	Методи створення в	зізуально прив	абливої 3D мод	целі131
4.14	Трофесійна анімаці	я об'єктів	•••••	144
4.15	Екпериментальні д	ослідження у м	иенеджера по е	кспериментах у
серед	овищі Siemens Teci	10matix Plant S	imulation	
4.16	Зикористання біблі	отеки «Cranes	and More» y im	ітаційній
моде	лі	•••••	•••••	162
4.17	Робота та використа	ання портальн	ого крану	168
<b>4.18</b> ]	Методи вивчення в	итрат робочого	о часу спостере	женням178
Поси	лання	• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	•••••	

#### ВСТУП

У навчальному посібнику описані засоби інструментального середовища Siemens Tecnomatix Plant Simulation для розробки віртуального цифрового процесу організації руху деталей у часі та у просторі на дільницях машинобудівних підприємств. Розкрито процес формування потоків деталей по робочих місцях з метою створення імітаційної моделі роботи дільниці, подальшого аналізу та прийняття рішення щодо поліпшення організації та управління процесами виробництва, наведено ілюстрації. Результатом роботи служать розроблені 2D та/або 3D моделі віртуальної дільниці з візуалізацією потоків деталей по робочих місцях і розрахованими характеристиками організації виробничого процесу на дільниці з механообробним обладнанням.

Цей навчальний посібник створений не лише для вивчання та засвоєння матеріалу по дисципліні «Комп'ютерне моделювання технологічних процесів», передбаченого програмою підготовки магістрів за спеціальністю 131 «Прикладна механіка», а й для формування компетенцій майбутнього фахівця при виконанні реальних проектів на виробництві та у наукових дослідженнях.

Дана дисципліна складається з одного кредитного модуля, який є основою для підготовки висококваліфікованих фахівців, здатних вирішувати науково-технічні області базові задачі В моделювання параметрів технологічних процесів виготовлення різних деталей та машин В машинобудівному виробництві, створення математичних та імітаційних моделей процесів і обладнання, планування експериментальних досліджень та використання методик їх математичної обробки, моделювання роботи технологічних виробничих систем, використання інформаційних технологій при розробці нових технологій та виробів машинобудування.

Для вивчення даної дисципліни необхідно вивчити наступні дисципліни: математика, інженерна та комп'ютерна графіка, обладнання виша механообробних цехів, технологія машинобудування, складальні процеси в машинобудуванні, автоматизоване проектування, основи тривимірного моделювання, теорія автоматичного управління технологічними системами, досліджень, автоматизовані системи основи наукових організації та управління виробництвом, теорія планування експериментів.

## 1. ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

При проектуванні виробничої логістичної системи використовується метод математичного моделювання – імітаційне моделювання. Суть методу полягає у заміні реальної системи цифровою моделлю та моделюванні на ній процесів функціонування реальної виробничої системи. Ефективність використання цього методу багато в чому визначається наявністю та функціоналом спеціальних програмних рішень [9].

## 1.1. Основні стадії проектування виробничих систем

- а). Побудова та оптимізація моделі виробничої системи.
- b). Розробка проектної документації:
  - розробка компоновки виробничої системи;
  - розробка технологічних планувань виробничих підрозділів.
- с). Розробка виробничо-технологічних вимог до будівельної частини проекту.

#### 1.2. Методологія імітаційного моделювання

Системна динаміка – метод моделювання, при якому для досліджуваної системи будуються графічні діаграми причинних зв'язків і глобальних впливів одних параметрів на інші в часі, а потім створена на основі цих діаграм модель імітується на комп'ютері.

Дискретно-подієве моделювання – метод моделювання, що пропонує абстрагуватися від безперервної природи подій і розглядати тільки основні події, що моделюються, такі як: очікування, обробка замовлення (виконання технологічної операції), переміщення об'єкта виробництва.

*Агентне мо*делювання – метод, що описує індивідуальні правила поведінки активних об'єктів, їх взаємодію між собою і з зовнішнім середовищем.

## 1.3. Основні цілі і завдання імітаційного моделювання

#### 1.3.1. Проектування виробничого підрозділу з нуля

- а). Проектування технологічних процесів:
- побудова технологічного процесу;
- виділення критичних шляхів;
- формування специфікації виробничого обладнання;
- формування структури робочих місць.
- b). Проектування планувань виробничих підрозділів.

с). Проведення імітаційного моделювання роботи ВС, в тому числі руху матеріальних потоків через ВС:

- визначення часу виробничого циклу;
- виявлення вузьких місць. Управління коефіцієнтами завантаження устаткування;
- проведення ряду ітерацій для оптимізації по варійованим параметрам.

#### 1.3.2. Рішення оптимізаційних завдань на існуючому виробництві

а). Побудова технологічних процесів:

- імпорт у систему технологічних процесів;
- імпорт каталогів технологічного обладнання, СТО тощо;
- виділення критичних та навколокритичних шляхів;
- призначення вартісних та часових параметрів для елементів системи.
- b). Проектування планувань виробничих підрозділів.

с). Проведення імітаційного моделювання роботи ВС, зокрема руху матеріальних потоків ВС:

- визначення часу виробничого циклу;
- виявлення вузьких місць. Управління коефіцієнтами завантаження обладнання;
- проведення ряду ітерацій для оптимізації за параметрами, що варіюються.
- d). Вхідні дані:
- номенклатура виробів, заготовок і графік поставок;
- елементи технологічної системи;
- елементи транспортної системи;
- елементи складської системи;
- правила руху матеріальних потоків;
- робочі зміни і графік робіт рис.1.1



Рис. 1.1 Програмне середовище, що ілюструє технологічний процес

е). Вихідні дані:

- 2D або 3D модель логістичної системи, що наведені рис.1.2-1.4;
- звіти(Статистичні дані);
- найкращі рішення по організації роботи виробничої системи рис.1.5 -1.8;
- оптимальні значення параметрів логістичної системи (цільові функції).



Рис. 1.2 Імітаційне моделювання за допомогою програмного середовища

f). Типові елементи фізичної моделі виробничої системи (рис. 1.3.).



Рис.1.3 Типові елементи фізичної моделі виробничої системи

g). Побудова фізичної моделі виробничої системи



Рис.1.4 Побудова фізичної моделі виробничої системи

h). Верифікація фізичної моделі виробничої системи

Верифікація переміщень персоналу в ЗDплануванні виробничого підрозділу

Верифікація компонування робочого місця в3D



Рис. 1.5 Верифікація фізичної моделі виробничої системи

і). Типові елементи логічної моделі виробничої системи

## Графік робіт

State States into					
Burne	Dey_1				
Filed Files	14.00				
East Time	92.81	Day 15	frenk States		
No. of Distalia Decay	1		Decak Name	StartHear	Start Min
Eature 11	Maderation 1	Erenk-1	Break_1 +	2	0
1.40154	Aug I ad High out at	Bresk-2	Break 2 *	4	0
Ore with	I use restare	Break 3	Break_1 *	6	0
2					Cancel
	and terret				

## Тип і ймовірність поломки обладнання



## Виробничий процес Правила проходження

матеріального потоку через виробничу систему



Рис. 1.6 Типові елементи логічної моделі виробничої системи

## ј). Побудова логічної моделі. Проектування матеріальних потоків



Рис.1.7 Побудова логічної моделі

k). Формування переліку операцій технологічного процесу

Перелік	Технолог	ічні про	цеси
операцій	Lijex A	Liex B	Liex C 1
ie III Grabh DOM Ie ← ○ 010 Stifovochnaya CL, 1 Ie ← ○ 010 Stifovochnaya CR, 1			
(e - 년 010 Stéřovočnava Masn, 1 (e - 년 010 Stěřovočnava UL, 1 (e - 년 010 Stěřovočnava UR, 1 (e - 년 020 Stěřovarie D, 1	20 pt pt pt		
응 - <sup>(1)</sup> 0.00 Shifewachnaya CL, 1 응 - <sup>(1)</sup> 0.00 Shifewachnaya CR, 1 용 - <sup>(1)</sup> 0.00 Shifewarks D, 1 명 - <sup>(1)</sup> 0.00 Shifewarks D, 1 명 - <sup>(1)</sup> 0.00 Shifewarks H, 1			20-24 20-24
	PR.24		58
[1] ← 0.00 SMFovochnaya 34, 1 [2] ← 0.0405 SMFovochnaya 19P, 1 [2] ← 0.0405 SMFovochnaya 19Pt, 1 [2] ← 0.050 SMFovochnaya 17, 1 [3] ← 0.050 SMFovochnaya 17, 1	Carry All Guile Realise Research of spins Real		
(급 · 1 <sup>4</sup> ) 080 Shifovochnaya Mikm, 1 (급 · 1 <sup>4</sup> ) 130 Shifovochnaya Mikm, 1 (급 · 1 <sup>4</sup> ) 150 Shifovochnaya Mikm, 1 (급 · 1 <sup>4</sup> ) 160 Shifovochnaya Mikm, 1			

Рис. 1.8 Формування переліку операцій технологічного процесу

1). Попереднє визначення складу і кількості:

- визначення структури цеху;
- визначення складу і кількості обладнання на будь- якій ділянці;
- формування попереднього планування ілюстровано на рис.1.9;
- визначення технологічної собівартості виготовлення комплексних деталей в кожному цеху;
- визначення технологічної сумарної собівартості виготовлення комплексних деталей;
- коригування складу і кількості обладнання;
- формування попереднього планування цехів.



Рис.1.9 Попереднє визначення складу і кількості

#### 1.4 Постановка експериментів. Моделювання сценарію «що, якщо?»

- а). Постановка експерименту:
- визначення керованих змінних моделі рис.1.10;

<u>ठ</u> Control_Var_	1 Properties
Entity Type	Daily Schedule
Entity Name	Day_1_Source
Attribute	Start Time
Min Value	10.0000 sec
Max Value	1000.00 sec
Step	10.0000 sec

Рис.1.10 Керовані змінні моделі

- завдання діапазону і кроку зміни значень керованих змінних (рис.1.11);



Рис. 1.11 Діапазон і крок зміни значень керованих змінних

- завдання параметрів експерименту рис.1.12;

🔀 Experiment Setup				
	Control_Var_1	Control_V	ar_2	
Experiment 1	10	10.0	)00 sec	
Experiment 2	10.000 sec	100.0	)00 sec	
Experiment 3	100.000 sec	10.0	)00 sec	
Experiment 4	100.000 sec	100.0	)00 sec	
		OK	Cancel	

Рис. 1.12 Параметри експерименту

- b). Запуск експериментів.
- с). Виведення отриманих результатів рис.1.13.

art Classes												
blassa	Avg. Residence Time			Avg. Residence Time Created Parts				Destroyed Parts				
Name	Run 1	Run 2	Run 3	Run 4	Run 1	Run 2	Run 3	Run 4	Run 1	Run 2	Run 3	R
Part1	0.454	0.486	0.454	0.486	2048	2051	2048	2051	2041	2043	2041	2
Pallet1	0.000	0.000	0.000	0.000	11	11	11	11	0	0	0	
▶ Expe Файл Г Daily <proce Daily <proce Daily <proce Daily <proce< p=""></proce<></proce </proce </proce 	<mark>Primenta</mark> Schedu SS_TIM Schedu SChedu SS_TIM SChedu SS_TIM SChedu SS_TIM	tion_log opmar Br E> Dist E> Dist E> Dist le Star E> Dist le Star E> Dist	- Блокно t/End 1 ributio t/End 1 ributio t/End 1 ributio t/End 1 ributio	r cime se cime se cime se cime se cime se cime se cime se	t to <( to <cor t to &lt;( to <cor t to &lt;6 to <cor t to &lt;6 to <cor< th=""><th>)&gt; hstant() hstant() 50&gt; hstant() 50&gt; hstant()</th><th>10.0000 100.000 10.0000 100.000</th><th>000)&gt; f( 0000)&gt; f 000)&gt; f( 0000)&gt; f</th><th>or <pro for <pr or <pro for <pr< th=""><th>cess_1&gt; ocess_1 cess_1&gt; ocess_1</th><th></th><th></th></pr<></pro </pr </pro </th></cor<></cor </cor </cor 	)> hstant() hstant() 50> hstant() 50> hstant()	10.0000 100.000 10.0000 100.000	000)> f( 0000)> f 000)> f( 0000)> f	or <pro for <pr or <pro for <pr< th=""><th>cess_1&gt; ocess_1 cess_1&gt; ocess_1</th><th></th><th></th></pr<></pro </pr </pro 	cess_1> ocess_1 cess_1> ocess_1		







Рис. 1.14 Статистичні данні

## 1.5 Алгоритм оптимізації моделі 1.5.1 Постановка оптимізаційної задачі

Приклади постановок оптимізаційних задач:

- мінімізація виробничого циклу;
- мінімізація виробничої собівартості.

а). Завдання діапазону і кроку зміни значень параметрів цільової функції – керованих змінних.

🙈 Optimization Setup	×
Number of Iterations	3
Stop Time	120.000 sec
Auto Stop	No
Replication Mode	Fixed Number -
Number of Replications	2
Objective Function	Constraints
Confidence Interval	Suggested Solutions
Optimization	
Run	Continue
Re	port
	OK Cancel

Рис.1.15 Діапазон і крок зміни значень параметрів цільової функції

b). Визначення цільової функції рис.1.16.

🚵 Objective Function	x x x x x x x x x x x x x x x x x x x
Optimization Type	Maximize
Objective Function	5280/Control_Var_1->value-5280/(8.89+58.2/(Control_Var_2->value+Control_Var_3->value+Control_Var_4->value+Control_Var_5->value)
	OK Cancel

Рис. 1.16 Цільова функція

- с). Завдання кількості ітерацій і повторень.
- d). Завдання умов зупинки процесу оптимізації.
- е). Завдання граничних умов 1.17.
- f). Запуск процесу оптимізації моделі.

<u> A</u> Optimization Data	
Run No.	3
Replication No.	1
Current Best Value	-533.835

Рис. 1.17 Оптимізація моделі

g). Виведення одержаних результатів рис.1.18. На екран монітора

У файл





Рис. 1.18 Одержанні результати

h). Вартісний аналіз варіантів планувань виробничої системи (рис. 19).

2 Anombo as fibe and cover, 1     3 2 for many fibe and cover, 1     4 2 for many fibe block on tota locard (180%), 1     5 2 Attach label, 1     5 2 CLE engine block off labe board an put who pade     Cle engine block off labe board an put who pade     Cle engine block off labe board an put who pade	SOM Erny Li General Li Investment Li Investment     Entranted Investment     Entranted Investment     Entranted Investment     Entranted Investment				
Init Conceptual Parring Engine 3.5 HP WORKCELL PRODUC		Calculated Valid Insue		10.000	
<ul> <li>In Preving Vaciery, Engine 3.5 PP V1 WORKCELL PHOD</li> <li>In Preving Vaciery, Engine 3.5 PP V1 WORKCELL PHOD</li> </ul>		Pide Incoments		0.00 0	
E English 1		Carc president is va	99 ( )	E	
Location Centrum, Mill. 1.		brovealment Type		Not accessable	
Parts provision, 1		Software costs		6,00 ¢	
TAX WORKCELL 1, 1					
WORKCELL 2, 1	1.16	Fixed Shares			
III THE WORKCELL 3, 1		Tool costs	0.004	6	
H AND WORKCELL 4, 1	Installation Costons Yssnepor	Installation	0.06 %		
WORKCELL 5, 1		Custom			
Worker II, 1		Transport 0.00 %		4	
		Spare parts	#10 0.00 %		
w G Vicelar 14, 1	1 Pie	lisk allowance 0.00 %			
(a) 🦁 Wester 15, 1		Inspected Interest Raming Tool Costs Maintenance	0.00	0.00 %	
(i) 💇 Washer 20, 3			-		
ie: 💇 Vicaker VPEL, 1	- M		0.00 €/y		
Worker VM12, 1			0.00 €/y		
Duffer, 1	1.0				
Conparty Engine King WORKCELL PRODUCTION, 1		Verable Sharee			
- Print bence worker in the bench in the		Other Valiable Corts	8.00	e/h	
Acception in the monoral and the second seco	1.94	Sector State			
Dereitstellengen mit 2 Bebankern, 1	197	Colculation			
- Manufacturing cell 1, 1		Depreciation Duration	91		0,00 +
2 Arbeitsshuft h=515mm, 1		Depreciation Costs			0.00 6.4
		Fixed Manufacturing D	Color Ma	Alphoi	00060
2 Wallshell 640x220x1000mm,	18	Variable Manufacturin	o Cost	Multiplier	nmen
E TAN Assembly table WORKCELL 1, 1		Manufacture Costs	in male	ACCESSION 1	0.00 6/4
X Assembly Table NW, 1		marchaeolog Contra	- million		0.00 6.4
Contraction States		Enhered Manufacture	g Covi I	Multipler	0.00 6/9
to be developed at marking 1		Calculated Manufactu	eine Co	at Multiplier is Valid	17

Рис.1.19 Розрахунок вартості виробничого обладнання

i). Аналіз варіантів планувань і вибір оптимального рішення (рис. 20).



Puc.1. 20 Аналіз варіантів планувань і вибір оптимального рішення

#### 1.5.2. Етапи оптимизації

а). Розробка планування цеху на рис 1.21.



Рис1.21 Планування цеху

b). Розробка проектної документації.

- вимоги до фундаментів під основне і допоміжне обладнання;

- вимоги до підлоги, виходячи з значень навантаження на них транспортних засобів;

- вимоги до виробничих приміщень за рівнем вологості повітряного середовища, температури, запиленості та інше;

- вимоги до комунікацій для забезпечення роботи виробничого обладнання (електропостачання, стисненого повітря, водопостачання тощо).

d). Приклад виконаного проекту технічного переозброєння.

Мета – забезпечення заданої продуктивності цеху. Принцип організації цеху – предметно-замкнутий рис.1.23.



Рис. 1.23 Предметно-замкнутий принцип організації цеху

е). Початкові дані (1.24):

- планування цеху;
- номенклатура цеху;
- технологічні процеси;
- розрахунок продуктивності (статичний) N, шт / рік.



Рис.1. 24 Проект технічного переозброєння

f). Правила проходження матеріальних потоків через виробничу систему

## ділянки цеху (логічна модель) рис.1.24.



Рис.1. 25 Логічна модель ділянки цеху

g). Візуалізація моделювання.

Графічне представлення обсягу (кількості) незавершеного виробництва в поточний момент часу (рис.1.26).



Рис. 1.26 Візуалізація моделювання

h). Аналіз результатів імітаційного моделювання.

Статичні значення (Розрахунок фахівців заводу) Продуктивність цеху N= 44 шт / рік Динамічні значення (Розрахунок шляхом моделювання) Продуктивність цеху N = 12 шт / рік

N = 12 шт / рік

#### Розбіжність значень в 3,7 рази

і). Основні причини розбіжності значень продуктивності цеху.

Виробничий цикл виготовлення виробу прийнятий рівним технологічному циклу.

Не враховуються втрати часу з виробничих причин.

Не враховується критичний шлях виготовлення комплектуючих, що визначає виробничий цикл виробу. Виробничий цикл виготовлення виробу визначається шляхом імітаційного моделювання.

Враховуються взаємні впливи матеріальних потоків (збої в комплектації складальних операцій, виконання транспортних і складських операцій, організаційні простої транспортного та технологічного обладнання і ін.)

Враховується критичний шлях виготовлення комплектуючих, що визначає виробничий цикл виробу.

## j). Порівняння рішень за результатами моделювання рис.1.27 -1.28.



Рис.1. 27 Порівняння рішень за результатами моделювання

#### Планувальні рішення за розрахунками заводу



Планувальні рішення за результатами моделювання



Рис. 1.28 Планувальні рішення за розрахунками заводу та за результатами моделювання

k). Порівняння рішень за результатами моделювання:

- продуктивність збільшена на 313%;

- виробнича площа залишилася без змін;

- змінена специфікація технологічного обладнання (тип і моделі обладнання та їх кількість).

 Оцінка економічної ефективності, порівняння варіантів виробництва на основі розрахунку показників собівартості продукції, продуктивності праці, ефективності капіталовкладень рис.1.29:

Compare Manufacturing Concept	ts		Valuation Gr	oup of Work Places Nº1
Valuation	Process Flow	Planning Variant	Копциолобложения (115)	0,000
Investment (TE)	150000.0	0.0	Cincurcians NO IT\$1	0,000
Software Costs [T6]	1.0	<u>0</u> 0	Споимость Инструменти ITSI	0,000
Tool Casts [16]	14,1	0,0	RET COUNT	0.000
Sum [TE]	150015,1	0,0		
Installation (TC)	15001.5	0.0	OtopyCotoxue (T\$I	0,000
Customs [T6]	15001.5	0.0	Customs (TS)	0.000
Transport [T6]	30003.0	0.0	Topper page 1791	0,000
Spare parts [TC]	15001,5	0,0		0,000
Risk allowance [16]	21002.1	0.0	30000468 40CMU (134	0,000
Sum [T€]	3,60036	0,0	Pucku 11SI	0,000
			Amozo (TSI	0,000
Humming tool costs [6]	145			
Mantenance [5]	4444	n e lE este an acrei	Encoursem, policious a ISI	0.000
< adamagned discipancy	0,00	ric jeuos are saruj	Access of the second se	0,000
Área [m2]	0	D	DATANDALIOCIDO HISE POCYOUS CM	0,000
Alea Coste [0]	0	0	Арении	ruc. Quasts are zer
Area Side Costa (C)	0	0		
			Naucio, M	0.000
Worker amount Salary Earner		D	Conversions availabilite	0.000
Worker amount Direct	0	0	Acces Side Factor ITSI	0.000
Worker amount indirect	0	0	A RESERVED A	c) and
Costs of Morker (6) Salary Earner	0	D	Κοπινεστήρο στακαταμος (για σκλαιζίε)	0
Casts of worker (6) Direct	0	0	Kon wernte meusteiterfeuweren	
Cods of worker (6) indirect		D	Kon warmha uman affaitenteau a a	
Sum (6)	0	0	колочество негроссоространных р	000408 0
Sam of medium costs [6]	0	D	Сполность персоноло ISI служащи	0,000
Costs of Is that IRI Escished Durchest	n		Спомость персоного 151 робоных	0,000
Ends of huller ICI Base Maharial	ц П	0	Encorection, resonance ISI for career	0.000
Costs of buffer [6] Semi-Finished Product	0	Ď	Harris ICI	0.000
where a many pay wall the first barries	-	-	HURSO PR	0,000

Рис. 1.29 Оцінка економічної ефективності

## m). Завантаження робочих місць ділянки.

Name			State Times		Differences	Avg. Process Time	Parts Added	Parts Rejected	No. of Products
		Idle	Busy - Processing	Blocked - Wait Block	(%)				
	U4astok_sborki_i_elmontazha_FAR_RS	4332.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0
	Stellarh_kompl_one_LIN	4331.000	1.000	0.000	0.023	67.028	480	0	16920
	Rab_mesto_mont_a_C4_1400_K4_N1	294.748	4037.252	0.000	93.196	9.562	1058	0	1192
	Rab_mesto_mont_a_C4_1400_K4_N1_2	894.607	3437.393	0.000	79.349	8.640	1335	0	1155
	Rab_mesto_mont_a_C4_1400_K4_N1_3	1158.963	3173.038	0.000	73.246	9.498	1207	0	1058
	Rab_mesto_mont_a_C4_1400_K4_N1_4	654.728	3677.272	0.000	84.886	9.626	1104	0	1131
	Rab_mesto_mont_a_C4_1400_K4_N1_5	1401.861	2930.139	0.000	67.639	10.838	1034	0	951
	Mah marka mark a 114 14131 8.4 NJ h	1 104 045	1 ANXX NO.	3 83 10 30 3	01 X / X 4X	IL REALS	1 914		1 11151

Таблиця 1.3 Завантаження робочих місць ділянки

Verstak\_BC\_2M\_PuD\_1\_1\_State\_1\_7\_1\_N2 | 824.778 | 40038.000 | 0.000 | 97.982 | 667.597 | 60 | 0 | 60

# 2. ПОНЯТТЯ ТЕОРЕТИЧНОЇ ЛОГІСТИКИ

*Теоретики* в області логістики на перших порах вивчали історично сформовані прийоми і методи організації процесів, аналізували техніку і варіанти дій, а також розробляли рішення для поточних завдань [10].

Щоб встигати за змінами в практиці і бути спроможними ефективно використовувати нові операційні можливості, теоретична логістика повинна перетворитися з переважно описової, орієнтованої на досвід науки, в раціонально обґрунтовану пізнавальну науку табл.2.1.

*Теоретична логістика* повинна знайомити з основами і стратегіями логістики, а також організаційними, технічними і економічними варіантами дій, призначеними для систематичного і цілеспрямованого вирішення логістичних завдань на практиці.

