**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 напряму підготовки) |

|  |  |
| --- | --- |
| Студент | *Капорін Роман Михайлович* |
| (прізвище, ім’я та по батькові) | |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Факультет | *ІОТ*, | курс | 4, | група | ІС-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 *М* 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 – *т* 3робітників.

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 ± *В*1 годин (закон розподілу тривалості діагностики – рівномірний), три­валість ремонту електронного обладнання верстата – *А*2*±В*2годин (розподіл рів­номірний), а механічного *– А*3*± В*3годин (розподіл також рівномірний). Якщо верстат використовується у виробництві, час напрацювання на відмову має ек­споненціальний розподіл з параметром *Т* 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.

Плата за оренду верстатів не залежить від того, використовують їх чи ні. Керів­нику потрібно оптимізувати бізнес процес, тобто визначити, скільки робітників має працювати в майстерні і скільки верстатів має бути орендовано, тобто скільки верстатів треба мати в резерві для заміни тих, що вийшли з ладу.

Дані для моделювання наведені в табл. 1.

*Таблиця 1*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***L*** | ***T*** | ***А*1 ± *В*1** | ***А*2 ± *В*2** | ***А*3 ± *В*3** | ***H*** | ***W*** | ***S*** | ***Q*** |
| 55 | 165 | 3±2 | 25±7 | 47±4 | 320 | 7,05 | 540 | 125 |

Необхідно визначити найкращий варіант бізнес процесу ремонту та за­міни обладнання для забезпечення мінімальної собівартості виробництва за *H* ро­бочих днів. Зверніть увагу на те, що оцінки параметрів необхідно обчислити для стаціонарного режиму. Для пошуку найкращого варіанту необхідно виконати дії у такій послідовності.

1. Побідувати мережу замкненої СМО для виробничої дільниці.
2. Використовуючи опера­ційний аналіз мереж СМО необхідно:
   1. розрахувати середній час ремонту верстатів *R* за допомогою методів;
   2. визначити потенційне вузьке місце системи та знайти його;
   3. збалансувати систему, тобто досягти такого завантаження, при якому середній час ремонту буде приблизно однаковий;
   4. визначити необхідну кількість орендованих верстатів і число ремонтників на кожній дільниці для проведення моделювання.
3. Скористуватися імітаційною програмою kkr.gps для GPSS Word, в яку необхідно внести дані для моделювання із табл. 1. Розробити програму проведення експериментів (файл kkr.txt), попередньо визначивши кіль­кість прогонів моделі для кожної комбінації «кількість робітників-кількість верстатів» із записом вартості витрат у матрицю результатів і скористувавшись процедурою ANOVA.
4. Скористатися методом структурної оптимізації для оцінки комбінації «кількість робітників-кількість орендованих верстатів», які мінімізували б щоденні середні витра­ти на виробництво.
5. Використовуючи дисперсійний аналіз ANOVA, провести аналіз результатів моделювання. Звернути увагу на критерій значущості результатів моделювання. Записати результати моделювання у табл. 2.
6. Зробити висновки щодо найкращого варіанта бізнес процесу ремонту та заміни обладнання.

*Таблиця 2*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Комбінації** | **Кількість ремонтників** | | | **Кількість верстатів**  ***Lr*** | **Середнє значення коефіцієнтів завантаження** | | | | **Середнє значення вартості виробництва** |
| ***m*1** | ***m*2** | ***m*3** | *U*0 | *U***1** | *U***2** | *U***3** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

# СТРУКТУРНА СХЕМА МОДЕЛІ

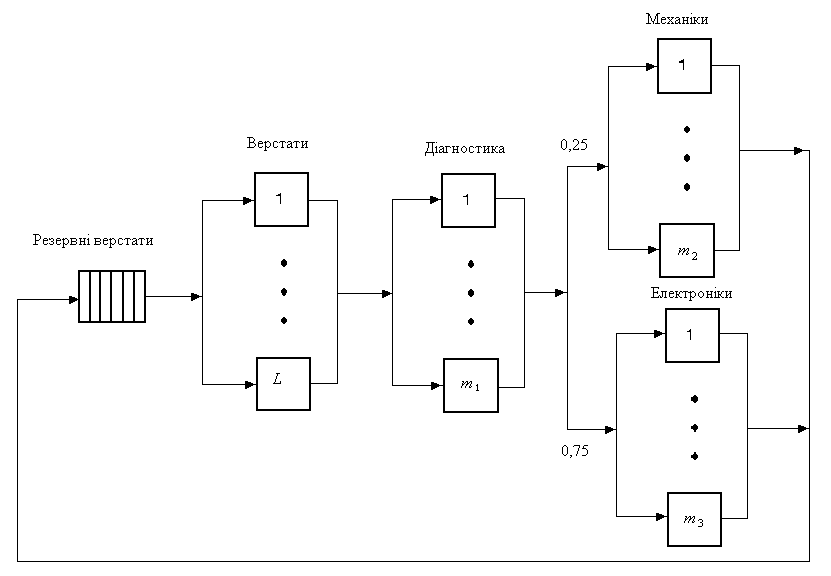
****

Рисунок 1 – Структурна схема роботи підприємства

# РОЗРАХУНОК ВАРІАНТІВ ЧИСЛА НАЙМАНИХ РОБІТНИКІВ І ОРЕНДОВАНИХ ВЕРСТАТІВ

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

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1) |

де:

