

Олешко Т.І.доктор технічних наук,
професор кафедри економічної кібернетики
Національного авіаційного університету**Верзун А.В.**магістр
Національного авіаційного університету

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПАСАЖИРІВ АЕРОПОРТУ

Статтю присвячено дослідженню ефективності функціонування системи реєстрації та перевірки пасажирів в аеропорту «Бориспіль» за допомогою теорії масового обслуговування. Розглянуто модель роботи системи реєстрації та перевірки пасажирів, розроблено її імітаційну модель, а також на основі моделі надано рекомендації для підвищення пропускної здатності системи реєстрації та перевірки пасажирів аеропорту «Бориспіль».

Ключові слова: ефективність, система, імітаційне моделювання, теорія масового обслуговування, пропускна спроможність.

Статья посвящена исследованию эффективности функционирования системы регистрации и проверки пассажиров в аэропорту «Борисполь» с помощью теории массового обслуживания. Рассмотрена модель работы системы регистрации и проверки пассажиров, разработана ее имитационная модель, а также на основе модели даны рекомендации для повышения пропускной способности системы регистрации и проверки пассажиров аэропорта «Борисполь».

Ключевые слова: эффективность, система, имитационное моделирование, теория массового обслуживания, пропускная способность.

Постановка проблеми. У боротьбу за клієнта в сучасній економіці вкладаються величезні кошти. За оцінками західних економістів, завоювання фірмою нового клієнта обходиться їй у шість разів дорожче, ніж утримання наявних покупців. А якщо клієнт залишився незадоволеним, то на його повернення доводиться витратити в 25 разів більше коштів. Здебільшого незадоволеність клієнта викликана невдалою організацією його обслуговування, як, наприклад, занадто довге очікування в черзі або відмова в обслуговуванні. Використання теорії масового обслуговування дає змогу підприємствам, зокрема транспортним, уникнути подібних неприємностей [1].

Ринок пасажирських авіаперевезень має найшвидші з-поміж усіх видів транспорту України темпи зростання. На кінець 2016 р. в аеропортах України було обслуговано близько 12,9 млн. пасажирів, причому 67% пасажирів обслуговував аеропорт «Бориспіль». Зважаючи на такі обсяги пасажиропотоку, гостро постає питання пропускної здатності аеропорту «Бориспіль» та ефективності функціонування його системи реєстрації та перевірки пасажирів. Питання є актуальним та зумовлене тим, що за розумного підходу та застосування теорії масового обслуговування можна створити такі умови функціонування системи реєстрації та перевірки пасажирів аеропорту «Бориспіль», за яких витрати на утримання системи будуть мінімальними, а її пропускна здатність – максимальною.

жирів аеропорту «Бориспіль», за яких витрати на утримання системи будуть мінімальними, а її пропускна здатність – максимальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Багато економічних завдань пов'язано із системами масового обслуговування, тобто такими системами, в яких, з одного боку, виникають недетерміновані масові вимоги на виконання яких-небудь послуг, а з іншого – відбувається задоволення цих вимог за певними законами.

Основу теоретичного вивчення систем масового обслуговування заклали у своїх працях Г.М. Вагнер, Є.С. Венцель, Б.В. Гніденко, А. Ерланг, А.Н. Колмогоров, Н.Ш. Кремер, Х.А. Таха, А.Я. Хінчин та ін.

Питання щодо ефективного функціонування аеропортів, прогнозування їх розвитку та формування механізму оперативного управління аеропортами вивчали такі вчені: І.С. Голубєв, О.В. Костроміна, Ю.Ф. Кулаєв, Н.Е. Полянська, В.М. Парій, С.Л. Омеляненко та ін.

Метою дослідження є підвищення ефективності роботи системи реєстрації та перевірки пасажирів в аеропорту «Бориспіль» за рахунок скорочення часу обслуговування та використання оптимальної кількості каналів обслуговування.

Виклад основного матеріалу дослідження. Аеропорт «Бориспіль» є найбільшим та най-

потужнішим аеропортом в Україні. У 2016 р. він обслуговував близько 8,65 млн. пасажирів із загальної кількості 12,9 млн. пасажирів, обслугованих аеропортами України (рис. 1) [2].



