

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені
ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Факультет інформатики та обчислювальної техніки

Звіт
з дисципліни

“Моделювання систем ”

Виконав:
Студент групи ЗПІ-зп01
Дишкант Л. Л.

Перевірив :
д.т.н., проф. кафедри ІПІ
Стеценко І. В.

Київ 2022

КОМП'ЮТЕРНИЙ ПРАКТИКУМ 5

«ФОРМАЛІЗАЦІЯ ДИСКРЕТНО-ПОДІЙНИХ СИСТЕМ СТОХАСТИЧНОЮ МЕРЕЖЕЮ ПЕТРІ»

1. Розробити мережу Петрі для наступної задачі

Конвеєрна система складається з п'ятих обслуговуючих пристроїв, розташованих уздовж стрічки конвеєра. Деталі надходять на опрацювання на першій пристрій із постійною швидкістю, рівної 4 одиниці за 1 хвилину. Тривалість обслуговування на кожному пристрої розподілена за експоненціальним законом з математичним сподіванням 1 хвилина. Вільного місця перед кожним конвеєром немає, тому пристрій може зняти деталь із конвеєра, тільки якщо знаходиться в стані «вільний». Якщо перший пристрій вільний, то деталь обробляється на ньому. По закінченні оброблення деталь залишає систему. Якщо перший пристрій зайнятий у момент надходження деталі, деталь по конвеєру надходить до другого пристрою. Інтервал проходження деталі між пристроями дорівнює 1 хвилина. Якщо при прямуванні деталі по конвеєру всі пристрої були зайняті, вона повертається до першого пристрою з затримкою 5 хвилин. Метою моделювання є визначення статистичних характеристик часу перебування деталі в системі, завантаження обслуговуючих пристроїв і кількості зайнятих пристроїв.

Розв'язання. Виділимо події, які відбуваються в даній конвеєрній системі:

- надходження деталей;
- обслуговування деталі на пристрої;
- зняття деталі із конвеєра;
- обробка деталі;
- деталь залишає систему;
- прямує до n -го пристрою. ($n = 5$ пристроям)

Подія “надходження деталей” виконується незалежно від стану системи, тому у вхідній позиції цієї події повинна бути необхідна кількість маркерів. Для здійснення події “зняття деталі з конвеєра” та “обслуговування деталі на пристрої” повинно бути виконано умови, відповідно задачі у вхідних позиціях повинні бути макрери:

- 1) пристрій вільний
- 2) деталь є у черзі до пристрою

Подія “обробка деталі” буде виконана за умови, що деталь знята, а подія “деталь залишає систему” за умови, що деталь оброблена.

Здійснення події “прямує до n-го пристрою” відбувається за умов, що деталь є у черзі до n-го пристрою і пристрій зайнятий, тобто подія “зняття деталі з конвеєра” має більший пріоритет.

З’єднуємо події та умови зв’язками і отримуємо мережу Петрі, яка представлена на рис.1 (рис.2). Для переходів задаються наступні часові затримки:

“надходження деталей” - 0.25 хвилини ($t=0.25$);

“обслуговування деталі на пристрої” - 1 хвилина ($t=1$):

- “зняття деталі із конвеєра” - без затримки ($t_1=0$);
- “обробка деталі” - t_2
- “деталь залишає систему” - t_3 ;

“прямує до n-го пристрою” - 1 хвилина ($t=1$)

