

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ТЕОРІЇ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ В ЕКОНОМІЧНОМУ АНАЛІЗІ ОПЕРАЦІЙ З ЕЛЕКТРОННИМИ ГРОШИМА

© 2015 МЕЛЬНИЧЕНКО О. В.

УДК 336.7

Мельниченко О. В.

Застосування методів теорії масового обслуговування в економічному аналізі операцій з електронними грошима

Стаття присвячена дослідженню теорії масового обслуговування та застосування її методів і принципів в аналізі операцій з електронними грошима в касах різних установ: як торговельних підприємств, так і банків. У роботі проаналізовано результати діяльності касирів на основі даних реального сектора економіки. Запропоновано механізм аналізу роботи касирів з урахуванням чинників, що впливають на результати їх роботи, що відображаються у кількості обслужених клієнтів за одиницю часу. Крім того, здійснено моделювання змін показників пропускної здатності каси за результатами заміни способів внесення клієнтами коштів до каси: переходу до безготівкового розрахунку за допомогою лише банківських карток та електронних грошей. Доведено, що зменшення часу, що витрачається на оплату клієнтами товарів чи, наприклад, рахунків у касах банку, впливає на ефективність роботи касира завдяки збільшенню клієнтопоту, на якість обслуговування клієнтів та на зменшення витрат, пов'язаних з утриманням касових вузлів.

Ключові слова: електронні гроші, економічний аналіз, теорія масового обслуговування, пропускна здатність каси

Рис.: 3. **Табл.:** 1. **Формул.:** 5. **Бібл.:** 8.

Мельниченко Олександр Віталійович – кандидат економічних наук, доцент, докторант, Житомирський державний технологічний університет (вул. Черняхівського, 103, Житомир, 10005, Україна)

Email: amelnitschenko@yahoo.de

УДК 336.7

UDC 336.7

Мельниченко А. В. Применение методов теории массового обслуживания в экономическом анализе операций с электронными деньгами

Статья посвящена исследованию теории массового обслуживания и применению методов и принципов в анализе операций с электронными деньгами в кассах различных учреждений: как торговых предприятий, так и банков. В работе проанализированы результаты деятельности кассиров на основе данных реального сектора экономики. Предложен механизм анализа работы кассиров с учетом факторов, влияющих на результаты их работы, которые отображаются в количестве обслуженных клиентов за единицу времени. Кроме того, осуществлено моделирование изменений показателей пропускной способности кассы по результатам замены способов внесения клиентами денежных средств в кассу: перехода к безналичному расчету с помощью только банковских карточек и электронных денег. Доказано, что уменьшение времени, затрачиваемого на оплату клиентами товаров или, например, счетов в кассах банка, влияет на эффективность работы кассира благодаря увеличению клиентопотока, на качество обслуживания клиентов и на уменьшение расходов, связанных с содержанием кассовых узлов.

Ключевые слова: электронные деньги, экономический анализ, теория массового обслуживания, пропускная способность кассы

Рис.: 3. **Табл.:** 1. **Формул.:** 5. **Библ.:** 8.

Мельниченко Олександр Віталійович – кандидат экономических наук, доцент, докторант, Житомирский государственный технологический университет (ул. Черняховского, 103, Житомир, 10005, Украина)

Email: amelnitschenko@yahoo.de

Melnychenko O. V. Application of Methods of the Waiting Line Theory in Economic Analysis of Operations with Electronic Money

The article focuses on the study of the waiting line theory and application of its methods and principles while analyzing operations with electronic money in cash desks of various establishments, among them commercial enterprises and banks. The work analyzes cashiers' operating results on the basis of data from the real sector of economy. The author proposes a mechanism for analysis of cashiers' work taking into account the factors which have an effect on their operating results reflected in the number of customers served per unit of time. Besides, the author conducted modeling of changes in the indices of the cash desk performance capacity based on the results of replacement of methods that customers use to put money into the cash desk: transition to non-cash transactions by using only bank cards and electronic money. The study proves that decreased amount of time that customers spend on paying for goods or, for example, settling bills in bank cash desks, influences the cashier's operating efficiency by increasing the customer traffic, as well as the quality of customer service and reduction in costs associated with maintenance of the cash operating units.

