

■ МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ  
ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

УДК 681.518.3

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ  
ПРОЦЕСІВ ОБСЛУГОВУВАННЯ  
ПОТОКІВ ПОВІДОМЛЕНЬ  
ОПЕРАТИВНОЇ, ДОВІДКОВОЇ ТА  
РЕГЛАМЕНТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ  
ВУЗЛОМ КОМП'ЮТЕРНОЇ  
МЕРЕЖІ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ  
УСТАНОВИ ©

**О.І. ПІДГУРСЬКИЙ**,  
кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри моделювання та  
інформаційних технологій в економіці,  
Вінницький національний  
аграрний університет,  
(м. Вінниця)

**О.І. ПРИСЯЖНЮК**,  
кандидат сільськогосподарських наук,  
старший науковий співробітник,  
завідувач лабораторією математичного  
моделювання та інформаційних  
технологій  
Інституту біоенергетичних культур і  
цукрових буряків НААН України,  
(м. Київ)

*У роботі описано результати реалізації розробленої автором імітаційної моделі процесів обслуговування сумарного неоднорідного потоку повідомлень оперативної, довідкової та регламентної інформації вузлом комп'ютерної мережі. Експерименти з імітаційною моделлю проведено для різних значень коефіцієнтів завантаження вузла комп'ютерної мережі, а також при різних рівнях пріоритетності в обслуговуванні повідомлень оперативної, довідкової та регламентної інформації. Сформульовано рекомендації щодо застосування рівнів пріоритетності обслуговування для потоків повідомлень оперативної, довідкової та регламентної інформації в залежності від інтенсивностей надходження цих повідомлень та тривалості їх обслуговування вузлом комп'ютерної мережі.*

**Ключові слова:** інформаційні потоки, система масового обслуговування, пріоритетність обслуговування, закони розподілу ймовірностей, імітаційна модель.

**Табл.: 4. Рис.: 1. Літ.: 9.**

**Постановка проблеми.** Управління комунікаціями науково-дослідної установи передбачає комплекс робіт, що виконується комп'ютерною мережею для забезпечення своєчасного збору, реєстрації, передачі, обробки, зберігання та використання інформації. Ці технологічні операції забезпечують необхідні інформаційні зв'язки між вузлами ієрархії організаційної структури підприємств, установ та організацій. Такі зв'язки породжують інформаційні потоки, які за своєю природою, структурою та характеристиками є неоднорідними.

© О.І. ПІДГУРСЬКИЙ, О.І. ПРИСЯЖНЮК, 2018

Інформаційні потоки науково-дослідної установи складаються в основному з потоків документів (повідомлень) оперативної, довідкової та регламентної інформації, що надходять із зовнішнього та внутрішнього середовищ. Очевидно, що неоднорідність цих потоків впливає на специфіку їхньої обробки чи подальшої маршрутизації.

Неоднорідність потоків полягає у тому, що повідомлення оперативної інформації відображають актуальні фактографічні дані, що необхідні для управління поточною діяльністю підприємств, установ та організацій. У зв'язку з цим такі потоки мають стохастичну природу.

Потоки повідомлень довідкової інформації також мають стохастичну природу, оскільки потреби в такого роду інформації виникають спонтанно.

Потоки повідомлень регламентної інформації носять здебільшого регулярний характер і містять переважно звітні форми, які із заданою періодичністю надходять на різні рівні управління науково-дослідної установи. Тому такі потоки характеризуються високим рівнем детермінованості.

У каналах зв'язку комп'ютерних мереж також можуть бути присутні потоки повідомлень інших видів, які за інтенсивністю надходження значно поступаються основним потокам і мають епізодичний характер. Тому в даному дослідженні присутність таких потоків в комп'ютерних мережах брати до уваги не будемо, а зосередимося лише на процесах формування та обробки основних потоків: оперативної, довідкової та регламентної інформації. Дослідження таких процесів здійснюється за допомогою методів моделювання, в тому числі імітаційного.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Моделювання інформаційних потоків та процесів їх обробки є дієвим інструментом, що широко використовується дослідниками при аналізі та синтезі інформаційних систем. Цій тематиці присвячено роботи таких науковців як Харченко В.В. [1], Скіцько В. [2], Варламов І.Д. [3], Петровська А.В. [4], Приставка О.П. [5], Калетніка Г.М. [6], Буреннікової Н.В. [10] та ін.

Зокрема робота Харченко В.В. [1] спрямована на розробку економіко-математичної моделі інформаційної системи з метою визначення оптимальної кількості згенерованих інформаційних потоків між основними об'єктами структури аграрного формування в умовах невизначеності економічного середовища.

Робота Скіцько В. [2] містить результати аналізу існуючих моделей інформаційних потоків. Тут автор пропонує застосування ієрархічних рівнів моделювання інформаційних потоків і визначає для загального випадку можливі порушення у процесі їхнього життєвого циклу. Також для аналізу інформаційних потоків пропонуються способи використання відповідних інструментів моделювання.

Робота Варламова І.Д. [3] орієнтована на створення комплексної математичної моделі інформаційних потоків, що відрізняються комбінацією таких властивостей як стаціонарність, ординарність, нестаціонарність, неординарність із урахуванням їх випадкових однорідних та неоднорідних фінітних регулярностей.