#### 2.1.Покоління програмних засобів імітаційного моделювання

1-е покоління	`60	Стандартні мови програмування	FORTRAN ALGOL etc.
2-е покоління	`70	Спеціальні мови програмування	SLAM SIMSCRIPT GPSS SIMULA etc.
3-е покоління	`80	Засновані на компіляторах інструменти з графічним інтерфейсом для створення моделей і анімацією	Arena Promodel Quest Witness
4-е покоління	`90	Засновані на інтерпретатора інструменти, які мають: об'єктну орієнтацію, інтегрованість, комунікацію в реальному часі, адаптацію до користувача	eM-Plant

Таблиця 2.1 Покоління програмних засобів імітаційного моделювання

#### 2.2.Загальна оцінка пакетів для імітаційного моделювання

Оцінку найважливіших «споживчих якостей» пакета для імітаційного моделювання можна отримати, відповівши на питання:

1.Як підтримується (полегшується і прискорюється) робота програміста на етапах створення і налагодження моделі?

2. Яким чином програміст зможе продемонструвати

«Представнику замовника» працюючу модель і переконати його в її адекватності?

3.Чи буде достатньою швидкодія симулятора проводити такі експерименти з моделями, для яких ці моделі створюються?

4.Чи виникнуть проблеми, якщо модель треба буде інтегрувати в інформаційну систему замовника в такій мірі, як він того забажає сьогодні чи в майбутньому?

### 2.3.Загальні вимоги, що пред'являються до симуляторів

Гнучкість при створенні моделей (modeling flexibility):

- «довільна» гнучкість в програмах;

- можливість вийти за початкові запропоновані рамки;
- можливість застосування певних користувачем змінних і об'єктів;
- модифікація існуючих змінних, об'єктів і процесів;
- просте звернення до пакету (ease of use);
- графічний інтерфейс (GUI) або відповідні редактори.

Ієрархія в структурі моделі;

Наявність адміністратора;

Висока швидкість обробки моделей;

Зручні для користувача «front ends» (зовнішні інтерфейси);

Функції імпорту / експорту.

# 2.4.Вимоги, що пред'являються до симуляторів в плані застосування статистичних методів

«Хороші» генератори випадкових чисел;

Відтворення заданих функцій розподілу;

Можливість роботи з незалежними і залежними між собою послідовностями випадкових чисел;

Побудова інтервальних оцінок результатів моделювання і гістограм;

Стирання статистичних даних після фази «розігріву» моделі (warm-up);

Підтримка при плануванні імітаційних експериментів.

## 2.5.Вимоги, що пред'являються до симуляторів в плані виведення результатів і візуалізації:

- стандартний висновок і / або висновок для певного користувача;
- діаграми для відображення статичних показників;
- гістограми для інтерпретації випадкових показників;
- терміни їх виконання процесів;
- анімація.

Гістограми (рис.2.1).



Рис.2.1 Гістограми

Діаграми Гантта (рис.2.2).



Рис. 2.2 Діаграма Гантта

Діаграма Гантта (англ. Gantt chart, також стрічкова діаграма, графік Гантта, календарний графік) – це популярний тип стовпчастих діаграм (гістограм), який використовується для ілюстрації плану, графіка робіт з якого-небудь проекту. Є одним з методів планування проектів. Використовується в додатках з управління проектами. Перший формат діаграми був розроблений Генрі Л. Гантта в 1910 році на рис 2.2.

По суті, діаграма Гантта складається з смуг, орієнтованих уздовж осі часу. Кожна смуга на діаграмі представляє окреме завдання в складі проекту (вид роботи), її кінці – моменти початку і завершення роботи, її протяжність – тривалість роботи. Вертикальною віссю діаграми служить перелік завдань. Крім того, на діаграмі можуть бути відзначені сукупні завдання, відсотки завершення, покажчики послідовності і залежності робіт, мітки ключових моментів (віхи), мітка поточного моменту часу «Сьогодні» і інші рис.2.3. Статистичний Wizard (рис. 2.3)



Рис. 2.3. Статистичний Wizard

## З.ОГЛЯД СУЧАСНИХ СИМУЛЯТОРІВ

### 3.1. Arena

Моделюються конструкції, які називаються «модулями». Об'єднуються в рамках «Templates» рис.3.1.

stomer Value	Our Product Family	Services	Academic	Programs	Partners	Public Events	User Zone	Contact Us
Dur Produc.	t Family	Basic Edito Factory Ana	on / S Nyzer /	tandard Edition OptQuest	/ Protessi	onal Edition / C	ontact Center /	Packaging
Suppliers	Busin	ess Functio	ns	Cus	tomers			
Sug Na	nply Chain nagement		Gustome Man	Relationship ogement				> Among
Seppler	Warehousing Manufacture Inventory Processo	ing Distribution	Business	Custemer				A Thena
Herageneit	Arona Fecto		Theose					na 👘
†I.	Arena							-
	Paskaging	-	Arrana Car	test Center				
	Arena	Professional	Activity				Rela	ated Information
	Aren	a Standard					Basic Stand	Edition land Edition
	An	ana Basic					Profe: Conta	<u>ssional Edition</u> ct Center
							Backs	

Puc. 3.1 Arena

#### 3.2.Extend

Моделі створюються з заздалегідь підготовлених блоків; модифікацію моделі можна реалізувати за допомогою мови ModL рис.3.2



Puc. 3.2 Extend

#### 3.3.AutoMod

Основна галузь застосування – виробництво і логістика; модифікацію моделі можна реалізувати за допомогою добре розвиненої мови програмування рис.3.3



**3.4.Quest** Пропонується фірмою Delmia; середовище моделювання з графічним

інтерфейсом користувача і модулями для систем обробки матеріальних потоків рис.3.4



Puc. 3.4 Quest

#### 3.5. Tecnomatix Plant Simulation (eM-Plant)

Пропонується фірмою Siemens PLM Software (; основна орієнтація – на виробництво і логістику рис.3.5.



Puc. 3.5 eM-Plant (Plant Simulation)

#### 3.6.ProModel

Пропонується фірмою PROMODEL Corporation; основна орієнтація – на виробництво і логістику; об'єднує в собі елементи моделей і мову рис.3.6.



## 3.7 Enterprise Dynamics (Taylor ED)

Пропонується фірмою F & H Simulations; моделювання грунтується на «атомах» (об'єктах)



Puc. 3.7 Enterprise Dynamics

#### **3.8.WITNESS**

Пропонується фірмою The Lanner Group; основна орієнтація – виробничі системи рис.3.8.



Puc. 3.8 WITNESS

## 3.9.AnyLogic

Пропонується фірмою XJ Techn ologies рис.3.9.



Puc. 3.9 AnyLogic

*AnyLogic* <sup>тм</sup> – інструмент імітаційного моделювання нового покоління, заснований на результатах, отриманих в теорії моделювання і в інформаційних технологіях за останнє десятиліття.

Підтримуючи на єдиній платформі абсолютно всі існуючі підходи дискретно-подієвого і безперервного моделювання (блок-схеми процесів, системну динаміку, агентне моделювання, карти станів, системи рівнянь та інше), AnyLogic <sup>тм</sup> знімає з Вас всі обмеження – аналізуйте проблему, вибирайте кошти – і йдіть до вирішення найкоротшим шляхом!



## AnyLogic: особливості пакета (рис. 3.10)

Рис. 3.10 AnyLogic: особливості пакета

( Pul

Filling

"stop"

Stopped TimedOut

Timeout event

 Used to model timeouts and delays

DES Tools	Ranking 2006	R2006 - R2011	Ranking 2011		in 5 years	Ranking 2016
Arena	1	-₽0	1	Ð	0	1
ProModel	2	<del>-}</del> -2	4	Ð	2	2
FlexSim	10	<del>a</del> 3	7	ଷ	4	3
Simul8	7	👘 5	2	Ð	-2	4
WITNESS	5	-∌2	3	Ð	-2	5
ExtendSim	6	-⊉0	6	Ð	0	6
Simio		NEW	14	♠	7	7
Plant Simulation	17	n 8	9	Ð	1	8
AnyLogic	15	<b>ŵ</b> 10	5	8	-4	9
SIMPROCESS	4	<b>-4</b>	12	Ð	2	10
AutoMod	3	<b>-</b> 5	8	2	-3	11
Micro Saint	14	<del>⊊</del> }-1	15	Ð	3	12
QUEST	8	<del>-</del> ])-2	10	8	-3	13
Enterprise Dynamics	16	🛖 5	11	8	-3	14
ProcessModel	12	-∰-1	13	Ð	-2	15
SimCAD Pro	-	-	16	Ð	0	16
GPSS World	18		19	Ð	2	17
SLX + Proof 3D	11	<b>-</b> 6	17	Ð	-1	18
ShowFlow	-	-	18	Ð	-1	19

Рис. 3.11 Порівняння сучасних симуляторів

#### **3.10. Plant Simulation**

*Plant Simulation* – програмне середовище імітаційного моделювання систем і процесів. Рішення призначене для оптимізації матеріалопотоків, завантаження ресурсів, логістики і методу управління для всіх рівнів планування від цілого виробництва і мережі виробництв до окремих ліній і ділянок [11].

Plant Simulation входить до складу продуктової лінійки Tecnomatix компанії Siemens PLM Software.

#### 3.10.1. Історія продукту

У 1986 році німецька науково-дослідницька організація "Fraunhofer Society for Factory Operation and Automation" розробляє об'єктно-орієнтовану, ієрархічну програму імітаційного моделювання для Apple Macintosh під назвою SIMPLE Mac for Apple Macintosh.

У 1990 році була заснована компанія AIS (нім. Angewande Informations Systeme), якою був створений продукт SIMPLE ++ (нім. Simulation in Produktion Logistik und Engineering – симуляція у виробничій логістиці та проектуванні).

У 1991 році компанія AIS отримала назву AESOP (Angewande EDV-Systeme zur optimierten Planung).

21 жовтня 1997 року AESOP була куплена компанією Tecnomatix Technologies Ltd.

У 2000 році продукт SIMPLE ++ був перейменований в eM-Plant в рамках корпоративного ребрендингу.

На початку 2005 року компанія TECNOMATIX була поглинена компанією UGS Corp. і отримала статус окремого підрозділу. Рік по тому продукт eM-Plant був перейменований і став називатися Tecnomatix Plant Simulation Tool.

У січні 2007 року компанія UGS була придбана концерном Siemens AG. С цього моменту поставки і підтримка рішень Tecnomatix здійснюються компанією Siemens PLM Software.

#### 3.10.2.Короткий опис

*Plant Simulation* – це візуальне об'єктно-орієнтоване середовище для побудови імітаційних моделей широкого класу систем. Моделі будуються з наявної бібліотеки стандартних об'єктів, в якій є кілька основних розділів: *Material Flow* – об'єкти, призначені для обробки рухомих об'єктів.

Наприклад: Source (джерело деталей), SingleProc (одинична операція), Buffer (накопичувач), Line (конвеєр).

Movable Units – рухомі об'єкти: Entity (деталь), Container (тара), Transporter (самохідний транспорт)

Information Flow – об'єкти для інформаційного забезпечення моделі (змінні, таблиці, генератори подій, інтерфейси обміну даними, методи для обробки подій)

*User Interface* – об'єкти для представлення даних (графіки, діаграми) *Fluids* – об'єкти для моделювання трубопроводів і потоків рідин.

Крім стандартних об'єктів доступні додаткові бібліотеки, що реалізують спеціальні об'єкти (крани, автоматизовані склади) або інструменти (нейронні мережі, генератор варіантів).

Всі об'єкти мають набір параметрів (наприклад, час операції) і поведінки. Можна будувати більш складні структури, об'єднуючи базові об'єкти і додаючи підпрограми (методи) обробки подій на мові SimTalk. Таким чином можна створювати призначені для користувача бібліотеки об'єктів і ієрархічні моделі. При моделюванні рухомі об'єкти (Movable Units) переміщаються по створеній структурі, генеруючи події в моменти часу, які визначаються параметрами об'єктів. Зокрема, при вході на об'єкт і виході з нього.

За результатами моделювання автоматично збирається статистика – продуктивність за проміжок часу, час використання обладнання, ступінь заповнення накопичувачів, будь-які інші показники. Крім звичайного, двовимірного, уявлення з анімацією на основі іконок, модель може мати тривимірне уявлення. Для створення тривимірного уявлення використовуються 3D-моделі в форматі JT.

## 3.10.3.Особливості продукту

Вбудована об'єктно-орієнтована мова програмування SimTalk;

Ієрархічна структура моделі з необмеженою глибиною вкладеності;

Можливість використання в симуляції статистичних параметрів відмов;

Набір аналітичних інструментів: аналізатор вузьких місць, діаграма Гантта, діаграма Сенкі і ін.;

Вбудовані універсальні інструменти оптимізації;

Автоматичне формування і проведення наборів експериментів;

Оптимізація на основі генетичних алгоритмів;

Можливість розподілу обчислень на кілька комп'ютерів;

Інтерфейси для обміну даними (ODBC, SQL, Excel, XML, ActiveX, OPC та ін.).

#### 3.10.4.Використання

*Plant Simulation* використовується в багатьох галузях промисловості. Наприклад, в автомобілебудуванні, машинобудуванні, авіаційно-космічної промисловості, обробної промисловості, електронної промисловості, виробництві товарів народного споживання, логістиці, на транспорті, в суднобудуванні та інших галузях. Plant Simulation також використовується в дослідницьких цілях навчальними закладами і науковими організаціями. На сайті доступна безкоштовна студентська версія програми:

https://www.plm.automation.siemens.com/plmapp/education/plant-simulation/ en\_us/free-software/student/?

## 4. ПОРЯДОК РОБОТИ В СИСТЕМІ ТЕСNOMATIX PLANT SIMULATION

#### 4.1 Моделювання виробничої лінії

Розглянемо методику моделювання виробничої лінії у середовищі «*Tecnomatix Plant Simulation»* на прикладі обробки деталей на трьох верстатах. Після запуску програмного додатку необхідно створити нову модель за допомогою кнопки «*Create New Model»* (рис. 4.1). В наступному діалоговому вікні (рис. 4.2) необхідно обрати вид моделі: двовимірна (2D) або тривимірна (3D). Обираємо 3D модель.

TX 🗌 🗌 🗮 🗉	Tecnomatix Plant Simular	dion 14 - Начальная страница	SIEMENS - O ×
Файл Домашняя страница	Отладчик Окно 🖓 Найти команду		^ 🗐 🔞
Открыты ИМ В № № ВШ Открыты ВД СС	иконон Иконон Анимация Анимация	Creptors 2D/2D Berses 2D/2D Desea	нержер теки классов Бодель
Библиотека классов 🛛 🔻 👎 🗙			
🚴 Модель не загружена (0/80)	Tecnomatix Plant S <sub>Модели</sub>	imulation 14 Начало работы	
Избранное 💌 Ф. 🗙	Отарыть модель Создать новую модель	Теспотаtix Plant Simulation × Выберите, хотите ли вы создать 2D или 3D модель. Паже вы можете изменить выбор в меню Файл > Параметры модели > Общие > Визуализ → 2D > 3D	
			3
	Видеоролики 📷 Начальная страница 🛛 🛛		4 4
Fotos			OVR CAF NUM SCRL

Рис. 4.1. Створення нової моделі

## 4.1.1 Підготовка імітаційної моделі

При проектуванні зручно використовувати режим планування, для цього необхідно обрати вкладнику *«Вид»* → *«Вид в плані»* (рис. 4.2).



Рис. 4.2. Вибір режиму планування

Першим об'єктом, який створюється в імітаційній моделі є «Source» – джерело постачання деталей, які надалі будуть переміщуватись у виробничій системі. «Source» може, наприклад, являти собою верстати, що оброблюють деталі, або приймальний відділ підприємства. Для розміщення об'єктів використовуємо Панель об'єктів (Toolbox) рис.4.3.



Рис. 4.3 Розміщення об'єкта «Source»

Тепер необхідно розмістити моделі трьох верстатів. Для цього в панелі інструментів обираємо «*SingleProc*» (рис.4.4). «*SingleProc*» – це узагальнений об'єкт, який представляє будь-яку станцію або верстат, на яких витрачається певна кількість часу для обробки деталі.



Рис. 4.4 Розміщення об'єктів «SingleProc»

Останній необхідний нам об'єкт – це «*Drain*». «*Drain*» видаляє деталі з виробничої системи. На підприємстві, це може бути, наприклад, склад готової продукції, дільниця відвантаження.


Рис. 4.5 Розміщення об'єкта «Drain»

Розміщені об'єкти необхідно з'єднати за допомогою елемента «*Connector*» (рис. 4.6). Елементи типу «*Connector*» визначають переміщення деталей між станціями виробничої системи, тобто визначають потік матеріалів.



Рис. 4.6 Поєднання об'єктів за допомогою елемента «Connector»

### 4.1.2. Імітація виробничого процесу

Для запуску імітації виробничого процесу з анімацією тривимірної моделі переходимо в 3D режим, для цього на вкладці «Вид» натискаємо кнопку «Вид в плані» (рис.4.7). Управління симуляцією відбувається на вкладинці «*Event Controller*». Перед запуском імітації необхідно натиснути кнопку «*Reset Simulation*», а потім кнопку «*Start/Stop Simulation*». Через декілька секунд зупиняємо процес повторним натисканням кнопки «*Start/Stop Simulation*».



Рис. 4.7 Імітація виробничого процесу

# 4.1.3 Аналіз результатів імітації і корекція моделі

Для ознайомлення з результатами імітації виробничого процесу двічі натискаємо на об'єкт «Drain» (Рис. 4.8).



Рис. 4.8 Імітаційна модель

У вікні, що відкриється, обираємо вкладку «*Туре Statistics*». На цій вкладці представлені статистичні дані, наприклад: середня тривалість життєвого циклу виробів, загальну пропускну здатність, пропускну здатність за хвилину/годину/день, тощо (рис. 4.9).

lame: .abel:	Drain			Plan	ned •	Entrance locked [
Times	Set-Up	Failures	Controls	Statistics	Type Statistics	User-defined 4 🕨
r⊠1	ype deper	ndent statisti	ics		45	
	Detailed S	Statistics Tab	sle			
Worl	king:		75.00%	Average lifes	span:	3:59.9997
Sett	ing-up:		0.00%	Average exit	t interval:	1:00.0000
Wait	ting:	C3	25.00%	Total through	hput:	173012
Stop	ped:		0.00%	Throughput	per minute:	1.00
Faile	d:		0.00%	Throughput	per hour:	60.00
Paus	ed:		0.00%	Throughput	per day:	1439.98
-						

Рис. 4.9 Статистичні дані імітаційного моделювання

Результати моделювання можуть бути представлені і в графічному виді за допомогою діаграм. В панелі інструментів обираємо вкладку «User Interface», в ній об'єкт «Chart» і розміщуємо його в довільному місці (Рис. 4.10). Для того, щоб відобразити статистику ресурсів трьох верстатів на діаграмі, затискаємо *Ctrl* і послідовно обираємо об'єкти «SingleProc», перетягуємо обрані об'єкти на об'єкт «Chart» (Рис. 4.11).



Рис. 4.10 Розміщення об'єкта «Chart»



Рис. 4.11 Вибір об'єктів для відображення статистичних даних

Оскільки ніяких налаштувань моделей верстатів ще не встановлено, діаграма демонструє робочий час 100% (Рис. 4.12).



Рис. 4.12 Діаграма роботи верстатів

В реальності верстати можуть в процесі роботи виходити з ладу. Змінити налаштування доступності обладнання можна або для кожного об'єкта окремо, або для всіх об'єктів одного класу одночасно. В другому випадку необхідно в панелі інструментів «*ToolBox*» двічі натиснути на іконку об'єкту. У вікні налаштувань на вкладці «*Failure*» тиснемо кнопку «*New*» і змінюємо значення доступності верстатів на 90% рис.4.13.

TX 📑 🖬 🖳 +		30	Notiens 199	- Terremativ Plant Simulation 14 - [Model: Frank]	SIEMENS - #
свіл Домашняя страница От	ладчик Окно	Правка Вид Видео	Пайти команду		∧ 🖲 😧 - 8 ×
Oreputs Ne bo bil Conception Area	по Иконки Открит	B Operana Kasi Oraj Cher	Подвійне	Desector Sefencere Auscon Monten	
Библиотека классов 🛛 👻 🤻 🛪 Панел	a 063ex708		натискання	and the second descent of the	* ‡ ×
Areau Anter A	Hal Flow   Fluids   Re	sources   Information Flow   1		5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5	
P Comment	E Material	low.SingleProc	7 × 1	MaterialFlow.SingleProc	1 × 1
Display	Pepexoa B Vina: Sing	Ha Cepeuc a Hinoc B	Отказ	Heat Falze	
- IZ Checkbox	Merkia		Рабочее вр. 🔹 🗌 Выход блокирован 📓	Nevano: Kokcavita = 0	
-360 Button	Бремена	Переналадка Отказы Упра	anenue cofumanue Burrog Cranic 4 >	Advenue Advenue 9	
Se WorkerSankeyDiagram	-	-		2107/0142-4254068712929	
(32) Toolbar	Cost	un			
Information of the second seco	ART	Mas Annual Annua		Доступносты: 90 % CBP: 1:00	
		sure 90.00%	Eron operations on the second se	No. of Concession, Name	100
ар добавить в избранное	+			Coar emportenare: spens pery/kuse · B	Tparesits
	T				
	扫			HLHL	HIL
	•		2 2	HHH	TUT
1	×			ALT LITLE	
11	30		Отнена Приненть	THILTI	ALICH
10 th	адеоролики 30 Мо	dels.frame ×		1	10
Totam				7.00.21.00/	000 - OVE CAP MUM SOL

Рис. 4.13 Додавання імітації відмов у модель обладнання

В результаті повторного моделювання із зміненими параметрами («Reset Simulation»  $\rightarrow$  «Start/Stop Simulation»  $\rightarrow$  «Start/Stop Simulation») отримуємо більш реалістичну картину роботи обладнання, в якій присутні: відмови, простої і блокування (рис. 4.14).



Рис. 4.14 Статистика завантаження обладнання після корекції моделей

Статистика випуску продукції також змінилась. Для її аналізу двічі натискаємо на об'єкт «*Drain*» у створеній моделі виробничої системи. Спостерігаємо відповідне зменшення пропускної здатності та інших характеристик роботи системи (Рис. 4.15).

ime: bel:	Drain				Plan	ailed ined *		Entrance locked		
imes - 🗹 T	Set-Up ype deper	Failures Indent statis	Controls	Stat	istics	Type Sta	tistics	User-defined	4	•
	Detailed S	Statistics Ta	able							
Wor	king:		59.79%	Avera	ge life	span:		5:01.	0498	
Sett	ing-up:		0.00%	Avera	ge exi	t interval:		1:20.	3327	
Wait	ting:		32.85%	Total	throug	hput:		7	8079	
Stop	ped:		0.00%		gnpac	per minere				
Faile	ed:		7.36%	Throu	ghput	per hour:		4	4.81	
Paus	sed:		0.00%	HIFOU	gnpae	per uay.		107	0,00	1
-										-

Рис. 4.15 Результати моделювання

#### Завдання

1. Вивчити методики моделювання виробничої ліній за допомогою програмного додатку «Tecnomatix Plant Simulation».

2. Засвоїти методику організації та створення виробничої ліній.

3. Організувати і провести в лабораторних умовах імітацію виробничої лінії з застосуванням двох верстатів.

Перша	Кількість	Розміщення	Друга	Відсоток	Час першої	Час другої
цифра	верстатів,	верстатів	цифра	доступності, %	операцій,	операцій,
	ШТ.				год.	год.
0	2	Послідовне	0	10	2	1,5
1	3	Трикутником	1	20	4,5	3
2	4	Паралельне	2	35	3	5,5
3	5	Трикутником	3	85	5,5	2
4	4	Послідовне	4	60	3	1
5	3	Трикутником	5	40	4	1,5
6	2	Паралельне	6	25	2	0,5
7	6	Послідовне	7	15	5	1,5
8	3	Трикутником	8	92	2	3
9	2	Паралельне	9	70	2,5	2

Таблиця 4.1. Вихідні дані

### Зміст протоколу

В протоколі навести фізичну модель виробничої лінії, статистику типу виробничого процесу, статистику ресурсів, статистику ресурсів зі збоями в роботі, статистику типу зі збоями у виробничому процесі (у вигляді копії екрану). Висновки і пояснення. Додати файл імітаційної моделі виробничої лінії.

#### 4.2. Створення власного класу об'єктів

Для моделювання виробничої дільниці необхідно запустити програмний додаток «*Tecnomatix Plant Simulation*». Щоб створити нову модель, натисніть кнопку «*Create New Model*». Для виконання даної лабораторної роботи оберіть 3D-модель.

У бібліотеці класів натисність правою кнопкою миші на «SingleProc», а потім оберіть «Duplicate» (рис. 4.16).



Рис. 4.16 Створення власного класу об'єкту «SingleProc»

Змініть назву створеного класу об'єктів. Для цього натисніть правою кнопкою миші на новостворений клас об'єктів та оберіть «*Rename*». Введіть нову назву класу – «*MyStation*» (рис. 4.20).



Рис. 4.20 Перейменування класу об'єктів

Додайте новоутворений клас до панелі «*MaterialFlow*» шляхом перетягування (рис. 4.21).



Рис. 4.21 Додавання нового класу до панелі «MaterialFlow»

У вкладці «View» на панелі інструментів оберіть «Planning View». Це полегшить роботу по розташуванню об'єктів у правильному положенні.

