

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**“Київський політехнічний інститут”**

**КОМПЛЕКСНА КОНТРОЛЬНА РОБОТА**

з навчальної дисципліни

Моделювання систем

(назва)

для студентів спеціальності

6.050101 «Комп'ютерні науки»

(код і назва напрямку підготовки)

Студент

Капорін Роман Михайлович

(прізвище, ім'я та по батькові)

Факультет IOT, курс 4, група IS-32

Початок роботи \_\_\_\_\_ год. \_\_\_\_\_ хв.

Завершення роботи \_\_\_\_\_ год. \_\_\_\_\_ хв.

**Контрольне завдання № 5**

Розглянемо бізнес процес ремонту та заміни обладнання. Припустимо, що деяка виробнича дільниця має  $L$  верстатів, які працюють цілодобово (24 години на добу). Всього в технологічному процесі задіяно  $M$  верстатів, що більше або дорівнює  $L$  (причому  $L$  — власні верстати, а решту орендують для резерву). Будь-який з верстатів може вийти з ладу в будь-який час. Якщо верстат вийшов з ладу, його замінюють іншим, резервним, а зламаний направляють в майстерню для ремонту. Відремонтований верстат повертається вже як резервний.

Для ремонту верстатів у майстерні є три спеціалізовані дільниці. Технологічний цикл ремонту починається на дільниці діагностики, де визначаються причина виходу з ладу обладнання та необхідний вид ремонту. Ремонт виконується на механічних і електронних дільницях. Статистичні дані аналізу виходу верстатів з ладу свідчать, що у 75 % випадків ремонту потребує електронне обладнання верстатів, а у 25 % — механічне. Діагностикою зайнято  $m_1$  робітників, ремонтом механічного обладнання —  $m_2$ , а ремонтом електронного —  $m_3$  робітників.

Заробітна плата робітників у ремонтній майстерні —  $W$  гривень за годину, плата за орендовані верстати —  $S$  гривень за добу. Погодинний збиток під час використання  $L$  верстатів у виробництві становить  $Q$  гривень за верстат. Збитки виникають внаслідок зменшення обсягів виробництва.

Практичний досвід експлуатації показує, що тривалість діагностики становить  $A_1 \pm B_1$  годин (закон розподілу тривалості діагностики — рівномірний), тривалість ремонту електронного обладнання верстата —  $A_2 \pm B_2$  годин (розподіл рівномірний), а механічного —  $A_3 \pm B_3$  годин (розподіл також рівномірний). Якщо верстат використовується у виробництві, час напрацювання на відмову має експоненціальний розподіл з параметром  $T$  годин. Час, витрачений на перевезення верстатів із цеха в майстерню та у зворотному напрямку, незначний, і його не враховують. Додатковою умовою, яка спрощує постановку задачі, є те, що всі робітники в майстерні, як і верстати, взаємозамінні.

Дані для моделювання наведені в табл. 1.

[illegible]

1. Побудувати мережу замкненої СМО для виробничої ділянки.

Таблица 2

[illegible]

