**Лабораторная работа** **Создание и применение замкнутых моделей**

# Цель работы:

Решение задач на основе замкнутых имитационных моделей.

# Теоретические сведения

Имитационные модели могут быть весьма полезны при решении задач, в которых требуется найти наиболее рациональное решение или близкое к нему для случаев систем, относящихся к *замкнутым*. Продемонстрируем это на следующем примере.

В фабричном цехе предприятия работает 50 станков, которые могут выходить из строя. После поломки станок восстанавливается наладчиками и возвращается в строй действующих.

Время безотказной работы станка распределено по экспоненциальному закону (поскольку станок состоит из многих деталей, поток отказов представляет собой суперпозицию потоков отказов каждой детали), среднее время безотказной работы равно 157,0 *ч*.

Время восстановления станка распределено по нормальному закону (процесс ремонта включает в себя ряд последовательно выполняемых операций), среднее время ремонта равно 9,0 *ч*, среднеквадратическое отклонение – 2,0 *ч*.

Задача ставится следующим образом: нужно определить количество станков, которые следует взять в аренду, и количество наладчиков, которых следует нанять, чтобы свести к минимуму суммарные затраты на ремонт станков и потери, вызванные их простоем.

В упрощенной постановке можно положить, что станок после поломки начинает восстанавливаться немедленно. В этом случае средняя продолжительность всего цикла будет равна 160,0 *ч* + 8,0 *ч* = 168,0 *ч*, а полезная загрузка станка найдется как

*Загрузка*= 160,0*ч* / 168,0*ч*= 0,952

Условие полной загруженности всех станков запишется в виде

50 = *Загрузка* × (50 + *Число наладчиков*)

откуда

*Число наладчиков = 50*× *(1 – Загрузка*)*/ Загрузка* = 2,52

или, округляя до большего целого,

*Число наладчиков = 3*

Поскольку время ремонта равно 8*ч*, необходимо (с учетом восьмичасового рабочего дня) иметь трех наладчиков.

Однако более реалистичной является ситуация, когда вышедший из строя станок берется на обслуживание не сразу, а только после того, как освободится один из наладчиков, которые в момент поломки могут быть все заняты. Как мы увидим далее, решение в этом случае оказывается другим.

Для стоимостных характеристик примем следующие значения (в условных денежных единицах):

|  |  |
| --- | --- |
| Дневная заработная плата одного наладчика  | –  45. |
| Стоимость дневной аренды одного станка   | –  50. |
| Убыток от дневного простоя одного станка   | –160. |

Считаем, что продолжительность рабочего дня равна 8 часам, продолжительность рабочей недели равна 40 часам, год состоит из 52 недель.

Для решения задачи в этой постановке построим имитационную модель процесса (Рис.1).



 Рис.1. Модель производственного процесса

Первая строка в тексте используется в целях удобства оформления текста (выравнивания полей), OPERATION – название блока, A, B, C, D, E, F, G – поля операндов.

Оператор SIMULATE обеспечивает выполнение модели.

В построенной модели используется, вместе с тем, несколько операторов, необходимых для имитации процесса, ранее нами не использованных.

Оператор:

*Имя* STORAGE А

определяет **многоканальное устройство** с именем *Имя***,** операнд А задает емкость устройства. Оператор используется для моделирования однородных устройств. Вход и выход транзакта в многоканальное устройство осуществляется операторами

ENTER A, B

и

LEAVE A, B

соответственно, где А – имя многоканального устройства, B – число занимаемых устройств (необязательный операнд, по умолчанию равный 1).

В нашей модели оператор STORAGE с именем HANDS имитирует бригаду наладчиков, а оператор STORAGE с именем INUSE имитирует станки, занятые в производственном цикле.

В начальный момент оператор GENERATE с именем BENCHS создает транзакты в количестве равном сумме числа станков собственного парка фабрики (50) и числа станков, взятых в аренду (9).

Для операторов ADVANCE, имитирующих продолжительность процессов безотказной работы и ремонта, используется формат с указанием вида функции распределения временного интервала: в первом случае экспоненциального со средним 160,

ADVANCE (Exponential(1,0,160))

во втором – нормального законов со средним 8 и среднеквадратичным 2

ADVANCE (Normal(1,8,2))

Процесс моделируется на протяжении одного года (6240 часов рабочего времени).

Результаты имитационных прогонов и стоимостных расчетов поместим в таблицы, строки которых содержат значения для определенного числа принимаемых на работу наладчиков, а столбцы – для определенного числа арендуемых станков.