Рис. 1. Частка аеропорту «Бориспіль» у загальному пасажиропотоці

У період із 2005 по 2008 р. пасажиропотік аеропорту зростав у середньому на 19%. Проте в 2009 р. у зв'язку з фінансово-економічною кризою в Україні кількість пасажирів знизилася з 6,7 млн. до 5,8 млн. пасажирів.

Протягом 2010–2012 рр. аеропорт зміг реабілітуватися та підвищити кількість обслугованих пасажирів. Так, на кінець 2012 р. послугами аеропорту скористалися близько 8,5 млн. пасажирів, що на 26% більше, ніж за 2008 р. Економічна та політична криза 2013–2014 рр. спричинила зниження пасажиропотоку аеропорту з 8,5 млн. до 6,9 млн. пасажирів, або на 23%.

Після проведення реформ у 2015 р. аеропорт «Бориспіль» зміг відновити втрачений пасажиропотік, і вже в 2016 р. він становив 8,65 млн. пасажирів (рис. 2).

З урахуванням такого пасажиропотоку доцільним є дослідження пропускну здатності системи реєстрації та перевірки пасажирів аеропорту «Бориспіль» за допомогою теорії масового обслуговування [3]. Оскільки структура системи реєстрації та перевірки пасажирів є складною, то єдиним прийнятним методом дослідження у цьому разі є метод імітаційного

моделювання. Для імітаційного моделювання було застосовано програму GPSS World.

Головним завданням імітації бізнес-процесу обслуговування клієнта в аеропорту «Бориспіль» є визначення ефективності роботи стійок реєстрації, пунктів контролю авіаційної безпеки та пунктів паспортного контролю для раціонального використання людських ресурсів та уникання черг.

Перш ніж почати імітацію, необхідно дослідити сам процес обслуговування клієнта в аеропорту та сформуванню імітаційну модель, яка наведена на рис. 3.

Обслуговування пасажирів в аеропорту «Бориспіль» складається з таких етапів:

1. Реєстрація.
2. Контроль авіаційної безпеки.
3. Паспортний контроль (за міжнародних перевезень).

Показниками ефективності функціонування системи реєстрації та перевірки пасажирів є середня довжина черги на реєстрацію та перевірку, а також тривалість перебування клієнта в черзі. Аеропорт «Бориспіль» має таку кількість засобів обслуговування: 60 стійок у зоні міжнародних рейсів, 16 – у зоні внутрішніх рейсів та 6 – для web-реєстрації, 18 пунктів контролю авіаційної безпеки в зоні міжнародних рейсів та 6 – у зоні внутрішніх рейсів, 28 кабін паспортного контролю. Час обслуговування пасажирів біля стійки реєстрації становить 85–95 секунд, час проходження контролю авіаційної безпеки становить 45–55 секунд, а процес проходження пасажиром паспортного контролю займає 25–35 секунд. Також відомо, що близько 21,49% усіх пасажирів аеропорту подорожують по Україні, а 78,51% пасажирів вилітають за кордон [4].

Під час моделювання також необхідно відзначити, що на пасажиропотік вагомий вплив має фактор сезонності. Крім того, важливим

