

УДК 519.872

**Дубчак Л.О.**

Тернопільський національний економічний університет

**Бойків Н.І.**

Тернопільський національний економічний університет

**Васильків Н.М.**

Тернопільський національний економічний університет

## СИСТЕМА МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ КНИЖКОВОГО МАГАЗИНУ

У статті проведено дослідження сучасних систем масового обслуговування. Виділено їх основні характеристики. На основі проведеного аналізу розроблено систему масового обслуговування, що імітує десятигодинний робочий день книжкового магазину, в який надходить два потоки заявок – безпосередньо клієнти й новий товар, а також який містить сім каналів обслуговування. Запропонована система реалізована та досліджена в середовищі Simulink. Ця система масового обслуговування може бути основою для інших подібних систем.

**Ключові слова:** система масового обслуговування, Simulink, канали обслуговування, черги, потоки.

**Постановка проблеми.** У повсякденному житті людина часто стикається з різними формами обслуговування та системами, які їх виконують. Для формалізації процесів, що виконуються в таких системах, використовуються математичні об'єкти, які прийнято називати системами масового обслуговування або СМО.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Система масового обслуговування – це динамічна система, призначена для обслуговування випадкового потоку заявок при обмежених ресурсах, доступних для їх обробки [2, с. 2]. Прикладами таких систем можуть слугувати телефонні станції, довідкові бюро, ремонтні майстерні, магазини, поліклініки, аеропорти, квиткові каси, виробничий конвеєр з обробки деталей, процес обробки інформації на комп'ютері, переміщення електричних зарядів у деякому пристрої тощо [5].

Обов'язковими складниками системи масового обслуговування є один або декілька обслуговуючих пристроїв, які є каналами обслуговування та виконують функцію надання послуг вимогам або, як їх ще називають, заявкам. У ролі каналів можуть виступати лінії зв'язку, особи, які виконують ті чи інші операції, різні прилади тощо [6, с. 349]. Робота будь-якої системи масового обслуговування полягає в задоволенні потоку вимог, які надходять на неї. Заявки надходять у систему одна за одною у випадкові моменти часу. Обслуговування заявки триває деякий час, після чого обслуговуючий пристрій звільняється й готовий

до обслуговування нової вимоги. Кожна обслуговуюча система має свою дисципліну обслуговування, яка визначає поведінку заявки в системі та поза нею [8].

Основним завданням теорії масового обслуговування є вивчення режиму функціонування обслуговуючої системи й дослідження явищ, що виникають у процесі обслуговування, а також установлення залежності між характером потоку заявок, продуктивністю окремого каналу, кількістю каналів обслуговування й ефективністю обслуговування загалом [3, с. 15].

Приклад використання алгоритмів імітаційного моделювання систем масового обслуговування описаний у роботі [4]. Автор пропонує алгоритм моделювання СМО роботи сервера, який приймає заявки типу D/D/1 [1, с. 14] з єдиним використанням блоків у такій послідовності: Time-Based Entity Generator – FIFO Queue – Single Server – Entity Sink – Event-Based Random Number – Service time, Wait time, InterTime, Utilization – виведення на дисплей. Недоліком цієї системи є виключно послідовна обробка заявок, що спровоковано наявністю тільки одного блоку обслуговування. Без наявності додаткових блоків і механізмів обробки заявок така система буде малоефективна в умовах, коли доведеться обробляти велику кількість заявок за невеликий проміжок часу.

У праці [7] автор демонструє складнішу систему, ніж попередньо наведена. Попри наведений вище алгоритм обслуговування заявок, у цій СМО

наявна також обробка заявок згідно з пріоритетом. Тобто високопріоритетні заявки обслуговуються першими. Недоліком цієї системи є відносно значний час обслуговування заявок із високим пріоритетом, що призведе до втрати заявок, коли потрібно обслужити за момент часу велику кількість високопріоритетних заявок.

**Постановка завдання.** Метою статті є розроблення системи масового обслуговування, у якій нівелюються описані недоліки.

Основне завдання цього проекту запропонованої імітаційної моделі системи масового обслуговування – симуляція роботи книжкового магазину з вхідними параметрами, які точно або приблизно відповідають параметрам реальної системи.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Ефективною вважається система, яка здатна обслужити максимальну кількість вимог без урахування факторів, що прямо не стосуються її та впливають не на її роботу, а тільки на потік заявок. Параметри системи масового обслуговування, такі як розміри черг чи час, який канал обслуговування затрачає на обслуговування однієї заявки, близькі до реальних.

