

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки
Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій
Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки

Атестаційна робота
«Імітаційне моделювання роботизованої виробничої ділянки»

Виконав:
ст. гр. КТРСм-19-1
Мамін Віталій Андрійович

Керівник:
проф. Безкоровайний В.В.

МЕТА ТА ЗАДАЧІ АТЕСТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Об'єкт дослідження - роботизована виробнича ділянка виготовлення мікроелектромеханічних (МЕМС) акселерометрів.

Предмет дослідження – функціональні характеристики роботизованої виробничої ділянки виготовлення компонентів мікроелектромеханічних акселерометрів.

Метою атестаційної роботи - розробка імітаційної моделі процесу функціонування роботизованої виробничої ділянки виготовлення компонентів мікроелектромеханічних акселерометрів з детермінованими та стохастичними характеристиками технологічних операцій.

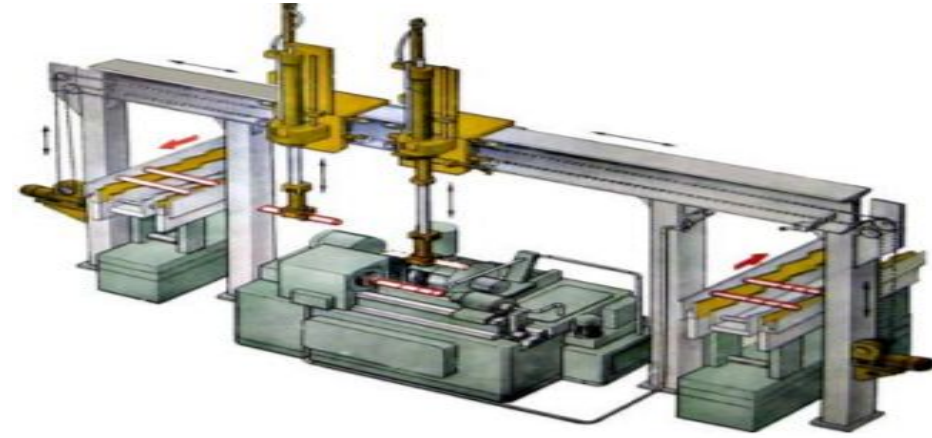
Для досягнення мети атестаційної роботи **необхідно:**

- виконати огляд та аналіз проблеми моделювання роботизованих виробничих ділянок;
- проаналізувати особливості технологічних процесів виготовлення МЕМС-акселерометрів;
- розглянути особливості роботизованих технологічних комплексів як об'єктів моделювання;
- проаналізувати сучасні методи та програмні засоби комп'ютерного моделювання;
- розробити імітаційну модель процесу функціонування роботизованої виробничої ділянки виготовлення компонентів МЕМС-акселерометрів з детермінованими та стохастичними характеристиками технологічних операцій;
- розробити програмне забезпечення імітаційної моделі для визначення функціональних характеристик роботизованої виробничої ділянки;
- виконати задачі тактичного планування та провести серії машинних експериментів;
- провести аналіз та надати рекомендації щодо використання результатів роботи.

Обладнання роботизованих технологічних комплексів



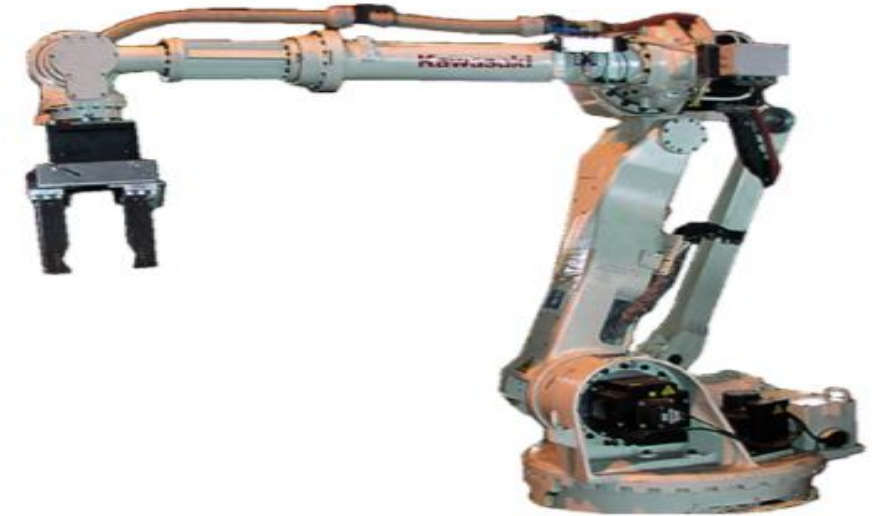
Токарний роботизований комплекс SL-20APL