Робота Петровської А.В. [4] містить загальний алгоритм впровадження концепції CRM на підприємстві та рекомендації автора стосовно розв'язання проблеми моделювання інформаційних потоків CRM-системи, що орієнтована на взаємодію зі споживачами та клієнтами.

Роботу Приставка О.П. та інших [5] присвячено методам імітаційного моделювання підсистем інформаційного забезпечення автоматизованої обробки результатів спостережень. Розв'язуючи проблему оцінки параметрів надійності технічних систем, автори розглядають моделі, що відрізняються одна від одної характеристиками інформаційних потоків та дисциплінами їх обслуговування.

Огляд останніх публікацій з тематики моделювання інформаційних потоків та процесів їх обробки засобами інформаційних систем суб'єктів господарювання свідчить про те, що зазначений напрямок досліджень є досить популярним, активно розвивається і постійно поповнюється новими роботами. Однак достатня кількість проблем потребує детальнішого свого вивчення та розв'язання. Зокрема проблема визначення раціональних процедур управління неоднорідними інформаційними потоками з урахуванням пріоритетності їхніх складових досі залишається актуальною для комп'ютерних мереж багатьох підприємств, установ та організацій.

**Формулювання цілей статті.** Проведення аналізу результатів імітаційного моделювання потоків повідомлень оперативної, довідкової та регламентної інформації з метою визначення пріоритетності їх обслуговування засобами комп'ютерної мережі науково-дослідної установи, що забезпечить для найважливіших повідомлень мінімальну тривалість очікування початку обслуговування.

**Постановка завдання.** Каналами зв'язку комп'ютерної мережі науково-дослідної установи передаються повідомлення оперативної, довідкової та регламентної інформації, що утворюють сумарні неоднорідні інформаційні потоки. Ці повідомлення спрямовуються до вузлів комп'ютерної мережі (хостів), де відбувається їх обслуговування. Якщо вузол мережі зайнятий, то повідомлення утворюють чергу до нього, місце в якій може залежати від важливості повідомлення, а може й не залежати. Тобто найважливіші повідомлення можуть мати найвищий пріоритет, що дозволив би їм обслуговуватися поза чергою. Доцільність запровадження рівнів пріоритетності інформаційних повідомлень при формуванні черги визначається методом імітаційного моделювання і суттєво залежить від специфіки інформаційних потоків того чи іншого суб'єкту господарювання. Тому для обґрунтованої відповіді щодо раціональності запропонованої дисципліни обслуговування необхідно дослідити характеристики інформаційних потоків конкретного підприємства (установи, організації). Далі треба формалізувати процеси утворення інформаційних потоків та формування черг повідомлень, побудувати імітаційну модель цих процесів і провести з нею експерименти. Аналіз результатів таких експериментів дозволить зробити обґрунтований висновок про доцільність запровадження рівнів пріоритетності при формуванні черг повідомлень оперативної, довідкової та регламентної інформації в комп'ютерній мережі науково-дослідного інституту.

**Виклад основного матеріалу.** Навчально-науковий виробничий комплекс (ННВК) «Всеукраїнський науково-навчальний консорціум» є новою прогресивною формою навчально-науково-виробничого об'єднання. Дане інституційне утворення за своїм функціонально-організаційним спрямуванням дозволяє інтегрувати та сконцентрувати науковий, навчальний, інноваційний та технологічний потенціал колективів різних установ для формування дієвої системи інформаційно-консультаційного забезпечення, а також впровадження аграрних інновацій, забезпечуючи підвищення освітніх стандартів, розвиток інноваційно-спрямованого аграрного бізнесу [6].

Фундаторами ННВК «Всеукраїнський науково-навчальний консорціум» є Вінницький національний аграрний університет, а також Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України (далі ІБКіЦБ НААН України).

ІБКіЦБ НААН України є державною, науковою установою зі складною організаційною структурою, що визначає особливості внутрішніх та зовнішніх інформаційних зв'язків. Процеси формування, а також обслуговування черг повідомлень оперативної, довідкової та регламентної інформації на вузлах комп'ютерної мережі ІБКіЦБ НААН України і є об'єктом даного дослідження.

Канали комп'ютерної мережі установи забезпечують обмін між її вузлами повідомленнями оперативної, довідкової та регламентної інформації. Потoki повідомлень кожного виду є стохастичними і тому характеризуються законам розподілу ймовірностей тривалості інтервалів часу між надходженнями повідомлень на вхід вузла мережі. Повідомлення кожного виду відрізняються своїми середніми розмірами і відповідно ймовірнісними характеристиками часу на їх обслуговування вузлом мережі.

Для ефективного розв'язування задач управління ІБКіЦБ НААН України необхідно забезпечити передачу повідомлень оперативної інформації з мінімальною затримкою. При цьому зазначимо, що через специфічні особливості повідомлень найбільшу інтенсивність мають потоки саме оперативної інформації, а найменшу – потоки регламентної інформації.

Вузол комп'ютерної мережі ІБКіЦБ НААН України подамо у вигляді одноканальної однофазної системи масового обслуговування (СМО) з потоками неоднорідних повідомлень на вході та з необмеженою довжиною черги [7]. На вхід СМО надходять повідомлення оперативної, довідкової та регламентної інформації. Назвемо ці потоки відповідно П1, П2, П3.

Розглянемо тепер характеристики СМО, а саме закони і моменти розподілу ймовірностей тривалості інтервалів часу між надходженнями повідомлень на вузол мережі та тривалості інтервалів часу їх обслуговування вузлом. Також важливими є порядок формування черги повідомлень перед вузлом мережі та правило відбору повідомлень з черги на обслуговування.