Keywords: electronic money, economic analysis, waiting line theory, cash desk performance capacity

Рис.: 3. **Табл.:** 1. **Formulae:** 5. **Bibl.:** 8.

Melnychenko Oлександр V. – Candidate of Sciences (Economics), Associate Professor, Candidate on Doctor Degree, Zhytomyr State Technological University (vul. Chernyakhovskogo, 103, Zhytomyr, 10005, Ukraine)

Email: amelnitschenko@yahoo.de

Вступ. Одним із найважливіших показників, що характеризує ефективність впровадження розрахунків за допомогою електронних грошей, є ефективність роботи кас, наприклад, банків, магазинів, автозаправних станцій та персоналу, задіяного в їх обслуговуванні. В наших ро-

ботах ми зупинялись на різних аспектах та вивчали переваги розрахунків зазначеним платіжним засобом. Ми визначали переваги, пов'язані зі зменшенням витрат банку чи інших суб'єктів господарювання на обслуговування готівки, пов'язаних з інкасацією коштів, соціальні аспек-

ти, що полягають у зменшенні навантаження, у тому числі і психологічного на касирів, що пов'язано з їхньою відповідальністю за визначення справжності банкнот, контактом із готівкою, на якій зосереджується велика кількість бактерій, напруженості персоналу, пов'язаної із ризиком помилки у видачі решти клієнтам тощо. Недослідженою та важливою, ми вважаємо, є також проблема у визначенні кількості персоналу та потужності кас при обслуговуванні певної кількості клієнтів та затратами, пов'язаними з цим. До таких затрат можна віднести оплату праці додаткового персоналу для зменшення черг в касах, витрати на закупівлю додаткового обладнання для опрацювання готівки, автомобільного транспорту та інших засобів для перевезення готівки тощо. У цій роботі ми розглянемо саме питання збільшення пропускної здатності кас шляхом використання у розрахунках електронних грошей як заміни готівки. Для вирішення такої проблеми, на нашу думку, слід використовувати науково-обґрунтований математичний інструментарій на основі теорії масового обслуговування.

Метою цієї роботи є дослідження впливу на пропуску здатність кас використання електронних грошей у розрахунках між покупцями та постачальниками (продавцями) товарів, робіт чи послуг на основі інструментарію теорії масового обслуговування.

Вивчення у літературі. Теорії масового обслуговування присвячені сьогодні праці науковців у різних наукових колах різних спеціальностей, зокрема, математики, економіки, кібернетики, інформатики тощо. Серед авторів таких робіт варто виділити в першу чергу А. К. Ерланга [5] та К. Пальма [7], які вважаються основоположником вказаної теорії.

Янос Штрік (János Sztrik) визначає теорію масового обслуговування як таку, що вивчає найменш приемний період в житті людини, – очікування, і вона може бути застосована в різних галузях економіки [8, с. 11].

Головний зміст цієї теорії, підтримуючи міркування А. Г. Ложковського, котрий досліджує проблеми телеграфіки [3], – це дослідження пропускної здатності обслуговуючої системи. Автор вказує на те, що для оцінки пропускної здатності системи масового обслуговування необхідно обліковувати велику кількість факторів для побудови науково-обґрунтованих методів їх розрахунку, тому планування й оптимізацію таких систем слід здійснювати за допомогою математичних методів, серед яких ключове місце посідають методи теорії масового обслуговування [3, с. 5 – 7].

Одними з найбільш фундаментальних та найбільш відомими є напрацювання А. Я. Хінчина, якому, власне, і належить авторство теорії, в тому числі й в українській мові, оскільки в зарубіжній літературі теорія має назву, що дослівно перекладається як теорія черг (queueing theory, the theory of queues). Він основним завданням теорії визначає встановлення з найбільш ймовірною точністю взаємозалежності між кількістю обслуговуючих одиниць та якістю обслуговування [4, с. 3]. В сьогоденні умовах ведення бізнесу сформульовану ним мету варто, вважаємо, доповнити також необхідністю оптимізації витрат на утримання обслуговуючих одиниць при незмінній якості обслуговування.