## СТРУКТУРНА СХЕМА МОДЕЛІ

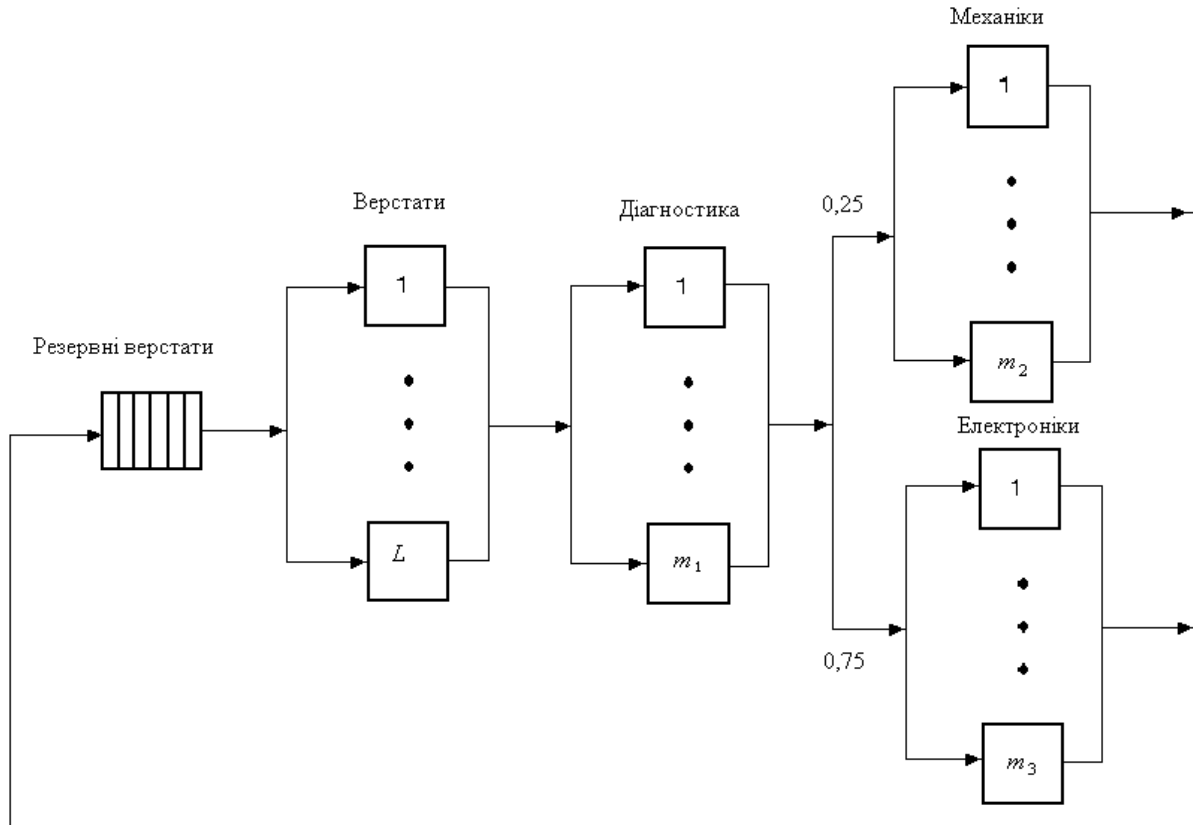


Рисунок 1 – Структурна схема роботи підприємства

## РОЗРАХУНОК ВАРІАНТІВ ЧИСЛА НАЙМАНИХ РОБІТНИКІВ І ОРЕНДОВАНИХ ВЕРСТАТІВ

Використаємо формулу (1) для обчислення мінімального середнього часу ремонту верстата:

$$R = V_1 + V_2 \cdot 0.75 + V_3 \cdot 0.25, \quad (1)$$

де:

1.  $V_1$  – тривалість діагностики;
2.  $V_2$  – тривалість ремонту електронного обладнання верстата;
3.  $V_3$  – тривалість ремонту механічного обладнання верстата.

Знайдемо мінімальний середній час ремонту верстата:

$$R = 3 + 25 \cdot 0.75 + 47 \cdot 0.25 = 3 + 18.75 + 11.75 = 33,$$

Потенційно вузьким місцем систем виявилася ділянка ремонту електронного обладнання верстату, бо займає найбільше часу серед інших операцій. Найменш проблемним місцем виявилася ділянка з діагностики.