У робочу зону необхідно помістити наступні об'єкти (рис. 4.22):

- 1. Source.
- 2. MyStation.



Рис. 4.22 Розміщення необхідних об'єктів у робочій зоні

Об'єкти з'єднуємо між собою з допомогою елементу «*Connector*» (рис.4.23).



Рис. 4.23 З'єднання об'єктів з допомогою елемента «Connector»

Результати моделювання у графічному вигляді можна відобразити за допомогою діаграми. Для цього у вкладці «UserInterface» оберіть «Chart». Виділіть «MyStation» та «MyStation1» та перетягніть їх на діаграму (рис. 4.24).



*Рис. 4.24 Розміщення діаграми в робочій зоні* У діалоговому вікні, що з'явилося, потрібно натиснути «ОК» (рис. 4.25).

Statistics Type		×
Select the statistics type for configurin	ig the chart.	
Resource Statistics		-
	ОК	Cancel

Рис. 4.25 Діалогове вікно після перетягнування об'єктів на діаграму

Вимкніть режим «Planning View» та запустіть симуляцію.

Як видно з діаграм, станції працюють увесь час, що неможливо (рис. 2.8). Відбувається це через те, що властивість станцій «Доступність» становить 100% на рис 4.26.



Рис. 4.26 Результати моделювання

Необхідно змінити доступність нашого об'єкту. Для цього треба двічі клацнути «MyStation» на панелі «MaterialFlow». Далі оберіть вкладку

«Failures», натисніть «New» та змініть значення доступності на 80%. Після цього натисніть «OK» (рис. 4.27).

	s   ]±⊜⊘∎∎						
.MaterialFlow.MyStation		,	×	t+	HTH	HT	+
me: MyStation bel: mes Set-Up Failures	Failed	Entrance locked		H			++
Active	Edit 🔀 Dele	te	.MaterialFlow.MySt	ation	ttt		7 ×
Active Name Failure	Avallability MTTR 100.00% 0 Simula	Mode Start Stop Int ationTime 0 0	Name: Failu	re	Fa	iled 🖂 Active 🚦	8
Active Name Failure	Avanability MTTR 1 100.00% 0 Simula	Mode         Start         Stop         Int           ationTime         0         0	Name: Failu Start: Cons	re t *	0 Fa	iled 🖂 Active [	3
Inclive Name Failure	Availability MTTR 1 100.00% 0 Simula	Mode Start Stop Int ationTime 0 0	Name: Failu Start: Cons Stop: Cons	re t *	0 0	iled 🖂 Active [	= ] = ] =
Active Name	Avanability MTTR 1 100.00% 0 Simula	Mode Start Stop Int ationTime 0 0	Name: Failu Start: Cons Stop: Cons Interval: Cons	t v t v	0 0 0	lied 🗹 Active [	
Active Name Failure	Avanability MTTR 1 100.00% 0 Simula	Mode Start Stop Int ationTime 0 0	Name: Failu Start: Cons Stop: Cons Interval: Cons Duration: Cons	re t * t * t *	0 0 0 0	lied 🔽 Active [	
Active Name Failure	Avanability MTTR II 100.00% 0 Simula	Mode Start Stop Int ationTime 0 0	Name: Failu Start: Cons Stop: Cons Interval: Cons Duration: Cons XAVAINABLEY Availability: 80		0 0 0 0 0 0 0 0 0	iled Active [	

Рис. 4.27 Зміна властивості «Availability» об'єкту

Після цього властивості об'єктів «MyStation» та «MyStation1» автоматично змінилися.

Діаграма також змінюється (рис. 4.28).



Рис. 4.28 Результуючі діаграми після зміни властивостей класу об'єктів

Результати все одно лишилися неуспішними, оскільки станції тривалий час або заблоковані, або перебувають в режимі очікування.

Двічі клацніть на об'єкт «*Drain*», щоб відкрити діалогове вікно з властивостями цього об'єкту. У вкладці «*Туре Statistics*» ввидно, що пропускна здатність становить 40 деталей на годину (рис. 4.29).

ame: Drain abel:		Failed       Planned	Entrance locked
Times Set-Up	Failures Contro ent statistics tistics Table	ols Statistics Type Statistics	s User-defined 4
Working: Setting-up:	46.72% 0.00%	Average lifespan: Average exit interval:	4:16.8400 1:30.9230
Waiting: Stopped: Failed:	40.36% 0.00% 12.92%	Total throughput: Throughput per minute: Throughput per hour:	627119 0.66 39.59
Paused:	0.00%	Throughput per day:	950.25

Рис. 4.29 Властивості об'єкту «Drain»

Для збільшення пропускної здатності об'єкту «Drain» між об'єктами «MyStation» та «MyStation1» необхідно вставити елемент «Buffer» (рис. 2.12).



Рис. 4.30 Розміщення об'єкту «Buffer»

Об'єкт «Buffer» буде виконувати роль тимчасового складу між об'єктами «MyStation» та «MyStation1».

Для зміни об'єму деталей, що можуть зберігатися на такому складі, потрібно двічі клацнути на об'єкт *«Buffer»* та змінити значення *«Capacity»* (рис. 4. 31). Встановіть значення, наприклад, «10».

.Models.Fran	ne.Buffer					? >
Navigate Vie	ew Tools	Help				
Name: Buffer Label:			Failed	Entr     Exit	ance locked locked	
Attributes Ti	imes Failures	Controls	Exit Statis	tics Energy	User-define	⊲ ►
Capacity: Buffer type: ✓ Show fill le	4 Queue evel					
310			ОК	Cancel	Арр	ly

Рис. 4. 31 Редагування властивостей об'єкту «Buffer»

Як і у випадку зі станціями, створюємо діаграму, яка буде відображати результати роботи об'єкту «*Buffer*».

При перетягуванні елементу «*Buffer*» на діаграму, з'являється діалогове вікно (рис. 4.32). Натисніть «ОК».

Statistics Type		×
Select the statistics type for configurin	g the chart.	
Occupancy		•
	ОК	Cancel

Рис. 4.32 Діалогове вікно, що з'являється після перетягування об'єкту «Buffer» на діграму

Запустіть моделювання спочатку та подивіться на результат. Додавання об'єкту *«Buffer»* збільшує пропускну здатність до 47 деталей на годину (рис.4.33).

ame: Drain abel:		Planned V	Entrance locked
Times Set-Up F ┌────────────────────────────────────	ailures Contro nt statistics	ls Statistics Type Statistic	s User-defined ⊄ I
Detailed Stati	stics Table		
Working:	19.92%	Average lifespan:	10:02.3906
Setting-up:	0.00%	Average exit interval:	1:16.7768
Waiting:	75.02%	Total throughput:	115655
Stopped:	0.00%	Throughput per minute:	0.78
Failed:	5.06%	Throughput per hour:	46.89
Paused:	0.00%	Throughput per day:	1125.33

Рис. 4.34 Збільшення пропускної здатності об'єкту «Drain»

З діаграм можна помітити, що час очікування та час блокування станцій знизилися (рис. 4.35).



Рис. 4.35 Результати діаграм після кінцевого моделювання

#### Завдання

1. Змоделювати виробничу дільницю за допомогою програмного додатку «*«Tecnomatix Plant Simulation»»*.

2. Оптимізувати роботу виробничої дільниці за рахунок зміни властивостей об'єктів.

Перша цифра	Кількість верстатів, шт.	Розміщення верстатів	Друга цифра	Відсоток доступності першого верстату, %	К-сть буферів, шт.	К-сть деталей у буферах, шт.
0	2	Послідовне	0	10	1	4
1	3	Послідовне	1	20	2	8
2	4	Паралельне	2	35	1	5
3	3	Послідовне	3	85	1	6
4	4	Паралельне	4	60	1	2
5	2	Послідовне	5	40	2	3
6	3	Послідовне	6	25	1	10
7	4	Паралельне	7	15	2	7
8	2	Послідовне	8	75	2	4
9	4	Паралельне	9	70	2	5

Таблиця 4.2 Вихідні дані

### Зміст протоколу

В протоколі навести фізичну модель виробничої лінії, статистику ресурсів виробничого процесу, статистику типу, виробничий процес з буфером, діаграму використання буфера, відновлену статистику типу (у вигляді копії екрану). Висновки і пояснення. Додати файл імітаційної моделі виробничої лінії.

#### 4.3 Методи розподілу завантаження між верстатами

Стратегія «*Exit*» необхідна для того, щоб розподіляти деталі для оброблення між верстатами в межах виробничої дільниці.

Для моделювання виробничої дільниці необхідно запустити програмний додаток «*Tecnomatix Plant Simulation*». Щоб створити нову модель, натисніть кнопку «*Create New Model*». Для виконання даної лабораторної роботи оберіть 3D-модель.

У робочій зоні необхідно розмістити наступні об'єкти (рис. 4.36):

- 1. Source.
- 2. SingleProc.
- 3. Drain.



Рис. 4.36 Розміщення необхідних об'єктів у робочій зоні

Всі об'єкти з'єднуємо між собою за допомогою елемента «*Connector*». У результаті, отримуємо змодельовану виробничу дільницю (рис. 4.37).



Рис. 4.37 Змодельована виробнича дільниця

Видно, що три об'єкти «SingleProc», розташовані паралельно.

Для кращої наочності результатів збільшіть час оброблення однієї деталі на верстаті «*SingleProc1*». Двічі натисніть лівою кнопкою миші по необхідному об'єкту, у вкладці «*Time*» встановіть час оброблення 4 хвилини (рис. 4.38).

es Set-Up Failures Controls Exit Statistics Importer Energy Us	
DDD:HH:MM:SS.XXXX	
t-up time: Const 👻 0	
covery time: Const 👻 0	
covery time starts When part enters 👻	
cle time: Const 👻 0	
covery time starts When part enters  Const Const O	

Рис. 4.39 Встановлення часу оброблення однієї деталі на верстаті

При паралельному розташуванні об'єктів завантаження на такі об'єкти розподіляється. Розподіл завантаження можна змінювати через редагування властивостей верстата «*SingleProc*», який пов'язаний з об'єктами через елементи «*Connector*». Для цього двічі натисніть лівою кнопкою миші на верстат, від якого йде розгалуження. У вкладці «*Exit*» оберіть стратегію «*Percentage*» (рис. 4.40). Застосуйте дані властивості.



Рис. 4.40 Вибір стратегії Percentage для першого верстата

Після цього натисніть	«Open List»	для розподілення	навантаження	між
об'єктами (рис. 4.41).				

:::	.Models.Frame.SingleProc.ExitStrate 🗙
20	
1	20
2	30
3	50
	OK Cancel Apply

Рис. 4.41 Розподіл завантаження між об'єктами

Такий розподіл означає, що бажане завантаження наступне: 20% всіх деталей буде оброблятися на першому верстаті, 30% на другому та 50% на третьому.

Для реалізації розподілу деталей незалежно від того, які верстати вже готові приймати нову деталь для оброблення, навпроти функції «*Blocking*» потрібно поставити галочку (рис. 4.42).

Name:	SinglePro	с			Failed	
Label:					Planned	٣
Times	Set-Up	Failures	Controls	Exit	Statistics	Imp
Strate	gy:	Slo	ocking			
		Perce	entage			+
			(	Open L	.ist	

Рис. 4.42 Вибір опції Blocking

Необхідно з'ясувати, яким чином розподіляються деталі між верстатами. При наведенні курсора на елемент *«Connector»* з'являється підказка, яка вказує на послідовність транспортування деталей (рис. 4.43).



Рис. 4.43 Підказка, що з'являється при наведенні курсора на елемент «Connector»

Щоб перевірити відсоткове співвідношення завантаження верстатів, натисніть двічі на об'єкт «Source», серед варіантів «Time of Creation» оберіть «Number Adjustable» та встановіть кількість 1000 деталей (рис. 4.45).

Invavigate view roots Help	
Name: Source	Failed
Label:	Planned <b>T</b> Exit locked
Attributes Failures Controls Exit	t Statistics User-defined
Operating mode: Slocking	
Time of creation: Number Adjus	table - Amount: 1000
Creation times: Const 💌	0
MU selection: Constant	•
MII: *.MUs.Entity	

Рис. 4.45 Налаштування властивостей об'єкта «Source»

Тепер можете запустити симуляцію. Для того, щоб переглянути результати, виділіть паралельно розташовані об'єкти та елементи «*Connector*», які пов'язують три верстати з найпершим (рис. 4.46). Потім натисніть «*F6*» або «*Fn*+*F6*».



Рис. 4.46 Вибір необхідних об'єктів для формування звіту

Після цього з'явиться вкладка зі звітом статистичних даних (4.47).

lhov									
terial Flow	Fluids Resources Informa	tion Flow User	Interface Mobile Ur	nits User Object	ts Tools				
m	í 😹 🕨  → →  -		F 😱 🕞 🖽	5 F 2	2 글레 프 (	60			
		ک تک ت			— ¬⊎ı —— v				
Portions o	of the States								
Object	Working Set-up Waiting Big	rked Powering	un/down Failed Sto	nnod Paucod Un	nlanned Po	tion			
SingleProc1	99.75% 0.00% 0.25% 0	0.00%	0.00% 0.00% 0	.00% 0.00%	0.00%	CROTT			
SingleProc12	16.63% 0.00% 83.37% 0	0.00%	0.00% 0.00% 0	.00% 0.00%	0.00%				
SingleProc13	41,56% 0.00% 50,12% 8	31%	0.00% 0.00% 0	.00% 0.00%	0.00%	-			
Object	Number of Entries Number	of Exits Hinimur	n Contents Maximun	n Contents Rela	tive Empty Relat	ive Full Relative	e Occupation without I	interruptions Relative	Occupation with Interruptions
SingleProc1	300	300	0	1	0.25%	-		99.75%	99.75%
SingleProc12	200	200	0	1	83.37%	-		16.63%	16.63%
SingleProc13	500	500	0	1	50.12%	-		49.88%	49.88%
Working T	ïme								
-									
Object	Portion Count Sum	Mean Value St	andard Deviation						
SingleProc1	99.75% 300 20:00:00.0000	4:00.0000	0.0000						
SingleProc12	16.63% 200 3:20:00.000	1:00.0000	0.0000						
SingleProc13	41.56% 500 8:20:00.0000	1:00.0000	0.0000						
			,						
Set-up Tin	ne								
Object	Portion Count Sum Mean	Value Standard	Deviation						
SingleProc1	0.00% 0.0000	0.0000	0.0000						
SingleProc12	0.00% 0.0000	0.0000	0.0000						
Cincioline et 3	0.000/ 0.00000	0.0000	0.0000						

Рис. 4.48 Звіт статистичних даних

Як можна бачити зі звіту, з 1000 деталей на першому верстаті обробляється 200 штук (20%), на другому – 300 (30%) і на третьому – 500 деталей (50%). Статистичні задовольняють вихідним.

Також подивимося на результати звіту без обрання функції «Blocking»

### (рис. 4.49).

Cincle Decet 2	working out up waiting	Blocked Powerin	g up/down Failed S	topped Paused Ur	nplanned	Portion			
SingleProcitz	2 21.34% 0.00% 71.59%	7.08%	0.00% 0.00%	0.00% 0.00%	0.00%	•			
SingleProc1	99.70% 0.00% 0.30%	0.00%	0.00% 0.00%	0.00% 0.00%	0.00%				
SingleProc13	3 53.44% 0.00% 28.81%	17.75%	0.00% 0.00%	0.00% 0.00%	0.00%				
Matorial E	low Properties								
Haterial	low Properties								
Object	Number of Entries Numb	er of Exits Ainim	um Contents Maxin	um Contents Rela	ative Empty	Relative Full Re	elative Occupation without Interrupti	ons Relative Occupation with Inter	rupti
SingleProc12	2 214	214	0	1	71.59%	-	28.4	+1%	28.
SingleProc1	250	250	0	1	0.30%	-	99.7	70%	99.3
	3 536	536	0	1	28.81%	-	71.1	19%	71.
SingleProc13									
SingleProc13 Working T	Гime			_					
Working T	Fortion Count Sum	Mean Value	Standard Deviation	9					
SingleProc13 Working T Object SingleProc12	Portion Count         Sum           2         21.34%         214         3:34:00.0	Mean Value 0000 1:00.0000	Standard Deviation 0.0000						
Working T Object SingleProc12 SingleProc1	Portion Count         Sum           2 21.34%         214         3:34:00.0           99.70%         250         16:40:00.0	Mean Value 0000 1:00.0000 0000 4:00.0000	Standard Deviation 0.0000 0.0000						

Рис. 4.49 Звіт статистичних даних після вимкнення функції Blocking

Результати змінилися, оскільки другий верстат витрачає більше часу на оброблення, аніж інші два.

Отже, вимкнення функції «*Blocking*» реалізує такий розподіл завантаження між паралельно розташованими об'єктами, при якому деталь приймає той верстат, який знаходиться в режимі очікування. Тобто завантаженість верстату залежить від часу оброблення однієї деталі.

#### Завдання

1. Вивчити методику роботи зі стратегією *Exit* у програмному додатку «*Tecnomatix Plant Simulation*».

2. Оптимізувати роботу виробничої дільниці за рахунок розподілу завантаження між верстатами.

Кількість Розміщення Відсоток К-сть К-сть деталей Перша цифра Друга цифра верстатів, верстатів доступності буферів, у буферах, шт. шт. першого шт. верстату, % Послідовне Послідовне Паралельне Послідовне Паралельне Послідовне Послідовне Паралельне Послідовне Паралельне 

Таблиця 4.3 Вихідні дані

Зміст протоколу

В протоколі навести фізичну модель виробничої лінії, статистику ресурсів виробничого процесу з блокуванням, статистику ресурсів виробничого процесу без блокування, (у вигляді копії екрану). Висновки і пояснення. Додати файл імітаційної моделі виробничої лінії.

# 4.4 Створення власної стратегії розподілення деталей

# 4.4.1 Підготовка імітаційної моделі

Після запуску програмного додатку необхідно створити нову модель за допомогою команди "*Create New Model*" (рис. 4.50). В наступному діалоговому вікні необхідно обрати тип моделі: двовимірна (2D) або тривимірна (3D). Обираємо 3D модель.



Рис. 4.50 Створення нової моделі

При проектуванні зручно використовувати режим перегляду "*Bu∂ в плані*" (рис. 4.51), для цього необхідно обрати вкладку "*Bu∂*" → "*Bu∂ в плані*".



Рис. 4.51 Вибір режиму перегляду

Насамперед необхідно створити джерело постачання заготовок, використовуючи об'єкт "*Source*". Для розміщення об'єкту "*Source*" користуємося панеллю об'єктів "*Toolbox*" (рис. 4.52).



Рис. 4.52 Розміщення об'єкта "Source"

Тепер необхідно розмістити верстатне обладнання у кількості 5-х штук. Для цього в панелі об'єктів обираємо "*SingleProc*" (рис. 4.53). "*SingleProc*" – це узагальнений об'єкт, який може представляти робочу станцію або верстат, на якому витрачається певна кількість часу для обробки деталі.



Рис. 4.53 Розміщення об'єктів "SingleProc"

Останній необхідний об'єкт – це сховище "*Drain*". "*Drain*" необхідний для розміщення готових деталей. На підприємстві, це може бути, наприклад, склад готової продукції, відділ відвантаження (рис. 4.54).



Рис. 4.54 Розміщення об'єкта "Drain"

Розміщені об'єкти необхідно з'єднати за допомогою об'єкту "*Connector*" (рис.4.56). Об'єкт типу "*Connector*" визначає переміщення деталей між дільницями виробничої лінії.



Рис. 4.56 З'єднання об'єктів за допомогою об'єкту "Connector"

Для кращого орієнтування між дільницями, перейменовуємо назву кожної дільниці з "SingleProc" на "Station", додатково нумеруючи з 1 по 5 позицію. Для цього виділяємо необхідну дільницю та натискаємо клавішу "F2" (рис. 4.57).



Рис. 4.57. Перейменування дільниць виробничої лінії

Далі налаштовуємо відображення назви дільниці використовуючи команду "*Edit 3D Properties*", для виклику якої наводимо курсор на об'єкт "*SingleProc*" у панелі об'єктів "*Toolbox*" та натискаємо праву кнопку миші (рис. 4.58).



Рис. 4.58 Налаштування відображення назви дільниць

У діалоговому вікні, що відкрилося обираємо вкладку "*Captions*" та ставимо відмітку навпроти команди "*Name/label enabled*" (рис. 4.59).



Рис. 4.59 Налаштування відображення назви дільниць

Задаємо ємність об'єкту "Source", двічі натиснувши на нього лівою клавішею миші. У вкладці "Attributes" встановлюємо ємність у 1000 одиниць (рис. 4.60).



Рис. 4.60 Налаштування ємності об'єкту "Source"

#### 4.4.2 Імітація виробничого процесу

Для запуску імітації виробничого процесу переходимо в 3D режим, для цього на вкладці "Вид" дезактивуємо параметр відображення "Вид в плані" (рис. 4.61). Управління імітацією відбувається на вкладці "*Event Controller*".

Перед запуском імітації необхідно натиснути кнопку «*Reset Simulation*», а потім кнопку «*Start/Stop Simulation*». Через декілька секунд зупиняємо процес повторним натисканням кнопки «*Start/Stop Simulation*».



Рис. 4.61 Імітація виробничого процесу

### 4.4.3. Аналіз результатів імітації та корекція моделі

Для ознайомлення з результатами виробничого процесу очікуємо закінчення імітації, виділяємо об'єкти "*Station*" з 2-го по 4-й та натискаємо клавішу "*F6*". У вікні, що відкрилося, знаходимо таблицю під назвою "*Material Flow Properties*" (рис. 4.62).

Class Library w # X	Toolbox										
A: Basis (7/80)	Material Flow   Fluids   Besources   Info	mation Flow User Interface Mr	bie Units User Objects	Tools							
MaterialFlow	who are a s										
E Fluids	<u>▶</u> ♥ ♥ ♥ ♥ 만 ♥ 만 ♥ 만 ♥ 만 ♥ ₽ ♥ ♥ ■ ₩ ♥ ₽										
Resources											
InformationFlow	Resource Statistics V Sho	v All Print This Page	Print All Save	Refresh							
🗄 🧰 MUs	Created on         21 despans 2020 r. 22:55           Hodel name         NoName.spp           Simulation time 16:42:00.0000										
😐 🧀 UserObjects											
E 🔁 Tools											
🖮 🤐 Models											
🖉 Frame											
	Resource Statistics - R	Resource Statistics - Resource Statistics									
	Portions of the States										
	Object Working Set-up Waiting Blo	ked Powering up/down Failed S	topped Paused Unplanned	Portion							
	Station2 33.33% 0.00% 66.67% 0	0.00% 0.00%	0.00% 0.00% 0.00%								
6 2410-1 SETEN	Station3 33.23% 0.00% 66.77% 0	00% 0.00% 0.00%	0.00% 0.00% 0.00%								
Favorites 🗢 🔻 🛪 🗙	Station4 33.23% 0.00% 66.77% 0	0.00% 0.00%	0.00% 0.00% 0.00%								
Add to Executer											
T Para to ravonias	Material Flow Properties										
	Material Flow Properties										
	Object Number of Entries Number of	f Fxits Minimum Contents Maxim	um Contents Relative Em	aty Relative Full Relative	Occupation without Interruptions Relative Occupa-	ation with Internations					
	Station2 334	334 0	1 66.6	7% -	33.33%	33.33%					
	Station3 333	333 0	1 66.7	7% -	33.23%	33.23%					
	Station4 333	333 0	1 66.7	7% -	33.23%	33.23%					
	Working Time										
	Object Portion Count Sum	ean Value Standard Deviation									
	Station2 33.33% 334 5:34:00.0000	1:00.0000 0.0000									
	p processing 33.23 % 333 3.33:00.0000										
		annes 1									
	444 .Models.Frame Statistics Report	X									

Рис. 4.62 Аналіз результатів імітації

Для розроблення власної стратегії розподілу деталей між дільницями додаємо об'єкт "*Method*", розташований на вкладці "*Information Flow*" у панелі об'єктів "*Toolbox*" (рис. 4.63).



Рис.4.63 Розміщення об'єкту "Method"

Перейменовуємо об'єкт "*Method*", виділивши його та натиснувши клавішу "*F2*" на "*MyExitControl*" (рис. 4.64).



Рис.4.64 Перейменування об'єкту "Method"

Далі виділяємо об'єкт "*Method*" та перетягуємо його на дільницю "*Station1*" (рис. 4.65).



Рис. 4.65 Створення функціонально зв'язку між об'єктами

Подвійним кліком на об'єкт "*Method*" активуємо діалогове вікно. Потім використовуючи команду "*Control Structure*" на вкладці "*Templates*" з відкритого списку операторів обираємо "*if…elseif…end*" та записуємо наступні строки коду, та натискаємо "*Apply Changes*" (рис.4.67):

```
var n : integer := Station1.statNumIn
if n <= 100
@.move(Station2)
elseif n <= 300
@.move(Station3)
else</pre>
```

@.move(Station4)



Рис. 4.67 Програмування стратегії розподілення

Знову запускаємо імітацію виробничого процесу та чекаємо закінчення процесу. Виділяємо об'єкти "*Station*" з 2-го по 4-й та натискаємо клавішу "*F6*". У вікні, що відкрилося знаходимо таблицю під назвою "*Material Flow Properties*" (рис. 4.68).