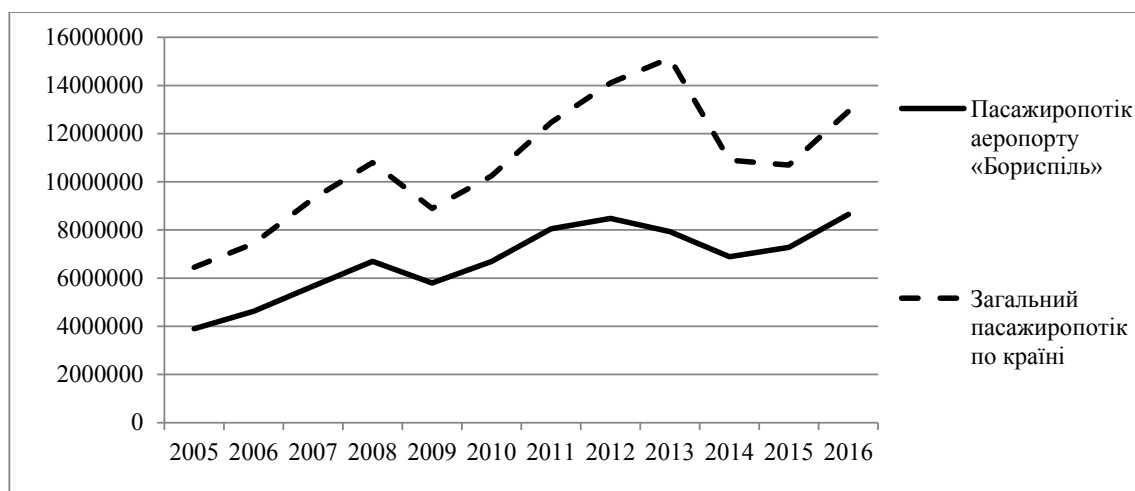


Рис. 2. Пасажиропотік в аеропорту «Бориспіль» та по Україні у цілому

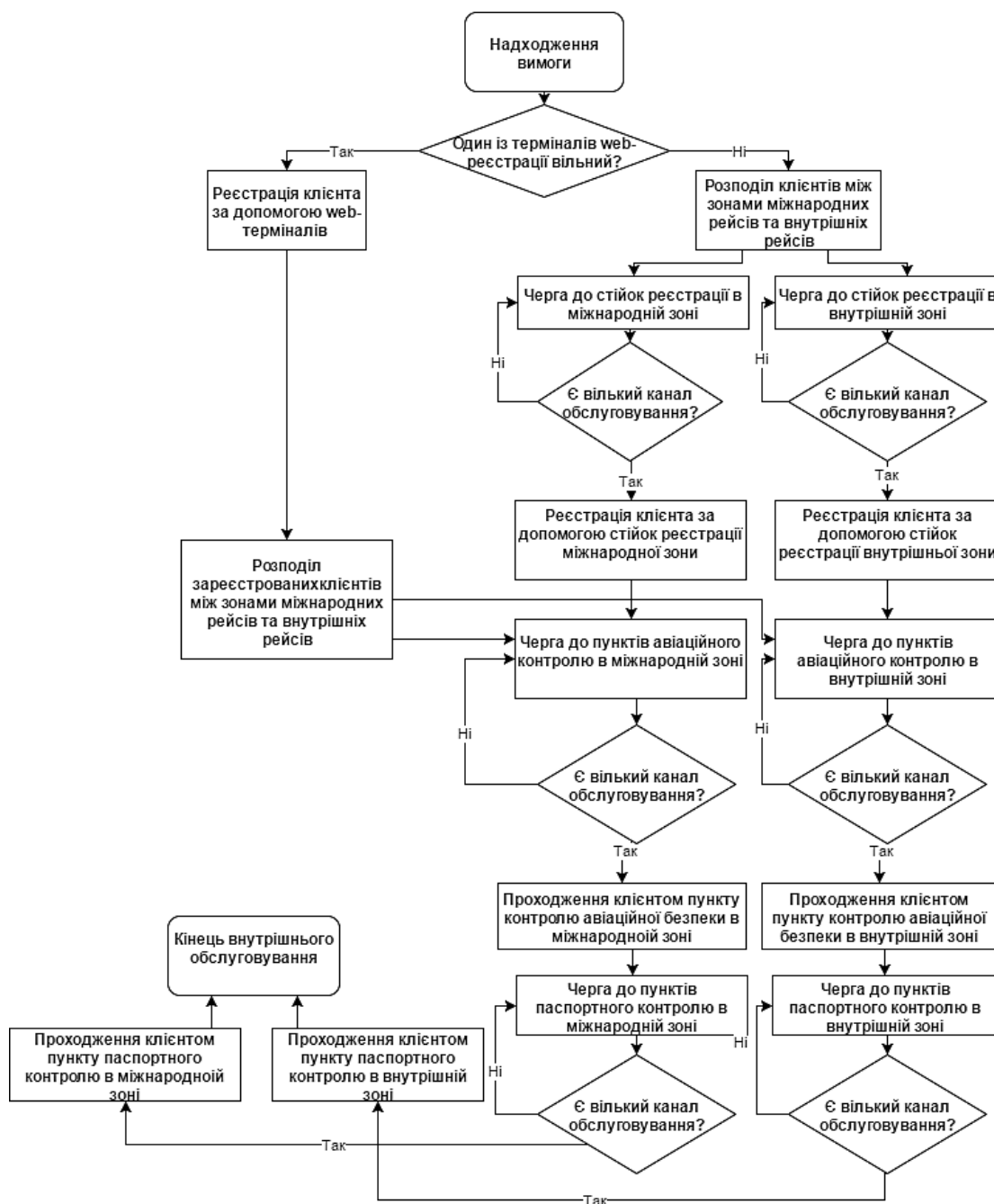


Рис. 3. Імітаційна модель системи реєстрації та перевірки пасажирів аеропорту «Бориспіль»

також є поділ між будніми та вихідними або святковими днями, тому для більш точного дослідження необхідно провести імітації за кожний квартал і в будні, вихідні та святкові дні.

Система масового обслуговування пасажирів аеропорту «Бориспіль» є багатоканальною та має три фази обслуговування. При цьому черга є необмеженою, а дисципліна черги системи функціонує за правилом «перший прийшов – перший обслуговуєшся» [5; 6].

Шляхом обробки статистичних даних було визначено пасажиропотік аеропорту «Борис-

піль» за кожний квартал і в будні та вихідні або святкові дні. Середня кількість клієнтів, що надходять за добу в аеропорт, за кожен період наведена в табл. 1.

Під час розроблення імітаційної моделі було зроблено такі припущення:

1. стійка для веб-реєстрації є більш привабливою для клієнта і за наявності вільної стійки для веб-реєстрації клієнт займе саме її;

2. черга до певного типу каналів обслуговування є загальною. Наприклад, клієнт знаходиться в черзі до міжнародної стійки реєстрації

№ 3, і в цей момент звільняється одна зі стійок поруч, то клієнт залишить чергу та пройде до вільної стійки.

Провівши низку імітаційних експериментів та проаналізувавши отримані результати, було сформовано оптимальний графік функціонування стійок реєстрації, пунктів авіаційного та паспортного контролю протягом року, який забезпечить мінімальні черги та раціональну завантаженість (рис. 4, 5).