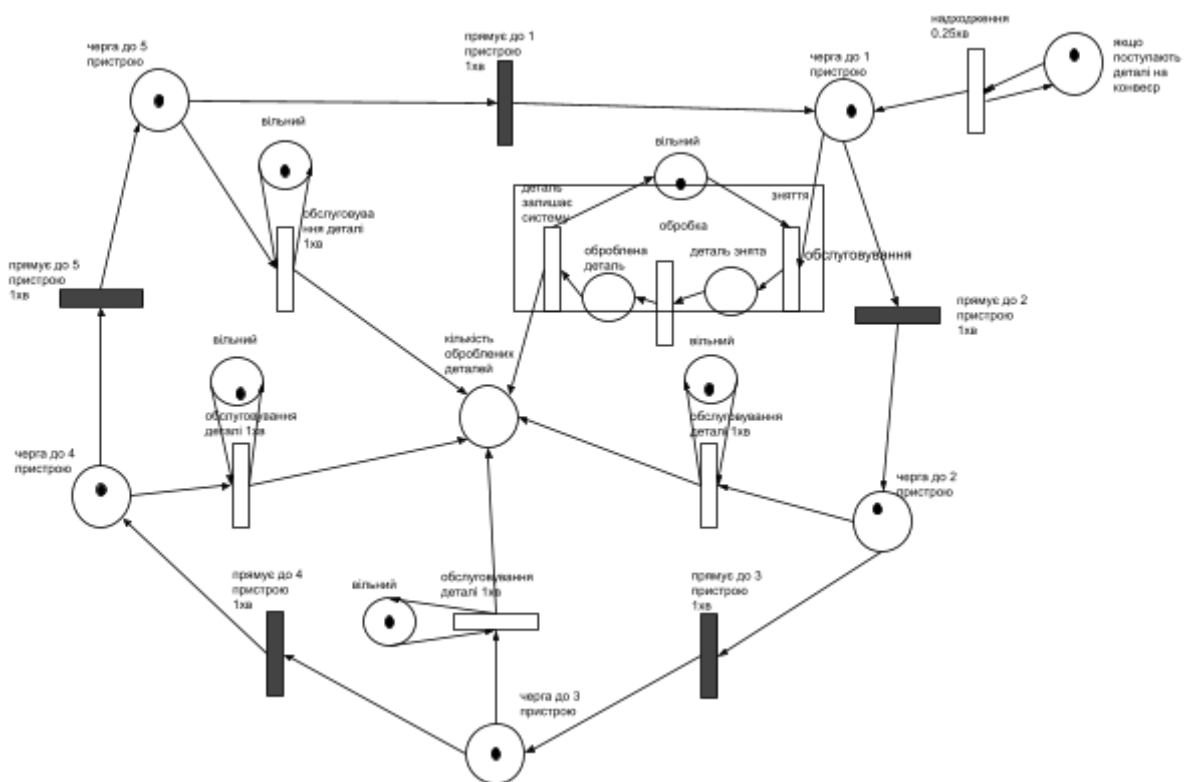


рис.1

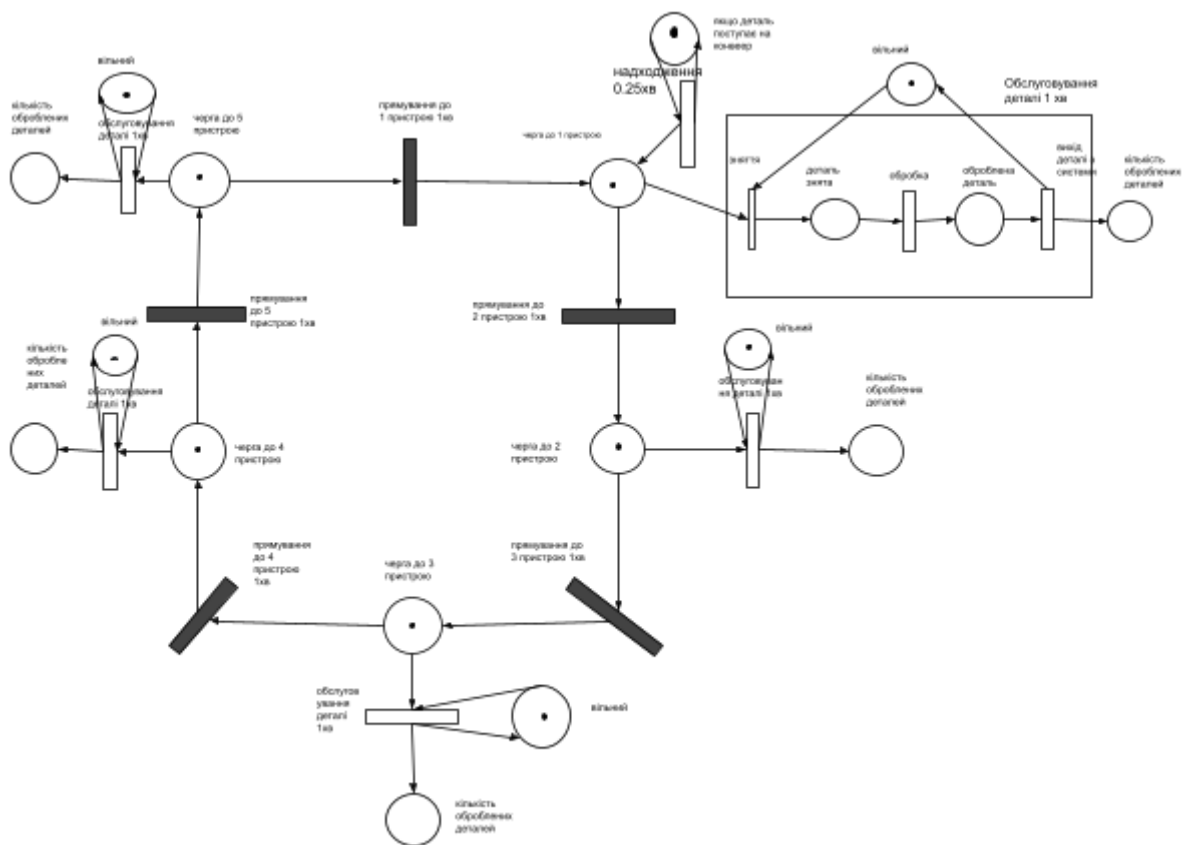


рис.2

2. Розробити мережу Петрі для наступної задачі (25 балів): Експериментальна роботизована гнучка виробнича система має два верстати із числовим пультом керування, три роботи, пункт прибуття і склад оброблених деталей. Деталі прибувають на пункт прибуття кожні 40 секунд згідно з експоненціальним законом розподілу, захоплюються одним з вільних роботів і переміщуються ним до першого верстата, після чого робот звільняється. Після завершення обробки на першому верстаті деталь захоплюється одним з роботів і переміщується на другий верстат, а після обробки на другому верстаті – одним з роботів переміщується на склад оброблених деталей. Кожний з верстатів може одночасно обробляти до трьох деталей. Час переміщення робота між пунктом прибуття та першим верстатом, першим і другим верстатом, другим верстатом та пунктом зберігання оброблених деталей складає відповідно 6, 7, і 5 секунд незалежно від того, холостий це хід, чи ні. Роботу потрібний час 8 ± 1 секунд на захоплення або вивільнення деталей. Час обробки на першому верстаті розподілений за нормальним законом із середнім значення 60

секунд і стандартним відхиленням 10 секунд. Середній час обробки на другому верстаті дорівнює 100 секунд і має експоненціальний закон розподілу.

Метою моделювання є визначення найкращого (з точки зору підвищення пропускної здатності гнучкої виробничої системи) способу закріплення робіт до операцій. Можливі варіанти закріплення:

- 1) по одному роботу на кожний з трьох шляхів переміщення деталей (пункт прибуття – перший верстат, перший верстат – другий верстат, другий верстат, склад);
- 2) кожний робот може використовуватися на кожному шляху переміщення деталей(при цьому повинен займатися найближчий з роботів)