Вказані та інші автори [1] робіт з окресленого кола питань визначають систему масового обслуговування як сукупність пов'язаних між собою вхідних потоків вимог на обслуговування, черг, каналів обслуговування і потоків обслугованих замовлень. При цьому до складу такої системи входить обслуговуюча підсистема – канал обслуговування.

До типів обслуговуючих систем належать [2, с. 74, 75; 79 – 84; 3, с. 28 – 30; 4, с. 55]:

- системи із втратами (відмовами) характеризуються числом каналів, котрі в певний момент часу зайняті обслуговуванням вимог, заявок. При цьому, новий вхідний запит отримує відмову і обслуговування триває так, ніби такий запит взагалі не надходив;
- системи із чергами передбачають постановку заявки в чергу у випадку, коли обслуговуюча система зайнята. Заявка очікує своєї черги, а не втрачається;
- комбіновані, або змішані;
- пріоритетні.

Всі вони відрізняються одна від одної не лише способом вирішення основного завдання, а й його формуванням і якістю обслуговування запитів: для системи із втратами основним показником є ймовірність відмови, а для системи з чергами – час очікування [4, с. 55, 56]. Останні два типи є найновішими, оскільки були запропоновані вчені останніми [2; 3].

У рамках предмету нашого дослідження у цій статті ми, зрозуміло, зосередимось на другому типі і будемо вирішувати поставлене в роботі завдання в рамках такої системи – каси, наприклад, банку чи супермаркету.

Науковці виділяють найважливіші параметри і характеристики для оцінки якості системи масового обслуговування такого типу [2, с. 74; 3, с. 29; 4, с. 96]:

1. Ймовірність очікування в черзі. Цьому параметру А.Я. Хінчин відводить невелику роль в дослідженнях систем масового обслуговування із чергою [4, с. 96], оскільки навіть якщо значній кількості заявок доводиться очікувати, обслуговування слід визнати задовільним у всіх випадках, коли час очікування виявився в більшості випадків дуже малим. Найважливішим він вважає пошук закону розподілу часу очікування, оскільки в таких задачах головну роль відіграє не частота очікувань в черзі, а природа часу очікування як випадкової величини. Тут неможливо з ним не погодитись, і тому нами обрано саме вказану вище мету дослідження.
2. Середня довжина черги залежить від часу і кількості надходження заявок на обслуговування, кількості часу на обслуговування вимог тощо. У касах банку, супермаркетів – це фактично випадкова величина з певною закономірністю розподілу, а тривалість обслуговування кожної заявки незалежні й однаково розподілені.
3. Середня тривалість очікування вимог тощо.

Кожна із наведених характеристик потребує ґрунтовного дослідження для вивчення якості обслуговуючої системи. Ми нижче зупинимось на факторах, що впливають на вказані характеристики і зосередимо увагу на впливі на

один з них – час обслуговування заявок обслуговуючою підсистемою для збільшення її пропускної здатності.

Серед інших науковців, що розвивали вказану теорію, варто також відзначити Р. J. Burce, С. D. Crommelin, G. F. O'Dell, С. Palm, F. Pollaczek, R. I. Wilkinson, Г. П. Башарина, Б. В. Гніденка, І. М. Коваленка, В. В. Королюка, Б. С. Лівшица, В. І. Неймана, Б. А. Севаст'янова, С. М. Степанова, А. Д. Харкевича та інших.

Виклад основного матеріалу. Отже, пропускна здатність (μ) обслуговуючої підсистеми, яка у відношенні до роботи банку, зокрема, його касових вузлів, може бути сформульована як кількість клієнтів банку, що може бути обслужена за одиницю часу. При цьому доцільно, ми вважаємо, її поділити на теоретичну, максимальну і практичну.

Теоретичну пропускну здатність пропонуємо визначити на основі спрощеної динамічної моделі потоку клієнтів і представити у вигляді:

$$\mu_{теор} = \frac{KK}{T}, \quad (1)$$

де KK – кількість клієнтів;
 T – час роботи касира.