Відповідно до специфіки повідомлень оперативної інформації будемо вважати потік П1 пуассонівським. Дійсно, через складність організаційної структури ІБКіЦБ НААН України потоки оперативної інформації до вузла мережі з багатьох джерел. Практичні спостереження дозволяють припустити, що кожен з цих потоків є взаємно незалежним, стаціонарним, ординарним і має незначний вплив на сумарну інтенсивність інших потоків. Тому (згідно з Твердженням 7 [7, с. 22]) сумарний потік повідомлень оперативної інформації має властивість відсутності післядії і наближається до пуассонівського. Інтервали часу між повідомленнями такого потоку будуть мати експоненціальний закон розподілу [7, с. 21]. Позначимо  $a$  середню тривалість інтервалів часу між надходженнями повідомлень потоку П1. У цьому випадку середньоквадратичне відхилення буде мати таке ж позначення як і середня тривалість інтервалів між повідомленнями.

Потреби у повідомленнях довідкової інформації виникають рівномірно упродовж деякого середнього інтервалу часу, тривалість якого позначимо через  $b$ . Тому припустимо, що інтервали часу між повідомленнями потоку П2 мають рівномірний закон розподілу з математичним сподіванням  $b$  та величиною максимального відхилення можливих значень відносно математичного сподівання  $d$ .

Потік П3 через наперед визначену періодичність формування повідомлень регламентної інформації теоретично мав би бути регулярним. У такому потоці інтервали часу між надходженнями на вузол мережі повідомлень мали би бути

сталими величинами. Тривалість такого інтервалу позначимо  $\underline{c}$ . Але вплив різноманітних випадкових подій на процеси формування і передачі каналами зв'язку повідомлень потоку ПЗ призводить до того, що на практиці такий потік буде відрізнятися від регулярного. Згідно з центральною граничною теоремою інтервали часу між повідомленнями потоку ПЗ будуть розподілені за нормальним законом [8]. Позначимо в цьому випадку математичне сподівання через  $\underline{c}$ , а середньоквадратичне відхилення –  $\underline{\sigma}$ .

Таким чином, на вхід СМО надходить гібридний потік, що утворюється суперпозицією потоків П1, П2 та ПЗ з експоненціальним, рівномірним та нормальним законами розподілу тривалості інтервалів часу між повідомленнями відповідно.

Тривалість обслуговування вузлом повідомлень різних видів є випадковими величинами і залежить від їхніх середніх розмірів.

Повідомлення оперативної та регламентної інформації мають визначені формати і тому можна припустити, що їхні розміри є випадковими величинами з нормальним законом розподілу ймовірностей. Тому позначимо математичне сподівання тривалості обслуговування повідомлень оперативної інформації через  $\underline{d}$ , а середньоквадратичне відхилення – через  $\underline{\varphi}$ . Для повідомлень регламентної інформації введемо позначення  $\underline{g}$  та  $\underline{\psi}$  відповідно.

Повідомлення довідкової інформації мають низький рівень форматизації і тому їх розмір охарактеризуємо випадковою величиною, розподіл якої наближається до рівномірного. Позначимо математичне сподівання тривалості обслуговування повідомлень довідкової інформації через  $\underline{h}$ , а величину максимального відхилення можливих значень відносно математичного сподівання –  $\underline{z}$ .

Черги з повідомлень формуються за пріоритетним принципом, що дозволяє повідомленням з вищим пріоритетом потрапляти на вузол мережі позачергово. Для кожного виду повідомлень можливе встановлення свого рівня пріоритету на займання черги до вузла мережі. Пріоритет може бути відносним (без переривання обслуговування попереднього повідомлення з нижчим пріоритетом), або абсолютним (коли переривання здійснюється). В межах одного рівня пріоритету повідомлення обслуговуються вузлом мережі за правилом FIFO (First Input, FirstOutput – першим прийшов, першим пішов) [7].

Імітаційна модель такої СМО створена в середовищі системи GPSS World Student Version [9], яка вільно поширюється фірмою-розробником Minuteman Software зі свого сайту <http://www.minutemansoftware.com/downloads.asp>.

У середовищі системи GPSS World Student Version використовуються універсальні терміни "прилад" та "транзакт", які дозволяють абстрагуватися від фізичної природи досліджуваного об'єкта. Тому назвемо вузол комп'ютерної мережі – обслуговуючим приладом, а інформаційні повідомлення потоку П1 назвемо транзактами Т1, потоку П2 – транзактами Т2 та потоку ПЗ – транзактами Т3 відповідно.