З цього робимо висновок, що кількість робітників на ділянці діагностики повинна бути мінімальною:

$$m_1 = 1.$$

Система повинна задовольняти наступній умові (2):

$$\frac{V_1 R_1}{m_1} \approx \frac{V_2 R_2}{m_2} \approx \frac{V_3 R_3}{m_3}, \quad (2)$$

звідки маємо:

$$m_2 = 5, \quad m_3 = 3.$$

Знайдемо процент використання верстату за формулою (3):

$$K = \frac{T}{T + R}, \quad (3)$$

маємо:

$$K = \frac{165}{165 + 33} = 0.83(3).$$

Тоді за формулою (3) для оцінки загального числа циркулюючих в системі верстатів:

$$M = \left\lceil \frac{L}{K} \right\rceil, \quad (4)$$

та отримаємо наступне значення:

$$M = \left\lceil \frac{55}{0.83} \right\rceil = 66.$$

Оцінимо кількість верстатів, як повинні бути в резерві за формулою (5):

$$L_r = M - L, \quad (5)$$

та отримаємо наступне значення:

$$L_r = 66 - 55 = 11.$$

## ВИСХІДНИЙ КОД ПРОГРАМИ

```

STANKI      EQU 65      ; общее количество станков M, M>L
DIAGN       STORAGE 1   ; рабочие на участке диагностики - МКУ вмест. m1
ELEK        STORAGE 5   ; рабочие на участке ремонта электр. поломок - МКУ вмест.
m2
MEH         STORAGE 3   ; рабочие на участке ремонта механ. поломок - МКУ вмест.
m3

NOWON       STORAGE 55   ; работающие станки - МКУ вместимости L
(L<M)
ZRPLTA      EQU 7.05     ; W, зарплата рабочих В ЧАС
ARNDPLTA    EQU 540      ; S, плата за арендованный станок В
СУТКИ
УБУТОК      EQU 125      ; Q, убыток при исп. менее L станков на
1 станок В ЧАС
DIAGNA      EQU 3        ; A1
DIAGNB      EQU 2        ; B1
ELEKTRA     EQU 25       ; A2
ELEKTRB     EQU 7        ; B2
MECHANA     EQU 47       ; A3
MECHANB     EQU 4        ; B3
NAOTKAZ     EQU 165      ; T, ср. знач. времени наработки на
отказ (В ЧАСАХ)
MDLDNI      EQU 320      ; H, длительность моделирования (В ДНЯХ)

; функция экспоненциального распределения
XPDIS       FUNCTION     RN1,C24
0,0/.100,.104/.200,.222/.300,.355/.400,.509
.500,.690/.600,.915/.700,1.200/.750,1.380
.800,1.600/.840,1.830/.880,2.120/.900,2.300
.920,2.520/.940,2.810/.950,2.990/.960,3.200
.970,3.500/.980,3.900/.990,4.600/.995,5.300
.998,6.200/.999,7/1,8

TBLELEK     TABLE M1,20,50,20
TBLMECH     TABLE M1,20,50,20

; *****

```

```

NOWONCAP VARIABLE R$NOWON+S$NOWON ;L
ALLWRKRS FVARIABLE R$DIAGN+S$DIAGN+R$MEX+S$MEX+R$ELEK+S$ELEK ;общее число
всех работников
SUMSTANUBYTOK FVARIABLE (V$NOWONCAP-SA$NOWON)#UBYTOK#24#MDLDNI ;суммарные
потери от исп. менее L станков
SUMARENDPLATA FVARIABLE (STANKI-V$NOWONCAP)#ARNDPLTA#MDLDNI ;суммарная
плата за аренду дополнительных станков
SUMZARPLATA FVARIABLE V$ALLWRKRS#MDLDNI#ZRPLTA#24 ;суммарная
заработная плата всех ремонтников
SUM_ZP_ARND FVARIABLE V$SUMARENDPLATA+V$SUMZARPLATA ;сумма
SUMARENDPLATA и SUMZARPLATA
SUMVSEPOTERI FVARIABLE V$SUM_ZP_ARND+V$SUMSTANUBYTOK ;суммаSUM_ZP_ARND и
SUMSTANUBYTOK - все потери

```

```

1_work GENERATE ,,,STANKI
MARK
QUEUE QWORK
ENTER NOWON
DEPART QWORK
ADVANCE NAOTKAZ, FN$XPDIS
LEAVE NOWON
TRANSFER ,l_diagn