Як видно із цих рисунків, пропускна можливість аеропорту «Бориспіль» за нинішньої величини пасажиропотоку є достатньою, проте незбалансованою. Протягом більшої частини року використовується лише 24% стійок для реєстрації, 55% пунктів авіаційного контролю та 22% пунктів паспортного контролю, тоді як решта не функціонує.

Аеропорт «Бориспіль» має запас пропускної здатності по стійках для реєстрації та пунктах паспортного контролю, що є позитивним явищем, оскільки в разі незначного зростання пасажиропотоку аеропорт не матиме

проблем з обслуговуванням пасажирів. Проте можна помітити незбалансованість між кількістю стійок для реєстрації, пунктів контролю авіаційної безпеки та пунктів паспортного контролю. Так, у максимально завантажений період використовується 85% пунктів авіаційного контролю і лише 37% стійок реєстрації та пунктів паспортного контролю. У разі зростання пасажиропотоку аеропорту «Бориспіль» до відмітки в 11,4 млн. пасажирів кількість пунктів контролю авіаційної безпеки може виявитися недостатньою для нормального обслуговування пасажирів, тому доцільно збільшити кількість пунктів контролю авіаційної безпеки. Зробити це можна за рахунок переобладнання стійок для реєстрації та пунктів паспортного контролю. Оптимальна перебудова включає: 38 стійок для реєстрації; 30 пунктів контролю авіаційної безпеки; 19 пунктів паспортного контролю в зоні міжнародних рейсів; 17 стійок для реєстрації та 14 пунктів авіаційного контролю в зоні внутрішніх рейсів; 11 стійок для веб-реєстрації.