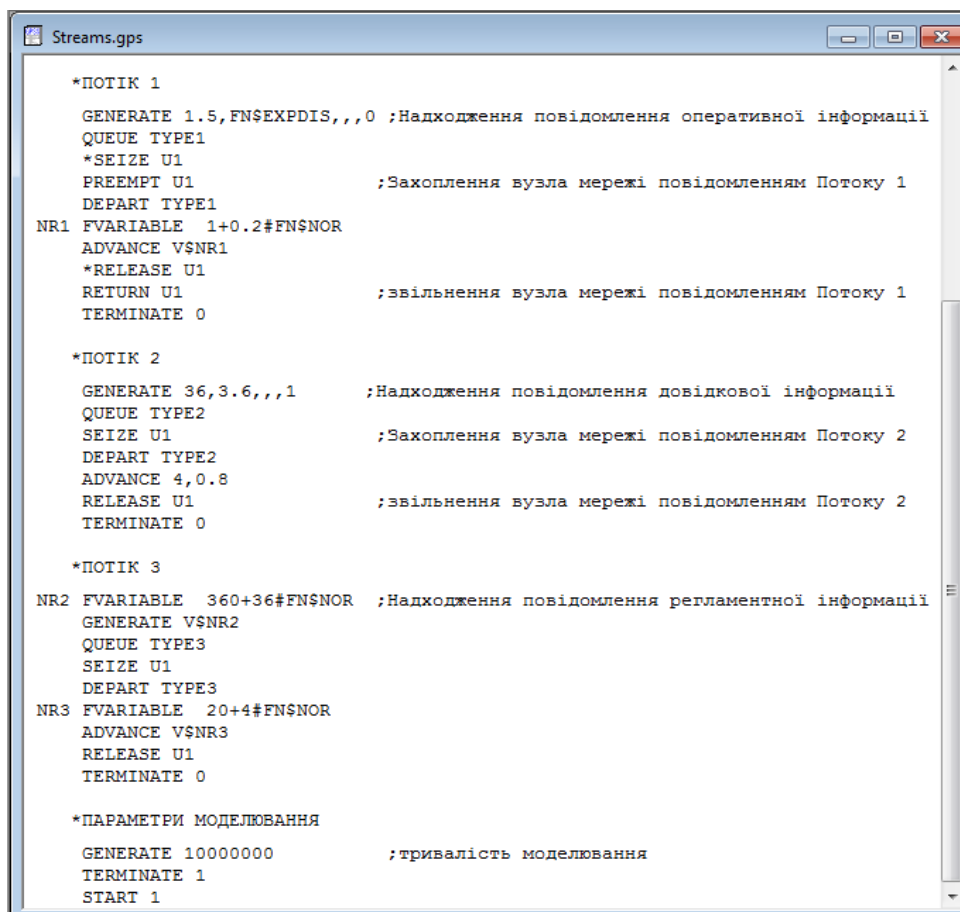
Основним завданням моделювання є визначення величин середнього часу очікування транзактів Т1, Т2 та Т3 процедури свого обслуговування та оптимізація процесів функціонування обслуговуючого пристрою з метою мінімізації середнього часу очікування транзактів Т1, які в СМО утворюють переважну більшість.

З імітаційною моделлю було проведено понад сотню експериментів, через чималу кількість комбінацій характеристик моделі. Наприклад, використовувались різні співвідношення середнього часу обслуговування транзактів Т1, Т2 та Т3

відповідно до середніх розмірів повідомлень оперативної, довідкової та регламентної інформації. Випробування моделі проводились також при різних співвідношеннях інтенсивностей потоків транзактів як при сталому сумарному завантаженні обслуговуючого приладу, так і при змінному. Крім того використовувались неоднакові рівні абсолютних та відносних пріоритетів для транзактів різних потоків.

Усі отримані результати неможливо подати в межах однієї публікації, тому розглянемо лише ті з них, що найкраще демонструють отримані рішення у даному дослідженні.

Так, на рис. 1 показано фрагмент програмного коду, який є варіантом моделі, що реалізує процедури обслуговування транзактів T1 з абсолютним пріоритетом, транзактів T2 з відносним пріоритетом та транзактів T3 без будь-якого пріоритету. Абсолютний пріоритет дозволяє транзактам здійснювати переривання процесу обслуговування транзактів з нижчим пріоритетом. Даний фрагмент складається з чотирьох секторів. Перші три сектори описують процеси обслуговування транзактів T1, T2 та T3 відповідно. Четвертий сектор містить експлуатаційні параметри імітаційної моделі.



```
Streams.gps
*ПОТІК 1
GENERATE 1.5,FN$EXPDIS,,,0 ;Надходження повідомлення оперативної інформації
QUEUE TYPE1
*SEIZE U1
PREEMPT U1 ;Захоплення вузла мережі повідомленням Потoku 1
DEPART TYPE1
NR1 FVARIABLE 1+0.2#FN$NOR
ADVANCE V$NR1
*RELEASE U1
RETURN U1 ;звільнення вузла мережі повідомленням Потoku 1
TERMINATE 0

*ПОТІК 2
GENERATE 36,3.6,,,1 ;Надходження повідомлення довідкової інформації
QUEUE TYPE2
SEIZE U1 ;Захоплення вузла мережі повідомленням Потoku 2
DEPART TYPE2
ADVANCE 4,0.8
RELEASE U1 ;звільнення вузла мережі повідомленням Потoku 2
TERMINATE 0

*ПОТІК 3
NR2 FVARIABLE 360+36#FN$NOR ;Надходження повідомлення регламентної інформації
GENERATE V$NR2
QUEUE TYPE3
SEIZE U1
DEPART TYPE3
NR3 FVARIABLE 20+4#FN$NOR
ADVANCE V$NR3
RELEASE U1
TERMINATE 0

*ПАРАМЕТРИ МОДЕЛЮВАННЯ
GENERATE 10000000 ;тривалість моделювання
TERMINATE 1
START 1
```

Рис. 1. Фрагмент програмного коду імітаційної моделі

Крім цього варіанта модель має ще варіанти з процедурою обслуговування транзактів з відносним пріоритетом (коли переривання обслуговування транзактів не відбувається) та з безпріоритетною процедурою обслуговування, де всі транзакти рівноправні.

