

## КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСУ

*Розглянуто систему імітаційного моделювання GPSS World з метою моделювання роботи транспортного комплексу «екскаватори–автосамоскиди». Визначено необхідну кількість автосамоскидів, потрібну для оптимальної роботи комплексу, який розглядається як елемент логістичної транспортної системи.*

**Ключові слова:** транспортні системи, транспортна логістика, імітаційне моделювання, моделювання систем, багатоканальні системи, канали обслуговування.

**Постановка проблеми і аналіз останніх публікацій.** Транспорт належить до галузі виробництва матеріальних послуг. З урахуванням провідної ролі транспорту в ринковій економіці, управління транспортом виділяється в окремий блок, що дістав назву «транспортна логістика» [1; 2]. Транспортна логістика включає в себе низку елементів, основними з яких є вантаж; пункти зосередження вантажу; транспортна мережа; рухомий склад; вантажно-розвантажувальні засоби; учасники логістичних процесів; тара й пакування.

Технологічні процеси, що відбуваються в усіх ланках транспортної логістичної системи, мають низку особливостей, які залежать від роду вантажу, виду транспорту та його структури, галузевої характеристики, стану елементів логістичного процесу. Для реалізації мети, завдань і функцій логістики на цьому рівні потрібно, щоб різноманітні логістичні технології могли бути пов'язані об'єднуючими моментами в єдиний технологічний процес, в якому необхідним є дотримання єдиних логістичних принципів і єдиних вимог [2; 3].

Прогрес інформаційних технологій і інформаційних систем дав змогу значно підвищити ефективність логістики, а інформаційно-комп'ютерна підтримка посіла належне місце серед ключових логістичних функцій [4; 5].

**Мета роботи.** Метою цієї роботи є застосування сучасних комп'ютерних інформаційних технологій — комп'ютерної систе-

ми імітаційного моделювання GPSS World — для моделювання й оптимізації роботи транспортного комплексу (ТК) «екскаватори–автосамоскиди». При цьому ТК «екскаватори–автосамоскиди» розглядається як елемент логістичної транспортної системи.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Імітаційне моделювання — це чисельний метод визначення параметрів функціонування різних систем по численних реалізаціях з урахуванням імовірнісного характеру перебігу процесу. Основою імітаційного моделювання є метод статистичних випробувань. Цей метод є найбільш ефективний при дослідженні складних систем, на функціонування яких впливають випадкові фактори [5; 6].

У світі програмного забезпечення серед систем імітаційного моделювання, призначених для професійного моделювання найрізноманітніших процесів і систем, особливе місце посідає система GPSS World (General Purpose Simulation System World — всесвітня система імітаційного моделювання загального призначення) [6; 7]. Система GPSS World використовується для моделювання дискретних (переважно систем масового обслуговування) і безперервних систем.

Модель у системі GPSS World — це послідовність операторів моделювання. Оператор моделювання може бути або оператором GPSS World, або процедурою мови PLUS. Система моделювання GPSS World базована на переходах вимог (транзактив) від блоку до блоку (від оператора до оператора) у певні моменти часу, що називається подією.

Розглянемо роботу транспортного комплексу «екскаватори–автосамоскиди». Для виконання дорожньо–будівельних робіт постачання будівельних матеріалів виконується ТК «екскаватори–автосамоскиди». Середній час надходження автосамоскидів на обслуговування (завантаження) становить 10 хв і підпорядковується експоненціальному закону розподілу ймовірностей. Для навантаження автосамоскидів будівельними матеріалами використовуються три екскаватори. Середній час завантаження одного

автосамоскида становить 15 хв і також описується експоненціальним законом розподілу. Після розвантаження автосамоскиди знову повертаються на завантаження, тобто ми маємо замкнуту виробничу систему.