Шліфувальний роботизований комплекс



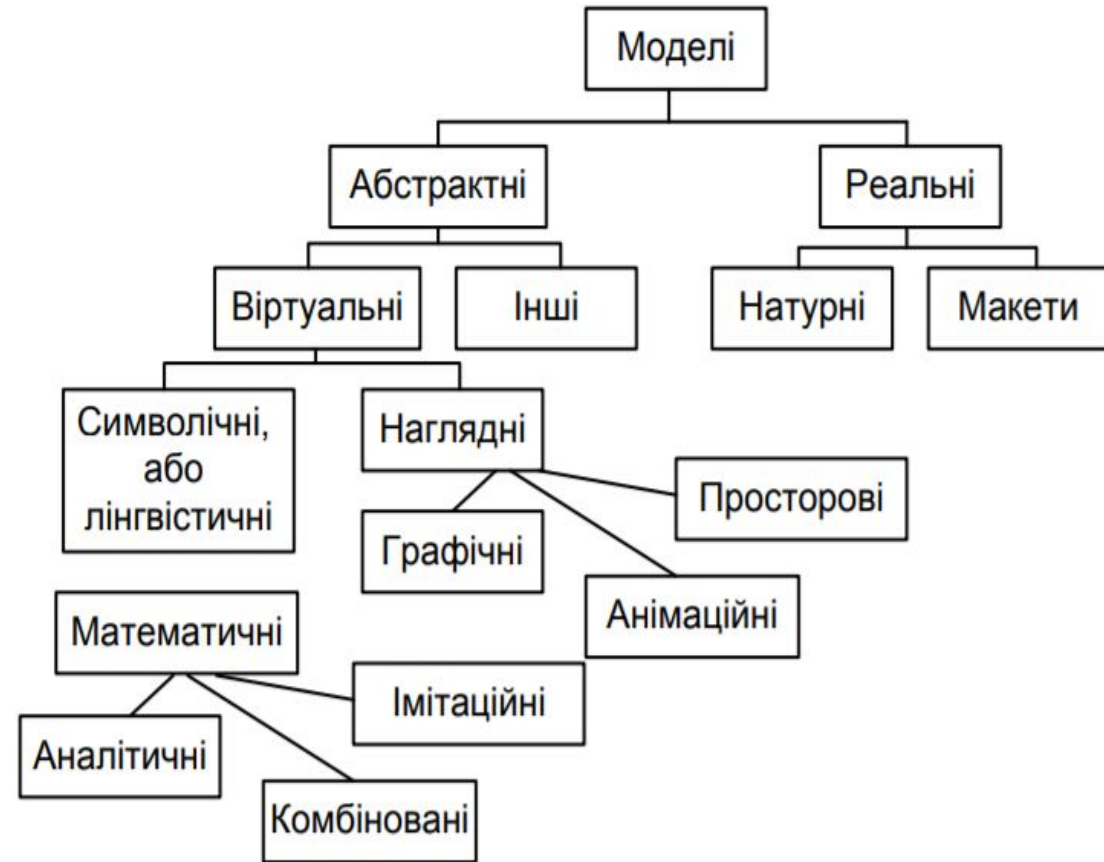
Промисловий робот RV6L «Reis» (Німеччина)



Промисловий робот MX-420L «Kawasaki» (USA)