Отже, розроблена СМО імітує десятигодинний робочий день книжкового магазину, в який надходить два потоки заявок – безпосередньо клієнти й новий товар, а також який містить сім каналів обслуговування. За символікою Кендала-Башаріна [10], розроблену СМО можна позначити так:

$$D/D1/LS/W/FF/S$$

Цей спосіб маркування систем обслуговування включає в себе шість пунктів, які характеризують шість ключових параметрів системи.

Перший параметр  $D$  означає, що заявки з джерел на канали обслуговування надходять детерміновано. Це означає, що послідовність надходження вимог відома й чітко вказана, а також те, що відомі проміжки, тобто інтервал часу, через який заявки надходять до каналів обслуговування.

Другий параметр  $D_1$  – це показник, який указує на закон розподілу часу обслуговування заявки каналом обслуговування. Параметр  $D_1$  означає, що час, потрібний для обслуговування заявки, також генерується детерміновано, тобто з відомим інтервалом обслуговування.

Третій параметр  $LS$  означає, що ця система є багатофазною (Link System). Це, у свою чергу, вказує на те, що заявки проходять більше, ніж одну фазу обслуговування, які в цьому випадку є нічим іншим, як канали обслуговування.

Четвертий параметр  $W$  вказує на дисципліну обслуговування заявок каналами обслуговування.

$W$  означає, що в цій системі наявні черги, тобто вимоги обслуговуються з очікуванням. У такому випадку, якщо канал обслуговування уже зайнятий, заявки формують чергу на обслуговування, а не залишають систему необслуженими.

П'ятий параметр  $FF$  визначає черги обслуговування.  $FF$  – це скорочення від FIFO, що, у свою чергу, перекладається з англійської як First Input First Output. Тобто до обслуговування першою надходить заявка, яка першою увійшла в чергу.

Детермінованість подачі заявок у цій системі є стаціонарною, ординарною та без післядії.

Процес розроблення моделі передбачає складання системи методом блок-схем. Кожен елемент схеми є функціональним блоком, який має графічне представлення, математичний спосіб дії та синтезу, формульно-числові параметри й характеристики. Усі блоки з'єднуються лініями, які є графічним представленням руху потоків даних в об'єкті. Цей проект проектується в середовищі Matlab Simulink.

Simulink – інтерактивне програмне забезпечення, призначенням якого є імітація, моделювання та аналіз динамічних за своєю природою систем. Simulink є додатком програмного пакету Matlab. У цій програмі застосовується такий спосіб моделювання, як візуальне програмування, що передбачає створення моделі з використанням стандартних функціональних блоків із тих чи інших бібліотек, які користувач обирає або створює сам, здійснюючи при цьому також і розрахунки [9]. Відмінним від класичних методів моделювання тут є те, що немає жодної необхідності досконало знати мови програмування високого рівня чи складні математичні методи й закони.

Часова одиниця симуляції моделі – 1 хвилина. Як наслідок, час симуляції буде дорівнювати 600 хв., що означає десятигодинний робочий день. За урахуванням цих одиниць під час симуляції в усіх складниках моделі, які містять часовий елемент, відповідає блок Clock. Саме цей блок визначає, в які моменти часу повинні виконувати обслуговування ті чи інші канали. Реалізується це за допомогою структур subsystem if і похідних від них блоків типу action, які автоматично переформатовуються в else. Описана структура блоків подана на рисунку 1.

Заявки, які надходять у систему, переходять у блок Path combiner, який їх оформлює та передає далі – у чергу, функціонування якої реалізує блок FIFO Queue із заданим розміром черги у 25 заявок. Цей блок у сукупності з наступним блоком, який позначає перший канал обслуговування, станов-