Розглянемо ТК «екскаватори-автосамоскиди» як багатоканальну замкнуту систему масового обслуговування (СМО) з необмеженим часом очікування [7; 8]. Необхідно змоделювати процес функціонування такої системи протягом робочої зміни, яка дорівнює 8 год, тобто визначити необхідну кількість автосамоскидів, які потрібні для оптимальної роботи ТК, та визначити такі основні його характеристики:

— загальне число входів на обслуговування, тобто надходжень автосамоскидів на завантаження протягом зміни;

— максимальні коефіцієнти зайнятості кожного каналу обслуговування (екскаватора);

— середній час обслуговування (завантаження) автосамоскидів у кожному каналі обслуговування.

**Імітаційний метод моделювання системи.** Зобразимо графічно процес функціонування триканальної замкнutoї системи масового обслуговування. На рис. 1 показані основні події, що відбуваються під час роботи СМО.

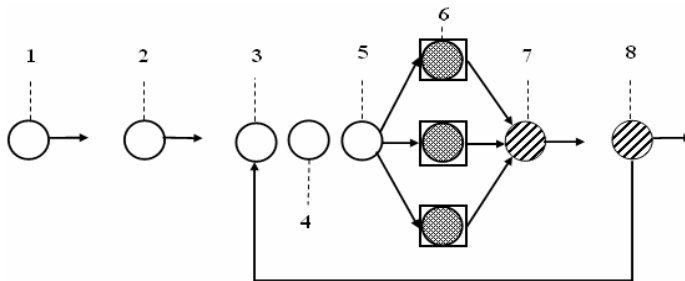


Рис. 1 — Процес функціонування багатоканальної замкнutoї СМО

Охарактеризуємо кожну подію, що виникла в модельованій системі. Отже, це:

1. Надходження вимог в систему (GENERATE).
2. Вхід вимоги в накопичувач (ENTER).
3. Передача вимоги в один із вільних каналів обслуговування (TRANSFER).
4. Очікування звільнення одного з каналів обслуговування (SEIZE).
5. Вихід вимоги з накопичувача (LEAVE).
6. Час обслуговування вимоги в каналі обслуговування (ADVANCE).
7. Звільнення каналу обслуговування (RELEASE).
8. Повернення вимоги в систему (TRANSFER).

Програму роботи СМО можна створити у вигляді трьох секторів. У першому секторі вказується місткість СМО. Це можливо виконати за допомогою оператора STORAGE (Накопичувач), який у нашому прикладі виглядатиме так:

```
NAK STORAGE 3
```

У другому секторі моделюватимемо потік вимог, які надходять у систему та його обслуговування. Оператор GENERATE використовуємо для формування числа машин, які обслуговує канал обслуговування. Цей режим використання оператора GENERATE припускає, що поля A, B, C за-

лишаються порожніми, тобто ставляться відповідно три коми, потім у полі операнда D вказується число машин, які повинні обслуговувати канали обслуговування:

```
GENERATE , , 10
```

Далі машини надходять у канал обслуговування. При цьому потік надходження машин на обслуговування є найпростішим із середнім інтервалом 10 хв. Це можна показати за допомогою оператора ADVANCE, який у нашій задачі записуватиметься так:

```
MASH ADVANCE (Exponential(1,0,10))
```

Збирання статистичної інформації для багатоканальної системи можна забезпечити за допомогою операторів ENTER і LEAVE. Оператор ENTER може бути записаним у такому вигляді:

```
ENTER NAK
```

У полі операнда A вказано ім'я накопичувача, місткість якого повинна бути наперед визначена. Оскільки СМО багатоканальна, необхідно використовувати оператор TRANSFER для забезпечення можливості направлення вимог до незайнятого каналу:

```
TRANSFER ALL, KAN1, KAN3, 3
```

Спочатку вимога надходить до оператора, який має символічну мітку KAN1. Цим оператором є SEIZE, який записується так:

```
KAN1 SEIZE CAN1
```

Якщо канал обслуговування із символічною міткою KAN1 зайнятий, то вимога направляєтся до наступного каналу, минаючи три оператори. З — це число, вказане в полі операнда D в операторі TRANSFER. Таким чином, наступним оператором буде:

```
SEIZE CAN2
```