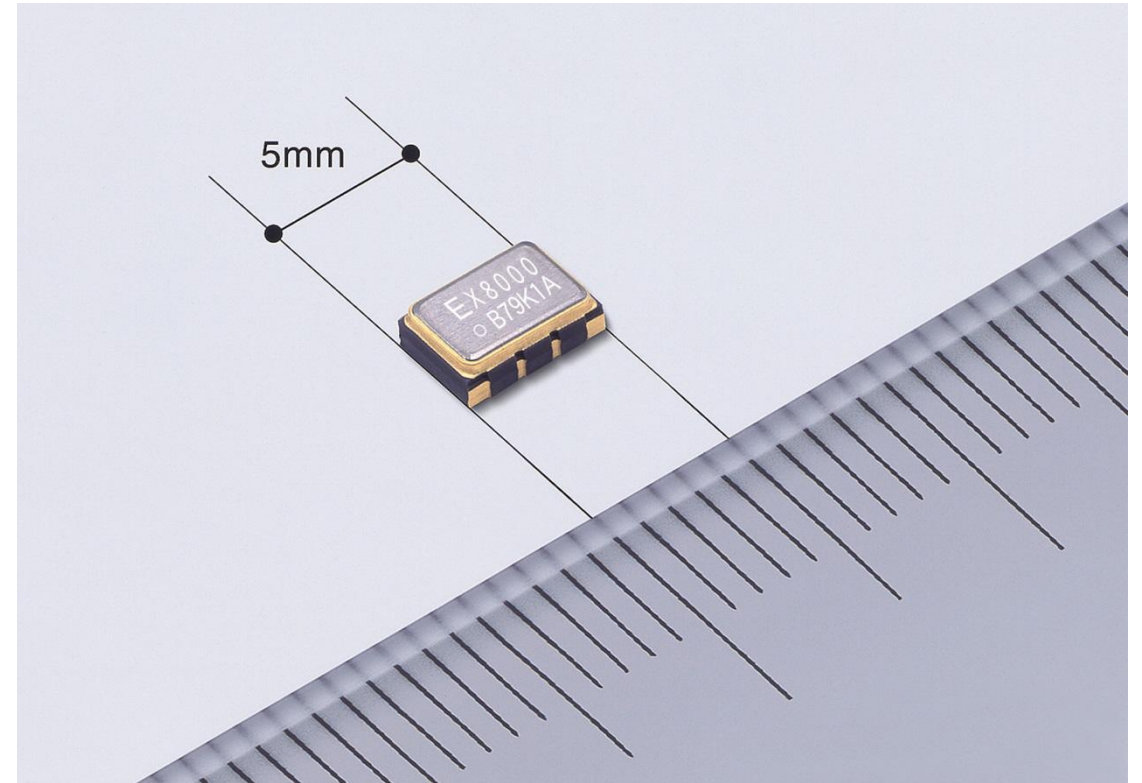
КЛАСИФІКАЦІЯ ВИДІВ МОДЕЛЮВАННЯ

Моделі поділяються на реальні, які вже на сьогоднішній день не використовуються, та абстрактні, які в основному будуються за допомогою електронно-обчислювальних машин. Більш поширеними на сьогоднішній день є математична модель та її різновиди: аналітична, комбінована та імітаційна. В даній роботі буде використана імітаційна модель.