Розв’язання. Виділимо події, які відбуваються в експериментальній роботизованій гнучкій виробничій системі:

- прибуття деталей;
- захоплення деталі роботом;
- переміщення робота між пунктом прибуття та 1 верстатом;
- переміщення робота між 1 верстатом та 2 верстатом;
- переміщення робота між 2 верстатом та складом;
- вивільнення деталі;
- обробка на 1 верстаті;
- обробка на 2 верстаті.

Подія “прибуття деталей” виконується незалежно від стану системи, тому у вхідній позиції цієї події повинна бути необхідна кількість маркерів. Для здійснення події “захоплення деталі роботом” повинна бути виконана умови:

- 1) у пункті прибуття є деталь,
- 2) робот з’явився

Виконання подій “переміщення робота між пунктом прибуття та 1 верстатом”, “переміщення робота між 1 верстатом та 2 верстатом” та “переміщення робота між 2 верстатом та складом” - буде за умови, що деталь захоплена, або якщо робот звільняється. Здійснення події “вивільнення деталі” відбудеться за умови, що деталь переміщена. Події “обробка на 1 верстаті” та “обробка на 2 верстаті” виконуються за умов:

- 1) деталь з’явилася в черзі на обробку
- 2) верстат вільний

Для переходів задаються наступні часові затримки:

- “прибуття деталей” - 40 секунд ($t = -40 \ln \zeta$)
- “переміщення деталі роботом до 1 верстата” і повернення - 6 секунд ($t_1 = 6$);
- “переміщення деталі роботом до 2 верстата” і повернення - 7 секунд ($t_2 = 7$);
- “переміщення деталі роботом на склад” і повернення - 5 секунд ($t_3 = 5$);
- “захоплення деталі роботом” та “вивільнення деталі” - 8 ± 1 секунд ($t_4 = 8 \pm 1$)
- “обробка на 1 верстаті” - розподілено за нормальним законом серед - 60 сек., і стар.відхилення 10 сек. $t = r$ хв, де $r = 10 \left(\sum_{i=1}^{12} \zeta_i - 6 \right) + 60$
- “обробка на 2 верстаті” - 100 секунд ($t_5 = -100 \ln \zeta$)