Class Library 🔹 🕂 🗙	Toolbox											
.1: Basis (7/80)	Material Flow Fluids	Resources Infi	ormation Flow User I	nterface Mobi	le Units User C	bjects Tools	1					
🗄 🧰 MaterialFlow	A and the set											
🕀 🧰 Fluids	· ·+· 🕒 🗃											
Argentiation Flow     Second Stress	Portions of the	States										
🕀 🧰 MUs	Object Working S	et-up Waiting Bk	ocked Powering up/d	own Failed Sto	pped Paused Un	planned I	Portion					
🖶 🧰 UserObjects	Station2 9.98%	0.00% 90.02%	0.00% 0.	00% 0.00% 0	.00% 0.00%	0.00%	14					
🕀 🧰 Tools	Station3 19.96%	0.00% 80.04%	0.00% 0.	00% 0.00% 0	.00% 0.00%	0.00%	100					
🖻 🧰 Models	Station4 69.86%	0.00% 30.14%	0.00% 0.	.00% 0.00% 0	.00% 0.00%	0.00%	and a second					
- # Frame												
	Material Flow F	Properties										
	Object Number of	Entries Number	of Exits Minimum Con	tents Maximun	n Contents Rela	tive Empty Re	lative Full Rela	tive Occupation without Interruptions Relative O	ccupation with Interruptions			
	Station2	200	200	0	1	90.02%		9.90%	9,98%			
	Station4	200	200	0	1	30.14%		69.86%	69 86%			
Favorites w 1. X	(States internet				<u></u>	2014 7 (V)		4744 P				
Add to Favorites	Working Time											
	Object Portion Co	unt Sum	Mean Value Standa	rd Deviation								
	Station2 9.98%	100 1:40:00.000	0 1:00.0000	0.0000								
	Station3 19.96%	200 3:20:00.000	0 1:00.0000	0.0000								
	Station4 69.86%	700 11:40:00.000	0 1:00.0000	0.0000								
	Set-un Time											
	Sec-up Time											
	Object Portion Co	unt Sum Moon	Value Standard Davi	iation								
	Station2 0.00%	0.0.0000	0.0000	0000								
	Station3 0.00%	0 0.0000	0.0000	0000								
	Station4 0.00%	0.0.0000	0.0000	0000								

Рис.4.68 Аналіз результатів імітації зі створеною стратегією розподілення деталей

Для кращого сприйняття розподілу деталей між дільницею зі створеною власною стратегією, зменшимо швидкість процесу імітації, натиснувши лівою кнопкою миші на команду "*Open*" та скоригувавши швидкість повзуном (рис. 4.69).



Рис. 4.69 Зменшення швидкості протікання процесу імітації

### Завдання

1. Створити власну стратегію розподілення деталей між дільницями виробничої лінії використовуючи вбудовані інструменти управління розподілом.

2. Організувати і провести в лабораторних умовах моделювання кількох станцій.

10	пиця 4.4 Вихідні	дані		
	Перша цифра	Кількість	Друга	Розмір партії
		верстатів,	цифра	деталей,
		ШТ.		ШТ.
	0	3	0	2500
	1	4	1	3000
	2	5	2	1200
	3	3	3	6000
	4	4	4	5000
	5	2	5	1000
	6	3	6	1200
	7	4	7	2800
	8	2	8	3500
	9	4	9	1100

Табл

Примітка: Кількість верстатів – це кількість в стовбці рис.4.70



Рис.4.70 Кількість стовбців

# Зміст протоколу

В протоколі навести фізичну модель виробничої лінії, статистику процесу з блокуванням, статистику ресурсів виробничого ресурсів виробничого процесу (у вигляді копії екрану). Висновки і пояснення. Додати файл імітаційної моделі виробничої лінії.

# 4.5 Моделювання виробничої лінії з робітниками

### 4.5.1 Підготовка імітаційної моделі

Після запуску програмного додатку необхідно створити нову модель за допомогою команди "*Create New Model*" (рис. 4.71). В наступному діалоговому вікні необхідно обрати тип моделі: двовимірна (2D) або тривимірна (3D). Обираємо 3D модель.

TX 🔛 🖬 🖩 +			Tecnomatix Plant Simulation 14	- Начальная страница	SIEMENS	×
Файл. Домашняя страница	Отладчик	Окно	Q Найти команду			∧ (≡) 😧
Опсрыть НИ Р Р НО Опсрыть П П П П П П П П П П П П П П П П П П П	нимация	Открыт расположи	оригинал Класс Откр ние Навигация	Вставка С С С С С С С С С С С С С С С С С С С	Панель цикаторов Сбъекты сиблиотеки классов Модель	
Библиотека классов 🛛 💌 🕂 🗙			en transfer i transfer			
"с модель не загружена (√60)	Іеспс Модел Открыть і	и		ULIATION 14 Начало работы Теспотаtic Plant Simulation Выберите, хотите 3D модель. Поже вы можете изме "Файл > Параметры мо	ли вы создать 2D или нить выбор в меню одели > Общие > Визуалиа	р Новые вознож
Избранное 👻 🕸 🗙	Создать ни		*	→ 2D → 3D		

Рис. 4.71 Створення нової моделі

При проектуванні зручно використовувати режим перегляду "*Bud в плані*" (рис.4.72), для цього необхідно обрати вкладку "*Bud*" → "*Bud в плані*".



Рис. 4.72. Вибір режиму перегляду

Насамперед необхідно створити джерело постачання заготовок, використовуючи об'єкт "Source". Для розміщення об'єкту "Source" користуємося панеллю об'єктів "Toolbox" (рис.4.73).



Рис. 4.73 Розміщення об'єкта "Source"

Тепер необхідно розмістити верстатне обладнання у кількості 4-х штук. Для цього в панелі об'єкті обираємо "*SingleProc*" (рис.4.74). "*SingleProc*" – це узагальнений об'єкт, який може представляти робочу станцію або верстат, на якому витрачається певна кількість часу для обробки деталі.



Рис. 4.74. Розміщення об'єктів "SingleProc"

Останній необхідний об'єкт – це сховище "*Drain*". "*Drain*" необхідний для розміщення готових деталей. На підприємстві, це може бути, наприклад, склад готової продукції, відділ відвантаження (рис.4.75).



Рис. 4.75 Розміщення об'єкта "Drain"

Розміщені об'єкти необхідно з'єднати за допомогою об'єкту "*Connector*" (рис.4.76). Об'єкт типу "*Connector*" визначає переміщення деталей між дільницями виробничої лінії.



Рис. 4.76 З'єднання об'єктів за допомогою об'єкту "Connector"

Далі необхідно додати робочі місця біля дільниць. Використовуючи панель об'єктів "*Toolbox*", на вкладці "*Resources*" знаходимо команду "*Workplace*" та розміщаємо необхідну кількість робочих місць (рис.4.77).



Рис. 4.77 Розміщення робочих місць

Розміщуємо об'єкт "Workerpool", що являє собою приміщення з якого робітники прямують до робочих місць та об'єкт "Broker" (рис.4.78).


Рис. 4.78 Розміщення об'єктів "Workerpool" та "Broker"

## 4.5.2 Імітація виробничого процесу

Для запуску імітації виробничого процесу переходимо в 3D режим, для цього на вкладці "Bud" дезактивуємо параметр відображення "Bud в плані" (рис.4.79). Управління імітацією відбувається на вкладці "Event Controller". Перед запуском імітації необхідно натиснути кнопку "Reset Simulation", а потім кнопку "Start/Stop Simulation". Через декілька секунд зупиняємо процес повторним натисканням кнопки "Start/Stop Simulation".



Рис. 4.79 Імітація виробничого процесу

# 4.5.3 Аналіз результатів імітації та корекція моделі

В процесі імітації не були задіяні робітники, через те що необхідно попередньо налаштувати можливість роботи працівників за робочими станціями. Для цього двічі натискаємо лівою клавішею миші по дільниці та на

вкладці "*Importer*" активуємо функцію "*Active*". Повторюємо дану процедуру для всіх чотирьох дільниць (рис.4.80).



Рис. 4.80 Активація можливості роботи працівника на дільниці

Знову запускаємо імітацію виробничого процесу. Тепер є можливість спостерігати наявність працівників на робочих місцях (рис.4.81).



Рис. 4.81 Імітація виробничого процесу

Для збільшення продуктивності виробничого процесу необхідно збільшити кількість працівників, для цього двічі натискаємо лівою клавішею миші на об'єкт "Workerpool". На вкладці "Attributes" вмикаємо функцію "Workers" та активуємо команду "Create Table". У колонці "Amount" збільшуємо кількість робітників до 2-х (рис.4.82).

Toolbox		
Material Flow Fluids Resources Information Flow User Interface Mobile Units User Objects	JModels.Frame.WorkerPool	? ×
🔸 💿 🔜 💥 🐑 💥 🔛	Navigate View Tools Help	
FHHHHH	Name: WorkerPool  Label: Planned	444
	Attributes Statistics Controls User-defined	11 41
	Workers: Creation Table	ATT
	Get job orders in the pool only	ATT
	Travel mode: Move freely within area 🔹 🔳	T
WorkerPlot	Broker: Broker	
	Shift calendar:	ATTL
The second	Parts buffer:	
	10 DX Cancel At	view where
SingleProc		
Models.Frame.WorkerPool.Creati		×
2		
Worker Amo	unt shift Speed Efficiency Additional Services	
VZ TTT		
		OK Cancel Apply
312 .Models.Frame ×		

Рис. 4.82. Збільшення кількості робітників

Також необхідно змінити схему роботи працівників для того щоб реалізувати конфігурацію, при якій перший робітник працює на першій та другій дільницях, а другий – на третій та четвертій дільницях. Для цього переходимо у властивості першого об'єкта "Station", двічі натиснувши на нього лівою клавішею миші. На вкладці "Importer" активуємо функцію "Services", поставивши навпроти відмітку. Далі натискаємо "Services", у вікні, що відкрилося, у колонці "Service" змінюємо текст на "job1" (рис.4.83).



Рис. 4.83 Зміна конфігурації роботи працівників на дільницях

Повторюємо цю операцію на дільницях 2,3 та 4. На дільницях 3 та 4 у колонці "Service" змінюємо текст на "job2". Переходимо у властивості об'єкта "WorkerPool", активувавши його подвійним натиском лівої клавіші миші. На вкладці "Attributes" активуємо команду "Create Table". Заповнюємо таблицю як показано нижче, додавши попередньо ще одну строку. Для цього необхідно натиснути праву клавішу миші та обрати команду "Insert Row" (рис.4.84).



Рис. 4.84. Налаштування об'єкта "WorkerPool"

Знову запускаємо імітацію виробничого процесу. Тепер ми можемо спостерігати необхідну нам схему роботи працівників на робочих місцях (рис.4.85).



Рис. 4.85. Імітація виробничого процесу

#### Завдання

1. Створити 3D-модель виробничої лінії із чотирма дільницями.

2. До створеної моделі додати двох робітників, які працюватимуть на дільниці.

3. Налаштувати роботу таким чином, щоб перший робітник працював на першій та другій дільницях, а другий – на третій та четвертій дільницях. *Таблиця 4.5 Вихідні дані* 

Перша цифра	Кількість	Друга	Кількість
	верстатів,	цифра	робітників,
	ШТ.		ШТ.
0	6	0	2
1	4	1	3
2	8	2	3
3	5	3	2
4	4	4	2
5	7	5	3
6	6	6	4
7	4	7	2
8	5	8	2
9	4	9	3

## Зміст протоколу

У протоколі навести фізичну модель виробничої лінії, статистику ресурсів виробничого процесу з блокуванням, статистику ресурсів виробничого процесу (у вигляді копії екрану). Висновки і пояснення. Додати файл імітаційної моделі виробничої лінії.

## 4.6 Моделювання роботи робітників цеху

У цій роботі мова йде про моделювання роботи робітників, що переміщують вироби між робочими станціями. Для того, щоб змоделювати цей процес, необхідно спочатку змоделювати виробничу лінію, що складається з джерела, двох станцій та виходу. Після цього потрібно перейти на вкладку "*Resources*" та додати об'єкти, необхідні для виконання роботи, а саме робочі місця, пов'язані зі станціями, розподільник працівників, тобто місце, де перебуває працівник тоді, коли не виконує роботу, та брокер, тобто об'єкт, що пов'язує завдання, що виконуються на станціях, з робітниками, які ці завдання виконують. На (рис. 4.86) зображено змодельовану виробничу лінію.



Рис. 4.86 Модель виробничої лінії

Потрібно обробити деталь на першій станції, після цього робітник має перенести її на другу станцію, потім відбувається оброблення деталі на другій станції. Для цього ми відкриваємо станцію та переходимо на вкладку "*Importer*" та ставимо галочку у полі "*Active*" (рис. 4.87).

MA: SingleFroc	Отказ Вход блокиров	ан [
Іетка:	Рабочее вр. 👻 🗌 Выход блокиро	ован [
ытиями Выход Ст	атистика Импорт услуг Энергия Пользовательски	й ◀ ▶
Обработка Перен	аладка Отказ	⊲ ⊳
Активен		
Manual		-
УСЛУГИ	Возможно прерывание и отвод	
Приоритет: 0	<ul> <li>Возможно прерывание и отвод</li> <li>Освободить все услуги в случае сбоя одной</li> </ul>	
Триоритет: 0 Брокер:	<ul> <li>Возможно прерывание и отвод</li> <li>Освободить все услуги в случае сбоя одной</li> <li>root.Broker</li> </ul>	
Ориоритет: 0 Брокер:	<ul> <li>Возможно прерывание и отвод</li> <li>✓ Освободить все услуги в случае сбоя одной</li> <li>root.Broker</li> </ul>	
Приоритет: 0 Брокер: При запросе:	Бозножно прерывание и отвод     Бозножно прерывание и отвод     Освободить все услуги в случае сбоя одной     root.Broker	
риоритет: 0 Брокер: При запросе: При получении:	☐ Бозножно прерывание и отвод           Image: CossoGouths ace услуги в случае сбоя одной           root.Broker	
риоритет: 0 Брокер: При запросе: При получении: При освобожд:	☐ Бозножно прерывание и отвод           Image: CossoGouths ace услуги в случае сбоя одной           root.Broker	

Рис. 4.87 Вкладка" Importer" у налаштуваннях станції

Після цього нам потрібно обрати станції, з яких робітник повинен забрати та доставляти деталі. Для цього відкриваємо вкладку "*Exit*" та обираємо стратегію "*Carry part away*" (рис. 4.88), натискаємо "*Apply*".

.Models.Frame.Sin	gleProc	? ×
Переход Вид Се	рвис Справка	
Имя: SingleProc Метка:	Отказ     Рабочее вр. *	Вход блокирован Выход блокирован
бытиями Выход	Статистика Импорт услуг Энергия	Пользовательский 🖣 🕨
Стратегия:	Блокирующий	
Услуги Приоритет: 0 Цель ПО: Ждать не более:	Циклично Циклично Пропорционально Циклическая последовательность Простая последовательность Самый давний запрос Самый поздний запрос Самый поздний запрос Мин. содержимое Макс. содержимое Мин. содержимое Мин. время работы Мин. время наладки Мин. вошло Мин. вошло Мин. вошло Мин. вани вани вани в Мин. вошло Мин. вани вани в	Дд:ЧЧ:ММ:СС.ccc

Рис. 4.88 Представлення вкладки "Exit"

У якості цілі ("*MU target*") обираємо робоче місце 2 ("*Workplace 2*") (рис. 4.89).

E .Models Переход	.Frame.Si Вид С	ingleProc ? × Сервис Справка Выбор объекта	?
Иня: Sir Метка: Стрател Приорит Цель ПС Ждать н	ндleProc Выход ия: чуги ет: 0 : е более:	Отказ     Вход блокирован     Объектъи:     Объектъи:     ЗілдіеРгос     ЗілдіеР     ЗілдіеРгос     ЗілдіеРгос     ЗілдіеРгос     ЗілдіеРгос     ЗілдіеРгос     ЗілдіеРгос     ЗілдіеРгос     ЗілдіеРгос     ЗілдіеРгос     Зілді	Назад ОК Отмена
		Путь: .Models.Frame.Workplace2	Абсолютный
310		ОК Отмена Применить	

Рис. 4.89 Вибір робочого місця

Також активуємо "*Importer*" на другій станції. Тепер можна відмінити поточну симуляцію та почати нову. Бачимо, що розподільник працівників тепер містить одного робітника, що виконує роботу. Можна знову перезапустити симуляцію та побачити, як робітник виходить із розподільника, йде до станції, обробляє та переносить деталь. Робітник використовує робоче місце 1 щоб обробити деталь та переносить її на робоче місце 2, а потім обробляє її там. Тепер необхідно змінити модель так, щоб робітник обробляв деталь на робочому місці 1, забирав її з робочого місця 1, переносив на робоче місце 2, обробляв на робочому місці 3. Для цього визначаємо два окремі види роботи – одна для оброблення, інша для перенесення. Відкриваємо вікно станції та у вкладці "*Importer*" вмикаємо опцію "Services", натиснувши на зелене поле біля кнопки "Services" (рис. 4.90).

мя: SingleProc leтка:	Отказ         Вход блокиро           Рабочее вр. *         Выход блокир	ван
дка Отказы Упран Обработка Перен	вление событиями Выход Статистика Импорт усл аладка Отказ	
<ul> <li>Активен</li> <li>Услуги</li> </ul>	Возможно прерывание и отвод	
Приоритет: 0	🔲 🗹 Освободить все услуги в случае сбоя одной	
Приоритет: 0 Брокер:	□	
Приоритет: 0 Брокер: При запросе:	□	
Приоритет: 0 Брокер: При запросе: При получении:	□ ☑ Освободить все услуги в случае сбоя одной root.Broker 	
Приоритет: 0 Брокер: При запросе: При получении: При освобожд:	□         ✓ Освободить все услуги в случае сбоя одной           root.Broker	

Рис. 4.90 Налаштування послуг

Відкриваємо таблицю "Services" натисканням на відповідну кнопку. Замінюємо "StandardService" на "process" та натискаємо OK (рис. 4.91).

.Models.Fra	ame.SingleProc	? ×
Переход Ви	ид Сервис Справка	
Имя: Single	еРгос 🔲 Отказ Вход блок	кирован
Метка:	.Models.Frame.SingleProc.imp.services	ирован 🗌
	process	
адка Отказ	Service Amount Alternative	луг 🔹 🕨
Обработка	process 1	
✓ Активн Услуг Приорите Брокер: При запрк При получ При осво(	ОК Отмена Применить	
30	ОК Отмена	Применить

Рис. 4.91 Налаштування таблиці Services

На вкладці "Exit" у таблиці "Services" замінюємо "StandardService" на "carry" та натискаємо "OK". Тепер відкриваємо діалогове вікно станції 1 та на вкладці "Importer" знову вмикаємо "Services" та замінюємо "StandardService" на "process". Щоб пов'язати робочі місця з процесом відкриваємо його діалогове вікно, активуємо опцію "Supported Services", натиснувши на зелене поле біля відповідної кнопки, та у таблиці вводимо "process" (рис. 4.92). Тепер робітник використовуватиме це місце для виконання оброблення.

😒 .Models.Frame.Workplace ? 🗙	S .Models.Frame.Workplace	? ×
Переход Вид Сервис Справка	Переход Вид Сервис Справка	
Иня: Исикијасе	WHR:     Workp       Metxa:     process       Atpu6ytal B     Supported services       Ctanuurs:     S       Image: Ctanuurs:     Ctanuurs:       Image: Ctanuurs:     Ctanuurs:	4 0
ай ОК Отиена Применить	ар ОК Отмена При	менить

Рис. 4.92 Налаштування підтримки послуг

Аналогічно зв'язуємо робоче місце 1 та робоче місце 2 з "carry". Відкриваємо діалогове вікно розподільника та вмикаємо наслідування Таблиці створення, відкриваємо цю таблицю і записуємо "process" та "carry" у "Additional Services". Тепер можна скинути та заново запустити симуляцію, щоб побачити зміни у моделі.

#### Завдання

1. Підключити бібліотеку "Crane" до своєї моделі.

2. Засвоїти методику роботи із елементом "*MultiPortalCrane*", задання габаритних розмірів крану та траєкторії його руху.

3. Засвоїти методику програмування руху крана за допомогою об'єкт *"Method Information Flow"*.

4. Запуск симуляції роботи крана у 3D.

Перша	Кількість	Час роботи	Друга	Кількість	Час роботи
цифра	верстатів,	верстата	цифра	робітників,	верстата
	шт.	(процесу)		шт.	(процесу)
		№1, год			№2, год
0	4	2	0	1	3
1	3	3	1	3	2
2	2	1	2	2	1
3	3	4	3	2	4
4	2	5	4	2	5
5	4	3	5	3	2
6	3	2	6	3	4
7	4	1	7	2	3
8	2	4	8	2	5
9	2	5	9	1	2

Таблиця 4.6 Вихідні дані

Примітка: Час роботи розподілити довільно між верстатами (процесами).

# Зміст протоколу

В протоколі навести фізичну модель виробничої лінії, статистику ресурсів виробничого процесу, графік використання верстатів, таблицю стану виробництва (у вигляді копії екрану). Висновки і пояснення. Додати файл імітаційної моделі виробничої лінії.

# 4.7 Моделювання в режимі 3D

1. Натискаємо кнопку «Створити нову модель». У діалоговому вікні можна вибрати режим, в якому Ви хочете працювати з варіантами 2D і 3D для цієї моделі. Вибираємо 3D-симуляцію плоских об'єктів, відкриваємо 3D-вікно, в якому створюємо нашу імітаційну модель.



Рис 4.93 Створення нової моделі

2. Потрібно натиснути на «*Bud*» далі «*Планування Budy*» і розгорнути простір моделювання по всьому інтерфейсу, як зазначено на рис. 4.94.



Рис. 4.94 Зміна виду

3. У будь-якому місці цього ж інтерфейсу натисніть праву кнопку миші і перетягніть її в нове положення, щоб вид інтерфейсу співпадав з рис. 4.94.



Рис. 4.94 Переміщення інтерфейсу

4. Оберіть той об'єкт, який ви хочете встановити, натисніть двічі лівою кнопкою миші, якщо Ви хочете встановити не один об'єкт, затиснувши «*Ctrl*» виберіть курсором, де хочете встановити предмет, натисніть лівою кнопкою миші, оберіть «клас» об'єкта рис.4.95.



Рис. 4.95 Створення об'єкта і вибір класу

5. Вибравши останній елемент в тому ж вікні, натисніть «*Escape*» щоб завершити режим множинної вставки рис.4.96.

TX 🖬 🖬 ឆ =	30	NoName.spp - Tecnomatix Plant Simulation 14.1 - [.Models,Frame] SIEMENS -							
File Home Debugger Windo	Edit View Video	Q Find a Command	* 🖲 🔂 = 8 ×						
View Zoom to All Objects Scene	orm Settings Marks Came	Animate Paning Names Connections (Fid Sphic Groups)	Hide Objecti Unhide Objects Wireframies Temporary Options						
Class Library			₩ 7 ×						
A: Basis     Material Flow       B: Fluids     ► →        C: Resources     ■ InformationFlow	Fluids Resources Information		∰ <b>≟</b>						
G UseInterface Mis UserObjects Models ∰ Frame			Escape						
3D.Models.	30.Models.Frame ×								
Console			+ 4 ×						
Left-dick to insert the object 'Drain'. Hold down t	e «Chil» key to insert multiple obje	ts. Right-click to cancel.	OVE CAR NUM SCEL #						

Рис 4.96 Вихід з режиму створення класу

6. Натисніть клавішу виходу або натисніть праву кнопку миші. При вставці імітації об'єкта надається два різних режиму прив'язки: прив'язка до сітки і прив'язка до об'єктів, але переміщення за замовчуванням не включається рис.4.97.



Рис. 4.97 Прив'язки за замовчуванням

Ви можете змінити режим прив'язки на вкладці «*Редагувати стрічку*». Рекомендується залишити обидва режими прив'язки увімкненими.

7. Для того, щоб приблизити чи віддалити об'єкти, використовуйте колесо миші. Щоб сповільнити чи пришвидшити рух приближення чи віддалення, затискайте «*Ctrl*» чи «*Shift*» відповідно рис.4.98.



Рис. 4.98 Приближення і віддалення

8. Виділені об'єкти можна переміщати за допомогою клавіш зі стрілками, при кожному натисканні клавіш об'єкти переміщаються на 0,1 метра. Для того, щоб перемістити об'єкт на 1 метр, необхідно ще додатково затиснути клавішу «*Shift*». Для того, щоб повернути виділені об'єкти, утримуйте клавішу «*Ctrl*» і натискайте клавіші зі стрілками *вліво* або *вправо* на клавіатурі, при цьому об'єкт буде обертатися на 1 градус. Якщо при цьому додатково натиснути клавішу «*Shift*», об'єкт буде повертатися на 45 градусів рис.4.99.