По результатам запусков получаем величину загрузки парка станков

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|   | 3 | 4 | 5 |
| 3 | 0,982 | 0,982 | 0,995 |
| 4 | 0,990 | 0,996 | 0,999 |
| 5 | 0,995 | 0,997 | 0,999 |

с помощью которой можно определить потери от простоя станков как произведение (число станков) × (загрузка станка) × (стоимость дневного простоя)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 3 | 4 | 5 |
| 3 | 144 | 144 | 40 |
| 4 | 80 | 32 | 8 |
| 5 | 40 | 24 | 8 |

Просуммировав эти потери и затраты, определяемые как (дневная зарплата наладчика) × (число наладчиков) + (число станков) × (стоимость дневной аренды станка):

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 3 | 4 | 5 |
| 3 | 285 | 335 | 385 |
| 4 | 330 | 380 | 430 |
| 5 | 375 | 425 | 475 |

найдем величину суммарных затрат для всех комбинаций параметров:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 3 | 4 | 5 |
| 3 | 429 | 487 | 417 |
| 4 | 410 | 412 | 438 |
| 5 | 415 | 449 | 483 |

Как видно из полученной итоговой таблицы оптимальный вариант обеспечивается в случае, когда в аренду берется три станка, а обслуживанием будет заниматься бригада из четырех наладчиков.

Особенностью рассмотренной задачи является то обстоятельство, что число и состав транзактов, циркулирующих в модели, остается в течение всего времени моделирования неизменным. Такие модели носят название *замкнутых*.

# Содержание работы

Разработайте согласно своему варианту программную модель, позволяющую найти загрузку парка станков предприятия, и найдите с ее помощью значения параметров (число арендуемых станков и число членов ремонтной бригады), минимизирующие суммарные потери, определяемые убытками от простоя станков и расходами на аренду и заработную плату.

# Отчет о работе

Итоговый отчет должен содержать ответ (значения оптимизируемых параметров) и сводную таблицу с результатами запусков модели и расчетами с указанием оптимальной комбинации параметров согласно следующему образцу:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |   | **ЗАГРУЗКА** |  | **УБЫТОК** |  |  | **ЗАТРАТЫ** |  |  | **ВСЕГО** |   |
|  **CтанкиМастера** | 3 | 4 | 5 | 3 | 4 | 5 | 3 | 4 | 5 | 3 | 4 | 5 |
| 3 | 0,981 | 0,982 | 0,995 | 144 | 144 | 40 | 285 | 335 | 385 | 429 | 479 | 425 |
| 4 | 0,990 | 0,996 | 0,999 | 80 | 32 | 8 | 330 | 380 | 430 | **410** | 412 | 438 |
| 5 | 0,995 | 0,997 | 0,999 | 40 | 24 | 8 | 375 | 425 | 475 | 415 | 449 | 483 |

Содержимое всех ячеек, содержащих расчетные данные (то есть всех кроме ячеек с результатами запусков модели), должны представлять собой формулы для расчета.

# Контрольные вопросы

1) Что такое стандартные (системные) числовые атрибуты и для чего они нужны?

2) Какие параметры используются в операторе GENERATE?

3) Какие параметры используются в операторе TRANSFER?

4) Что такое замкнутаямодель?

5) Что такое разомкнутаямодель?

6) Как можно задать вид функции распределения временного интервала в операторе ADVANCE?

7) Что имитирует оператор STORAGE?

8) Для чего используются операторы ENTER и LEAVE?

# Варианты

Финансовые и временные показатели берутся из раздела 2.

Количество станков, находящихся в собственности предприятия, – 50 + 3 × *N*,
где *N* – порядковый номер в списке группы.

# Задачи (Необязательные)

1) Постройте имитационную модель работы копировально-множительного отдела, описанного в теме, посвященной моделям массового обслуживания. Проведите запуски модели и сравните полученные результаты.

2) Технологическими требованиями производственного предприятия на завершающем этапе сборочного процесса предусмотрен контроль выпускаемых изделий. Изделия поступают на контрольный пункт с интервалом от 5 до 15 минут, время распределено равномерно. На проверку изделия уходит от 6 до 12 минут, время распределено также равномерно. Согласно имеющейся на предприятии статистике доля отвечающих стандарту изделий составляет 85% всех изделий, подвергающихся проверке. Изделие, не отвечающее требованиям, направляется на доводку, где наладчик проводит настройку его параметров. Доводка занимает от 10 до 30 минут, время распределено равномерно. После доводки изделие вновь поступает на контрольный пункт. Постройте имитационную модель описанного процесса, с помощью которой оцените загрузку пункта контроля и отдела доводки, а также получите гистограмму распределения времени прохождения изделиями завершающего этапа.