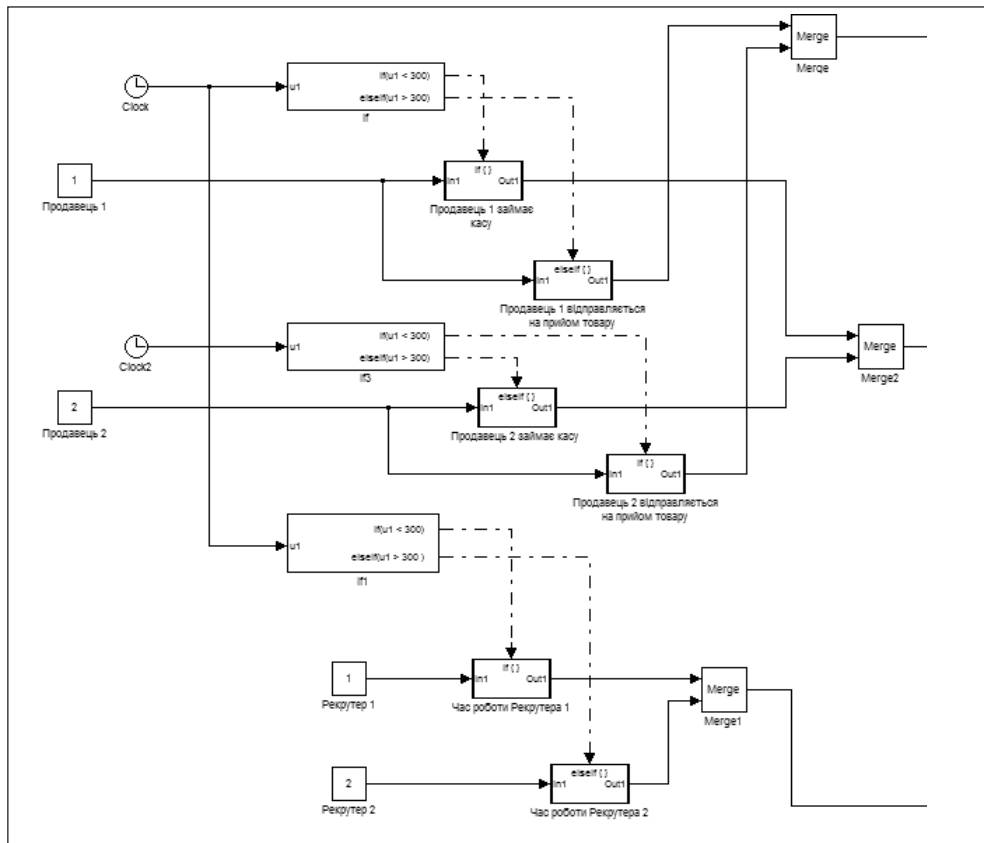


Рис. 1. Структура блоків регулювання робочого часу працівників

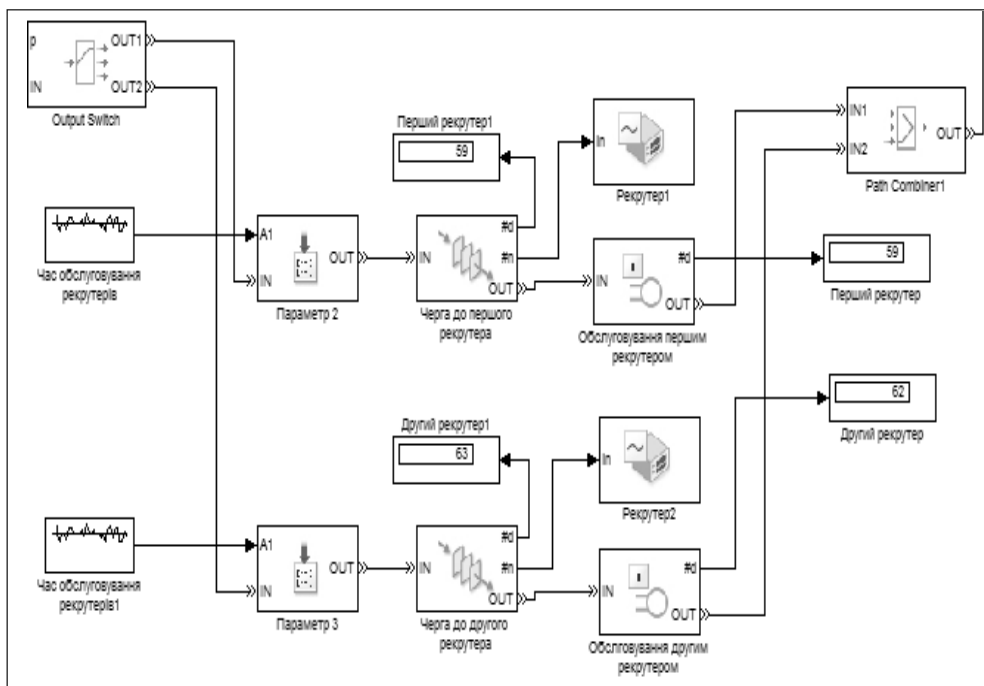


Рис. 2. Схема обслуговування потоку заявок рекрутерами

лять структуру, що розрахована на чітко виділену максимальну кількість клієнтів, які може вмістити в себе приміщення магазину, і виключає можливість нескінченного та постійного потоку заявок. Після