При цьому при максимально завантаженому каналі (каси), при постійному надходженні від клієнтів заявок на обслуговування, час роботи касира можна представити у вигляді функції:

$$T = f(TO, TP, TB) = T(TO, TP, TB), \quad (2)$$

де TO – час обслуговування клієнта (приймання заявок на обробку, підготовку документів тощо);
 TP – час для оплати клієнтом;

Отже, практична пропускну здатність каси буде складати:

$$\mu_{практик} = \frac{KK}{TO(PK, IЧ) + TP(CK, FO, KГ, PK, CФ, IЧ) + TB(HЗ, IЧ)}, \quad (5)$$

де CK – сума коштів, що вносяться платниками;
 FO – форма оплати (готівка чи безготівково);
 $KГ$ – кількість готівки – банкнот та монет, що передаються від платника касиру і навпаки;
 PK – рівень кваліфікації касира;
 CA – ступінь автоматизації каси;
 $HЗ$ – ймовірності надходження заявки на обслуговування;
 $IЧ$ – інші чинники.

На рис. 1 відображено криві пропускної здатності каси. Виходячи із сучасних умов обслуговування клієнтів, розвитку інформаційних систем обслуговування клієнтів та вимог до первинних документів, за певних умов при збільшенні пропускної здатності каси кількість обслужених клієнтів не буде зростати. Так, наприклад, при умовно найвищій кваліфікації касира, при мінімальній кількості часу на оплату клієнтом покупок у зв'язку із відсутністю необхідності видачі клієнтові решти, необхідний час для роздрукування чеків, квитанцій тощо.

Звідси визначимо характеристики кожного із показників, від яких залежить T :

1. Сума коштів, що вносяться платниками. Мінімальне значення – 1 найменша грошова одиниця валюти, що приймається в оплату в касі. Максимальне

$TБ$ – час бездіяльності касира, протягом якого відсутні заявки на обробку – немає клієнтів для обслуговування в касі.

Для банків TO будемо вважати отримання заявок на переказ коштів, введення даних в інформаційну систему, озвучення клієнтові суми до сплати, у тому числі комісійної винагороди банку тощо. Для, наприклад, продовольчих магазинів час обслуговування клієнта витрачається на введення у систему товарів, що придбаються (сканування кодів товарів), переміщення товарів із зони подачі товарів до місця їх видачі клієнтові тощо.

Отже, формула (1) прийме вигляд:

$$\mu = \frac{KK}{T(TO, TP, TB)}. \quad (3)$$

А максимальна пропускну здатність становитиме:

$$\mu_{max} = \frac{KK}{TO_{min} + TP_{min} + TB_{min}}. \quad (4)$$

Разом з тим, на показник T впливають різні суб'єктивні фактори:

- сума коштів, що вносяться платниками;
- форма оплати (готівкою чи безготівково);
- кількість банкнот та монет (якщо оплата здійснюється готівкою), що передаються від платника касиру і навпаки;
- рівень кваліфікації касира;
- ступінь автоматизації (механізації) каси;
- ймовірності, що до каси надійде заявка на обслуговування;
- інші чинники (збої в програмному забезпеченні, швидкість перевірки клієнтом виданої решти тощо).

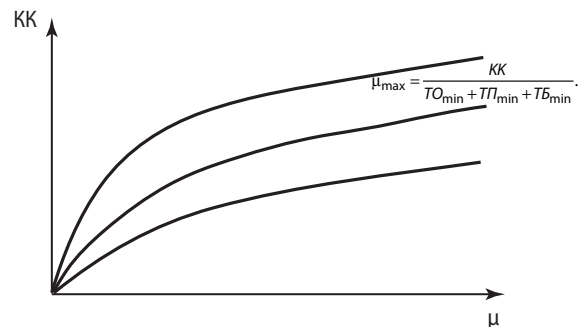


Рис. 1. Відображення теоретичної, максимальної та практичної пропускної здатності каси

значення обмежується законодавчо або має теоретичне обмеження, наприклад, в супермаркеті, яке пов'язане із наявним товаром, який може бути проданий.