```

```

l_diagn QUEUE QDIAGN
ENTER DIAGN
DEPART QDIAGN
ADVANCE DIAGNA,DIAGNB
LEAVE DIAGN
TRANSFER .75,l_mech,l_elek

```

```

l_elek TABULATE TBLELEK
QUEUE QELEK
ENTER ELEK
DEPART QELEK
ADVANCE ELEKTRA,ELEKTRB
LEAVE ELEK
TRANSFER ,l_work

```

```

l_mech TABULATE TBLMECH
QUEUE QMEX
ENTER MEX
DEPART QMEX
ADVANCE MECHANA,MECHANB
LEAVE MEX
TRANSFER ,l_work

```

```

GENERATE (MDLDNI#24) ; моделировать N дней (в часах)
SAVEVALUE XSTANKI,STANKI
SAVEVALUE XALLWORKERS,V$ALLWRKRS
SAVEVALUE UTIL0,(SR$NOWON/1000)
SAVEVALUE UTIL1,(SR$DIAGN/1000)
SAVEVALUE UTIL2,(SR$ELEK/1000)
SAVEVALUE UTIL3,(SR$MEX/1000)
SAVEVALUE POTERI,V$SUMVSEPOTERI
TERMINATE 1

```

```

INCLUDE "lab.txt"

```

## ПЛАН ІМІТАЦІЙНИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

Таблиця 1 – Зводні данні за експериментами

Комбінації	Кількість ремонтників			Кількість верстатів $L_r$	Середнє значення коефіцієнтів завантаження				Середнє значення вартості виробництва
	$m_1$	$m_2$	$m_3$		$U_0$	$U_1$	$U_2$	$U_3$	
1.	1	5	3	11	0.787	0.778	0.975	0.972	13609710.781
2.	1	6	4	11	0.908	0.872	0.931	0.823	7335500.134
3.	1	7	4	11	0.902	0.899	0.807	0.864	7721816.746
4.	2	5	3	11	0.768	0.381	0.946	0.973	14665560.288
5.	2	5	4	11	0.769	0.402	0.994	0.758	14698879.505
6.	2	6	3	11	0.807	0.402	0.848	0.991	12679866.767
7.	2	6	4	11	0.919	0.452	0.950	0.828	6815501.142
8.	2	7	3	11	0.807	0.394	0.707	0.990	12746267.763
9.	2	6	5	11	0.912	0.463	0.948	0.725	7226860.038
10.	1	6	5	11	0.888	0.902	0.957	0.649	8487630.297
11.	2	6	4	12	0.916	0.451	0.939	0.870	7142779.263
12.	2	6	4	13	0.913	0.457	0.939	0.918	7486640.098
13.	2	6	4	14	0.918	0.451	0.954	0.879	7416230.241
14.	2	6	4	15	0.938	0.469	0.964	0.905	6516557.812
15.	2	6	4	16	0.939	0.465	0.971	0.887	6626146.781
16.	2	6	4	17	0.933	0.457	0.975	0.845	7144398.067
17.	2	6	4	18	0.935	0.469	0.984	0.849	7200848.128
18.	2	6	4	19	0.910	0.462	0.980	0.862	8690668.278

## АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ

При таких наборах параметрів системи витрати сягають мінімуму (Таблиця 2).

Таблиця 2 – Зводні данні за експериментами

Робітники на ділянці 1	Робітники на ділянці 2	Робітники на ділянці 3	Кількість верстатів
2	6	4	70 – загалом (з них 15 - додаткових)

## ВИСНОВОК

В даній контрольній роботі я використав імітаційну модель для знаходження оптимальних рішень щодо найму робочої сили та оренди верстатів з метою мінімізації вартості виробництва. В результаті роботи було визначено, що найоптимальнішим рішенням буде найняти 2 робітника на ділянці діагностики, 6 на електричному ремонті і 4 на механічному. Витрати при цьому дорівнюють 6516557, а напруженість верстатів 0.938.