цього заявки приймає блок Output Switch, який подає їх далі, послідовно переключаючи їх на вільні порти, що блокуються згідно зі значеннями, які приймаються на порт p. Далі вже розпочинається дру-

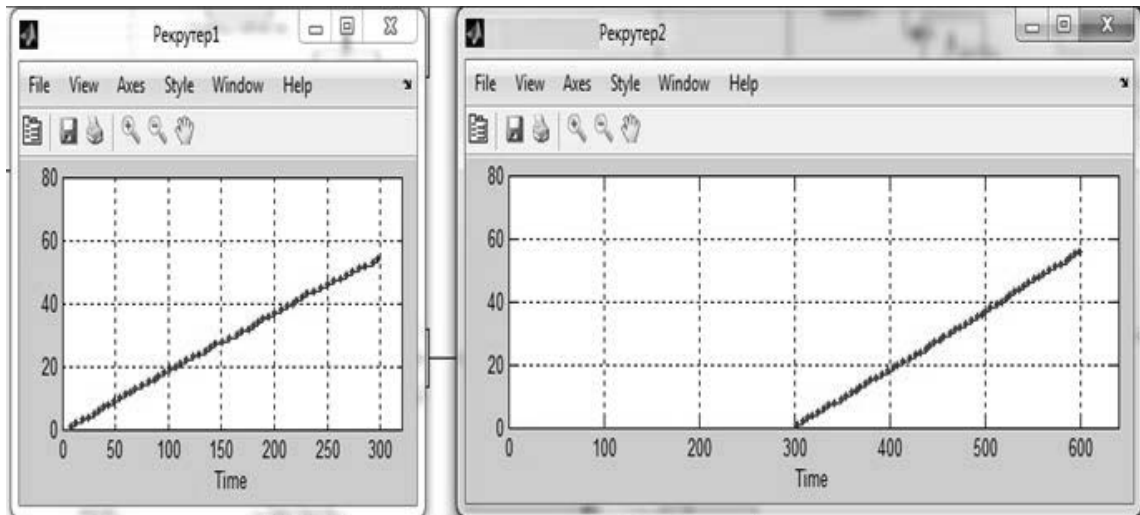


Рис. 3. Діаграми черги першого та другого рекрутерів

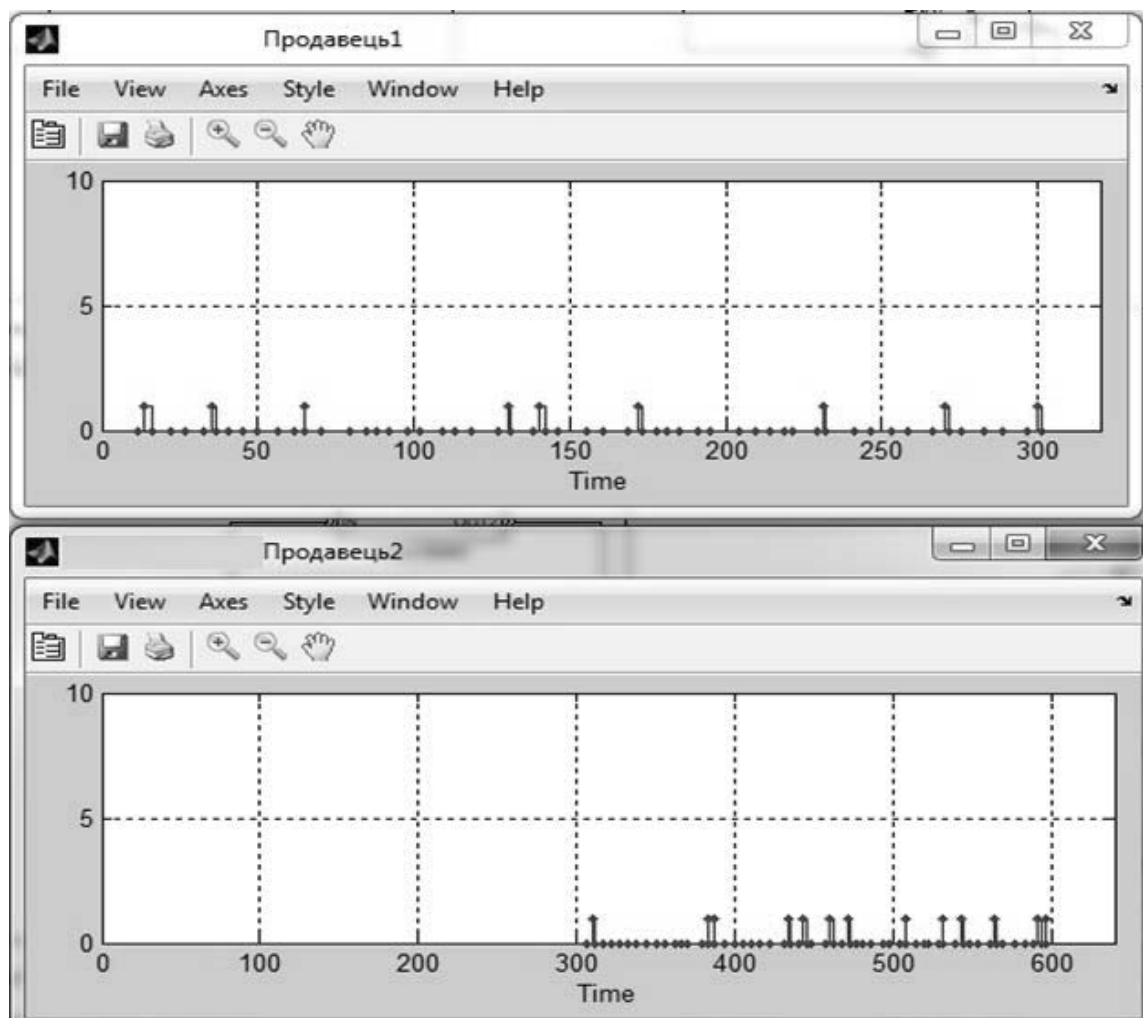


Рис. 4. Діаграми обслуговування продавців

гий етап обслуговування першого потоку заявок – обслуговування клієнтів рекрутерами. Схема, яка реалізує цей процес, зображена на рисунку 2.

По завершенню обслуговування обидва канали передають обслужені заявки в Path combiner, який формує з двох їх потоків один і передає його далі – в

перемикач, що цього разу на порт  $r$  приймає часові значення продавців. Із цього розпочинається третє обслуговування першого потоку заявок. Принцип той самий, що й у попередньому випадку, тільки з указаними іншими параметрами. По завершенню обслуговування продавцями два потоки заявок знову формують один потік за допомогою блоку Path combiner і переходять на заключний етап обслуговування – в структуру блоків, яка симулює роботу каси.

Згідно з даними, які зімітувала модель СМО, за 600 хв. роботи магазину його відвідали 110 потенційних клієнтів. Це означає, що нові покупці приходили з інтервалом у 5,45 хв., що відповідає параметрам інтервалу генератора першого потоку заявок. На рисунку 3 блок діаграми першого та другого рекрутерів, які демонструють процес збільшення кількості клієнтів, котрі залишили чергу на обслуговування.

Графіки першого і другого продавців наведено на рисунку 4.

З наведених діаграм можна чітко бачити, що завдяки доволі невеликому середньому часу обслуговування клієнтів продавцями максимальна черга до них складалась усього з двох людей. Продавці спільними зусиллями змогли обслужити абсолютно всіх клієнтів, яких обслужили перед ними рекрутери, що можна побачити з числових результатів, наведених на рисунку 5.

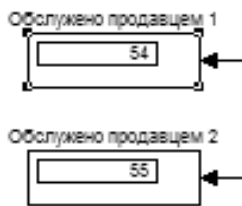


Рис. 5. Кількість обслужених заявок продавцями

Отже, на виході є 109 обслужених заявок із 110. А це свідчить про 99,09% ефективності системи обслуговування першого потоку заявок.