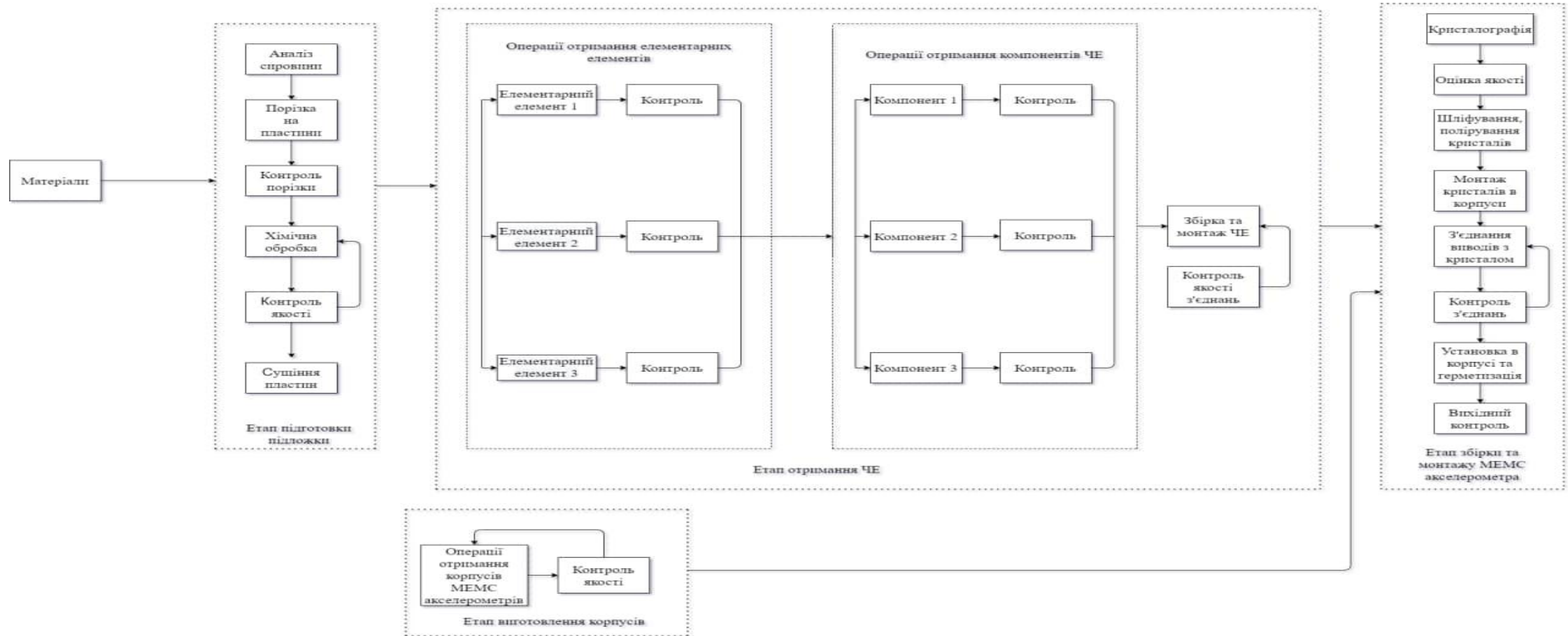


MEMS-АКСЕЛЕРОМЕТРИ

MEMS акселерометри являють собою складовою частиною багатьох автоматизованих систем широкого спектру задач. У зв'язку з їх актуальністю та широкому застосуванню вони є пріоритетною технологією для наукових досліджень, метою яких є розробка їх нових конструктивних рішень в плані ефективного використання їх фізичних властивостей, які основані на особливостях конструкцій чутливого елемента та датчика.



СТРУКТУРА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ МЕМС-АКСЕЛЕРОМЕТРА



ПАКЕТ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ GPSSW

GPSS (General Purpose Simulation System)

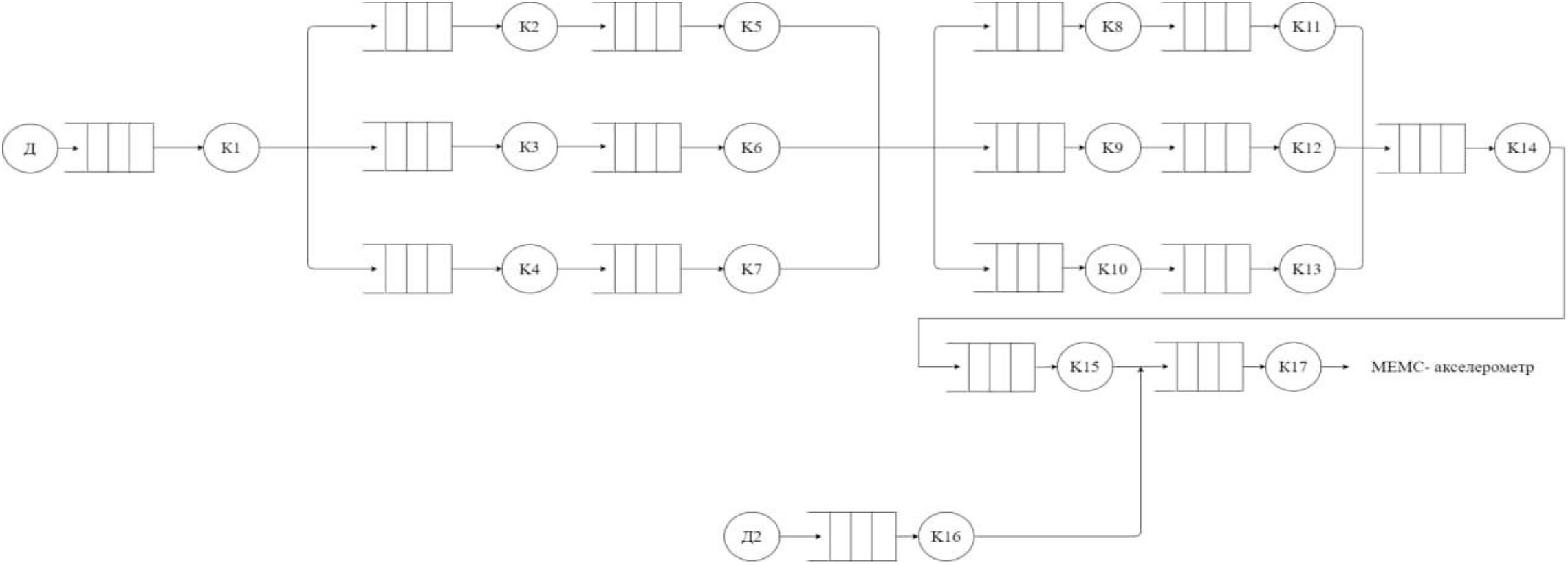
– мова програмування, яка спеціалізується на будівництві різнопланових імітаційних моделей систем масового обслуговування. GPSS має власну платформу GPSS W, яка забезпечує отримання кількісних та якісних результатів моделювання, при цьому система залишається керованою та прозорою в реальному часі.