2. Форма оплати:
 - готівка, що передбачає ймовірність необхідності у видачі клієнтові решти, на що потрібен час на її перерахунок касиром та клієнтом;
 - безготівковий розрахунок: банківською картою, електронними грошима, товарними бонами тощо, що не передбачає необхідності у видачі клієнтові решти.
3. Кількість готівки для перерахунку. Зрозуміло, що в касі приймаються в оплату кошти будь-якого номіналу, тому існує ймовірність, що клієнт може заплатити, наприклад, 500 гривень однією банкноткою, а може 10-ма купюрами по 50 грн, або 500-ма по одній гривні, або монетами тощо. Або при купівлі найдрібнішої речі може розплатитись банкноткою великого номіналу (100, 200, 500 грошових одиниць).
4. Рівень кваліфікації касира визначає, зокрема, його швидкість у прийнятті рішень, швидкості підрахунку решти, навичками роботи із касовим програмним забезпеченням (зокрема, швидкість сканування товарів, коли йде мова про роботу касира в супермаркеті) тощо.
5. Ступінь автоматизації (механізації) каси. Від налагодження інформаційної системи в цілому та програмного забезпечення, з яким працює касир зокрема, а також від наявності машин для лічіння банкнот та монет і від їх класу залежить швидкість роботи касира під час прийняття коштів та під час видачі клієнтові решти.
6. До інших чинників можна, зокрема, віднести: можливі збої в роботі обладнання касира, швидкість перерахунку клієнтом решти, затримки, пов'язані із забезпеченням роботи каси (готівкою, папером та ін.) тощо.

Зрозуміло, що керівництво компанії може приймати управлінські рішення стосовно впливу на більшість із складових цього показника, змінюючи його значення для збільшення пропускної здатності кас. Ми зупинимося на дослідженні показника ΦO – форми оплати в рамках предмета нашого дослідження.

Отже, пропонуємо для ΦO визначити значення, які він може приймати:

- 1) $\Phi O = 1$, якщо оплата клієнтом здійснюється за допомогою готівки із необхідністю її перерахунку та видачі клієнтові решти, яку йому також слід перерахувати;
- 2) $\Phi O = 0,8$, якщо оплата клієнтом здійснюється за допомогою як готівки з відповідними наслідками, зазначеними вище, так і банківською карткою із необхідністю ввести ПІН або поставити підпис на квитанції, та іншими способами: товарними бонами, електронними грошима тощо;
- 3) $\Phi O = 0,5$, якщо оплата здійснюється лише безготівково: за допомогою банківських карт з необ-

хідністю підтвердження транзакції та без цього, електронними грошима тощо.

Для підтвердження наших припущень використаємо дані одного з магазинів мережі супермаркетів в Польщі [6]. У табл. 1 відображено середню продуктивність роботи касирів за 3 дні роботи. Вибірка дослідження охоплювала 109 людино-днів, в рамках яких клієнтами було придбано товарів на загальну суму 1531226,29 злотих.

Із табл. 1 видно, що при розрахунках було враховано час роботи касира, який складається із періоду сканування кодів товарів та з часу, який потрібен для оплати, видачі решти, чеків, квитанцій тощо. При цьому середнє значення пропускної здатності на годину $\bar{\mu} = 35,81$ клієнтів на годину. Цей показник в даному випадку розрахований простим діленням кількості клієнтів, обслужених касирами супермаркету, на кількість годин праці, тобто за формулою (1) – здійснюється як аналіз теоретичної пропускної здатності μ . Такий підхід до аналізу роботи касирів дозволяє оцінювати їх ефективність без можливості дослідження факторів та впливу на них і на пропуску здатність каси.

Таблиця 1

**Продуктивність роботи касирів супермаркету
[побудовано на основі власних досліджень]**

№ з/п	Назва показника	Позначення	Середнє значення
1	Клієнтів на год.	μ	35,81
2	Оборот, PLN	СК	14 047,95
3	Час сканування, год.	PK	2:08:17
4	Час оплати, год.	ТП	1:31:16
5	Час праці (транзакції: сканування та оплати), год.	T	3:39:33

При цьому оплата здійснюється різними, у тому числі й зазначеними вище способами: готівкою, банківською картою, електронними грошима, товарними бонами тощо. А час, що витрачається касиром на підтримку оплати товарів клієнтами, складає 41,57 % (середня тривалість оплати $T_n = 91$ хв.) від загального часу роботи касира без урахування часу його бездіяльності в рамках покладених на нього обов'язків як касира. Залежить це значення від кваліфікації касира (PK), форми оплати клієнтами товарів (ΦO) та інших чинників (IC).