1. − тривалість діагностики;
2. − тривалість ремонту електронного обладнання верстата;
3. − тривалість ремонту механічного обладнання верстата.

Знайдемо мінімальний середній час ремонту верстата:

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

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

Система повинна задовольняти наступній умові (2):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (2) |

звідки маємо:

Знайдемо процент використання верстату за формулою (3):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (3) |

маємо:

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

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (4) |

та отримаємо наступне значення:

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

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (5) |

та отримаємо наступне значення:

# 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  MEX 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  UBYTOK 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  GENERATE ,,,STANKI  l\_work MARK  QUEUE QWORK  ENTER NOWON  DEPART QWORK  ADVANCE NAOTKAZ,FN$XPDIS  LEAVE NOWON  TRANSFER ,l\_diagn  l\_diagn QUEUE QDIAGN  ENTER DIAGN  DEPART QDIAGN  ADVANCE DIAGNA,DIAGNB  LEAVE DIAGN  TRANSFER .75,l\_mech,l\_elek  l\_elek TABULATE TBLELEK  QUEUE QELEK  ENTER ELEK  DEPART QELEK  ADVANCE ELEKTRA,ELEKTRB  LEAVE ELEK  TRANSFER ,l\_work  l\_mech TABULATE TBLMECH  QUEUE QMEX  ENTER MEX  DEPART QMEX  ADVANCE MECHANA,MECHANB  LEAVE MEX  TRANSFER ,l\_work  GENERATE (MDLDNI#24) ; моделировать H дней (в часах)  SAVEVALUE XSTANKI,STANKI  SAVEVALUE XALLWORKERS,V$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**  ***Lr*** | **Середнє значення коефіцієнтів завантаження** | | | | **Середнє значення вартості виробництва** |
| **m1** | **m2** | **m3** | *U*0 | *U***1** | *U***2** | *U***3** |
|  | 1 | 5 | 3 | 11 | 0.787 | 0.778 | 0.975 | 0.972 | 13609710.781 |
|  | 1 | 6 | 4 | 11 | 0.908 | 0.872 | 0.931 | 0.823 | 7335500.134 |
|  | 1 | 7 | 4 | 11 | 0.902 | 0.899 | 0.807 | 0.864 | 7721816.746 |
|  | 2 | 5 | 3 | 11 | 0.768 | 0.381 | 0.946 | 0.973 | 14665560.288 |
|  | 2 | 5 | 4 | 11 | 0.769 | 0.402 | 0.994 | 0.758 | 14698879.505 |
|  | 2 | 6 | 3 | 11 | 0.807 | 0.402 | 0.848 | 0.991 | 12679866.767 |
|  | 2 | 6 | 4 | 11 | 0.919 | 0.452 | 0.950 | 0.828 | 6815501.142 |
|  | 2 | 7 | 3 | 11 | 0.807 | 0.394 | 0.707 | 0.990 | 12746267.763 |
|  | 2 | 6 | 5 | 11 | 0.912 | 0.463 | 0.948 | 0.725 | 7226860.038 |
|  | 1 | 6 | 5 | 11 | 0.888 | 0.902 | 0.957 | 0.649 | 8487630.297 |
|  | 2 | 6 | 4 | 12 | 0.916 | 0.451 | 0.939 | 0.870 | 7142779.263 |
|  | 2 | 6 | 4 | 13 | 0.913 | 0.457 | 0.939 | 0.918 | 7486640.098 |
|  | 2 | 6 | 4 | 14 | 0.918 | 0.451 | 0.954 | 0.879 | 7416230.241 |
|  | 2 | 6 | 4 | 15 | 0.938 | 0.469 | 0.964 | 0.905 | 6516557.812 |
|  | 2 | 6 | 4 | 16 | 0.939 | 0.465 | 0.971 | 0.887 | 6626146.781 |
|  | 2 | 6 | 4 | 17 | 0.933 | 0.457 | 0.975 | 0.845 | 7144398.067 |
|  | 2 | 6 | 4 | 18 | 0.935 | 0.469 | 0.984 | 0.849 | 7200848.128 |
|  | 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.