Описані результати моделювання отримані для таких характеристик і параметрів СМО:

1. Потік П1 є пуассонівським з інтенсивністю  $1/a$ . Час обслуговування транзактів Т1 розподілений за нормальним законом з математичним сподіванням  $d$  і середньоквадратичним відхиленням  $\varphi$ , де  $\varphi = 0.2 \cdot d$ .

2. Потік П2 є рівномірним з інтенсивністю  $1/b$  і величиною максимального відхилення можливих значень відносно математичного сподівання  $\delta$ , де  $\delta = 0.1 \cdot b$ . Час обслуговування транзактів Т2 розподілений за рівномірним законом з математичним сподіванням  $h$  і величиною максимального відхилення можливих значень відносно математичного сподівання  $\gamma$ , де  $\gamma = 0.2 \cdot h$ .

3. Потік П3 характеризується нормальним законом розподілу тривалості інтервалів часу між транзакціями з математичним сподіванням  $c$  і середньоквадратичним відхиленням  $\sigma$ , де  $\sigma = 0.1 \cdot c$ . Час обслуговування транзактів Т3 розподілений за нормальним законом з математичним сподіванням  $g$  і середньоквадратичним відхиленням  $\psi$ , де  $\psi = 0.2 \cdot g$ .

Розглянемо спочатку результати моделювання для гіпотетичного випадку, коли інтенсивності потоків П1, П2 та П3 є рівними між собою і середня тривалість обслуговування транзактів Т1, Т2 та Т3 також є однаковою. Випадок цей є гіпотетичним тому, що рівність інтенсивностей потоків оперативної довідкової та регламентної інформації, а також рівність середньої тривалості їх обслуговування на практиці не відповідає дійсності. Але зазначений випадок все таки цікавий тому, що дає можливість за даних умов оцінити вплив законів розподілу інтервалів часу між надходженнями транзактів та законів розподілу тривалості їх обслуговування на середній час очікування транзактів у черзі.

У таблиці 1 наведено результати експериментів при середньому рівні завантаження обслуговуючого пристрою  $\rho = 0.5$ . Оскільки при моделюванні в середовищі GPSS використовується умовна одиниця модельного часу [9], то всі часові значення в таблицях подано у масштабі цієї умовної одиниці. Тому в подальшому будемо більше звертати увагу на співвідношення значень часових одиниць, що ніяк не впливає на інтерпретацію отриманих результатів.

Таблиця 1

**Результати моделювання СМО за рівних інтенсивностей потоків транзактів**

Транзакти		Т1	Т2	Т3	Разом
Середній інтервал між транзактами		$a = 6$	$b = 6$	$c = 6$	
Середній час обслуговування транзактів		$d = 1$	$h = 1$	$g = 1$	
Коефіцієнт завантаження приладу		0.166667	0.166667	0.166667	$\rho = 0.5$
Частка транзактів у завантаженні приладу		33.33%	33.33%	33.33%	100.00%
Середній час очікування транзактів в режимах	без пріоритетів	0.403	0.232	0.231	0.289
	з відносним пріоритетом Т1	0.310	0.252	0.304	0.283
	з абсолютним пріоритетом Т1	0.052	0.251	0.304	0.196

Джерело: розраховано автором

Дані з таблиці 1 показують, що за рівної частки в завантаженні приладу в безпріоритетному режимі для транзактів Т1 середній час очікування в черзі на обслуговування помітно перевищує значення даного показника для транзактів Т2 та

Т3, що не може бути прийнятним результатом для даного дослідження. Пояснити це можна тим, що потік транзактів Т1 є пуассонівським, а фундаментальні математичні моделі теорії масового обслуговування доводять вагомість впливу цього чинника на збільшення середнього часу очікування [7].

У той же час рівномірний потік П2 створює для СМО більш сприятливий режим функціонування, що підтверджується меншим значенням середньої тривалості очікування в черзі транзактів Т2 у порівнянні з транзактами Т1. Потік П3 з нормальним законом розподілу інтервалів часу між транзактами забезпечує СМО досить простий режим роботи. Це пояснюється тим, що за невеликих значень середньоквадратичного відхилення  $\sigma$  ( $\sigma = 0.1 \cdot c$ ) потік П3 наближається до регулярного, а це є найлегшим режимом роботи СМО [7]. І тому значення середньої тривалості очікування в черзі транзактів Т3 є найнижчими у порівнянні з транзактами Т1 та Т2.

Експерименти також показали, що призначення транзактам Т1 найвищого рівня відносного пріоритету не розв'язує проблему мінімізації середнього часу їх очікування в черзі. За даними таблиці 1 середній час очікування транзактів Т1, хоч і зменшився, але залишився найвищим. При цьому найнижчий рівень пріоритету був призначений транзактам Т3, а середній – транзактам Т2.

Тільки застосування механізму абсолютного пріоритету для транзактів Т1 призводить до бажаного результату, коли середній час очікування для транзактів Т1 стає меншим, ніж для транзактів Т2 та Т3. Транзакти Т2 при цьому мали вищий відносний пріоритет над транзактами Т3.