У результаті обслуговування другого потоку двома каналами отримуємо 57 обслужених заявок із 58, а це свідчить про 98,2% ефективності обслуговування другого потоку заявок.

Середнє значення ефективності розробленої імітаційної моделі системи масового обслуговування книжкового магазину становить 98,645%. Цей кінцевий показник свідчить про успішність цієї розробки та вигідність розроблення її реального прототипу.

**Висновки.** Авторами здійснено розробку імітаційної моделі системи масового обслуговування книжкового магазину, яка включає в себе вісім каналів обслуговування і два потоки заявок. Така будова моделі дає змогу застосовувати її для магазинів зі складною структурою шляхом мінімальної зміни параметрів залежно від індивідуальних характеристик закладу.

Також простота структури дає змогу швидко й без ключових змін самої моделі адаптувати її для симуляції магазину будь-якої продукції або підприємств, діяльність яких має схожий характер. При цьому параметри розробленої моделі в таких випадках також зазнають мінімальних змін, що дає змогу зберегти в СМО еталон ефективності й параметрів продуктивності. У книжковому магазині з аналогічною структурою, яку описує модель, систему можна застосовувати без жодних змін у параметрах і будові.

#### Список літератури:

1. Sztrik J. Basic Queueing Theory. Debrecen: University of Debrecen, Faculty of Informatics, 2012. 193 p.
2. Frode B. Queuing systems: Modeling, analysis and simulation. Oslo: Department of Informatics, University of Oslo, 1998. 53 p.
3. Al-Matar N. Theories and applications related to queuing systems. International Journal of Advances in Electronics and Computer Science, 2017. V. 4. I. 2. P. 7–10.
4. Интеллектуальная модель D/D/1 в среде SimEvents. URL: [http://model.exponenta.ru/cl\\_gva\\_02.html](http://model.exponenta.ru/cl_gva_02.html) (дата звернення: 15.09.2018).
5. Імітаційне моделювання систем масового обслуговування. URL: <http://www.studfiles.ru/preview/961125/> (дата звернення: 13.09.2018).
6. Моделирование в среде Simulink системы массового обслуживания с приоритетами. URL: [http://www.lib.tpu.ru/fulltext/v/Conferences/2012/C2/V2/v2\\_163.pdf](http://www.lib.tpu.ru/fulltext/v/Conferences/2012/C2/V2/v2_163.pdf) (дата звернення: 15.09.2018).
7. Основи технології імітаційного моделювання. URL: [http://sernam.ru/method\\_im.php?id=10](http://sernam.ru/method_im.php?id=10) (дата звернення: 14.09.2018).
8. Програмні пакети для імітаційного моделювання. URL: [http://posibnyky.vntu.edu.ua/k\\_m/t1/172.htm](http://posibnyky.vntu.edu.ua/k_m/t1/172.htm) (дата звернення: 17.09.2018).
9. Символическое обозначение моделей СМО (по Кендаллу). URL: <https://studopedia.org/8-174901.html> (дата звернення: 15.09.2018).
10. Лазарев Ю. Моделирование процессов и систем в MATLAB: учебный курс. Санкт-Петербург: Питер; Киев: Издательская группа BHV, 2005. 512 с.

### СИСТЕМА МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ КНИЖНОГО МАГАЗИНА

*В статье проведено исследование современных систем массового обслуживания. Выделены их основные характеристики. На основе проведенного анализа разработана система массового обслуживания, имитирующая десятичасовой рабочий день книжного магазина, в который поступает два потока заявок – непосредственно клиенты и новый товар, а также содержащий семь каналов обслуживания. Предложенная система реализована и исследована в среде Simulink. Данная система массового обслуживания может быть основой для других подобных систем.*

**Ключевые слова:** система массового обслуживания, Simulink, каналы обслуживания, очереди, потоки.

### QUEUING SYSTEM OF THE BOOKSTORE

*The article deals with the research of modern queuing systems. Their main characteristics are highlighted. Based on the analysis, the queuing system has been developed and simulated a ten-hour day of the bookstore, which receives two application streams – directly from customers and a new product, and also contains seven service channels. The proposed system is implemented and investigated in the Simulink environment. This queuing system can be the basis for other similar systems.*

**Key words:** queuing system, Simulink, service channels, queues, flows.