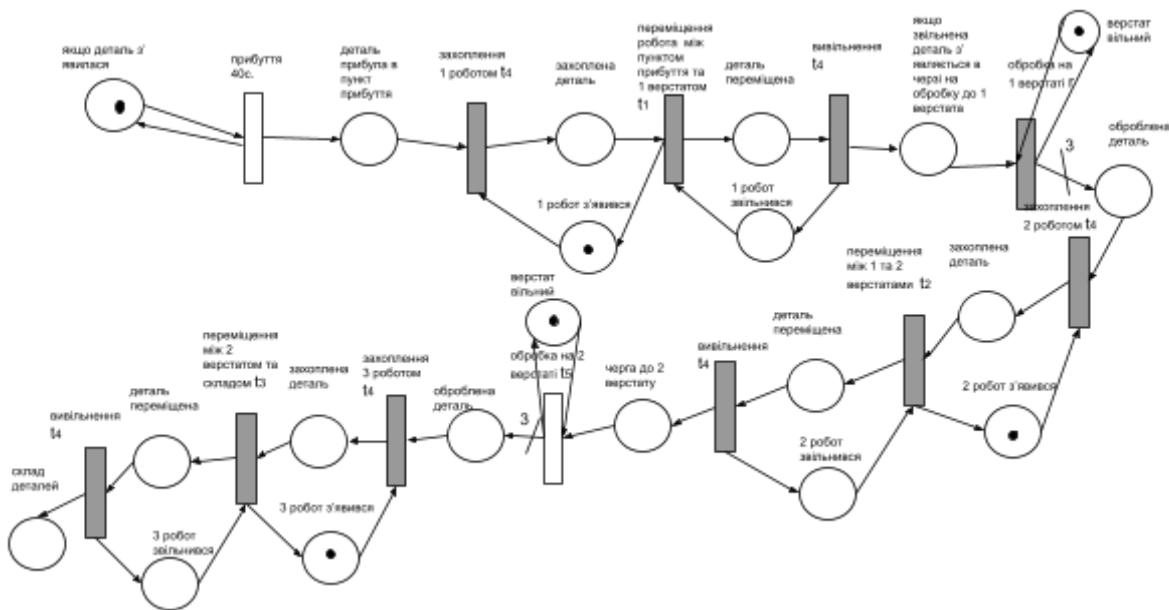


рис.3

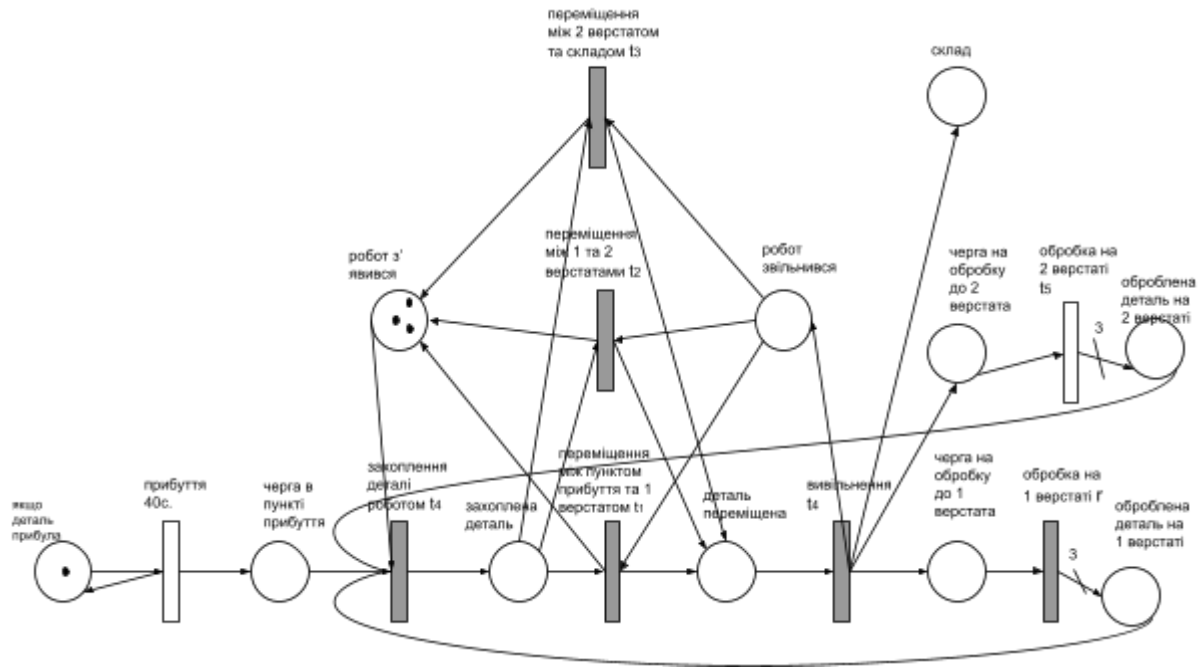


рис.4

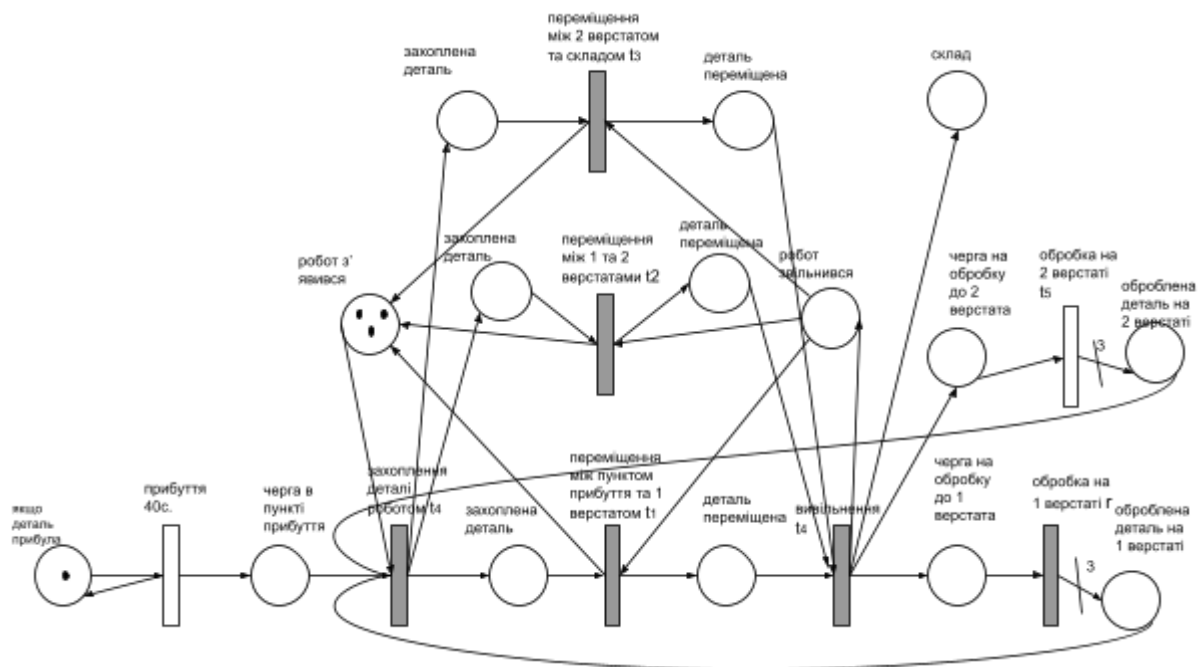


рис.5

3. Розробити мережу Петрі для наступної задачі

На маршруті приміського сполучення працюють два мікроавтобуси (А і В), кожний з яких має n місць. Мікроавтобус А користується більшою популярністю, ніж автобус В, оскільки водій мікроавтобуса А їздить акуратніше і швидше. Тому пасажир, який підійшов до зупинки, сідає в мікроавтобус В тільки у випадку, коли автобуса А немає. Мікроавтобус відправляється на маршрут, якщо всі місця в ньому зайняті. Пасажири підходять до зупинки через $0,5 \pm 0,2$ хвилин і, якщо немає мікроавтобусів, утворюють чергу. Якщо черга більша, ніж 30 осіб, то пасажир не стає у чергу і йде до іншого маршруту. Припускається, що всі пасажири їдуть до кінця маршруту. На проходження маршруту мікроавтобус А витрачає 20 ± 5 хвилин, а мікроавтобус В – 30 ± 5 хвилин. Після того, як пасажири звільнили автобус (протягом часу 5 ± 1 хвилин), він їде у зворотному напрямку тим же чином. Плата за проїзд складає 20 гривень. Авто підприємство стільки ж втрачає (недоотримує), якщо пасажир, прийшовши на зупинку, не стає у чергу і обирає інший маршрут.

Метою моделювання є визначення таких характеристик:

- час очікування пасажирів у черзі;
- кількість місць n (не більше 25), при якому час очікування в черзі пасажирів буде мінімальним;
- виручку автопідприємства за день від маршруту, якщо мікроавтобуси працюють 10 годин на добу.

Розв'язання. Виділимо події, які відбуваються на маршруті приміського сполучення:

- пасажир підійшов до зупинки;
- утворюють чергу;
- сідає в мікроавтобус А;
- сідає в мікроавтобус В;
- мікроавтобус відправляється;
- пасажир йде до іншого маршруту;
- проходження маршруту мікроавтобусом А;
- проходження маршруту мікроавтобусом В;
- звільнення автобуса;
- надходження пасажирів в пункт В;
- йдуть до іншого маршруту з пункту В
- автобус їде у зворотному напрямку.