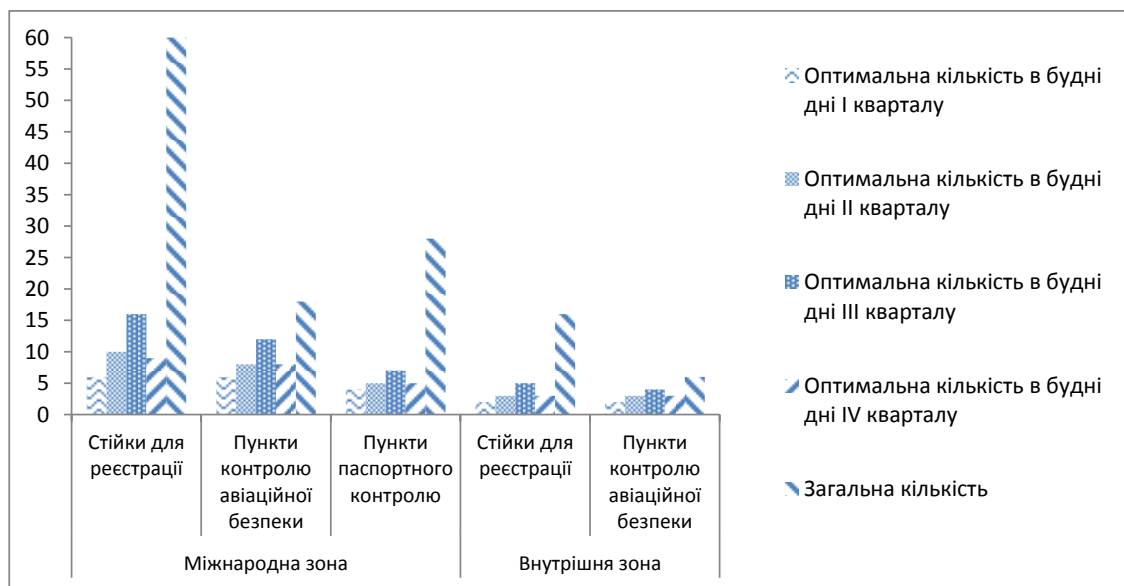


Рис. 4. Оптиміальний план використання пристроїв обслуговування в будні дні

Таблиця 1

Середня кількість клієнтів, що надходять за добу в аеропорт «Бориспіль»

Квартал	День	Середня добова кількість клієнтів, що надходить до аеропорту, пасажирів
I квартал	Святкові та вихідні дні	13178
	Будні дні	11630
II квартал	Святкові та вихідні дні	21027
	Будні дні	17618
III квартал	Святкові та вихідні дні	33581
	Будні дні	24423
IV квартал	Святкові та вихідні дні	29967
	Будні дні	15631

Джерело: складено авторами за даними [4]