Розглянемо тепер результати моделювання при застосуванні наближених до реальних співвідношень значень середніх інтервалів між надходженнями транзактів та середнього часу їх обслуговування. В таблиці 2 наведено результати експериментів за низького рівня завантаження обслуговуючого приладу  $\rho = 0.25$ , що зумовлено зниженою інтенсивністю потоку П1 і, як наслідок, порівняно невисокою часткою транзактів Т1 у завантаженні обслуговуючого приладу.

Таблиця 2

**Результати моделювання СМО за низького рівня завантаження приладу**

Транзакти	Т1	Т2	Т3	Разом	
Середній інтервал між транзактами	$a = 12$	$b = 36$	$c = 360$		
Середній час обслуговування транзактів	$d = 1$	$h = 4$	$g = 20$		
Коефіцієнт завантаження приладу	0.08333	0.11111	0.05556	$\rho = 0.25$	
Частка транзактів в завантаженні приладу	33.33%	44.44%	22.22%	100.00%	
Середній час очікування транзактів в режимах	без пріоритетів	1.034	0.681	0.293	0.712
	з відносним пріоритетом Т1	0.926	0.740	0.333	0.712
	з абсолютним пріоритетом Т1	0.012	0.748	0.338	0.412

Джерело: розраховано автором

Як бачимо, співвідношення середньої тривалості очікування в черзі для транзактів Т1, Т2 та Т3 з таблиці 2 якісно не відрізняється від співвідношення відповідних значень з таблиці 1. І в цьому випадку застосування механізму відносного пріоритету не надає можливості транзактам Т1 досягнути найменшого значення середньої тривалості очікування в черзі. Як і в попередньому випадку для цього потрібно застосувати механізм абсолютного пріоритету.



У таблиці 3 наведено результати моделювання СМО при втрічі вищій за попередню інтенсивності потоку П1. Усі інші характеристики та параметри моделі залишилися незмінними. Це спричинило підвищення значення коефіцієнта завантаження обслуговуючого приладу до середнього рівня  $\rho = 0.5$ , а також до помітного збільшення частки транзактів Т1 у завантаженні обслуговуючого приладу. При цьому головною якісною відмінністю даних таблиці 3 від даних таблиці 2 є те, що при застосуванні мехнізму відносного пріоритету середня тривалість очікування в черзі стала найвищою для транзактів Т2. Але й тут відносний пріоритет не забезпечив транзактам Т1 найнижчого значення тривалості очікування в черзі. Як і раніше для цього потрібно застосовувати механізм абсолютного пріоритету.

Таблиця 3

**Результати моделювання СМО за середнього рівня завантаження приладу**

Транзакти	Т1	Т2	Т3	Разом	
Середній інтервал між транзактами	$a = 3$	$b = 36$	$c = 360$		
Середній час обслуговування транзактів	$d = 1$	$h = 4$	$g = 20$		
Коефіцієнт завантаження приладу	0.333333	0.111111	0.055556	$\rho = 0.5$	
Частка транзактів в завантаженні приладу	66.67%	22.22%	11.11%	100.00%	
Середній час очікування транзактів в режимах	без пріоритетів	1.713	1.193	0.631	1.477
	з відносним пріоритетом Т1	1.465	1.764	1.044	1.485
	з абсолютним пріоритетом Т1	0.130	1.764	1.023	0.592

Джерело: розраховано автором

У таблиці 4 містяться результати експериментів з моделлю СМО, де інтенсивність потоку П1 була збільшена ще вдвічі у порівнянні з попереднім значенням. Як і до цього усі інші характеристики та параметри моделі залишилися такими ж. У результаті частка транзактів Т1 у завантаженні обслуговуючого приладу збільшилась до 80%, а коефіцієнт завантаження обслуговуючого приладу зріс до високого рівня  $\rho = 0.83$ .

Таблиця 4

**Результати моделювання СМО за високого рівня завантаження приладу**

Транзакти	Т1	Т2	Т3	Разом	
Середній інтервал між транзактами	$a = 1.5$	$b = 36$	$c = 360$		
Середній час обслуговування транзактів	$d = 1$	$h = 4$	$g = 20$		
Коефіцієнт завантаження приладу	0.666667	0.111111	0.055556	$\rho = 0.83$	
Частка транзактів в завантаженні приладу	80.00%	13.33%	6.67%	100.00%	
Середній час очікування транзактів в режимах	без пріоритетів	5.081	3.883	2.089	4.722
	з відносним пріоритетом Т1	3.438	10.742	7.869	4.707
	з абсолютним пріоритетом Т1	0.864	10.776	7.848	2.651

За таких умов навіть застосування механізму відносного пріоритету уже забезпечує транзактам Т1 найменше значення середньої тривалості очікування в черзі у порівнянні з транзактами Т1 та Т2. При цьому застосування абсолютного пріоритету дозволяє транзактам Т1 додатково скоротити їх середню тривалість очікування в черзі.

Розглянувши наведені результати моделювання процесів формування черг та обслуговування повідомлень вузлом комп'ютерної мережі можна зауважити, що безпріоритетний режим обслуговування не придатний для розв'язання задачі

передачі повідомлень оперативної інформації з мінімальною затримкою. Механізм відносного пріоритету лише частково розв'язує цю задачу тільки за високого рівня завантаження вузла. Повністю ж розв'язати дану задачу дозволить застосування абсолютного пріоритету для повідомлень оперативної інформації, хоча технічна реалізація його буде дещо складнішою.