Середовище GPSS має такі особливості:

– автоматичні генератори експерименту;
пакетний режим з керованим виходом;

– можливість динамічного виклику зовнішніх функцій.

Q-СХЕМА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ МЕМС-АКСЕЛЕРОМЕТРУ



Блок-діаграма програми

При імітаційному моделюванні також задаються вихідні дані часу роботи кожного каналу Q-схеми:

- $t1$ – час вибору сировини та етапу підготовки підкладки;
- $t2-t4$ – час на виконання операцій отримання елементарних елементів(балки, анкера та пластини);
- $t5-t7$ – час на виконання операцій контролю якості отриманих елементів;
- $t8-t10$ – час на виконання операцій отримання компонентів ЧЕ;
- $t11-t13$ – час на виконання операцій контролю якості отриманих компонентів ЧЕ;
- $t14$ – час на виконання операції складання ЧЕ;
- $t15$ – час на виконання операції контролю якості отриманих ЧЕ;
- $t16$ – час на виконання операції складання корпусу МЕМС-акселерометра;
- $t17$ – час на виконання операції складання МЕМС-акселерометра.

Код програми імітаційної моделі (3-4 колонки)

Якщо відомо час кожної операції, а саме: $t1=6$ хв.; $t2-t4=206\pm 10, 223 \pm 13$ та 223 ± 12 хв.; $t5-t7=2$ хв.; $t8-t10 = 151\pm 6, 163\pm 10$ та 151 ± 9 хв.; $t11-t13 = 2$ хв.; $t14 = 18$ хв. $t15=3$ хв.; $t16=14$ хв.; $t17=9$ хв.

Задачею є прогнати три рази імітаційну модель роботи ТП виготовлення МЕМС-акселерометра за робочий тиждень, змінюючи при цьому час надходження на технологічний процес 18 одиниць сировини: на першому прогоні на технологічний процес надходить одразу 18 одиниць сировини; на другому 9 одиниць одразу, 9 після близько 414 хвилин; на третьому надходить одразу 6 деталей та 6 кожні 276 хвилин. Знайти найбільше значення виникнення черги на кожному етапі та найбільший час перебування сировини у черзі. Орієнтуючись на отримані значення, обрати найоптимальніший варіант часу надходження сировини на технологічний процес.