Виконання “пасажир підійшов до зупинки” виконується незалежно від стану системи, тому у вхідній позиції події повинна бути відповідна кількість маркерів. Подія “сідає в мікроавтобус А” відбувається, якщо виконуються умови:

- 1) мікроавтобус А є (з’являється)
- 2) в черзі є пасажир

Здійснення події “сідає в мікроавтобус В” якщо виконані умови:

- 1) мікроавтобуса А немає
- 2) мікроавтобус В є (з’явився)

Відповідно подія “мікроавтобус відправляється” здійснюється, якщо виконана умова, якщо всі вільні місця в ньому зайняті. Подія “утворюють чергу”, за виконання умови - якщо немає мікроавтобусів. “пасажир йде до іншого маршруту” виконується коли виконані умови: якщо черга більша ніж 30 осіб

Події “проходження маршруту мікроавтобусом А” та “проходження маршруту мікроавтобусом В” відбувається, якщо виконана умова - пасажир йде до іншого маршруту. Виконання “звільнення автобуса” коли виконана умова, пасажир пройшли маршрут (прибули). Подія “надходження у пункті В” спрацює незалежно від стану системи. Виконується подія “пасажир сідає в автобус в пункті В, якщо виконуються умови:

- 1) автобус вільний
- 2) є пасажир в черзі пункту В

Подія “йдуть до іншого маршруту з пункту В “ якщо в черзі В є більше 30 пасажирів.

Здійснення події “автобус їде у зворотному напрямку”, при виконанні умови, якщо вільних місць немає і не виконується подія “автобус відправляється”, тому що має слабший пріоритет.

“З’єднуємо події та умови зв’язками і отримуємо мережу Петрі, яка представлена на рис.6

Для переходів задаються наступні часові затримки:

“пасажир підійшов до зупинки” - $0,5 \pm 0,2$ хвилин ($t_1 = 0,5 \pm 0,2$)

“утворюють чергу” - без затримки ($t=0$)

“сідає в мікроавтобус А” - без затримки ($t=0$)

“сідає в мікроавтобус В” - без затримки ($t=0$)

“мікроавтобус відправляється” - без затримки ($t=0$)

“пасажир йде до іншого маршруту” - без затримки ($t=0$)

“проходження маршруту” :

- мікроавтобусом А - 20 ± 5 хвилин ($t_2 = 20 \pm 5$)
- мікроавтобусом В - 30 ± 5 хвилин ($t_3 = 30 \pm 5$)
- “звільнення автобуса” - 5 ± 1 хвилина ($t_4 = 5 \pm 1$)
- “пасажирів сідають в автобус” - без затримки
- “їдуть до іншого маршруту з пункту В” - без затримки;
- “автобус їде у зворотному напрямку” - без затримки ($t=0$)

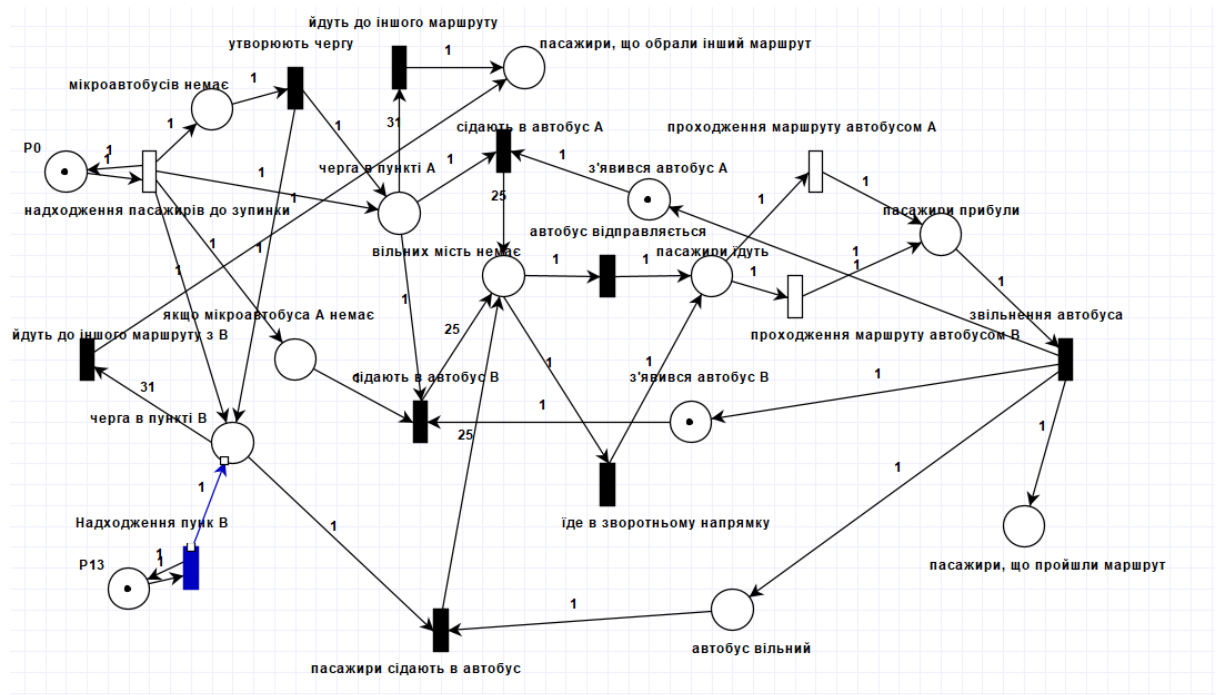


рис.6

Визначимо виручку автопідприємства за день від маршруту, якщо мікроавтобуси працюють 10 годин на добу, спостерігаючи кількість маркерів в позиції “кількість пасажирів, які пройшли маршрут” помножену на плату за проїзд, тобто на 20 грн:

$$V = 20 * \frac{\sum_i M(\text{кількість пасажирів, які пройшли маршрут}) * \Delta t}{T_{mod}}$$