Метою наших розрахунків та пропозицій щодо використання теорії масового обслуговування зі зниження витрат на роботу касирів є збільшення пропускної здатності каси за рахунок зменшення показника ΦO завдяки впровадженню більш досконалої форми розрахунків – за допомогою електронних грошей.

Отже, змодельуємо зміну показника пропускної здатності μ в залежності від зміни часу на оплату ТП із використанням платниками електронних грошей.

Ураховуючи, що аргументи формули (5), на основі якої нижче буде проведено моделювання і відповідні розрахунки, складаються з різних показників, що мають різні вимірності (кількість осіб, гривні, години, коефіцієнти тощо) слід в першу чергу привести їх до одного вигляду.

Для цього шляхом використання математичного методу нормалізації значень на основі середніх величин приведемо значення показників до однієї розмірності і мультиплікативним способом отримаємо значення знаменника цієї формули (T). Після цього розрахуємо μ' – рейтинг касирів за показником пропускної здатності в безрозмірних величинах. Для коректного відображення рейтингу, враховуючи, що час сканування і час оплати тим краще впливають на рейтинг касира, чим менше їхнє значення, за цими показниками дані «перевернуті» шляхом піднесення нормалізованих значень до ступеня -1 . Співставивши за вказаною формулою дані, отримаємо рейтинг 109 касирів за показником пропускної здатності касирів (μ'), кожен з яких має відповідне значення складової цієї формули. При цьому значення показників форма оплати (ΦO), кількість готівки ($KГ$), ступінь автоматизації каси (CA), ймовірність надходження заявки на обслуговування ($HЗ$) та інші чинники ($IЧ$) визначені для всіх касирів умовними даними. На рис. 2 відображено значення результатів діяльності касирів у нормалізованих одиницях. Найбільший рейтинг має касир під номером 48, а найменше – 9. Для подальшого порівняння на рис. 2 ми також виділили результат роботи касира з номером 69, який має 108 (передостанній) рейтинг за результативністю ($\mu' = 0,068784762$).

Змінивши для касира під номером 9 значення форми оплати праці з 0,8, що відповідає за нашим припущенням змішаній формі оплати (готівкова й безготівкова), на 0,5, що передбачає оплату лише безготівковою формою (банківською картою та електронними грошима), значення пропускної здатності μ' збільшилось (0,105646693) при незмінних інших показниках діяльності, його рейтинг піднявся і останнім є вже касир під номером 69, який посідає до цього передостаннє місце (рис. 3).

Висновки. Отже, на основі побудованої моделі та запропонованого нами механізму застосування методів теорії масового обслуговування нами наведено методіку аналізу ефективності впровадження розрахунків за допомогою електронних грошей в банках. Використання математичного апарату дозволяє змодельовати зміну пропускної здатності кас у залежності від форми оплати клієнтами товарів чи послуг, або перерахування коштів на рахунки в касах банку. Проведені дослідження, результати яких відображено вище, дозволяють, використовуючи науково обґрунтований підхід, провести аналіз роботи касирів та оцінювати окремі фактори, що впливають на пропускну здатність кас. Проведені розрахунки та дослідження свідчать також про доцільність використання електронних грошей та популяризації їх серед населення для підвищення ефективності роботи касових вузлів за рахунок у першу чергу оптимізації затрат та задоволеності клієнтів.