Результати першого прогону програми

GPSS World Simulation Report - DIPLOM.30.1

Thursday, December 03, 2020 21:34:56

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	636.000	93	12	0

NAME	VALUE
A	10001.000
B	10003.000
IM	10005.000
K1	10000.000
KA	10006.000
KB	10004.000
KP	10008.000
MET1	22.000
MET2	35.000
MET3	46.000
MET4	58.000
MET5	65.000
MET6	72.000
MET7	78.000
PI	10007.000
PL	10007.000
PLA	10002.000
ZB	10009.000
ZBKT	10010.000
ZBR	10011.000

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
K1	18	0.170	6.000	1	0	0	0	0	0
A	3	0.989	209.667	1	7	0	0	0	3
PLA	3	0.980	207.667	1	8	0	0	0	0
B	3	0.970	205.667	1	9	0	0	0	6
KB	2	0.006	2.000	1	0	0	0	0	0
IM	2	0.475	151.000	1	0	0	0	0	0
KA	2	0.006	2.000	1	0	0	0	0	0
PL	2	0.285	90.500	1	5	0	0	0	2
KP	2	0.006	2.000	1	0	0	0	0	0
ZB	3	0.085	18.000	1	0	0	0	0	0
ZBKT	3	0.014	3.000	1	0	0	0	0	0
ZBR	3	0.042	9.000	1	0	0	0	0	0

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
K1	16	0	18	1	1.358	48.000	50.824	0
A	5	3	6	1	3.585	380.000	456.000	0
PLA	2	0	3	1	0.967	205.000	307.500	0
B	8	6	9	1	6.066	428.667	482.250	0
KB	1	0	2	2	0.000	0.000	0.000	0
IM	1	0	2	2	0.000	0.000	0.000	0
KA	1	0	2	2	0.000	0.000	0.000	0
PL	3	2	4	1	1.489	236.750	315.667	0
KP	1	0	2	2	0.000	0.000	0.000	0
ZB	1	0	3	3	0.000	0.000	0.000	0
ZBKT	1	0	3	3	0.000	0.000	0.000	0
ZBR	1	0	3	3	0.000	0.000	0.000	0

FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
9	0	637.000	9	25	26		
7	0	676.000	7	38	39		
8	0	682.000	8	49	50		
5	0	757.000	5	62	63		

Другий прогін

GPSS World Simulation Report - DIPLOM.33.1

Thursday, December 03, 2020 21:42:43

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	841.000	93	12	0

NAME	VALUE
A	10002.000
B	10003.000
IM	10005.000
K1	10000.000
KA	10008.000
KB	10004.000
KP	10006.000
MET1	22.000
MET2	35.000
MET3	46.000
MET4	58.000
MET5	65.000
MET6	72.000
MET7	78.000
PI	10012.000
PL	10007.000
PLA	10001.000
ZB	10009.000
ZBKT	10010.000
ZBR	10011.000

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
K1	8	0.056	5.875	1	8	0	0	0	1
PLA	3	0.536	150.333	1	7	0	0	0	0
A	2	0.530	223.000	1	0	0	0	0	0
B	2	0.490	206.000	1	0	0	0	0	0
KB	2	0.005	2.000	1	0	0	0	0	0
IM	2	0.359	151.000	1	0	0	0	0	0
KP	2	0.005	2.000	1	0	0	0	0	0
PL	1	0.180	151.000	1	0	0	0	0	0
KA	2	0.005	2.000	1	0	0	0	0	0
ZB	3	0.064	18.000	1	0	0	0	0	0
ZBKT	3	0.011	3.000	1	0	0	0	0	0
ZBR	3	0.032	9.000	1	0	0	0	0	0

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
K1	2	1	9	3	0.049	4.556	6.833	0
PLA	1	0	3	3	0.000	0.000	0.000	0
A	1	0	2	2	0.000	0.000	0.000	0
B	1	0	2	2	0.000	0.000	0.000	0
KB	1	0	2	2	0.000	0.000	0.000	0
IM	1	0	2	2	0.000	0.000	0.000	0
KP	1	0	2	2	0.000	0.000	0.000	0
PL	3	2	3	1	1.439	403.333	605.000	2
KA	1	0	2	2	0.000	0.000	0.000	0
ZB	1	0	3	2	0.008	2.333	7.000	0
ZBKT	1	0	3	3	0.000	0.000	0.000	0
ZBR	1	0	3	3	0.000	0.000	0.000	0
PI	1	1	1	0	0.231	194.000	194.000	1

FEC	XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
8	0		842.000	8	12	13		
7	0		1059.000	7	49	50		
10	0		1245.000	10	0	8		
11	0		1247.000	11	0	1		