T_{mod} - загальний час моделювання (10 год)

Час очікування пасажирів у черзі :

$$t_{\text{чер}} = T_{\text{mod}} - t_{\text{об}}$$

або

$$t_{\text{чер}} = \frac{\sum_i t_i^{\text{чер}}}{N_{\text{об}}(-0)}$$

$t_i^{\text{чер}}$ - час перебування i -ї вимоги в черзі ($i=1,2,\dots$)

$N_{\text{об}}(-0)$ - кількість вимог, які чекали в черзі

Кількість місць n (не більше 25), при якому час очікування в черзі пасажирів буде мінімальним:

$$n = \frac{\bar{N} - N_{\text{чер}}}{2}$$

4. Розробити мережу Петрі для наступної задачі (30 балів):

У супермаркеті планується ввести систему управління запасами холодильників. Час між надходженнями замовлень на холодильники має експоненціальний розподіл з математичним сподіванням 0,2 тижні. Якщо покупцю знадобився холодильник тоді, коли його в запасі немає, він у 80% випадків відправляється в інший найближчий магазин, представляючи тим самим продаж, що не відбувся для даного універмагу. У 20% таких випадків робиться повторне замовлення, і покупці чекають надходження наступної партії вантажу. Магазин використовує періодичну систему перегляду стану запасів, у якому запас проглядається кожні 4 тижні і приймається рішення про необхідність здійснення замовлення. Стратегія прийняття рішення складається в розміщенні замовлення, що доводить запас до контрольного рівня, що складає 72 холодильники. Поточний стан запасу визначається як наявний запас плюс замовлені раніше приймачі і мінус невдоволений попит. Якщо поточний стан запасів менше або дорівнює 18 холодильникам (точка замовлення), здійснюється розміщення замовлення. Час доставки (час між розміщенням замовлення і його одержання) постійний і складає 3 тижні.

Початкові умови: стан запасу - 72 холодильника, невдоволеного попиту немає.

Визначити середню кількість холодильників у запасі, середній час між продажами, що не здійснилися.

Розв’язання. Виділимо події, які відбуваються у супермаркеті:

- надійшов покупець;
- покупка холодильника;
- холодильника немає;
- робить повторне замовлення;
- йде до іншого магазину

Подія “надійшов покупець” відбувається незалежно від стану системи, тому повинна бути відповідна кількість маркерів, та з часовою затримкою $t = -0.2 \ln \zeta$. Виконання події “покупка холодильника” здійснюється за умов:

- 1) є замовлення в черзі покупців
- 2) холодильник є в запасі

Якщо подія не здійснюється, то здійснюється подія “холодильника немає” та маркер надходить в позицію (умова) “замовлення” з ймовірністю 0.2 здійснюється подія “робить повторне замовлення” та з ймовірністю 0.8 подія “йде до іншого магазину” де маркер перейде в позицію - невдоволений попит.

Виділимо події, коли відбувається прийняття рішення про поповнення запасу:

- час контролю стану запасу;
- прийняття рішення про поповнення запасу;
- здійснення контролю запасу;
- контроль стану запасу закінчився;
- доставка товару

Так як подія « час контролю запасу» відбувається кожні 4 тижні, визначимо поточне значення запасу за формулою:

$n = \text{“поточний запас”} = \text{“запас”} + \text{“замовлені холодильники”} - \text{“невдоволений попит”}$, де
“запас”, “замовлені холодильники” та “невдоволений попит” - це кількість маркерів у відповідних позиціях.

Рішення про задовільний стан запасу приймається, якщо позиція “поточний запас” містить більше рівне 19 маркерів. Інакше приймається рішення про незадовільний стан запасу і здійснюється подія «прийняття рішення про поновлення запасу». “Доставка товару” здійснюється за умови, що є рішення про поповнення запасу, протягом 3 тижнів. Кількість доставлених товарів складає 72 холодильника.