Рис. 4.99 Переміщення по осям координат

9. Щоб змінити положення Z обраного об'єкта, утримуйте клавішу «*Ctrl*» і натискайте клавішу *вгору* або *вниз* на клавіатурі. Об'єкт при цьому рухається на 0,1 м у вертикальному напрямку. Якщо додатково затиснути клавішу «*Shift*», об'єкт переміститься на 1 метр рис.4.100.



Рис. 4.100 Зміна параметрів побудови

10. Змінити параметри розташування об'єкта можна, обравши «*Pedaryвamu 3D-властивості»* у контекстному меню об'єкта. У вікні буде вказано положення та поворот об'єкта. Ви можете змінювати дані параметри.



Рис. 4.101 Зміна параметрів розташування об'єкта

11. У моделюванні відображаються всі об'єкти з певною графікою, ви можете змінити графіку для кожного об'єкта окремо. Для цього потрібно натиснути на *«Редагувати графіку»* в спеціальному полі рис.4.102.



Рис 4.102 Зміни параметрів створеного об'єкта

12. У діалоговому вікні виберіть один з файлів 3D, який вам підходить, та натисніть двічі.

3D-файли містять не тільки графіку, але і налаштування анімації об'єкта.

Open										SIEM	IENS - 🗆
🔰 « System (C	2:)  Program Files  Siemens  Plant Simulation 14	4.1 + 3D + s3d-graphics +	•	• +	Search s3d-g	irophics		Q			<ul> <li>• • • • • • • • • • • • • • • • • • •</li></ul>
Organize * New folde	er					i≡ •		0	12:	0	
	^ Name	Date modified	Туре		Size			-	to Lock ts Structure	edddison	
🙀 Favorites	BuffersAndSorters	17.10.2017.05:00	File folder					11	ons	Plugins	
E Desktop	Containers	26.07.2017 05:00	File folder								*
Lownloads	EOM	16.09.2016 06:02	File folder								
Recent Places	Transporters	10.08.2017 06:00	File folder					=	A DESIGN THE		
ConeDrive	Workers	05.11.2017 05:00	File folder						) 🔤 🔤		
	BlackBox.s3d	16.09.2016 06:02	S3D File		450 KB						
Libraries	E CNC.s3d	16.09.2016 06:02	S3D File		436 KB				1-1-1	1114	144
Documents	CNC_3Ax_Big.s3d	16.09.2016 06:02	S3D File		83 KB			-	111	144	+++
dill Git	CNC_3Ax_Mill.s3d	16.09.2016 06:02	S3D File		473 KB				11	1111	1114
J. Music	CNC_5Ax_DualTable.s3d	16:09:2016 06:02	S3D File		450 KB				17	144	+++
Pictures	CNC_SAx_RoomSize.s3d	16.09.2016 06:02	53D File		510 KB				1-1-	1111	+++
Videos	CNC_Lathe.s3d	16:09.2016 06:02	S3D File		466 KB	1			the t	111	141
DECEMPTOR	CNC_Mills3d	16:09:2016 06:02	53D File		81 KB				A	1.1.1	114
DESTRUKUSSGUUS	CNC_MillTurn.s3d	16.09.2016 06:02	S3D File		507 KB					111	UUU
System (C:)	HoopCasingMachine.s3d	16.09.2016 06:02	53D File		452 KB					111	111
DATADRIVET (D:)	<ul> <li>HorizontalDrillinoMachine.s3d</li> </ul>	16:09:2016:06:02	S3D File		487 KR					111	- + - + +
File na	ame: CNCLathos3d			-	3D Files (*.s3d	)		-	1		1 1 1
				ſ	Onen		Cancel	-		1 1 1	
				L	open		cance	1	- the	1 1 1	1.1
	P	· · · · · · · · ·	2 11			10000		1	1	- freeten	the track
	3D .Models.Frame ×										R
	Console										
	. 4										

Рис. 4.103 Відкривання файлу для зміни графіки об'єкта

13. Натисніть «*Pedaryвamu 3D-властивості»*, перейдіть до заголовків вкладок і встановіть прапорець «*Iм'я»*, увімкнений тут рис.4.104.



Рис.4.104 Зміна назви об'єкта

14. Ви можете включити або відключити видимість імені об'єкта і ярлика. Якщо ви хочете передати ім'я об'єкта для всіх станцій, відкрийте контекстне меню для об'єкта класу в наборі інструментів і виберіть «*Pedaryвamu властивості 3D*» *puc. 4.105*.



Рис. 4.105 Зміна назви об'єкта через стрічку

Змініть заголовки, увімкніть або вимкніть видимість імені і мітки для класу. Для всіх екземплярів цього класу, які успадковують це значення, і вид вкладки «*Стрічка*», бачимо увімкнення і вимкнення видимості імен на ярликах, тому використовується імітаційна модель у наступній лабораторній роботі.

15. Після виконання роботи збережіть файл.

#### Завдання

- 1. Створити 3D-модель виробничої дільниці з верстатів
- 2. Перемістити верстати по робочій площі за допомогою клавіш.
- 3. Повернути верстати під кутом.

## Таблиця 4.7 Вихідні дані

Перша	Кількість	Тип першого	Друга	Кут повороту	Тип другого
цифра	верстатів,	верстату	цифра	верстатів, град.	верстату
	ШТ.				
0	2	Токарний	0	25	Токарний
1	3	Фрезерний	1	20	Фрезерний
2	4	Свердлильний	2	45	Свердлильний
3	5	Фрезерний	3	55	Фрезерний
4	4	Свердлильний	4	50	Свердлильний
5	3	Токарний	5	40	Токарний
6	2	Свердлильний	6	25	Свердлильний
7	2	Фрезерний	7	15	Фрезерний
8	3	Свердлильний	8	30	Свердлильний
9	2	Токарний	9	70	Токарний

Примітка: Тип решти верстатів, якщо це необхідно, обирається довільно.

# Зміст протоколу

В протоколі навести фізичну модель виробничої лінії (у вигляді копії екрану). Висновки і пояснення. Додати файл імітаційної моделі виробничої лінії.

## 4.8 Орієнтування заготовок та об'єктів цеху

## 4.8.1. Підготовка імітаційної моделі

Для виконання лабораторної роботи №8 потрібен файл, створений у роботі №7. Відкриваємо цей файл за допомогою команди «*Open*» (рис. 4.106).



Рис. 4.106 Відкриття готової моделі

При проектуванні зручно використовувати режим перегляду "Вид в плані" (рис. 4.107), для цього необхідно обрати вкладку "Вид"  $\rightarrow$  "Вид в плані".



Рис. 4.107 Вид в плані для початку роботи

Щоб переглянути ділянку цеху, зроблену в лабораторній роботі №7 в режимі 3D, натискаємо на вид у плані на вкладці *«Вид»* (рис. 4.108)



Рис. 4.108 Ділянка цеху в режимі 3D

Затискаємо ліву клавішу миші та видозмінюємо ділянку цеху до наступного виду (рис. 4.109).



Рис. 4.109 Видозміна ділянки цеху

Пересуваємо всі об'єкти на нашій ділянці до певної відстані між ними (рис. 4.110).



Рис. 4.110 Результат пересування об'єктів цеху

Далі на вкладці «*Material Flow*» Панелі об'єктів обираємо «*Line*» для того, щоб побудувати початкову лінію конвеєра (рис. 4.111).



Рис. 4.111 Розміщення об'єкта «Line»

Далі відкривається вікно «Параметры линии/дуги», де можна задати основні параметри конвеєра до його побудови (рис. 4.112)

Угол касательной:	þ.000	٠	фикс.
Длина сегмента:	0.000	m	фикс.
Дуговые сегменты			
Длина дуги:	3.142	m	фикс.
Угол кривой:	90	۰	🗸 фикс.
Радиус:	2	m	✓ ФИКС.
Высота якоря:	1	m	

Рис. 4.112 Вікно «Параметры линии/дуги»

Після задання параметрів починаємо будувати транспортну лінію, для цього натискаємо на площину ділянки перший раз і пересуваємо мишку до іншої точки. Натискаємо ліву кнопку миші, у результаті побудувалась лінія конвеєру (рис. 4.113).



Рис. 4.113 Початок побудови лінії конвеєру

Для того, щоб повернути конвеєр дугою затисніть клавішу «*Ctrl*» до появи можливих варіантів та мишкою перегляньте можливі варіанти дуги повороту конвеєру (рис. 4.115).



Рис. 4.115 Результат повороту лінії конвеєру

Аналогічними діями будуємо всю конвеєрну лінію (рис. 4.116).



Рис. 4.116 Результат побудови всієї конвеєрної лінії

Після закінчення побудови конвеєру натисніть клавішу *«Закончить»*, конвеєр автоматично побудується і збережеться на площині ділянки цеху (рис. 4.117).

Угол касательной:	45	°
Длина сегмента:	4.414	т 🗌 фик
Дуговые сегменты		
Длина дуги:	3.142	т 🗌 фик
Угол кривой:	90	° 🗸 фик
Радиус:	2	т 🗹 фик
Высота якоря:	1	m
Закончить Прерв	зать	Удалить точк
Закончить Прерг		

Рис. 4.117 Закінчення побудови конвеєрної лінії

Для того, щоб відобразити шлях траєкторії конвеєрної лінії, натискаємо правою клавішою на конвеєр та у вибраному вікні обираємо наступне (рис. 4.118): *«Сегменты» – «Показать»* 



Рис. 4.118 Шлях відображення траєкторії конвеєрної лінії

Після появи зелених стрілок натиском лівої кнопки миші можна перетягувати та редагувати стрічку конвеєру для отримання найбільш оптимального положення (рис 4.119).



Рис. 4.119 Вигляд виділеної траєкторії для подальшої зміни

Для того, щоб задати висоту конвеєрної стрічки у відповідному положенні виділіть зелені стрічки у місцях, де потрібно задати висоту конвеєру, затисніть «*Ctrl*» та натискайте ↑ або ↓ для зміни висоти (рис. 4.120).



Рис. 4.120 Задання висоти конвеєру

Після отриманого результату відкриваємо «Менеджер событий», скидаємо налаштування і запускаємо моделювання. Якщо все виконано вірно, то транспортною стрічкою будуть переміщуватись заготовки (рис. 4.121 та рис. 4.122)



Рис. 4.121 Запуск імітації моделювання



Рис. 4.122 Отриманий результат моделювання

## Завдання

- 1. Отримати навички планування дільниці, де застосовується конвеєр.
- 2. Ознайомитись з функціями конвеєру.
- 3. На практиці закріпити отриманні знання, шляхом моделювання цеху.

Для виконання завдання роботи №8 буде потрібен файл створений у роботі №7.

## Зміст протоколу

В протоколі навести фізичну модель виробничої лінії (у вигляді копії екрану). Висновки і пояснення. Додати файл імітаційної моделі виробничої лінії.

# 4.9 Знайомство з анімацією та 3D моделюванням виробничих процесів в програмі Tecnomatix Plant Simulation

Відкриваємо та запускаємо файл, який був збережений в минулій роботі (рис. 4.123)



Рис. 4.123 Модель ділянки цеху з минулих робіт

У площині виробничої ділянки натискаємо ПКМ на *Station* і обираємо пункт *«Edit 3D Properties»* (рис. 4.124-4.125)



Рис. 4.124 Виділення Station



Рис. 4.125 Вибір редагування 3D характеристики станції

У відкритому вікні заходимо в вкладку *Mu Animation*, і в таблиці біля ім'я «*Default*» натискаємо на кнопку *Show* (рис. 4.126-4.127).



Рис. 4.126 Задання параметрів станції



Рис. 4.127 Поява курсору на місці обробки заготовки

Після цих кроків з'являється червоний курсор на місці обробки заготовки. Затисненням ЛКМ + Ctrl можна перемістити заготовку. Примітка! «CTRL + (SHIFT) + стрілка вправо/вліво обертає заготовку (на 45 градусів) навколо своєї осі» (рис. 4.128).



Рис. 4.128 Переміщена заготовка в довільному положенні



Рис. 4.129 Поворот заготовки навколо своєї осі на 45 градусів

Щоб редагувати 3D характеристики заготовки, натискаємо ПКМ на заготовці та обираємо «*Edit 3D Properties*» (рис. 4.130)



Рис. 4.130 Редагування 3D-характеристик заготовки

У відкритому вікні можна змінити орієнтацію заготовки за прив'язкою до системи координат, задавши відповідні координати *XYZ* (рис. 4.131-4.132).



Рис. 4.131 Редагування положення заготовки по координатах



Рис. 4.132 Змінені положення координат заготовки

Щоб перевірити збереження наших характеристик та змін у положенні та орієнтації заготовки запускаємо симуляцію.

Після запуску симуляції видно, що заготовка з'являється у заданому положенні, а отже виконані дії правильні (рис. 4.133).



Рис. 4.133 Збережене положення заготовки

Для того, щоб змінити заготовку, яка буде переміщуватися виробничою лінією, наприклад в якомусь контейнері, робимо наступні дії:

Відкриваємо папку *MUs* в «*Class Library*» та обираємо «*Container*» – натискаємо на нього ПКМ та обираємо *Dublicate (puc. 4.134)*.



Рис. 4.134 Створення Dublicate контейнера

Відкриваємо *Container 1*, з'являється вікно, у цьому вікні можна задати та змінити розміри необхідного контейнера. Для цього потрібно змінити відповідні параметри в вкладці *Attributes* (рис. 4.135).

							Stopped	
abel:	-				Conveyin	g direction:	0 (forward	) -
Attribu		duct Statist		ties .	User-defin	ci		1
MUS	lize		201		- Booking	Point		
Lengt	h:	1.2	m 🖃		0.5		[] (0.60 m	)
Vidth	:	0.8	🖃 m		0.5	1	[] (0.40 m	)
Heigh	t:	0.144	m		0	🔳 [01	[] (0.00 m	)
)-dim	ension:	₩2						
\-dim	ension:	2						
2-dim	ension:	1						
	ation:						100	

Рис. 4.135 Зміна параметрів необхідного контейнера

Щоб відкрити контейнер у 3D, потрібно натиснути ПКМ на «Container 1», після чого обрати пункт відкрити в 3D – натиснути «Export Scene» та обрати шлях до потрібного нам файлу (рис. 4.136).



Рис. 4.136 Результат експорту

Для того, щоб створити заготовку, яка буде міститись в контейнері, натискаємо ПКМ на *Part* та обираємо *Dublicate*, натискаємо ПКМ на *Part1* та обираємо відкрити у 3D – двічі натискаємо ЛКМ на *Cylinder* та задаємо характеристики заготовки, у даному випадку радіус заготовки та висоту (рис. 4.137).



Рис. 4.137 Створення циліндра

Орієнтуємо циліндр в будь-якій точці, натискаємо ПКМ на циліндр та відкриваємо *ЗД налаштування* – натискаємо *Tools* та обираємо останній пункт «*Calculate dimensions from 3D* – *Apply* – *OK*».

lavigate View	Tools	Help					
ame: Part1	Ed	it Controls	Lim	F12	Sopped		
bel:	3D		Uni	Schalt+F12	(f <mark>r</mark> ward)		¥
Attributes Pro	Ca	lculate Dimensio	n from 3D	Strg+D		4	⊳
MU Size			— Booking P	oint			7
Length:	0.5	🖃 m	0.5		(0.25 m)		
Width:	0.4	🖃 m	0.5		(0.20 m)		
Height:	0.1	🖃 m	0	<b>□</b> [01]	(0.00 m)		
Destination:					🔳		-0

Рис. 4.138 Розрахунок заготовки з 3D

Орієнтуємо Container1 на Station1, натиснувши ЛКМ (рис. 9.17)



Рис. 4.138 Отриманий результат моделювання контейнера та заготовки

Щоб змінити властивості контейнеру із заготовками, натискаємо ПКМ на контейнер – обираємо *Edit 3D Properties (puc. 4.139)* 



Рис. 4.139 Відкриття властивостей контейнеру із заготовками

У відкритому вікні маємо можливість змінити положення центра контейнера із заготовками в системі координат, задавши ці координати (рис 4.140).

me:	Container	1									
ransfor	rmation	Appeara	ince MU A	nima	tion Grap	hics Stat	es				٩
Anim	ation obje	ect:					side to atta	ch:	Center both	tom *	
	nimation a	area									
Area	settings										
Orier	ntation:	XY plan	e *					F	lide		
Leng	th:	0.94	[0	1]	0.752	m					
Widt	h:	0.92	[0	1]	0.552	m	MU rotati	on ——			
Ce	nter —						Angle:	0	•		
X:	0		[01]	0		m	Axis X:	0	<		
Y:	0		[01]	0		m	Axis Y:	0	<		
<b>I</b>	0.05		[0.1.]	0.0	016	m	Axis Z:	-1			

Рис. 4.140 Задані значення положення центра контейнера

Запускаємо симуляцію, далі натискаємо ПКМ на конвеєрі та обираємо «*Edit 3D properties»* (рис. 4.141).

the Report of the last				
TX 📓 🖬 🖩 ፣	3D	StartModel.s	pp - Tecnomatix Plant Simulation 14.1 - [,Models.Frame]	SIEMENS - 🗆 ×
File Home Debugger Window	Edit View Video	Q Find a Command	HI > H 🖄 😪 🖌 🐂 🗡	* 🖻 😧 = 8 ×
Class Library MaterialFlow Besits Besits Herent Resources Herent	Lui view view Lize Group Ungroup Taolbox Material Flow Fluds Resc Station Station	Ubold Optimize ubold Sphere stored Plate A test = Inset Shape urces Information Flow   User Interface → → → → ↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔ ↔	Create Sensor Open Eingabe Open Eingabe Open Eingabe Create Sensor Create S	Align Cond able to the Lock Lock Condition Rugins
	3D Models Frame ×			
Contols				(4) (P)
				0.0000 OVR CAF NUM SCRL a

Рис. 4.141 Загальний вигляд цеху

В меню налаштувань обираємо вкладку «*Times*» та змінюємо час, який дорівнює 10 годинам «*Station 1*».

A REAL PROPERTY OF A REAL PROPER						- Anne								
TX 📑 🖬 🗟 🕫	3D		5	arths)	odel.spp - Techolo	ator Plant Simulation	14.1 - 1.56	odels.Fram	ie]		5	SIEME	VS -	<b>□</b> ×
File Home Debugger Wind	low Edit View	Models, Frame, Stati	on.				2 X						~ (E) 😯	- 6 ×
Exchange Graphics	A 151 F	Navigate View Too	sis Help					0	<b>d</b> -	0	PP	2:	0	
Import Graphics Print Scene * Graphic Structure	Optimize Group Ungroup Graphic	Name: Station			Faled	Entrance locked		Hide	Align	Snap S	inap to	Lock	edddison	
File	Structure	Label:			Planned *	Exit locked								1 1
Rasis MaterialFlow	Material Flow   Fluik	Times Set-Up Fails Processing time:	Const	Exit	Statistics Imp	orter Energy Use DDD:HH:MM:SS.XXXX		Self Ar	nimation	Graphics	States	Captions		4.5
Resources     InformationFlow		Set-up time:	Const	• 0					🔲 MU si	ide to attach	R F	Right botton	n - E	
UserInterface	A	Recovery time:	Const	- 0						-	Anima	stion offset		
HUS HIS	14-1-1-M-1	Recovery time starts:	When part ent	ers	•			14	A	dd	X: 0		: m	
# Part1	100	cyce the	COLOR		<u>()</u>				2	xtend.	Y: 0		2 m	
Container									E	dt	2: 0		m	
- ST Transporter - ST Toolbar UserObjects	Statio									elete	Gra	wity mode	0	
日子 Models 一部 Frame	T	10				Cancel A	pply	1	b	adkwards	►	88		
	Ž×.										ск	Canc	d	Apply
	312 .Models.Frame	×												316
Console														
Ready										0.0000		1	WE CAE NU	M SCAL of

Рис. 4.142 Задання часу

Знову запускаємо симуляцію, далі натискаємо ПКМ на *Sourse* та відкриваємо вкладку *Control* – прописуємо відповідний код та запускаємо нашу лінію знову (рис. 4.143 та рис. 4.144).

- Warmen and and		and the second s			- 0
TX 📓 🖬 🖩 =	Method	StartModel.spp - Tecnomatix Plant Simulatio	n 14.1 - [.Models.Frame.Source.OnEntrance	e 1 SIEME	NS - 🗆 ×
File     Home     Debugger     Window       Import     Print     Replace Previous     Next     In       Print     Find     Find     Consultance     In       Pint     Find     Find     In     In       Point     Print     Find     Vindow     In       Pint     Find     Find     In     In       Point     Print     Find     In     In       Point     Print     Find     In     In       Point     Containel     In     In       Point     Print     Print     In       Point     Print     Print     In       Point     Point     Print     In       With     Print     Print     In       Point     Point     Print     In       Point     Point     Print     In       Point     Point     Print     Print       Point     Print	Import       Import		n 14.1 - [Models, Frame.Source.OnEntrance m Select Control Templates Structures' Dherit Models, Frame.Source Models, Frame.Source Models, Frame.Source Models, Frame.Source Models, Frame.Source Models, Frame.Source Exit: Entrance: self.Controls Exit 19 Entrance: self.Controls Exit 19 Exit: Exit:	Apply     A	z x + + x
≝ mudes I.∰ frame			Shift calendar:	- D	Acciv :
	3D .Models.Frame	Source.OnEntrance ×			4 Þ
Console				5.00.000	
Ready				539,1338	OVR CAP NUM SCHE 🗃

Рис. 4.143 Відповідно прописаний код

В результаті можемо спостерігати, що всі станції на лінії працюють, заготовка з'являється у заданому нами положенні, контейнер та працююча лінія, все виробництво підкорюється *Processing Time* = 10h (рис. 4.144).



Рис. 4.144 Результат роботи
#### Завдання

Ознайомитися з інструментами анімації і 3D моделюванням в програмі «Tecnomatix Plant Simulation».

Для виконання завдання роботи використовується модель, яка була побудована в минулих роботах.

### Зміст протоколу

В протоколі навести фізичну модель виробничої лінії (у вигляді копії екрану). Висновки і пояснення. Додати файл імітаційної моделі виробничої лінії.

### 4.10 Створення моделі в ієрархічному порядку

Створюємо модель в ієрархічному порядку. Для цього ми створюємо нову імітаційну модель в 3D. На першому етапі ми створюємо власну станцію обробки, відкриваємо папку об'єктів користувача рис.4.145.



Рис. 4.145 Створення нового Frame в nanui UserObjects



Рис. 4.146 Перейменування Frame

Ми вставимо станцію в буфері, щоб поєднати станцію з іншими станціями, з'єднати інтерфейси з буферами. Потім ми створюємо захисну огорожу навколо нашої моделі, у вкладці редагування стрічки, вибираємо «Fense» рис.4.147.



Рис. 4.147 Вибір огорожі

Створюємо огорожу розміром 6×3 м. Для цього вводимо дані, після чого натискаємо кнопку *«Створити»* рис.4.148.

Graphic group:	deco (in	ternal)	
Width:	6	m	
Depth:	3	m	
Height:	2	m	
Profi <mark>le</mark> material:			
Post material:			
Mesh			
Panes Mat	terial:		

Рис. 4.148 Задання параметрів огорожі

Огорожа повинна розташовуватися навколо своєї станції.



Рис. 4.149 Зображення огорожі у 2D



Рис. 4.150 Зображення огорожі у 3D

Нам потрібно отримати отвір в огорожі. Перейдемо до графічного зображення, яке нам потрібно, натискаємо клавішу *«плюс»*. Виділяємо непотрібні секції з обох сторін і видаляємо їх.



Рис. 4.151 Видалення частини огорожі

Додаємо додаткові об'єкти на наших станціях, наприклад, таблицю об'єктів, які бажаємо змінювати та ін. Натискаємо праву кнопку миші на об'єкт, щоб відкрити контекстне меню «*Frame*», і вибираємо «*Pedarybamu 3D-властивості» на рис 4.152*.



Puc. 4.152 Buбip «Edit 3D Properties»

<b>TT</b>				$\alpha$	1.		•		•
Llene	холимо	на	вкпалки	«( +ra	nhics	R	ΠΙΑΠΟΓΟΒΟΜ	V	пежимі
Trope	лодимо	mu	ызадку	" Ora	pnics"	D	Almioi opom	y	perkinin.