Якщо і він буде зайнятий, то вимога знову минає три оператори і т. д., доки не знайдеться незайнятий канал обслуговування. У вільному каналі обслуговування вимога буде обслужена. Але заздалегідь вимога повинна запам'ятати канал, в який вона потрапила на обслуговування. Для цього використовується оператор ASSIGN (Присвоїти) — за його допомогою в параметрі вимоги під номером 1 запам'ятовується ім'я каналу, в який вимога надійшла на обслуговування В кожному каналі є свій оператор ASSIGN. Наприклад, для першого каналу це присвоєння виглядатиме так:

```
ASSIGN 1,CAN1
```

Далі після визначення вільного каналу і запису його імені за допомогою оператора TRANSFER вимога надходить на обслуговування. Це виглядає так:

```
TRANSFER,COME
```

Проте перед початком обслуговування необхідно подати повідомлення про те, що вимога залишила накопичувач під ім'ям NAK, в якому вона перебувала. Це виглядатиме так:

```
COME LEAVE NAK
```

Після виходу з накопичувача вимога надходить у канал на обслуговування. Ця дія виконується за допомогою оператора ADVANCE. Час обслуговування визначається так:

```
ADVANCE (Exponential(1,0,15))
```

Після обслуговування вимога виходить з каналу обслуговування, має з'явитися сигнал про його звільнення. Це робиться за допомогою оператора RELEASE (звільнити):

```
RELEASE P1
```

Параметр вимоги під номером P1 містить ім'я каналу обслуговування, що звільняється. Далі вимога входить в оператор TRANSFER з безумовним переходом для повернення в систему. Він записується так:

```
TRANSFER, MASH
```

Таким чином, машини після обслуговування знову повертаються в систему для обслуговування. Повернення машин у систему виконується доти, поки час моделювання не перевищить час моделювання системи. Визначення часу моделювання системи виконується в третьому секторі моделі. Він визначається за допомогою простої моделі вимірювання часу, що складається з трьох операторів:

```
GENERATE 480
```

```
TERMINATE 1
```

```
START 1
```

Цей сектор моделює час роботи системи впродовж робочої зміни, яка становить 8 год.

Після створення імітаційної моделі її необхідно відтранслювати і запустити на виконання. Оскільки в моделі є управляюча команда START, то початкова імітаційна модель транслюватиметься, і якщо в ній немає помилок, розпочнеться процес моделювання системи. Після виконання програми з'явиться вікно з інформацією про трансляцію і виконання — JOURNAL — і результати роботи програми у вікні REPORT (рис. 2).

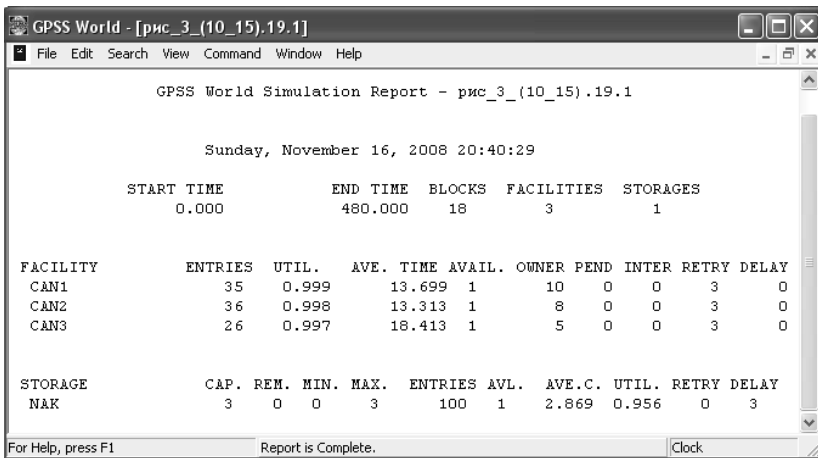


Рис. 2 — Вікно REPORT з фрагментом результатів моделювання

Результати моделювання ТК «екскаватори — автосамоскиди» показані на рис. 3, на якому зображена залежність кількості завантажених автосамоскидів за зміну (Entries) від загальної їх кількості, які можуть бути використані у даній транспортній системі.