Третій прогін програми

GPSS World Simulation Report - DIPLOM.34.1

Thursday, December 03, 2020 21:46:43

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	702.000	93	12	0

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
K1	9	0.077	6.000	1	0	0	0	0	0
PLA	3	0.839	196.333	1	7	0	0	0	0
A	3	0.830	194.333	1	8	0	0	0	0
B	3	0.774	181.000	1	9	0	0	0	0
KB	2	0.006	2.000	1	0	0	0	0	0
IM	2	0.430	151.000	1	0	0	0	0	0
KP	2	0.006	2.000	1	0	0	0	0	0
PL	1	0.215	151.000	1	0	0	0	0	0
KA	2	0.006	2.000	1	0	0	0	0	0
ZB	3	0.077	18.000	1	0	0	0	0	0
ZBKT	3	0.013	3.000	1	0	0	0	0	0
ZBR	3	0.038	9.000	1	0	0	0	0	0

NAME	VALUE
A	10002.000
B	10003.000
IM	10005.000
K1	10000.000
KA	10008.000
KB	10004.000
KP	10006.000
MET1	22.000
MET2	35.000
MET3	46.000
MET4	58.000
MET5	65.000
MET6	72.000
MET7	78.000
PI	10012.000
PL	10007.000
PLA	10001.000
ZB	10009.000
ZBKT	10010.000
ZBR	10011.000

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
K1	2	0	9	3	0.064	5.000	7.500	0
PLA	1	0	3	3	0.000	0.000	0.000	0
A	1	0	3	3	0.000	0.000	0.000	0
B	1	0	3	3	0.000	0.000	0.000	0
KB	1	0	2	2	0.000	0.000	0.000	0
IM	1	0	2	2	0.000	0.000	0.000	0
KP	1	0	2	2	0.000	0.000	0.000	0
PL	3	2	3	1	1.330	311.333	467.000	2
KA	1	0	2	2	0.000	0.000	0.000	0
ZB	1	0	3	2	0.010	2.333	7.000	0
ZBKT	1	0	3	3	0.000	0.000	0.000	0
ZBR	1	0	3	3	0.000	0.000	0.000	0
PI	1	1	1	0	0.276	194.000	194.000	1

FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
9	0	777.000	9	25	26		
7	0	782.000	7	49	50		
8	0	788.000	8	38	39		
10	0	830.000	10	0	8		
11	0	831.000	11	0	1		

ВИСНОВКИ

- У ході виконання магістерської атестаційної роботи було виконано огляд та аналіз проблеми моделювання роботизованих виробничих ділянок, проаналізовано особливості технологічних процесів виготовлення MEMC-акселерометрів, розглянуто особливості роботизованих технологічних комплексів як об'єктів моделювання та проаналізовано сучасні методи та програмні засоби комп'ютерного моделювання.
- За результатами аналізу встановлено, що у процесах проектування, впровадження та використання роботизованих технологічних процесів виникає задача оцінки їх функціональних характеристик. У сучасних умовах вона розв'язується методами математичного (імітаційного) моделювання. При цьому використовувані моделі суттєві відрізняються у залежності від структури і параметрів технологічних процесів. Це обумовлює актуальність науково-прикладних завдань розробки ефективних засобів імітаційного моделювання роботизованих виробничих ділянок.
- На цій основі розроблено імітаційну модель процесу функціонування роботизованої виробничої ділянки виготовлення компонентів MEMC-акселерометрів з детермінованими та стохастичними характеристиками технологічних операцій. Програмне забезпечення імітаційної моделі для визначення функціональних характеристик роботизованої виробничої ділянки реалізовано у пакеті імітаційного моделювання GPSS W. У рамках тактичного планування машинних експериментів наведено математичні співвідношення для оцінки точності отримуваних результатів та необхідної кількості прогонів моделі.
- Отримані данні дозволять оптимізувати параметри технологічного процесу виготовлення MEMC-акселерометрів, що допоможе зменшити страхові заділи, підвищити завантаження обладнання і за рахунок цього надасть можливість для зниження собівартості продукції.
- Результати магістерської атестаційної роботи опубліковано в збірнику студентських наукових статей Харківського національного університету радіоелектроніки та апробовано на Всеукраїнській науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених «Комп'ютерно-інтегровані технології автоматизації технологічних процесів на транспорті та у виробництві» [17].

Дякую за увагу