**Висновки.** Таким чином, на основі аналізу результатів імітаційного моделювання потоків повідомлень оперативної, довідкової та регламентної інформації з метою визначення пріоритетності їх обслуговування засобами комп'ютерної мережі ІБКіЦБ НААН України визначено рівні пріоритетності в обслуговуванні повідомлень відповідно до їх специфіки, що забезпечує для найважливіших повідомлень мінімальну тривалість очікування обслуговування.

Практична цінність розробленої моделі полягає у можливості запровадження її на практиці в будь-якій науково-дослідній установі з мінімальним перерозподілом основних структурних компонентів моделі.

Отримані рекомендації щодо застосування рівнів пріоритетності обслуговування для потоків повідомлень оперативної, довідкової та регламентної інформації в залежності від інтенсивностей надходження цих повідомлень та тривалості їх обслуговування вузлом комп'ютерної мережі запроваджено на практиці у вітчизняній науково-дослідній установі вперше.

В перспективі планується випробування імітаційної моделі для інших законів розподілу ймовірностей інтервалів часу між транзакціями потоків повідомлень оперативної, довідкової та регламентної інформації.

#### Список використаних джерел

1. Харченко В.В. Моделювання інформаційних потоків аграрного формування / В.В. Харченко, Ю.О. Нам'ясенко // Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. Серія: Економіка і менеджмент. – 2017. – № 25. – Ч. 2 – с. 172-176.
2. Скіцько В. Теоретичні аспекти моделювання інформаційних потоків у логістиці підприємства / В. Скіцько // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Економіка. – 2014. – Вип. 11. – с. 52-58.
3. Варламов І.Д. Модель інформаційних потоків автоматизованих систем управління / І.Д. Варламов, С.С. Гаценко // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – 2014. – № 3. – с. 5-11.
4. Петровська А.В. Моделювання інформаційних потоків CRM-системи / А.В. Петровська // Вісник Хмельницького національного університету. – 2011. – № 5, Т. 2. – с. 69-76.
5. Імітаційне моделювання: монографія / О.П. Приставка, О.Г. Байбуз, П.О. Приставка; Дніпропетр. нац. ун-т ім. Олеса Гончара. – Дніпропетровськ: Вид-во ДНУ, 2011. с. – 168-171.
6. Калетнік Г.М. Стратегіко-інституційні засади ефективності використання потенціалу аграрного сектору економіки [Текст] / Г.М. Калетнік // Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики: всеукраїнський науково-виробничий журнал. – 2015. – №1. – с.3-15.
7. Вишневикий В. М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей / В. М. Вишневикий – М.: Техносфера, 2003. – 512 с.
8. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: Учеб. для вузов. – 6-е изд. стер. – М.: Высш. шк., 1999. – 576 с.
9. Томашевский В. Имитационное моделирование в среде GPSS / В. Томашевский, Е. Жданова. – М.: Бестселлер, 2003. – 416 с.
10. Буреннікова Н. В. Аспекти результативності інвестиційного забезпечення діяльності сільськогосподарських підприємств / Н. В. Буреннікова, В. О. Ярмоленко, Т. П. Гринчук // Бізнес Інформ. – 2017. – №1. – С. 108–115.

### References

1. Kharchenko, V.V., & Nam'iasenko Yu.O. (2017). Modeling information flows of agrarian formation. *Scientific Herald of the International Humanitarian University. Series: Economics and Management*, 25, - Pp. 172-176.
2. Skitsko V. (2014). Theoretical aspects of modeling of information flows in enterprise logistics. *Bulletin of the Taras Shevchenko National University of Kyiv. Economy*, 25, - Pp. 52-58.
3. Varlamov I.D. & Hatsenko S.S. (2014). Model of information flows of automated control systems. *Modern information technology in the field of security and defense*, 3, - Pp. 5-11.
4. Petrovska A.V. (2011). Simulation of information flows of CRM-systems. *Bulletin of the Khmelnytsky National University*, 5, vol. 2, - Pp. 69-76.
5. Prystavka O.P., Baibuz O.H., & Prystavka P.O. (2011). Simulation simulation. *Dnipropetrovsk: DNU*, - Pp. 168-171.
6. Kaletnik H.M. (2015). Strategic-institutional principles of effectiveness of using the potential of the agrarian sector of the economy *Economy. Finances. Management: topical issues of science and practice*, 1. - Pp. 3-15.
7. Vishnevskiy V.M. (2003). *Theoretical Foundations of Computer Network Design*. Moscow: Tekhnosfera.
8. Venttsel E.S. (1999). *Probability theory*. Moscow: Vysshaya. shkola.
9. Tomashevskiy V., & Zhdanova E. (2003). *GPSS Simulation*. Moscow: Bestseller.
10. Burennikova N.V., Yarmolenko V.O., Grinchuk T.P. (2017) Aspects of the effectiveness of investment support activities of agricultural. *Business Inform, Vol. 1. – Pp. 108–115.*

### ANNOTATION

#### **SIMULATION MODELING OF PROCESSES FOR SERVICING THE FLOW OF MESSAGES OF OPERATIONAL, REGULATORY AND REFERENCE INFORMATION BY A NODE OF THE COMPUTER NETWORK OF THE RESEARCH INSTITUTION**

**PIDHURSKYI Oleksandr,**  
**Candidate of Technical Sciences,**  
**Associate Professor, Associate Professor of the**  
**Department of Modelling and Information**  
**Technologies in Economics,**  
**Vinnitsia National Agrarian University**  
**(Vinnitsia)**