.UserObjects.MySta	tion							?	
ame: MyStation	ols Help		-11						
Transformation Ba	ckground	Self Animation	Came	ra Animation	Graphics	States	Point Cloud	4	2
Graphic groups	Delete			Visibilities 🖃					
Name	Generated	Internal L	ocked	Visible	1				
default				<b>V</b>					
deco	•								
Show content									
Exclude from "Sho	ow content" o	of the location		-					
Obstacle for worker:	Graphics			-					
									_
					)K	Cancel	An	nlv	

Рис. 4.153 Вкладка «Graphics»

Прапорець в графі «Visible» потрібен для того, щоб ми могли побачити вміст «Frame» або ні. Коли вставимо станцію, ми хочемо побачити об'єкти потоку матеріалу, але не об'єкти потоку інформації. І видимість об'єктів можна визначити індивідуально для кожного об'єкта. Відкрийте діалогове вікно 3Dвластивостей об'єкта (Table File) і перейдіть до вкладки «Graphics», в нижній частині діалогового вікна, в якому ми бачимо пункт Show content, який визначає: об'єкт видимий або не видимий. Коли «Exclude from show content of the location» помічений прапорцем, то за замовчуванням прапорцем помічено для всіх об'єктів інформаційного потоку.

ame	: MyStation									
Tran	sformation Ba	ckground	Self Animation	Came	ra Animation	Graphics	States	Point Cloud	4	1
G	Add	Delete			Visibilities 🖃					
	Name	Generated	Internal	Locked	Visible					
	default	•								
	deco									
		_		_						
	Show content									
	Exclude from "Sh	ow content"	of the location							
		Constant a state								

Рис. 4.154 Прибираємо прапорець з пункту Show content

Ми можемо додати *«Display»*, який відображатиме кількість вироблених деталей. За допомогою миші виділяємо станцію, призначену для відображення статистики на екрані, та перетягуємо на поле *Display*. Щоб відкрити статистику, вкажіть текстове поле.



Рис. 4.155 Встановлення «Display»

Можна редагувати властивості дисплею. У діалоговому вікні задаємо параметри положення, можна змінювати відстань та кут повороту.

ne:	Display							
ansf	ormation Self Ani	matic	n G	iraphics C	aptions			۵
Pos	sition			Rotation	90	- •	Mirror	Scale
x:	-1	\$	]m	Axis X.	1		YZ plane	1
Y:	-2	¢	m	Axis Y:	0	<	XZ plane	
Z:	0	\$	m	Axis Z:	0	<	XY plane	

Рис. 4.156 Зміна кута повороту

Намагаємося розташувати дисплей безпосередньо перед огорожею. Для цього потрібно встановити курсор у відповідному текстовому полі, натиснути клавішу «*Ctrl*» й крутити колесо миші.

Angle:     90       X:     1       Y:     -1.51       T     m       Axis X:     1       Axis X:     1       X:     1       Y:     -1.51       T     m       Axis Y:     0       X:     2       T     m       Axis Z:     0       X:     1       Y:     -1.51       T     m       Axis Z:     0       X:     1	Po	formation	Self Anima	tio	n	Rotation	aptions		<b>A</b>	
X:     ↓0.96 Ţ     ↑ m     Axis X:     1 <     YZ plane       Y:     -1.51 ↑ m     Axis Y:     0 <     XZ plane       Z:     ↑ m     Axis Z:     0 <     XY plane						Angle:	90	•	Ctrl	
Y: -1.51	x:	-0.96	ſ	÷	m	Axis X:	1	<	YZ plane	I
Z: 2 2 m Axis Z: 0 < XY plane	Υ:	-1.51		÷	m	Axis Y:	0	<	🗌 XZ plane	
	Z:	2		÷	m	Axis Z:	0	<	🗌 XY plane	

Рис. 4.157 Вкладка «Transformation»

Перейдемо на вкладку «*Graphics*» і видалимо позначку навпроти «*Exclude from show content of the location*», після чого створимо виробничу лінію, використовуючи складові нашої станції рис.4.158.

	e: TableFile					
Trai	nsformation Se	If Animation	Graphics	Captions		 4 1
G	Graphic groups		1			
	Add	Delete			Visibilities 🔲	
	Name	Generated	Internal	Locked	Visible	
	default	-			<b>V</b>	
Ľ						
	Show content					
2						

Рис. 4.158 Видалення позначки навпроти виділеного пункту

Спочатку додаємо станцію у вкладку «Material Flow» на панелі інструментів.



Рис. 4.159 Створення нової станції

Обираємо нашу станцію, натискаємо клавішу «*Ctrl*» та вставляємо копіюванням декілька станції. Вони вже будуть автоматично підключені.



Рис. 4.160 Послідовно розміщені станції

Запускаємо симуляцію. На дисплеї відображається кількість деталей, виготовлених на станціях рис.4.161.



Рис. 4.161 Відображення кількості деталей на станціях

### Завдання

1. Розглянути методику створення моделей в ієрархічному порядку.

2. Засвоїти методику створення моделей в ієрархічному порядку.

3. Практично виконати лабораторну зі створення моделей в ієрархічному порядку

Перша цифра	Кількість верстатів для операції №1, шт.	Час операції №2, год.	Друга цифра	Вміст буфера для операції №2, шт.	Розмір партії, шт.
0	1	1,1	0	20	1000
1	2	2,5	1	5	500
2	3	0,25	2	30	250
3	2	0,1	3	15	850
4	3	1	4	10	280
5	1	1,2	5	8	100
б	2	3	6	12	150
7	3	0,5	7	30	50
8	1	1,1	8	15	1500

Таблиця 4.8 Вихідні дані

### Зміст протоколу

В протоколі навести фізичну модель виробничої лінії (у вигляді копії екрану). Висновки і пояснення. Додати файл імітаційної моделі виробничої лінії.

### 4.11 3D: анімовані об'єкти

У дереві «*Class Library*» відкриваємо папку «*UserObjects*» та натискаємо двічі лівою кнопкою миші для переходу. Додаємо «*Station*» і два «*Interface*», послідовно з'єднуючи їх за допомогою «*Connector*» (Рис.4.162).



Рис.4.162 Виробнича дільниця зі «Station» ma «Interface»

Як можна помітити, на станції розташований «ToolHolder». Саме йому ми і надаємо анімацію переміщення: ліворуч, праворуч і до центру. Для цього правою кнопкою миші натискаємо на «Station» і обираємо пункт «Open» in «New 3D Window» на рис 4.163. У новому вікні маємо можливість окремо вибрати «ToolHolder».



Puc. 4.163 «ToolHolder» – об'єкт, який будемо анімувати

Натискаємо правою кнопкою миші на «*ToolHolder*» і обираємо пункт «*Make Animatable Object*», тобто робимо об'єкт анімованим. Далі, задаємо назву і початкове положення нашого об'єкта і натискаємо «*OK*» (Рис. 4.164).



Рис. 4.164 Меню при натисканні правою кнопки миші

Задаємо маршрут руху в просторі координатами. Для цього: натискаємо правою кнопкою миші на наш об'єкт – «*Edit 3D Properties – Self Animation*».



Рис. 4.165 Меню для задання маршруту по координатах

У цьому меню натискаємо на кнопку «*Add*». Додаємо три послідовні переміщення нашого об'єкта (задаються вони шляхом задання двох координат – початку і кінця, а також часу):

Перше – ліворуч (*Left*). Ми маємо початкову координату, необхідно вказати кінцеву, для цього: натискаємо «*Edit*», в новому меню натискаємо «*Add*», а потім «*Edit Values*».

Задаємо переміщення по осі X «– 0,8» м і час – «1» с, після чого двічі натискаємо «*OK*» (*Puc. 4.166*).



Рис. 4.166 Задання маршруту для руху ліворуч

Перевірити анімацію можна, натиснувши «Play».

Друге переміщення – праворуч (*Right*). Задається у два кроки, спочатку вказуємо початкову координату, тобто кінцеву при переміщенні ліворуч, потім кінцеву вже при очікуваному переміщенні праворуч. По осі X – 0.8 м та 0 м відповідно, а також час – 20с.



Рис. 4.167 Задання маршруту для руху праворуч

I останнє, третє, переміщення до центру (*Middle*). Виконується все по аналогії з попередніми, початкова координата – кінцева для другого, а кінцева – це власне повернення в початкове положення, тобто в 0 по координаті X, за час – 1 с.



Рис. 4.168 Задання маршруту для повернення в початкову точку

Після задання координат натискаємо «OK» у вікні, і закриваємо вкладку «UserObject»-«Frame.Station».

Повернувшись у вкладку нашої станції, додаємо «Method» з меню «Toolbox – Information Flow». Подвійним натисканням лівої кнопки миші

переходимо в меню редагування параметрів і змінюємо ім'я на «onEntrance» і натискаємо «OK» рис.4.169.



Рис. 4.169 Задання імені для «Method»

Далі подвійним натисканням лівої кнопки миші на станцію, відкривається меню редагування її параметрів. У вкладці Times змінюємо наступні параметри рис.4.170:

Processing time: 0:22sec. (1 с. ліворуч, 20 с. праворуч і 1с. в центр) Recovery time: 5sec.

Recovery time starts: When part exits

TX 📑 🖬 🗟 =		3D		NoN	ame.spp	Tecnomatix Plant Simulatio	in 14.1 - [.Use	rObjects.Frame]	SI	EMENS -	o ×
File Home D	Debugger Window	Edit View	Video Q Fir	id a Command						^ 💽 🔞	- 8 ×
Import Graphics Print Scene + File	phics	e 日 日 ce Group Ungrous ucture	Cuboid Cone Frustur Textured Plat	Cylinder Dynere Cylinder Sphere A Text Insert Shape	- + +	Animatable Simulation Object Object Create Object	Show Manipulator	Hide Align s Manipulators to Grid iscellaneous	Snap Snap to to Grid Objects Str Options	Lock nucture Plugins	
Class Library + 7 × 1 Basis MaterialFlow	Toolbox Material Flow   Fluids   F	Resources Informa	UserObjects.Fra Navigate View	me,Station Tools Help			2 ×				* ů ×
Fuids     Fuids     Fuids     functionationFlow     UserInterface     Mus     Mus     Mus     Mus     Frame     Models     Frame			Name: Station Label: Times Set-Up 1 Processing time: Set-up time: Recovery time sta Cycle time:	Const + Const + Const + Const + Const + Const +	0 Financia Constraints of the second	eled Entrance lock ed  Entrance lock Entrance En	eed  User 4  XXX G G G G G G G G G G G G G G G G G	nEntranco		H	MAAN
	Ĩ×		<b>3D</b>	HH	ER	Cancel	Apply			1	1
T family	30.Models.Frame 30.U	serObjects.Frame ×									<b>[4]</b> [2]
Console										0.0.00	14.000
ACAUY										OVE CAP NE	NM SCHE 12

Рис. 4.170 Меню задання часу для станції

Переходимо до вкладки «Controls» і в поле «Entrance» задаємо раніше доданий «onEntrance», натискаємо «OK».

TX 📑 🖬 🗟 =		30	Not	ame.spp - T	econmatur Plant Simulati	ion 14.1 - j.User	Dbjects.Framej	SIEME	NS - 🗆 ×
File Home Debug	ger Window Edit	View Video	Q Find a Command						* 🖲 😯 = 8 ×
Import Graphics Print Scene * File	Graphic Structure	Ungroup	old Cylinder e Frustum Sphere ured Plate A Text Insert Shape	÷ ÷	Animstable Simulation Object Object Create Object	Show Manipulators Mis	Hide Align Manipulators to Grid cellaneous	Snap Snap to to Grid Objects Options	e edddison Plugins
Class Library + 7 × Toolb	DK	UserOt	jects.Frame Station			? ×			<b>→</b> # ×
Basis MaterialFlow	rial Flow   Fluids   Resources	Informal Navigate	View Tools Help						
🕘 Fluids 📃 🎙	M 🞫 🖩 🗇	Name: 51	ation	] 🗌 Fak	ed Entrance lo	cked			
Resources		Label:		Planne	d • Exit locked				
UserInterface	LIT				_		TT	+++	T
MUs     UserObjects	Ltt	Times S	et-Up Failures Controls E	xit Statist	cs Importer Energy	User 4 >	11	1th	11
# Frame		Entrance	onEntrance		Before actions		At	117	+-
- Toolbar		Exit:		144	Pront Rea	r 🛛	1 1	+t	1 1
Models					Exit control once	•	trance	4 1 15	
SFrame	1-1-						nEntra	F I I	1 1-
1		Set-up:					1-1-	1-1-	17
	1	1					1_+		1-1
12	1 1	Puli		11-			1	1 1	1-1-1
1	t the	Shift cale	ndar:	100	9		1-1-1-2-	tat	1-12
								41-2-1-2-	-t-
-		30		OK	Cancel	Apply	Attal	1 Ft-t	1219259
18	×		The second s				11	THE HEAD	SPATH2
	THAT	THIT		HI	HIHI	HT	THE	HHHH	400
10000		THE THE	I here the					The state of the s	
30.4	Addels.Frame 3D.UserObject	Frame ×							(\$ P)
Console									
Ready									OVR CAP NUM SERL

Рис. 4.171 Підключення «onEntrance»

Подвійним натисканням лівої кнопки миші по «*onEntrance*» відкриваємо поле для написання коду, який, власне, і запускатиме в дію нашу анімацію. Виглядатиме він наступним чином:



Рис. 4.172 Вікно написання коду

Тепер станція з анімованим об'єктом готова і доступна в бібліотеці. Назвемо її «*MyStation*» рис .4.173.



Рис. 4.173 Задання імені станції

Також слід перевірити у вкладці «*Graphics*» відсутність галочок навпроти пунктів «*default*» і «*deco*» і наявність навпроти «*Show content*» (Рис. 4.174). Для цього натискаємо правою кнопкою миші на станції та відкриваємо пункт «*Edit 3D Properties*».



Рис. 4.174 Вкладка «Graphics» пункту «Edit 3D Properties»

#### Завдання

1. Розглянути методику анімування об'єктів в середовищі Plant Simulation.

2. Засвоїти методику анімування об'єктів в середовищі Plant Simulation, в особливості використання об'єктно-орієнтованого програмування.

3. Практично виконати анімування об'єктів в середовищі Plant Simulation, за запропонованою методикою.

Перша	Кількість	Об'єкт	Друга	Норма	Розмір партії,
цифра	верстатів	анімації	цифра	часу, год.	ШТ.
0	4	Верстат	0	0,5	1000
1	2	Інструмент	1	1	500
2	3	Заготовка	2	2	250
3	2	Працівник	3	1,5	850
4	3	Верстат	4	1,2	280
5	5	Інструмент	5	0,25	100
6	2	Заготовка	6	2	150
7	3	Працівник	7	2,25	50
8	1	Верстат	8	3	1500

### Таблиця 4.9 Вихідні дані

## Зміст протоколу

В протоколі навести фізичну модель виробничої лінії (у вигляді копії екрану). Висновки і пояснення. Додати файл імітаційної моделі виробничої лінії.

### 4.12 Метод організації руху працівників в цеху

Для початку роботи запускаємо програму і завантажуємо файл із 9 лабораторної роботи: натискаємо *Load last model* або *Recent models* і обираємо потрібну модель.

Щоб додати робочі місця на станції, натискаємо «Workplac» на вкладці «Resources» в панелі інструментів (Toolbox) і, утримуючи клавішу «Ctrl», переміщаємо курсор мишки туди, де буде розміщене робоче місце.



Рис. 4.175 Створення робочих місць

Натискаємо ліву кнопку миші, щоб вставити робочі місця біля об'єктів «Station», «Station 1», «Station 3» і «Station 4».

Далі ми додаємо «Broker» і «Workerpool».

Двічі натискаємо на об'єкт «Station», щоб відкрити діалогове вікно. Переходимо на вкладку «Importer» і натискаємо «Active», щоб активувати функцію «Importer». Повторюємо цю дію із об'єктами «Station 1», «Station 3» і «Station 4» рис.4.176.

TX 📴 🖬 📾 =	3D	DemoStart.app - Terrisonatis Plant Simulation 14.1 - [Models Frame]	EMENS - D ×
File Home Debugger	Window Edit View	D Model: Example Station	~ 🖲 😧 = 8 ×
View Zoom to All Objects X Top Z Bottom	Transform Settings Marks	Navkgate View Toxis Help ps ps Tride Objects United Difference inched Difference inc	astacles
Scene	Grid	Label: Exit locked Temporary Option	8
Class Library V V X Resident States of the second	Fluids Resources Informative	Time:     Set-Up     Failure:     Controls     bit     Statistics     importer     Energy     User < >       Processing     Set-Up     Failure     0     >       Ø Active     Importer     0     >       SetVices     Can be interrupted and drawn off     Importer       Priority:     0     Ø Release all pervices when one of them is failed       Broker:     root.Broker     Importer       Request controls:     Importer     Importer       Release control:     Importer     Importer	• 1 ×
		BD CE Cencel Appy	

Рис. 4.176 Активація функції «Importer»

Натиснувши праву кнопку миші, ми запускаємо симуляцію робочого процесу і помічаємо, що, рухаючись між об'єктами станцій, працівник обирає найкоротший шлях між ними.

Тепер додаємо ще дві робочі станції до моделі. Для того, щоб полегшити додавання об'єктів до моделі, у верхньому меню програми переходимо на вкладку «View» і обираємо «Planning View».

В «Toolbox» переходимо на вкладку «Material flow», встановлюємо «Source», «Station 2» і «Station 5», а також «Drain». З'єднуємо всі об'єкти, використовуючи «Connector» рис.4.177.



Рис. 4.177 З'єднання об'єктів моделі

Додаємо до «Station 2» і «Station 5» робочі місця та активуємо «Importer», як це описано вище. Далі виходимо з режиму «Planning View» і

вмикаємо симуляцію робочого процесу. Тепер для того, щоб охопити робочі процеси на всіх станціях, включаючи «*Station 2*» і «*Station 5*», робітник повинен рухатися навколо конвеєра.

Для того, щоб відобразити перешкоди, які необхідно оминути при русі, натискаємо клавішу *О*. У моделі навколо об'єктів з'являються обмежувальні рамки червоного кольору. Відстань між об'єктами і їхніми обмежувальними рамками становить 0,4 метра рис.4.178.



Рис. 4.178 Обмежувальні рамки

При побудові маршруту програма встановлює обмежувальну рамку навколо конвеєра, не враховуючи той факт, що висота конвеєра дозволяє робітнику рухатися під ним. Щоб усунути це, нам необхідно вставити «Footpath». Для цього ми переходимо на вкладку «Resources» і обираємо «Footpath». Встановлюємо цей об'єкт таким чином, щоб його початок і кінець були за межами червоної рамки конвеєра.



Рис. 4.179 Установка Footpath

Далі нам необхідно встановити «*Station 6*» безпосередньо перед «*Footpath*». Тепер робітник буде рухатися навколо цієї станції.



Рис. 4.180 Установка «Station 6»

Тепер правою кнопкою миші натискаємо на «Station 6» і у вікні обираємо «Open in New 3D Window».

Затиснувши ліву кнопку миші, виділяємо станцію і за допомогою клавіші «Delete» видаляємо всі її компоненти рисс.4.181.

Далі у верхньому меню програми у вкладці «*Edit*» вибираємо «*Cuboid*» і розміщуємо два таких елементи з параметрами 1x1x1 м.



Рис. 4.181 Розміщення кубоїдів

Закривши це вікно, ми бачимо загальний вигляд нашої моделі. Тепер ці елементи кубічної форми мають одну спільну обмежувальну рамку.



Рис. 4.182 Загальний вигляд моделі

Правою кнопкою миші натискаємо на ці кубічні об'єкти і обираємо «Edit 3D Properties». У діалоговому вікні на вкладці «Graphics» змінюємо параметри «Obstacle for worker» з «Bounding Box» на «Graphics» (Puc. 4.183).



Рис. 4.183 Параметри в Edit 3D Properties

Тепер при візуалізації процесу ми бачимо, що робітник може рухатися між елементами «*Station 6*», а точніше – між кубами рис.4.184.



Рис. 4.184 Візуалізація процесу

При необхідності змінити висоту станцій, переходимо в «*Planning View*». На моделі обираємо необхідні станції і робочі місця. Тримаючи клавішу «*Ctrl*», прокручуємо колесо миші вгору чи вниз або натискаємо клавіші зі стрілками.



Рис. 4.185 Підняття станцій

Якщо необхідно задати точну висоту об'єктів натискаємо правою кнопкою на необхідний об'єкт, обираємо «*Edit 3D Properties»* і на вкладці «*Transformation»* змінюємо значення Z на потрібне.



Рис. 4.186 Зміна параметрів висоти

Якщо при зміні висоти робочих об'єктів виникла помилка «Робітник не може дістатися робочого місця», необхідно зробити наступне: у вкладці меню «Edit» обрати «Stairs», у діалоговому вікні задаємо значення «Rise» таке ж, як задана висота об'єкта. Далі ставимо «Stairs» в будь-якому місці рис 4.187.



Рис.4.187 Установка «Stairs» до станцій

#### Завдання

1. Вивчити методи раціональної організації переміщення працівників в межах цеху.

2. Навчитися будувати траєкторію руху робітників, оминаючи обладнання.

3. Організувати переміщення працівників до робочих місць, що знаходяться на певній висоті.

Перша цифра	Кількість верстатів на першому поверсі, шт.	Кількість верстатів на другому поверсі, шт.	Друга цифра	Наявність конвеєрної стрічки	Кількість пропускних пунктів, шт.
0	4	1	0	+	1
1	2	2	1	-	2
2	3	5	2	+	3
3	2	4	3	-	2
4	3	3	4	-	1
5	5	1	5	+	3
6	2	3	6	+	4
7	3	5	7	-	2
8	1	6	8	+	1

Таблиця 4.10 Вихідні дані

## Зміст протоколу

В протоколі навести фізичну модель виробничої лінії (у вигляді копії екрану). Висновки і пояснення. Додати файл імітаційної моделі виробничої лінії.

## 4.13 Методи створення візуально привабливої 3D моделі

У цій роботі мова йде про 3D моделювання виробничого цеху. Для того, щоб змоделювати цех, необхідно спочатку змоделювати виробничу лінію, яка складається з джерела, трьох верстатів, автоматичної лінії, буферу та коробки зберігання рис.4.188.



Рис. 4.188 Модель виробничої лінії

Далі переходимо на вкладку «View» та натискаємо по черзі кнопки «Grid» та «Shadow», щоб прибрати сітку та показувати тіні об'єктів (рис. 4.189)



Рис. 4.189 Прибираємо сітку та включаємо тіні

Щоб побудувати підлогу та стіни нашого цеху натискаємо ПКМ на виробниче поле та вибираємо «*Edit 3D Properties*».

У відкритому вікні переходимо на вкладку «*Graphics*» і натискаємо на кнопку «*Add*». Вводимо ім'я «*Walls*» і натискаємо ОК для того, щоб закрити діалогове вікно (рис.4.190).

ig: Frame							_
Tanc	•						
Іреобразование Ф	он Собственная а	нимация	Анимация камеры	Графика	Подписи		
🤈 Группы графики 🛛 🗗				с Группа со	остояний 🖃 —		ñ
Добавить	Удалить		Видимость 🖃	Ориентац	ия: (выкл)	-	l
	Croupp Rungage	2-6-004	Russian		еобразование		
	стенер внутре	. Saunok	. Бидимая				J
detault	-						
waiis	-		V				
Показать сод							
исключить из по	казать содержимое	расположе	ния				
Препятствие рабочен	му: Графика		-				
							_
			OV				

Рис. 4.190 Створення стін

Для того, щоб створити підлогу в нашому цеху, натискаємо на вкладку «*Edit*», потім натискаємо «*Figure*» та обираємо «*Cuboid*». У вікні, що з'явилося, вводимо значення ширини, глибини і висоти нашої підлоги. У списку «*Graphic Group*» вибираємо «*Walls*», потім натискаємо ОК (рис. 4.191).

Создать куб		? ×
Группа графики:	Walls	(внутренний) 🔹
Ширина:	50	m
Глубина:	20	m
высота:	0.02	m
<u> </u>		

Рис. 4.191 Вводимо значення параметрів підлоги в цеху

Щоб задати колір підлоги в цеху, натискаємо ПКМ на виробниче поле, відкриваємо «*Edit 3D Properties»* і обираємо вкладку «*Material*». Ставимо

позначку біля «Active material» і в першій вкладці вибираємо колір для підлоги (рис. 4.192)



Рис. 4.192 Вибір кольору підлоги в цеху

Для додавання стін до нашого виробничого цеху потрібно виконати наступні дії: натиснути на вкладку «*Edit*», потім «*Figure*» та обрати «*Factory walls*». У вікні, що з'явилося, обираємо значення параметрів стін цеху такі ж самі, як і для підлоги цеху, при цьому додатково задавши висоту стін та їх колір (рис. 4.193)



Рис 4.193 Результат завдання значення параметрів стін виробничого цеху

Для того, щоб ненавмисно не перетягнути графіку стін від їх заданого положення вибираємо «*Edit 3D Properties*», попередньо натиснувши ПКМ на

стіну. У вкладці «Graphics» ставимо галочку в рядку «Walls» у стовпці «Locked».

Для того, щоб додати певну кількість шаф до виробничого цеху, переходимо на вкладку «*Edit*», потім натискаємо «*Figure*» та обираємо «*Textured Plate*».

Введемо необхідні нам значення для ширини, висоти і товщини шафи. Далі вибираємо картинку реальної шафи, натискаючи на «*Image*» (картинку потрібно обирати в форматі .bpm). Переконайтесь, що поставили галочку біля «*Fit texture to plate*». (рис. 4.194)



Рис. 4.194 Фрагмент створеної шафи виробничого цеху

Вибираємо «*Edit 3D Properties*», натискаючи одночасно клавіші *Ctrl* + 3. У цьому вікні можемо орієнтувати положення шафи в цеху як завгодно (рис. 4.195).