Для більшої зрозумілості результатів та висновків продемонструємо дієвість запропонованого механізму аналізу та ефективності розрахунків електронними грошима. Так, змінивши форму оплати (ΦO) за касою під номером 9, ми отримали значення мультиплікативного критерію (знаменника формули для визначення пропускної здатності (1)) на рівні $T = 2,591760917$, що на 37,28 % менше значення, коли ΦO було на рівні 0,8 ($T = 4,132550893$). Звідси, виходячи, що інші складові показника не змінювались,

зміни у значенні відбулись завдяки змінам у формі оплати. Отже, і час оплати, який залежить від форми оплати, також зменшується на 37,28 % і складає для касира 9 не 23 хвилини, а близько 15 хвилин на ту саму кількість клієнтів. Таким чином, за рахунок зміни форми оплати здійснюється зниження часу на оплату клієнтами рахунків чи товарів у касах і збільшення їхньої пропускної здатності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Жерновий Ю. В. Імітаційне моделювання систем масового обслуговування : практикум / Ю. В. Жерновий. – Львів : ВЦ ЛНУ імені Івана Франка, 2007. – 307 с.
2. Коваленко І. Н. Теорія масового обслуговування / І. Н. Коваленко // Ітоги науки. Серія «Теорія верооятностей 1963». – 1965. – С. 73 – 125.
3. Ложковський А. Г. Теорія масового обслуговування в телекомунікаціях / А. Г. Ложковський. – Одеса : ОНАЗ ім. О. С. Попова, 2010. – 112 с.
4. Хинчин А. Я. Математические методы теории массового обслуживания / А. Я. Хинчин. – М. : Изд-во АН СССР, 1955. – 122 с.
5. Erlang A. The theory of probabilities and telephone conversations / A. Erlang // *Nyt Tidsskrift for Matematik B*. – 1909. – Vol. 20. – P. 33 – 39.
6. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.carrefour.pl/>
7. Palm C. Intensitätsschwankungen im Fernsprechverkehr / C. Palm. – Ericsson Technics. – 1943. – Vol. 44. – P. 1 – 189.
8. Sztrik J. Basic Queueing Theory / J. Sztrik. – Hungary : University of Debrecen, Faculty of Informatics, 2012. – 193 p.

REFERENCES

- Erlang, A. "The theory of probabilities and telephone conversations" *Nyt Tidsskrift for Matematik B* vol. 20 (1909): 33-39.
- Kovalenko, I. N. "Teoriia massovogo obsluzhivaniia" [Queueing theory]. *Itogi nauki. Serii «Teoriia veroiatnostey 1963»* (1965): 73-125.
- Khinchin, A. Ya. *Matematicheskie metody teorii massovogo obsluzhivaniia* [Mathematical methods of queueing theory]. Moscow: Izd-vo AN SSSR, 1955.
- Lozhkovskiy, A. H. *Teoriia masovoho obsluzhivaniia v telekommunikatsiakh* [Queueing theory in telecommunications]. Odessa: ONAZ im. O. S. Popova, 2010.
- Palm, C. "Intensitätsschwankungen im Fernsprechverkehr" *Ericsson Technics* vol. 44 (1943): 1-189.
- Sztrik, J. *Basic Queueing Theory* Hungary: University of Debrecen, Faculty of Informatics, 2012.
- Zhernoviy, Yu. V. *Imitatsiine modeliuvaniia system masovoho obsluzhivaniia* [Simulation of queueing systems]. Lviv: VTs LNU imeni Ivana Franka, 2007.
- <http://www.carrefour.pl/>