З’єднуємо події та умови зв’язками і отримуємо мережу Петрі, яка представлена на рис.7

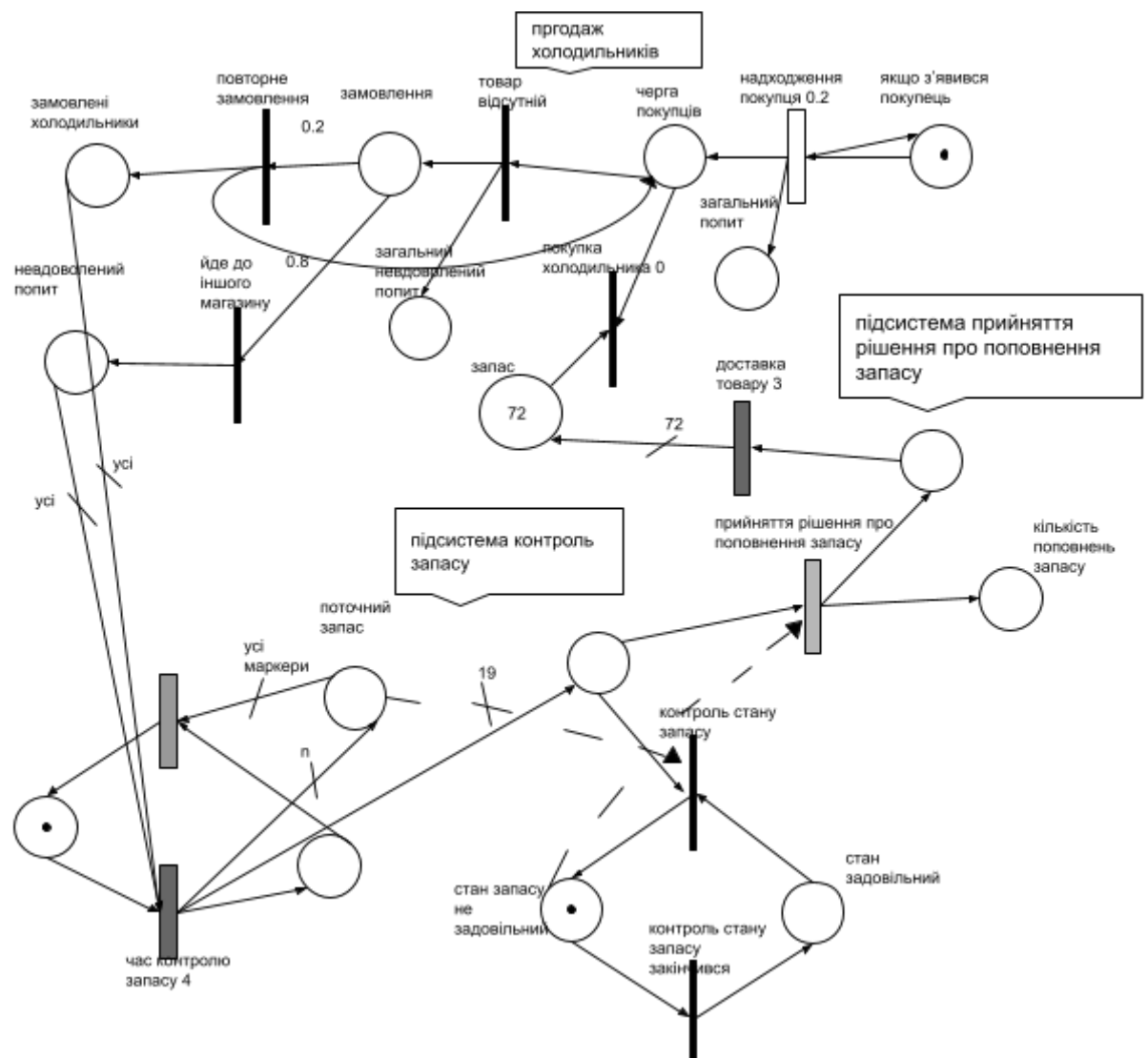


рис.7

Визначимо середню кількість холодильників у запасі та середній час між продажами, що не здійснилися.

Середню кількість холодильників в запасі знайдемо, спостерігаючи середню кількість маркерів у позиції “запас”:

$$Z = \frac{\sum_i (M(\text{запас})_i * \Delta t_i)}{T_{mod}}$$

$M(\text{запас})_i$ - маркери в позиції запас протягом часу Δt_i

T_{mod} - загальний час моделювання

Середній час між продажами, що не здійснилися:

$$T_{незд.} = \frac{T_{mod}}{M(\text{заг. невдоволений попит})}$$

Відповідь: відповіддю є мережа Петрі рис.7 та формули для розрахунку вихідних величин моделі.

Висновок: на практикумі навчилися розробляти мережі Петрі до задач. Під час побудови розібралися, що мережа складається з переходів, дуг та умов. Переходи, які спрацьовують в модельному часі вирізняють кількох типів - миттєвий, експоненціальний та детермінований, миттєвий не пов'язаний з моментом часу, позначається штрихом або вузьким прямокутником. Експоненціальний, зображується незафарбованим прямокутником, детермінований - зафарбованим прямокутником.