Рис. 4.195 Орієнтування положення шафи у виробничому цеху

Для того, щоб змінити колір шафи обираємо «Show Graphic Structure». У відкритому вікні ми бачимо дві графічні замітки в дереві, обираємо другу по

списку і натисканням правої кнопки миші вибираємо «*Edit 3D Properties*» (рис. 4.196)



Рис. 4.196 Редагування властивостей

У відкритому діалоговому вікні вибираємо вкладку «Material» і ставимо галочку на рядку «Material Active». У рядку «Diffuse Color» вибираємо потрібний колір і натискаємо ОК.

Щоб додати стелаж до виробничого цеху, ми вибираємо «Import Graphics» на вкладці «Edit».

**Примітка!** У відкритому вікні є можливість вставити малюнок, у який можна імпортувати будь-який графічний файл на свій смак. Підтримує різні графічні формати.

Для прикладу обираємо існуючий файл *Rack.jp* (рис. 13.10). І натискаємо ОК. Замість імпорту малюнка ви також можете створити стелаж, клацнувши «*Rack*» в групі фігур вставки (рис 4.197-4.200).



Рис. 4.198 Імпорт файлу Rack.jp

Создать стойку			? >	<
Группа графики:	default (внеш	ний)	•	
Ширина отсека:	1.5	m		
Высота отсека:	1	m		
Глубина отсека:	0.8	m		
Отсеков на шкаф:	3			
Всего шкафов:	4			
Материал шкафа: Материал опор:		Ĩ		
Оптимизация:	Возможность	пост-обрабо	× 10	
	Создать	Отмен	a	

Рис. 4.199 Задаємо параметри стелажа



Рис. 4.200 Результат задання параметрів стелажа

Якщо у вас на фабриці є області, які робітникам рекомендовано не перетинати, ви можете визначити ці області. Для цього вибираємо «Barred Area». Вводимо значення для ширини та висоти і вибираємо потрібну форму (рис. 4.201).



Puc. 4.201 Barred Area

Таким чином у нас з'явився заштрихований прямокутник – область, яку робітник не може перетнути.

Потім ми хочемо створити платформу для розташування виробничого цеху на другому поверсі. Спочатку ми створюємо площину, що представлятиме собою підлогу. «*Cuboid*» вибираємо у «*Figure*» в групі фігур «*Insert*». Задаємо потрібні нам значення ширини і глибини (рис 4.202).

Co	здать куб						?	×
ŋ	оуппа графики:		default	(вне	шний)	)	Ŧ	·
ш	Іирина:	8		m				
D	пубина:	5		m				
B	Высота:		0.02		m			
			Создать		0	тмен	a	

Рис. 4.202 Значення параметрів платформи

Ми залишаємо платформу в правому куті нашої фабрики і натискаємо «*Edit 3D Properties*». У відкритому діалоговому вікні задаємо потрібне значення для позиції Z (це значення буде відображати висоту платформи для другого поверху виробничого цеху).

Продовжуємо редагувати *3D Properties*. У відкритому вікні вибираємо вкладку «*Material*» і активуємо галочку «*Material Active*». Далі вибираємо колір для нашої платформи в рядку «*Diffuse Color*». Натискаємо ОК (рис. 4.203).



Рис. 4.203 Результат проектування виробничої платформи

Щоб потрапити на виробничу платформу цеха, яка знаходиться на висоті 4 метри від підлоги, потрібно створити сходи. Для цього обираємо «*Stairs»* у вкладці «*Edit*», «*Figure*» та задаємо значення ширини і висоти у відкритому діалоговому вікні (Рис 4.204).

Создать лестницы		? ×
Группа графики:	lefault (внешни	й) 🔻
Ширина проступи:	1.5	m
Подъем:	3	m
Материал тетивы:		
Материал ступеней:		
	Создать	Отмена

Рис. 4.204 Задаємо значення параметрів «Stairs»

Відкриваємо вікно властивостей предмета і повертаємо сходи навколо осі Z на 90 градусів (Рис 4.205).



Рис. 4.205 Результат проектування Stairs

З міркувань безпеки також потрібно поставити огорожу навколо платформи.

Для того, щоб додати огорожу для платформи виробничого цеху, переходимо на вкладку «*Edit*», потім натискаємо «*Figure*» та обираємо «*Fence*».

Задаємо у відкритому вікні значення для ширини, глибини та висоти, колір матеріалу. Активуємо галочкою «*Mesh*» (Рис 4.206).



Рис. 4.206 Результат проектування огорожі

Переміщуємо огорожу на платформу і на вкладці «View» натискаємо кнопку «Planning View». У такому вигляді зручно розміщувати деталі. Ви помітите, що огорожа має чотири сторони, а в нашому випадку нам потрібно тільки дві. Для видалення натисніть курсором миші на огорожу і, натискаючи кнопку «+», виберіть потрібну ділянку. Потім натисніть кнопку «Delete».

- 1. Підтверджуємо видалення кнопкою Yes.
- 2. Повторимо ці дії для іншої поверхні біля стіни.
- 3. Повторюємо дії для видалення ділянки біля сходів.



Рис. 4.207 Результати побудови імітаційної моделі ділянки

## Завдання

1. Вивчити методи оформлення 3D моделі.

2. Виконати візуалізацію імітаційної моделі.

Для виконання завдання роботи №13 буде потрібен файл, створений у роботі №12.

## Зміст протоколу

В протоколі навести фізичну модель виробничої лінії (у вигляді копії екрану). Висновки і пояснення. Додати файл імітаційної моделі виробничої лінії.

# 4.14 Професійна анімація об'єктів

Після запуску програмного додатку необхідно створити нову модель за допомогою команди *Create New Model* (рис. 4.208). У наступному діалоговому вікні необхідно обрати тип моделі: двовимірна (2D) або тривимірна (3D). Обираємо 3D модель.



Рис. 4.208 Створення нової моделі

При проектуванні зручно використовувати режим перегляду *Front view* (рис. 4.209), для цього необхідно обрати вкладку *View*  $\rightarrow$  *Front view*.



Рис.4.209 Вибір режиму перегляду

Зліва у вікні бібліотеки класів потрібно відкрити папку UserObjects, яка вже містить порожній фрейм «Frame». Створюємо особистий фрейм з назвою MyStation.


Рис. 4.210 Особистий фрейм MyStation

Створюємо нову станцію, та з'єднуємо її з двома Connectors (рис. 4.211)



Рис. 4.211 Нова станція

Натискаємо на новостворену станцію ПКМ та обираємо Open in new 3D window, видаляємо графіку станції (рис. 4.212)



Рис. 4.112 Видалення станції

Натискаємо ПКМ, обираємо в контекстному меню «*Edit 3D properties»* та в розділі «*Graphic*» вимикаємо орієнтацію групи станів (рис. 4.213).

	SingleProc						
	Singler roc				_		4
Прес	бразование	Анимация ПС	О Собстве	нная анимац	ия Графия	ка Подписи	, P
1	уппы графики	8				- Группа состояний	
4	цобавить	Удалить		Видии	ость 🔲	Ориентация: (вык	n) -
V	Іня	Сгенеро	Внутрен	Заблоки	Видиная	Преобр Гори	зонтально
117	A 10	-				Belli I	IKAU HHU
	erault	•			2		
	егації : Токазать сод	•			×		F
	етації : Токазать сод 1сключить из "І	-	жиное" расл	положения	•		

Рис. 4.213 Вимкнення орієнтації групи станів

Далі натискаємо на вкладку *Edit*, натискаємо *Figure* та обираємо *Cuboid*. У вікні, що з'явилося, вводимо значення для ширини, глибини і висоти нашого об'єкту та створюємо його.



Рис. 4.214 Створений Сиboid

Потім натискаємо ПКМ, обраємо в контекстному меню «*Edit 3D* properties» (aбо «Ctrl»+3). У вкладці «*Position»* переконуємося, що наш кубоїд розміщений точно в початку координат. У вкладці «*Material»* ми активуємо матеріал та обираємо синій колір, як це показано на рисунку 4.215.

мя:		
Преобразование Граф	ические параметры Материал	4 Þ
🖂 Материал активен		
Рассеянный свет: Окружающий свет:		
Отраженный свет: Излучение света:	Последние использованн	
,	Другие цвета	
Прозрачность:	0	
Блеск:		
	0.00 0.25 0.50 0.75 1.00	

Рис. 4.215 Обираємо колір кубоїда

Створюємо ще один кубоїд з глибиною 0,4 м, натискаємо «*Ctrl*»+3 та у вкладці «*Position*» вказуємо наступні координати так, щоб розмістити його на першому кубоїді. (X0, Y0,3, Z1)

І нарешті створюємо фінальний кубоїд з висотою 0,3 м, натискаємо «*Ctrl*»+3 та у вкладці «*Position*» вказуємо наступні координати так, щоб розмістити його на другому кубоїді. (X0, Y0, Z2)

У вкладці «Material» знову активуємо та обираємо колір кубоїда.



Рис. 4.216 Результат проектування кубоїдів

Далі необхідно імпортувати графіку свердла. Для цього потрібно натиснути на клавішу «*Graphic import*» у вкладці «*Edit*». Попередньо необхідно змоделювати самостійно чи завантажити модель свердла (Підказка: Для зберігання моделей для імпорту рекомендовано обирати формат VRML для коректної роботи програми) рис.4.217.



Рис. 4.217 Графіка змодельованого свердла

Після успішного імпорту натискаємо «*Ctrl*»+3 та у вкладках «*Position*» та «*Scale*» (треба зменшити графіку, адже вихідна модель має великі розміри відносно наших кубоїдів) вказуємо наступні величини, як на рисунку 4.218.

lpeo	бразование Графи	чес	кие п	араметры	Материал			⊲
ГПо Х: Y: Z:	о о 2		] m ] m ] m	Поворот Угол: Ось Х: Ось Y: Ось Z:	90 ° 1 < 0 <	Зеркало Плоскость YZ Плоскость XZ Плоскость XY	Масштаб ✓ Равномерн 0.35	10 ‡
	Переместить в нол	ь		Добави	ить вращение			

Рис. 4.218 Змінюємо положення та масштаб імпортованого свердла

Тепер необхідно натиснути ПКМ на свердло, обрати в контекстному меню «*Make animatable object»* та назвати його «*Drill*». Після цього закриваємо вікно 3Д цієї станції.

	Преобр	азовать в аним	ируемы ?	×
2 hard - frank	Имя:	Drill		1-1-
		Положение о	бъекта	1
	7	X: 0	‡ m	t
		Y: 0	¢ m	
A fail	/	Z: 2	^ m	
	22			1/1/1
	44	-		1111
a a a a a a a a a a a a a a a a a a a	1	OK	Отмена	1111
		-1-7	+	1111
	TH	411	THE	1111
	14		HH-	HHH
	111		ETT.	1111
	711	111	111	
	±47	11	111	HH
	1	1 1 1 1		

Рис. 4.119 Свердло «Drill»

Додаємо новий метод *Method*, який знаходиться на панелі інструментів, до нашої моделі та називаємо його *«onEntrance»* (рис. 4.220).



Puc. 4.220 Method «onEntrance»

Натискаємо двічі на нашу станцію та обираємо вкладку «Event management». Натисніть на кнопку з трьома крапками та оберіть метод «onEntrance» як елемент управління входом. Ми також хочемо визначати час оброблення станції. З цією метою активуйте «Before actions» у цьому ж вікні (рис. 4.221).

мя: SingleProc		] 🗆	Отка: Рабочее	вр. т	Bx	од блокиро иход блокир	ван оован	
ена Переналадка	Отказы Уп	равле	ние собы	тиями	Выход	Статистия	ka 🖣	Þ
Вход:	onEntrance				Перед д	ействиями		
Выход:					Перед Управля	Зад емый выход	L 🗆	
Переналадка:								
Запрос объекта:								
Календарь смен:								

Рис. 4.221 Вибір методу «опЕпtrance» як елемента управління входом

Послідовність анімації складається з 4 кроків:

1) Свердлильна головка швидко рухається донизу та різко зупиняється перед деталлю

2) Свердлильна головка обертається та рухається повільно вниз, просвердлюючи наскрізний отвір

3) Свердлильна головка повільно рухається вгору, продовжуючи обертання

4) Свердлильна головка повертається у вихідне положення

Після всіх налаштувань та послідовного розбору анімації потрібно написати код анімації. Натискаємо два рази на метод та у вікні метода пишемо наступний код:

var d: length := @.MuHeight var feedSlow: speed:= 0.01 var feedFast: speed:= 0.5 var timeForDrilling:= (d+0.05+0.01)/feedSlow var timeForMoving:= (1-d-0.05)/feedFast station.proctime:= 2\*TimeForDrilling + 2\*TimeForMoving if is3Dopen and animIcon var Position1: length := d + 0.05 var upPosition : real[3] := [0.0, 0.0, 0.0] var animaions: any := Station.\_3d.getObject("Drill").selfAnimations

	animations.resetAnimations
	<pre>var downPosition := real[3] := [0.0, 0.0, Position-1] animations.scheduleTranslation(upPosition, downPosition1, feedFast) animations.startNextAnimationblock</pre>
	<pre>var TargetAngle: integer := round (180*timeForDrilling) animations.scheduleRotation(0, targetAngle, 180)</pre>
feedSlow)	var downPosition2: real[3] := [0.0, 0.0, -1.01] animations.scheduleTranslation (downPosition, downPosition2,
feedSlow)	animations.startNextAnimationblock animations.schedulerotation(0, TargetAngle, 180) animations.scheduleTranslation(downPosition2, downPosition,
	anmations.startNextAnimationBlock animations.scheduleTranslation(downPosition, upPosition, feedFast)
end	animations.play

Після написання коду закриваємо це вікно.

Для того, щоб змоделювати процес, необхідно спочатку змоделювати виробничу лінію, що складається з джерела, станції «*MyStation»* та виходу (всі елементи можна перетягти з панелі інструментів). Всі елементи треба з'єднати за допомогою інструмента *Connector*.

Для відкриття налаштувань анімації треба двічі натиснути на годинник. В налаштуваннях вибираємо *«Real time»* та обираємо необхідну швидкість анімації (= 1 для реального часу) (рис. 4.222).



Рис. 4.222 Результат побудови імітаційної моделі

## Завдання

1. Створити 3D симуляцію свердлильного верстату.

2. До створеної моделі додати час оброблення деталей.

3. Виконати необхідні експерименти та провести дослідження по кожному з них.

Перша	Інструмент	Тип верстату	Друга	Габарити	MRR,
цифра			цифра	верстату, х-у-	mm <sup>2</sup> /xb
				Z	
0	Різець	Токарний	0	0,5-1,0-1,0	265
1	Фреза торцева	Фрезерний	1	1,0-1,5-1,5	480
2	Свердло	Свердлильний	2	1,5-2,0-2,0	677
3	Фреза дискова	Фрезерний	3	0,5-1,0-1,0	738
4	Свердло	Свердлильний	4	1,0-1,5-1,5	752
5	Різець	Токарний	5	1,5-2,0-2,0	265
6	Свердло	Свердлильний	6	0,5-1,0-1,0	480
7	Фреза торцева	Фрезерний	7	1,0-1,5-1,5	677
8	Свердло	Свердлильний	8	1,5-2,0-2,0	738
9	Різець	Токарний	9	0,5-1,0-1,0	752

Таблиця 4.10 Вихідні дані

## Зміст протоколу

В протоколі навести фізичну модель виробничої лінії (у вигляді копії екрану). Висновки і пояснення. Додати файл імітаційної моделі виробничої лінії.

## 4.15 Екпериментальні дослідження в менеджері з дослідів у середовищі Siemens Tecnomatix Plant Simulation

Створюємо нову модель, натиснувши «*Create New Model*», та обираємо 3D (рис. 4.223).

TX III .	Tecnomatic Plant Simulation 14 - Start Page	SIEMENS -	o ×
File Home Debugger	Window Q Find a Command		~ E 0
Open BN D DD	Image: Series         Image: S	Context Help Manage Class Library Model	
Class Library 💗 🕸 🗙	Toolbox		* # ×
No model leaded      Favorites     V 0 × 0      Add to Favorites     X	Coren Models       Coren Adage this later under "File > Model Settings > General > Visualization".         Coren Model       2D         Start Place       3D         Visited       Visited	Wel	omatix Com what's new
Ready		OVR CAP N	um scri "E

Рис. 4.223 Створення нової моделі

Приєднуємо «Джерело (Sourse)» до основної та до проміжної станції. З'єднуємо всі елементи моделі (рис. 4. 224)



Рис. 4.224 Розташування верстатів та побудова ланцюгів

Налаштовуємо вихідні параметри об'єкту «Джерело» («Sourse»). Для цього вибираємо його подвійним натисканням клавіши ЛКМ та переходимо до вкладки «Buxid» («Exit»), обираємо стратегію виходу «Начать с 1-го последователя» (рис. 4. 225).

<ul> <li>.Models.Fram</li> </ul>	e.Source	? >
Navigate View	Tools Help	
Name: Source	E Failed	
Label:		t locked
Attributes Fa	ilures Controls Exit Statistics User-defined	4 P
-	2	
Strategy:		
	Cydic 👻 🗌	
	Cuelie	
	Start at succes for 1	
	Kanuom	
	Percentage	₹
	Linear sequence	ן ל
	Least Recent Demand	
	Most Recent Demand	
	Min. Contents	
	Max. Contents	
	Min. Proc. Time	
	Max. Proc. Time	
	Max. Set-up Time	
	Min. Num. In	
14.0	Max. Num. In	
3D	Min. Rel. Occu. Cance	Apply
	Max. Rel. Occu.	
	Carry Part Away	
	Carry Fart Away	

Рис. 4.225 Налаштування виходу заготовок

Для імітації збоїв у роботі основного верстату у параметрах станції переходимо до вкладки «*Сбои»* («*Failure*») та приймаємо значення за замовчуванням (рис. 4.226).

Name:	Failure				Failed	Active	
Start:	Const	Ŧ	0				
Stop:	Const	Ŧ	0				
Interval:	Cons	Ŧ	0				
Duration:	Const	Ŧ	0				
✓ Availabili Availability:	95 °	% MT	TR: 1:00				9
Failure relat	tes to:	Sir	nulationTim	e - 🖻			
				ØК	Cance	Ac	yla

Рис. 4.226 Налаштування відсотку збоїв першої станції

Для завершення моделювання через певний проміжок часу, відкриваємо діалог контролера подій, перевіряємо вкладку з налаштуваннями і тип часу проходження (рис. 4.227).



Рис. 4.227 Налаштування контроллера на відключення симуляції через певний проміжок часу

Додаємо експеримент в диспетчері імітаційної моделі. Ви знайдете менеджер у вкладках інструменту на панелі з інструментами. Відкрийте його і налаштуйте експеримент (рис. 4.228).



Рис. 4.229 Створення експерименту

Вказуємо вихідні значення для імітаційного дослідження. Переміщаємо допоміжну станцію в перший рядок таблиці, а основну – у другий рядок таблиці експерименту (рис. 4.230).



Рис. 4.230 Встановлення параметрів експерименту

Вводимо необхідні параметри у відповідні чарунки таблиці та натискаємо «Подтвердить» («Apply») (рис. 4.231).

		periments in 'Frame' 🛛 🕅 🕅 ate Tools Help
		Start Stop Reset
	Cu	rrent experiment: Observation:
	Def	inition Evaluation
		Define Output Values
		Use input values
	.Models.Frame.ExperimentManager.Output	×
Speci	tify the output values for the simulation study.	
Utiliza	zation of Auxiliary Machine	
	Output Values	Description
1	.Models.Frame.SingleProc1.statWorkingPo	Utilization of Auxiliary Machine
		OK Cancel Apply

Рис. 4.231 Запуск першої перевірки

Менеджер досліду виконує 5 симуляцій з різними результатами, пов'язаних із збоями в роботі першої станції.

Після завершення симуляції отримуємо звіт статистики вихідних значень та графік, на якому вказані мінімальні і максимальні значення

коливань, які часто розглядаються для простої оцінки і дають більш детальну оцінку відхилення (рис. 4.232).



Рис. 4.232 Звіт експерименту

На вкладинці «Assessment» менеджера досліда обираємо «Detailed Results», щоб відкрити таблицю з числовими результатами (рис. 4.233).



Рис. 4.233 Вибір числової форми стандартних відхилень

Типові статистичні значення, такі як середнє значення і стандартне відхилення, відображаються в числовій формі, точність середнього значення дорівнює описаним довірчим інтервалам. Пам'ятайте, що за результатами даного експерименту можна зробити тільки припущення про стохастичну модель із заданим парним рівнем достовірності (рис. 4.234).

<b>1</b>	in a star and	LikingKon of Austings Mashing	Stradard Deviation	A Colores	Maridanian	Left interval beyond	Disht interval have
EX	xperment	Obization of Auxiliary Machine	Standard Deviation	Minimum	Maximum	Left Interval bound	Right Interval boun
EX	Exp 1	0.1033333333333333333333333333333333333	0.0670820393249937	0.033333333333333333333333333333333333	0.183333333333333333	0.0	197223968525688

Рис. 4.234 Статистичний аналіз результатів

Рівень достовірності результатів говорить про те, з якою ймовірністю істинне середнє значення знаходиться в межах ймовірності інтервалу за замовчуванням, значення рівня збоїв управління становить 95%.

Для перевірки впливу доступності основної станції та використання допоміжної в менеджері дослідів обираємо «Use input values» (рис. 4.235).

Start Stop	Reset
Current experiment: 1 Observa	tion: 5
Definition Evoluction	
Evaluation	
Define Output Values	
Use in ut values	
Denne Input variables	
Define Experiments	
Observations per experiment:	5

Рис. 4.235 Вибір вхідних значень змінних

Це дозволить вводити вхідні значення періоду (рис. 4.236).



Рис. 4.236 Введення вхідних значень періоду

Натискаємо кнопку для визначення експериментів в таблиці (рис. 4.237 та рис. 4.238).



Рис. 4.237 Заповнення таблиці досліду



Рис. 4.238 Введення параметрів досліду

Отримуємо звіт проведеного досліду (рис. 4. 239)

New       Debugger       Window       P. Field & Genmand       Image: Comparison of the c	X 📑 🖬 🖩 🔹	NoName.sp	• Tecnomatiir Plant Simulation 14 - (ExperimentManager)	SIEMENS - D
View View   Open View     View View                 View View	File Home Debugger	Window Q Find a Command		^ (E) 😯 - #
ass Ubrary + 4 × Poliods Resources Information Flow Used Internation Flow Used Interna	Open + Event Controller	MUS Icons Animation Animation	Cot     Cop     C	structure Inheritance eds
Reside Material Row   Fuids   Resources   Information Row   User Interface   Mobile Units   User Objects   Tools   Material Row   Fuids   Resources   Information Row   User Interface   Mobile Units   User Objects   Tools   Models Models Firance Models Models Statistical Fouluations	ass Library 👻 🕂 🛪 1	foolbox		<b>₩</b> 0
Teconomatic Plant Semulation 14 Sement PLM Software	MaterialFlow MeterialFlow Fluids Resources UserInterface UserInterface Tools Tools Medels Frame wontes Add to Favorites X	Atatenal Flow   Fuids, Resource; Information Fl	Min-Max intervals with quartiles	W Experiments in 'Frame'         Interview           Navigate Tools Help         Start         Stop         Reset           Start         Stop         Reset         Current experiment: 3         Observation: 5           Definition         Evaluation         Reset/Is         Detailed Results           Report         Interview:         Interview:         Shore           Interview:         Interview:         Confidence
		Siemens PLM Software	Ę+,+,	OK Cancel Apply
	-	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	30	

Рис. 4.239 Звіт експерименту

Щоб вивести результати трьох експериментів на одній вкладці оцінки, обираємо показ мінімальних інтервалів Мах або довірчі інтервали. Діаграма показує кількість окремих експериментів по осі X і подані значення вихідних значень по осі Y, котрі показують очікуваний взаємозв'язок між доступністю основної станції та допоміжної (рис. 4.240).



Рис. 4.240 Статистичні значення експерименту

Очевидно, що вся доступність основної станції призводить до зменшення роботи на допоміжній.

Іншими словами, спостерігаються відмінності між результатами випадкової поведінки моделі, тому необхідні подальші дослідження. Щоб отримати результати з більшою надійністю, необхідно виконати більше спостережень за експериментом для цього вводимо більшу кількість експериментів (рис. 4.241).



Рис. 4.241 Результати 50 експериментів

Збільшення кількості спостережень призводить до зменшення ширини довірчих інтервалів, що дає більшу впевненість в результатах експерименту.

## Завдання

- 1. Створити 3D-модель виробничої дільниці.
- 2. До створеної моделі додати час оброблення деталей.

3. Виконати необхідні експерименти та провести дослідження по кожному з них.

Перша цифра	Час операції №1, год.	Час операції №2, год.	Друга цифра	Відсоток збоїв, %	Кількість експериментів Дослід №2
0	1	1,1	0	95	10
1	1,2	2,5	1	90	5
2	3	0,25	2	91	20
3	0,5	0,1	3	50	50
4	1,1	1	4	65	25
5	2,5	1,2	5	85	10
6	0,25	3	6	90	15
7	0,1	0,5	7	85	5
8	2	1,1	8	45	15

Таблиця 4.11 Вихідні дані

## Зміст протоколу

У протоколі навести фізичну модель виробничої лінії, результати експериментів. Висновки і пояснення. Додати файл імітаційної моделі виробничої лінії.