**PRYSIAZHNIUK Oleh,**  
**Ph.D. in Agricultural Sciences, Senior Researcher,**  
**Head of the Laboratory of Mathematical**  
**Modeling and Information Technologies at the**  
**Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of**  
**National Academy of Agrarian**  
**Sciences of Ukraine**  
**(Kyiv).**

*The paper describes the results of implementation of the simulation model of service processes developed by the author describing the total non-uniform flow of messages of the operational, reference and routine information by the computer network node. Experiments*

with the simulation model are carried out for different values of the loading factors of the node of the computer network, as well as at different levels of priority in servicing communications operational, reference and regulatory information. Recommendations on the application of service priority levels for streaming messages of operational, reference and routine information are formulated, depending on the intensity of receipt of these messages and the duration of their service by the computer network node.

**Keywords:** information flows, mass service system, priority of service, probability distribution laws, simulation model.

**Tabl.: 4. Fig.: 1. Lit.: 9.**

#### АННОТАЦИЯ

### ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОТОКОВ СООБЩЕНИЙ ОПЕРАТИВНОЙ, РЕГЛАМЕНТНОЙ И СПРАВОЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ УЗЛОМ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО УЧРЕЖДЕНИЯ

**ПОДГУРСКИЙ Александр Игоревич**,  
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры моделирования и информационных технологий в экономике, Винницкий национальный аграрный университет (г. Винница)

**ПРИСЯЖНЮК Олег Иванович**,  
кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией математического моделирования и информационных технологий Института биоэнергетических культур и сахарной свеклы НААН Украины (г. Киев)

В работе описаны результаты реализации разработанной автором имитационной модели процессов обслуживания суммарного неоднородного потока сообщений оперативной, справочной и регламентной информации узлом компьютерной сети. Эксперименты с имитационной моделью проведены для различных значений коэффициентов загрузки узла компьютерной сети, а также при различных уровнях приоритетности обслуживания сообщений оперативной, регламентной и справочной информации. Сформулированы рекомендации по применению уровней приоритетности обслуживания для потоков сообщений оперативной, регламентной и справочной информации в зависимости от интенсивностей поступления сообщений и продолжительности их обслуживания узлом компьютерной сети.

**Ключевые слова:** потоки транзакций, суперпозиция потоков, математические модели, имитационные модели, адекватность модели, законы распределения вероятностей.

**Tabl.: 4. Рис.: 1. Лит.: 9.**

#### Інформація про авторів

**ПІДГУРСЬКИЙ Олександр Ігорович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри моделювання та інформаційних технологій в економіці, Вінницький національний аграрний університет (e-mail [paraplane@meta.ua](mailto:paraplane@meta.ua)).

**ПРИСЯЖНЮК Олег Іванович** кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач лабораторією математичного моделювання та інформаційних технологій Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України (e-mail [ollpris@gmail.com](mailto:ollpris@gmail.com)).

**PIDHURSKYI Oleksandr** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Modelling and Information Technologies in Economics, Vinnytsia National Agrarian University (e-mail [paraplane@meta.ua](mailto:paraplane@meta.ua)).

**PRYSIAZHNIUK Oleh Ivanovych** – Ph.D. in Agricultural Sciences, Senior Researcher, Head of the Laboratory of Mathematical Modeling and Information Technologies at the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (e-mail [ollpris@gmail.com](mailto:ollpris@gmail.com)).

**ПРИСЯЖНЮК Олег Іванович** – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач лабораторією математичного моделювання та інформаційних технологій Інституту біоенергетических культур та цукрової свекли НААН України (e-mail [ollpris@gmail.com](mailto:ollpris@gmail.com)).

**ПОДГУРСКИЙ Александр Игоревич** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри моделювання та інформаційних технологій в економіці, Вінницький національний аграрний університет (e-mail [paraplane@meta.ua](mailto:paraplane@meta.ua)).



УДК 334:330.4:51-77

**ВРАХУВАННЯ ДЕЯКИХ  
МОТИВАЦІЙНИХ АСПЕКТІВ  
ДІЯЛЬНОСТІ СУБ'ЄКТІВ  
ГОСПОДАРЮВАННЯ АПК У  
МОДЕЛЮВАННІ ТА ПРИЙНЯТТІ  
РІШЕНЬ<sup>©</sup>**

**Л.І. БУРДЕЙНА,**  
кандидат педагогічних наук,  
доцент кафедри математики,  
фізики та комп'ютерних технологій,  
Вінницький національний  
аграрний університет  
(м. Вінниця)

У статті розглянуто деякі моделі планування господарської діяльності підприємства, що будуть мати ефективний вплив на роботу як суб'єкта господарювання в цілому, так і окремих його структурних підрозділів. Процес створення таких моделей передбачає розв'язання комплексу стандартних аналітичних завдань за певними аспектами економічної діяльності: характером використання виробничих ресурсів, собівартістю товарної продукції, а також фінансовим станом підприємства.

Виходячи із функцій діяльності сільськогосподарського підприємства, у роботі було досліджено такі моделі його господарської діяльності, як: організація рекламної кампанії та визначення її ефективності; системи масового обслуговування та модель поведінки споживача, яка на сьогоднішній день є головним чинником впливу на роботу будь-якого підприємства загалом і сільськогосподарського зокрема.

© Л.І. БУРДЕЙНА, 2018