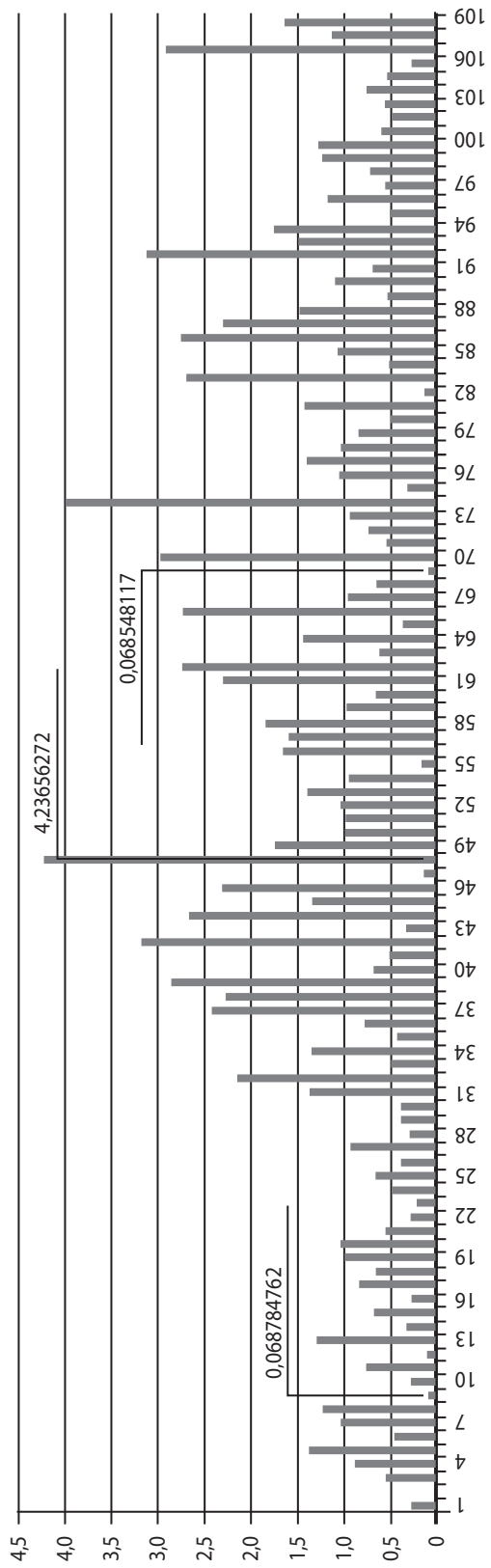


Рис. 2. Рейтинг результатів роботи касирів за нормалізованими значеннями показників

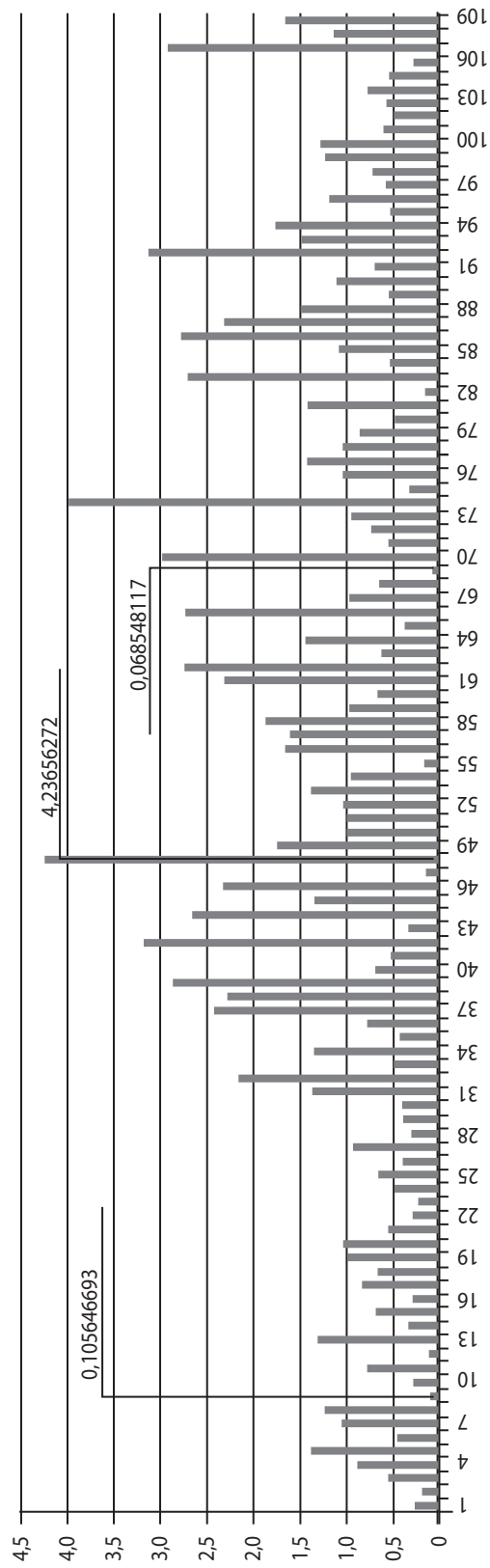


Рис. 3. Рейтинг результатів роботи касирів за нормалізованими значеннями показників після введення розрахунків електронними грошима на касі № 9