# 4.16 Використання бібліотеки «Cranes and More» у імітаційній моделі

Для моделювання виробничої дільниці з використанням кран-балок необхідно запустити програмний додаток *«Tecnomatix Plant Simulation»*. Щоб створити нову модель, натисніть кнопку *«Create New Model»*. Для виконання даної лабораторної роботи оберіть 3D-модель.

У менеджері бібліотеки класів слід активувати бібліотеку «Cranes and More» (рис. 4.242 та рис. 4. 243).



Рис. 4.242 Місцезнаходження вкладки «Менеджер бібліотек класів»

Управление библиотекой классов	? >
Основные объекты Библиотеки	4 Þ
Библиотека	Версия
4 Tools	
Анализатор узких мест	15.0.0
Анализ энергоэффективности	15.0.0
<ul> <li>ExperimentManager</li> </ul>	15.0.0
Wizard for Genetic Algorithms	15.0.0
Neural Network	
LayoutOptimizer	
Transfer Station	
Генератор вариантов	
WorkerChart	
Последовательный выбор	
Статистические инструменты	
<ul> <li>Wizard for Teamcenter</li> </ul>	
<ul> <li>Стандартные оиолиотеки</li> </ul>	
<ul> <li>Бесплатные библиотеки</li> </ul>	
Cranes and More	14.2.3
Многоярусный склад	
Kanban objects	
Ицензируемые библиотеки	·
Maluo Etroam Manning	-
Kanban objects     Лицензируемые библиотеки     ValueStreamManaion	
	Обновить все библиотеки
🗹 Всегда показывать этот диалог при	открытии модели
Лля новых молелей	Отмена Примениять
для новых моделей	Отмена

Рис. 4.243 Активація бібліотеки «Cranes and More»

Створіть модель виробничої дільниці, для якої необхідно провести симуляцію роботи крану (рис. 4.244).



Після чого заходимо у вкладку *Cranes* і обираємо пункт *MultiPortalCrane*. Перед нами відкривається діалогове вікно для вставки об'єкта, який орієнтується по довжині. Вставляємо кран таким чином, щоб він охоплював всі необхідні нам елементи дільниці (рис. 4.246 та рис. 4.247).



Рис. 4.246 Розміщення та орієнтація порталу



Рис. 4.247 Наглядний приклад розміщення

Для зміни вектора руху порталу, відкрийте контекстне меню і натисніть «Показать манипуляторы» («Show Manipulators») (рис. 4.248).



Рис. 4.248 Вікно редагування положення порталу

Таким чином можна змінювати напрям та довжину порталу за необхідності.

Відкрийте діалогове вікно *MultiPortalCrane* подвійним натиском на одну з колій. Перед нами з'являється вікно налаштування параметрів порталу. У вкладці *Crane Runway* задаємо ширину між опорами порталу, висоту та довжину напрямних рейок, по яким він переміщується.

У вкладці *Portal* задаємо габаритні параметри порталу. Вводимо параметри, які нас цікавлять, та натискаємо кнопку ОК, щоб закрити дане діалогове вікно (рис.4. 249).

Name: MultiPortalCrane				Name:	MultiPortal	Crane			
Label:				Label:					
Crane Runway Portal   Ti	oliey Hook	Failures   3D	Sta 4	Crane	Runway Po	ortal   Tr	rolley   Hook	Falures   :	3D Sta
Length of runway (L):	30	m		Lengt	h (L):	2	m	/	B
Width of runway (B):	7	m		Width	(B):	10	m	-	
Height of runway (H):	0	m		Height	t (H):	5	m		-
				Overh	ang:	3	m		
Number of portals:	1								
				Speed	6	0.75	m/s		
				Aci	celeration	A	cceleration:	0.15	m/s²
	-	в				De	eceleration:	0.15	m/s²
				Collisio	on detect:				
				Collisio	an:	1			

Рис. 4.249 Діалогові вікна налаштування параметрів порталу

ступним кроком є перевірка, що портал може досягнути усіх необхідних нам станцій.

Для керування роботою порталу додаємо об'єкт «*Method*» із розділу «*Information Flow*» та перейменовуємо його (клавіша F2) в *onExit* (рис. 4.250).



Рис. 4.250 Створення метода onExit

Подвійним натиском на кнопку «метод» отримуємо доступ до діалогового вікна програмування. Вводимо наступний код роботи (рис. 4.251).

```
var Portal : object := MultiPortalCrane.Portal1
waituntil Portal.state ="idle"
Portal.transferMU(?, Station2)
```



Рис. 4.251 Приклад коду керування порталом

Рис. 4.252 Послідовність дій при написанні коду керування порталом

Подвійним натиском на контролер подій відкриваємо меню (рис. 4.253), у якому є можливість (поставивши галочку напроти *«Real-time x»*) запустити симуляцію у реальному часі.

.Models.Model.EventController ? ×
Переход Вид Сервис Справка
Время 0.0000
Управление событиями Настройки 4 🕨
Медленнее Быстрее
1
С ОК Отмена Применить

Рис. 4.253 Запуск симуляції у реальному часі

У розділі «View» у вкладці «Planning Viev» запускаємо дану симуляцію у режимі 3D (рис. 4.254)



Рис. 4.254 Симуляція роботи порталу у реальному часі

## Завдання

1. Підключити бібліотеку «Cranes and More» до своєї моделі.

2. Засвоїти методику роботи із елементом «*MultiPortalCrane*», задання габаритних розмірів крану та траєкторії його руху.

3. Засвоїти методику програмування руху крана за допомогою об'єкт «Method Information Flow».

4. Провести симуляцію роботи порталу та зробити висновки.

Перша цифра	Час операції	Час операції	Друга цифра	Швидкість перемішення	Кількість верстатів що
Lindbla	№1, год.	№2, год.	Lindbla	порталу, м/хв.	приймають
				1 57	вантаж
0	1	1,1	0	20	2
1	1,2	2,5	1	10	1
2	3	0,25	2	5	2
3	0,5	0,1	3	15	1
4	1,1	1	4	45	3
5	2,5	1,2	5	8	2
6	0,25	3	6	5	1
7	0,1	0,5	7	15	3
8	2	1,1	8	21	2

Таблиця 4.12 Вихідні дані

## Зміст протоколу

У протоколі навести фізичну модель виробничої лінії, статистику ресурсі за кожну станцію. Висновки і пояснення. Додати файл імітаційної моделі виробничої лінії.

#### 4.17 Робота та використання портального крану

Після запуску програмного додатку необхідно створити нову модель за допомогою команди "*Create New Model*" (рис. 4.255). У наступному діалоговому вікні необхідно обрати тип моделі: двовимірна (2D) або тривимірна (3D). Обираємо 3D модель.



Рис. 4.255 Створення нової моделі

Для початку виконання лабораторної роботи потрібно підключити додаткову бібліотеку «*Crans*». Для цього натисніть кнопку «*Manage Class Library*» (рис. 4.256) на вкладці, що відкриється, оберіть потрібний пункт, у нашому випадку «*Crans*».



Рис. 4.256 Загальний вигляд менеджеру бібліотек та потрібний пункт

При проектуванні зручно використовувати режим перегляду "Вид в плані" (рис. 4.257), для цього необхідно обрати вкладку "Вид"  $\rightarrow$  "Вид в плані".



Рис. 4.257 Вибір режиму перегляду

Переходимо до моделювання:

## 1. Створюємо місце для зберігання

Відкриваємо підключену бібліотеку «*Cranes*» (рис. 4.258) та обираємо «*StorageArea*», далі обираємо розташування області зберігання, після чого вводимо відповідні параметри (рис. 4.259)



Рис. 4.258 Моделювання області зберігання

Имя:	Store				
Метка:					
Площад	• Управление )	/даление	Ограждённ	ая зона Настро	йки
	1			1	
Длина:		65			
Ширина	:	15			
Длина и	еста хранения:	13			
Ширина	места хранения:	3	=		
Цисто и		5	=		
HILLON	ест хранения х.		-		
ЧИСТО М	ест хранения Y:	2			
			OK	Отмена	Применить
100	the loss little loss into its			100 100 100 100 100 1	

Рис. 4.259 Необхідні налаштування для області зберігання

Також підключимо автоматичне вивантаження кожного 10-го контейнеру, для цього в налаштуваннях області зберігання перейдіть до вкладки «*Removing»* («*Vdanenue»*) (рис. 4.260) та оберіть «*Automatic removing»* («*Aвтоматическое уdanenue»*), задавши значення 10:00.0000.

Метка: Площадь   Управление   Удаление   Ограждённая зона   Настрой	
Площадь   Управление Удаление   Ограждённая зона   Настрой	
	ки
Автоматическое удаление	
Интервал удаления: 10:00.0000	

Рис. 4.260 Налаштування автоматичного вивантаження

## 2. Створимо портальний кран

Далі моделюємо сам портальний кран, шляхом натискання на іконку «MultiPortalCrane» (рис.4.261) переходимо до меню створення портального



крану. Обираємо напрям і довжину його направляючої.

Рис. 4.261 Створення портального крану

Для того, щоб область зберігання була паралельна до направляючої портального крану, оберіть ЛКМ направляючу портального крану та перемістить її на область зберігання.



Рис. 4.262 Отриманий результат моделювання

В налаштуваннях портального крану задаємо ширину крана до 18 метрів, кількість порталів до 1. У вікні *Multi-PortalCrane* задаємо довжину порталу до 12 м, ширину – до 18 м, висоту – до 15 м, також в меню направляючих задаємо висоту підйому до 12 м. Натискаємо кнопку ОК, щоб закрити і прийняти задані

## параметри (рис.4.263-4.264).

	alCrane			
атка:				
(рановый путь	Портал	Тележка	Крюк От	казы 3D 🔄
Длина (L):	12	m	~	
Ширина (В):	18	m	1	- T
Вы <mark>сота (</mark> H):	15	m		н
Вылет:	0	m	-	
			L	
Скорость:	1.3	m/s		
🗹 Ускорение	Уск	корение:	1	m/s²
	Зам	едление:	1	m/s²
	TORKH			

Рис. 4.263 Параметри, які потрібно задати для порталу

🖾 Multi-Portal Crane >
Переход Вид Справка
Имя: MultiPortalCrane
Метка:
Крановый путь Портал Тележка Крюк Отказы 3D 💶
Длина: 1 m
Ширина: 12 m
Высота: 0.5 m
Высота подъёма: 12 м
Скорость: 2.5 m/s
Ускорение Ускорение: 0.65 m/s <sup>2</sup>
Замедление: 0.65 m/s <sup>2</sup>
ОК Отмена Применить

Рис. 4.264 Параметри, які необхідно задати для направляючої порталу

Можливо доведеться відрегулювати положення крану так, щоб область



зберігання була саме під краном (рис. 4.265).

Рис. 4.265 Можливі зміни шляхом переміщення зони зберігання

#### 3. Створення робочого шляху переміщення

Для цього використовуємо об'єкти: «Source», «Drain», «Connector», «Station». Створюємо робочу зону, як рис. 4.266.



Рис. 4.266 Отримана робоча зона

Для задання вхідної та вихідної станції оберіть створену станцію та перемістить її в зону зберігання, після чого відкриється наступне вікно (рис.4.267).



Рис. 4.268 Параметри станції

Для першої станції обираємо «Вхід», для другої «Вихід».

## 4. Додавання нового об'єкту в моделювання

Далі в боковому меню обираємо папку *MUs*, натискаємо на неї ПКМ та створюємо її дублікат. Далі відкриваємо дублікат в 3D та видаляємо стандартний *MU* об'єкт.



Рис. 4.268 Вигляд в 3D стандартного MU файлу дублікату Part

Далі додаємо свій об'єкт для лабораторної роботи. Для цього відкриваємо вкладку *«Edit»*, там обираємо *«Import Graphics,* обираємо необхідний файл з розширенням «.jt» (рис. 4.269).

Файл	Домашняя страница	Отладчик	Окно	Правка	Вид	Видео	Q Hai	йти команду	
импортироват графику	<ul> <li>В Заменить графику</li> <li>Экспорт сцены *</li> <li>Экспорт сцены *</li> <li>Печать сцены *</li> <li>Файл</li> </ul>	Структура графики	Оптимитиро	овать Гру у Структу	иппирова ра	ть Разгруп	пировать	(☐) Кубоид ()) Усеченный ко ()) Пластина Встае	Сфера Сфера Пласті вить фигуру
Библиотека кла	ссов 🗢 🕂 🗙 Па	нель объекто	ЭВ						
🚴 Basis (15/80)	) M	laterial Flow	Fluids Reso	urces Inf	ormation	Flow Use	r Interface	Mobile Units User	Objects T
⊕ <mark>`</mark> Materiall ⊕ <mark>`</mark> Fluids	Flow	<b>k</b> =→=	،		→ →			E 🕑 💽	

Рис. 4.269 Шлях для зміни стандартного файлу на свій

Після імпорту отриманого обєкту в його властивостях натисніть «виставити в нуль». І закрийте вікно Part1 (рис. 4.270).



Рис. 4.270 Необхідні параметри для обраної деталі

Далі, щоб параметри *Part1* відповідали завантаженій деталі, оберіть файл *Part1*, відкрийте його властивості та у вкладці «*TOOLS*» виберіть «*Calculate Dimension from 3D*» (рис. 4.271).

TX 📑 🌝 🖬 💀 =		3D			laba№17.spp - Tecno	matix Plant Simulation 14 -
Файл Домашняя страница	Отладчик Окно	Правка Вид	Видео 🖓 На	йти команду		
Импортировать графику Файл	ку Структура графики	ировать Группирова ику Структура	ать Разгруппировать	№ Кубоид Усеченный ко Пластина Вставит	<ul> <li>Щилиндр</li> <li>Сфера</li> <li>Пластина с тек</li> <li>ть фигуру</li> </ul>	<ul> <li>Анимируемый Объек объект симуляц</li> <li>Создать объект</li> </ul>
Библиотека классов 🛛 👻 🕂 🗙	Панель объектов					
Basis (15/80) MaterialFlow Fluids Resources	Material Flow Fluids R	esources Information	Flow User Interface	Mobile Units User Ot	ojects   Tools   Cranes	¶±©(
InformationFlow			# .MUs.Entity1			? ×
UserInterface			Переход Вид	Сервис Справка		
Container			Имя: Entity1 Метка: 2	Выбор обработчин Выбор наблюдател 3D	сов событий F12 ей Shift+F12	передом) т
			Атрибуты Ст.	Рассчитать размер	ыиз 3D Ctrl+D	
Tools			Размер ПО		Почка отсчета	(0.05.)
Models			длина: Ширина:	0.4 B m	0.5 E [01]	(0.20 m)
			Высота:	0.1 🔳 m	0	(0.00 m)
			Пункт назначени	IR:		
Cranes		17721532115521132E d	310		ОК Отмен	а Применить

Рис. 4.271 Необхідний шлях для задання коректних властивостей деталі Для задання деталі для портального крану оберіть файл «Part1» та



перемістить його на створений знак «Source» (рис. 4.272).

Рис. 4.272 Запис файлу для роботи портального крану

Далі обираємо моделювання, скидаємо годинник «*Reset Simulation*», виставляємо реальний час (рис. 4.273).

Переход Вид	Сервис Сп	равка		
Время		0.0000		
Управление собы	тиями Нас	тройки 🖣 I		
Медленнее		Быстрее		
	3 3 3 3			
🗹 Реал. вре	мя Х 10	:		
OK	Отмена	Применить	 	

Рис. 4.273 Налаштування моделювання

Перевіряємо результати роботи (рис. 4.274), запустивши симуляцію роботи.



Рис. 4.274 Результати роботи програми

## Завдання

- 1. Навчитись підключати модулі «Tecnomatix Plant Simulation».
- 2. Ознайомитись з функціоналом портального крану.

3. На практиці закріпити отриманні знання, шляхом моделювання ділянки цеху.

Перша цифра	Параметри	Друга	Параметри	
	порталу,	цифра	порталу,	
	довжина (L)		ширина (В)	
0	12	0	20	
1	20	1	16	
2	15	2	18	
3	30	3	23	
4	13	4	24	
5	17	5	19	
6	15	6	10	
7	19	7	22	
8	17	8	13	
9	16	9	20	

Примітка: застосовувати інші параметри на власний розсуд.

## Зміст протоколу

В протоколі навести фізичну модель виробничої лінії (у вигляді копії екрану). Висновки і пояснення. Додати файл імітаційної моделі виробничої лінії.

#### 4.18 Методи вивчення витрат робочого часу спостереженням

Після запуску програмного додатку необхідно створити нову модель за допомогою команди "*Create New Model*" (рис. 4.275). В наступному діалоговому вікні необхідно обрати тип моделі: двовимірна (2D) або тривимірна (3D). Обираємо 3D модель.



Рис. 4.275 Створення нової моделі

Для початку виконання лабораторної роботи потрібно підключити додаткову бібліотеку «*Crane*». Для цього натисніть кнопку «*Manage Class Library*» (рис. 4.276), на вкладці, що відкриється, оберіть потрібний пункт, в нашому випадку «*Crane*».

TX 📑 🖬 🖬 =	3D		NoName.spp - Techomatik Plant Simulation 14 - Mac	dels.Frame SIEMENS - & X
овал Домашняя страница	Отладчик Окно Правка Вид	Видео 🛛 Найти компиду		<ul> <li>▲ Ξ 0</li> </ul>
Опрыть Н Р Ю Н С С	ло Улсония Анимация	ации Класс Отсрыть 20/30	алина Панель индикаторое жанка ЗО-	итический Структура Наскаравные Контестная Структура Наскаравные Контестная Объекты
Библиотека классов 🗢 🔍 🛪 Пак	нель объектов			* 7 ×
Attention     Martinificy       Attention     Attention       Attention     Attention	Alddrii France	Prov     Annual Construction     Concentrate objective     Excentrate     Concentrate objective     Concentrate objective		· (1) 赤
		VakaeStreamManninn	<b>v</b>	
Избранное 👻 4 🗙 ФДобавить в избранное 🕅	111	The objects of the Crane library enab or more portals.	iles the modelling of portal granes with one	
	YZ X	Сирана тока тва ва во со	Ofmaxm.see 6x6methos           NORDERINE HOLDEM           CC         Others           Others         Others	

Рис. 4.276 Загальний вигляд менеджеру бібліотек та потрібний пункт

При проектуванні зручно використовувати режим перегляду "Вид в плані" (рис.4.277), для цього необхідно обрати вкладку "Вид"  $\rightarrow$  "Вид в плані".



Рис. 4.277 Вибір режиму перегляду

Після чого на робоче поле вставляємо «Source», чотири «SingleProc» і «Drain» з набору інструментів (рис. 18.4).



Рис. 4.278 Отримана робоча зона

У вкладці «*Cranes*» ми відкриваємо завантажувач «*Gantry*». Додаємо «*Gantry*» (рис. 4.279).



Рис. 4.279 Встановлення завантажувача «Gantry»

Станції краще розташовувати так, щоб вони перебували безпосередньо у напрямку пересування крана.

Переміщаємо всі станції під «GantryLoader». Подвійним натиском викликаємо діалогове вікно і у вкладці «Gripper» ставимо галочку на пункті «Double Gripper». Тиснемо ОК (рис. 4.280).
🚍 Gantry Loader			×			
Переход Вид Справка						
Имя: GantryLoader						
Метка:						
Портал Загрузка Захват Отказы 3D Статистика						
_						
Длина: <u>2</u> m						
Высота подъемника: m						
Скорость: 1 m/s						
Ускорение	Ускорение:	1	m/s²			
	Замедление;	1	m/s²			
🗹 Двойной захват						
1						
Высота по умолчанию при передвижении: m						
Время вращения: 3.0000						
2	ОК	Отмена	Применить			

Рис. 4.280 Інтерфейс вкладки «Gripper»

Повторно переходимо в меню «*Planning view*». Після чого у вкладці «*Information flow*» тиснемо кнопку «*Method*», ставимо об'єкт поруч зі станціями і при затиснутій клавіші «*TAB*», натиснувши F2, змінюємо назву на «*onExit*». Переміщуємо об'єкт в першу станцію (рис. 4.281).



Рис. 4.281 Встановлення «Method»

Після подвійного натискання ми починаємо редагувати файл підпрограми. Код підпрограми зображений нижче.

var Gantry : object := GantryLoader

var Loader : object := Gantry.Loader1

var step : integer := 1

182

```
switch step
      case 1
            Loader.pickMuFrom(Station)
      case 2
            if not Station1.occupied then
                  step := 99
            end
            loader.replaceMuAt(Station1)
     case 3
            if not Station2.occupied then
                  step := 99
            end
            Loader.replaceMuAt(Station2)
      case 4
            Loader.replaceMuAt(Station3)
      else
            Loader.endsequence
            exitLoop
      end
      waituntil Loader.state="idle" or Loader.state="waiting"
      step +=1
until false
```

waituntil Loader.state="idle"

Repeat

Запускаємо симуляцію знову. Натиснувши на годинник можна регулювати швидкість і змінювати параметри симуляції (рис. 4.282).



Рис. 4.283 Запуск симуляції

## Завдання

1. Вивчити методи нормування робочого часу в машинобудуванні.

2. Засвоїти методику організації та проведення хронометражу і фільмування робочого дня працівника.

3. Організувати і провести в лабораторних умовах хронометраж токарної операції.

4. За експериментальними даними виконати аналіз витрат робочого часу за спостереженнями впродовж робочого дня працівника.

Перша цифра	Кількість	Друга	Кількість
	верстатів,	цифра	верстатів,
	ШТ.		ШТ.
0	3	0	2
1	4	1	1
2	5	2	3
3	3	3	1
4	4	4	2
5	2	5	1
6	3	6	3
7	4	7	2
8	2	8	1
9	4	9	3

Таблиця 4.14 Вихідні дані

Примітка: Для виконання лабораторної роботи брати суму верстатів першої і другої цифри варіанту.

## Зміст протоколу

В протоколі навести фізичну модель виробничої лінії (у вигляді копії екрану). Висновки і пояснення. Додати файл імітаційної моделі виробничої лінії.

## Посилання

- Bangsow S. Manufacturing Simulation with Plant Simulation and SimTalk: Usage and Programming with Examples and Solutions / Steffen Bangsow. – Berlin: Springer – 2010. – 300 p.
- Mes M.R.K. Simulation Modelling using Practical Examples: A Plant Simulation Tutorial / Martijn R.K. Mes. – Enschede: University of Twente, 2017. – 192 p.
- Tecnomatix Plant Simulation: Compact Student Training. Siemens PLM Software, 2017. – 177 p.
- Абрамова И.Г. Имитационное моделирование организации производственных процессов машиностроительных предприятий в инструменталь-ной среде Tecnomatix Plant Simulation: Лабораторный практикум / И. Г. Абрамова, Н. Д. Проничев, Д. А. Абрамов, Т.Н. Коротенкова. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2014. – 80с.
- Рамзаева Е.А., Смелов В.Г., Кокарева В.В. Имитационное моделирование производственных систем предприятия Tecnomatix Plant Simulaton: Метод. указания к лаб. работам / Е.А. Рамзаева, В.Г. Смелов, В.В. Кокарева. – Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева, 2013. – 51 с.
- Furmannova.B., Gabajova.G., Vavrík.V. Design of logistic system using Tecnomatix software / Beata Furmannova, Gabika Gabajova, Vladimír Vavrík. – 2019. – Режим доступу: https://doi.org/10.24132/PI.2019.08948.043-049.
- Siderska J. Application of Tecnomatix Plant Simulation for modeling production and logistics processes / Julia Siderska // Business, Management and Education, 2016. – №14(1). – P. 64–73.
- Use plant simulation and throughput optimization to improve manufacturing performance. – Режим доступу: <u>https://www.plm.automation.siemens.com/</u> global/ru/products/manufacturing-planning/plant-simulation-throughputoptimization.html
- 9. Долгов В.А. Имитационное моделирование производственных систем в проектах технического перевооружения. Режим доступу: http://simulation.su/uploads/files/default/prez-dolgov-getnet.pdf
- 10. Толуев Ю.И. Моделирование логистических процессов: традиции и инновации. Режим доступу: http://simulation.su/ uploads/files/default/prez-toluev-mod-log-proc-lection-2.pdf
- 11. Plant Simulation. Режим доступу: https://ru.wikipedia.org/wiki/Plant\_ Simulation
- 12. Найчук Р.Ю., Воронцов Б.С. Аналіз технологічних можливостей дільниці для механічної обробки деталей і підвищення її ефективності/ Р.Ю.

Найчук, Б.С. Воронцов // Інновації молоді в машинобудуванні: Збірка праць. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – № 2. – С. 485-494.

Воронцов Б.С. Імітаційне моделювання механоскладального виробництва / Б.С. Воронцов, І.А. Бочарова // Нові технології в машинобудуванні – Харків: ТОВ «Планета-Прінт», 2021.-С. 38-39.