Із рис. 3 видно, що при заданих в роботі параметрах системи, максимальна кількість автосамоскидів, які можуть заванта-

жити три екскаватори за зміну, не перевищує 100 навантажень. Для цього достатньо на вході системи мати 7 автосамоскидів, і подальше збільшення їх кількості не приведе до підвищення ефективності роботи даної системи (крива виходить на насичення), тобто система завантажити більшу кількість автосамоскидів не зможе.

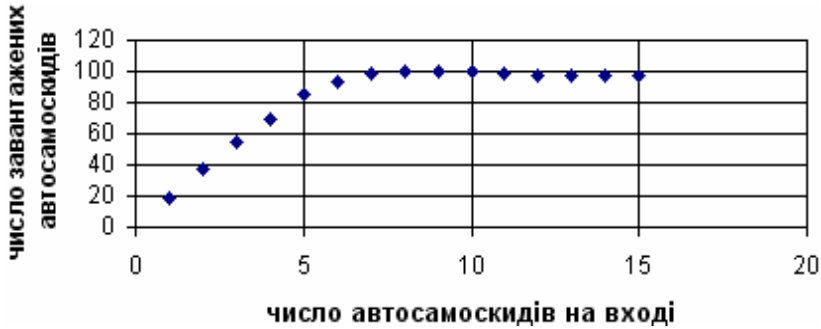


Рис. 3 — Кількість завантажених автосамоскидів за зміну

**Висновки.** Отже, результати моделювання свідчать, що імітаційний метод моделювання дає можливість оптимізувати (визначити оптимальні параметри) роботи транспортного комплексу «екскаватори—автосамоскиди», який розглядається як елемент логістичної транспортної системи. Максимальні коефіцієнти зайнятості екскаваторів становлять 0.999, 0.998, 0.997 відповідно. Уся ця інформація досить повно ілюструє ефективність роботи системи імітаційного моделювання GPSS World.

*Рассмотрена система имитационного моделирования GPSS World с целью моделирования работы транспортного комплекса «экскаваторы-автосамосвалы». Определено необходимое количество автосамосвалов, нужное для оптимальной работы комплекса, который рассматривается как элемент логистической транспортной системы.*

**Ключевые слова:** транспортные системы, транспортная логистика, имитационное моделирование, моделирование систем, многоканальные системы, каналы обслуживания.

*The system of the imitation design GPSS World is considered, with the purpose of de-*

*sign of work transport complex the «power-shovels». The necessary quantity of autos, necessary for optimum work of complex which is considered as an element of the logistic transport system, is definite.*

**Key words:** transport systems, transport logistic, imitation design, design of the systems, multichannel systems, channels of service.

### Література

1. Смирнов І. Г., Косарева Т. В. Транспортна логістика: навч. посіб. — К.: Центр учбової літератури, 2008. — 224 с.
2. Никифоров В. В. Логістика. Транспорт і склад в ціпці поставок: посібник. — М.: Гросс-Медіа: РОСБУХ, 2008. — 192 с.
3. Системна ефективність на транспорті. методи, моделі і стратегії / під ред. П. Р. Левковця — К.: НТУ, ІЕБТ, 2002. — 216 с.
4. Томашевський В. Н. Моделювання систем. — К.: Видав. група BHV, 2007. — 352 с.
5. Рыжиков Ю. И. Имитационное моделирование. Теория и технологии. — М.: Альтекс-А., 2004. — 384 с.
6. Томашевский В. Н., Жданова Е. Г. Имитационное моделирование в среде GPSS. — М.: Бестселлер, 2003. — 416 с.
7. Боев В. Д. Моделирование систем. Инструментальные средства GPSS World. — СПб.: БХВ-Петербург, 2004. — 368 с.
8. Чернов В. П., Ивановский В. Б. Теория массового обслуживания. — М.: ИНФРА, 2000. — 158 с.