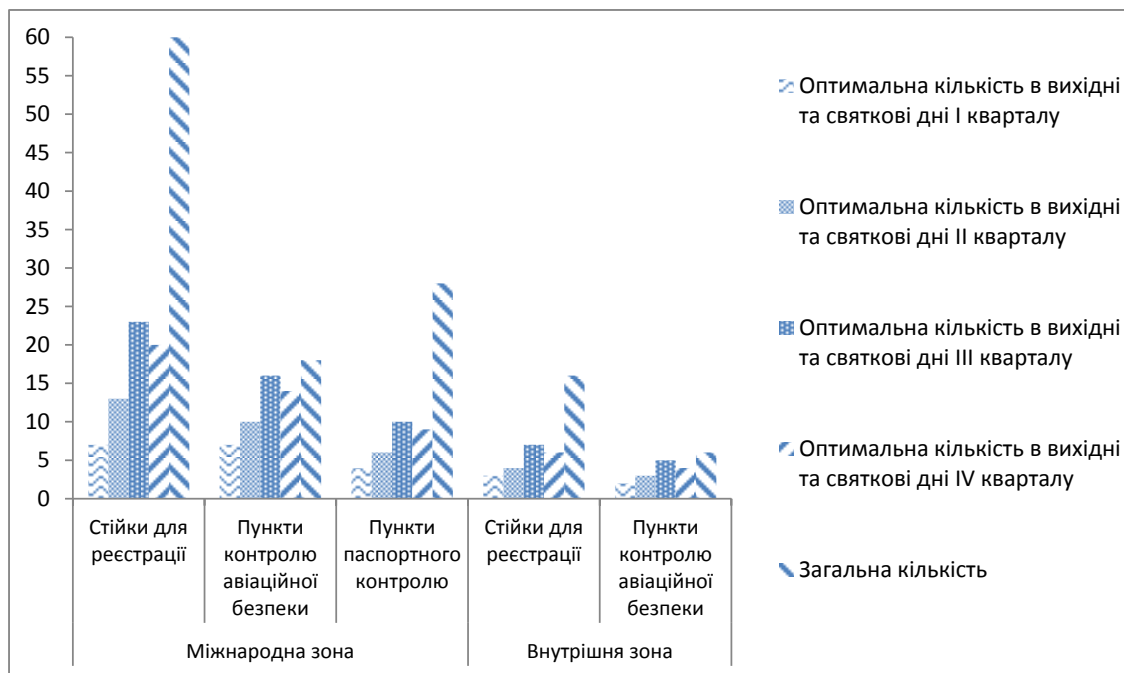


Рис. 5. Оптимальний план використання пристроїв обслуговування у вихідні та святкові дні

Висновки з проведеного дослідження. У проведеному дослідженні виявлено, що кількість стійок для реєстрації та кількість пунктів паспортного контролю порівняно з кількістю пунктів контролю авіаційної безпеки є надмірною, оскільки в найбільш навантажені періоди оптимальним є функціонування лише 39% стійок для реєстрації та 36% пунктів паспортного контролю, а пункти контролю авіаційної безпеки функціонують на 85% від максимальної кількості. Для поліпшення пропускну здатності аеропорту було розраховано, що необхідно збільшити кількість пунктів контролю авіаційної безпеки та стійок для web-реєстрації, а кількість

пунктів паспортного контролю та стійок для реєстрації у міжнародній та внутрішній зонах необхідно зменшити. Оптимальна структура засобів обслуговування за умов переобладнання аеропорту має такі параметри: 38 стійок для реєстрації; 30 пунктів контролю авіаційної безпеки; 19 пунктів паспортного контролю в зоні міжнародних рейсів; 17 стійок для реєстрації та 14 пунктів авіаційного контролю в зоні внутрішніх рейсів; 11 стійок для web-реєстрації. Шляхом проведеного імітаційного дослідження підтверджено, що за таких умов аеропорт буде мати змогу додатково обслуговувати близько 600 тис. пасажирів на рік.

Список використаних джерел:

1. Скорик А.Т. Системи масового обслуговування в комерційній діяльності. Актуальні проблеми економічного і соціального розвитку регіону: збірник матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції: у 2-х т. Т. 1. Красноармійськ: КІІ ДонНТУ, 2011. 343 с.
2. Звіт Державної служби статистики України по пасажирським перевезенням. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>.
3. Акопов А.С. Моделирование многоканальной системы обслуживания с организацией очереди. М., 2014. 389 с.
4. Стратегічний план розвитку державного підприємства «Міжнародний аеропорт «Бориспіль» на 2015–2019 роки. URL: https://kbp.kiev.ua/docs/Strategy_ukr.pdf.
5. Жигаревич О.К. Дослідження складних систем засобами імітаційного моделювання. Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. 2014. № 14. С. 139–143.
6. Кудрявцев Е.М. GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем. М.: Пресс, 2004. 320 с.

Oleshko T.I., Verzun A.V.

SIMULATION MODELLING OF THE AIRPORT PASSENGER SERVICE PROCESS

The article is devoted to the study of the efficiency of operation of the registration and checking system of passengers at Boryspil airport, using the theory of mass service. The state of passenger air transportation at Boryspil airport was analysed. The model of the operation of the registration and checking system of passengers is considered, its simulation model is developed, as well as on the basis of the model, recommendations are given to increase the capacity of the Boryspil airport passenger check-in and checking system.

The main attention is paid to the problem of the functioning of airport passenger terminals as a complex multichannel mass service system. The results of the study will facilitate the adoption of managerial decisions regarding the improvement of the airport's operations, namely, optimization of the structure of passenger services.

Key words: efficiency, system, simulation modelling, mass service theory, airport capacity.

UDC 330.43

Oliskevych M.

Doctor of Economic Sciences,
Professor at Department of Mathematical Economics and Econometrics
Ivan Franko National University of Lviv

Barabash G.

PhD in Mathematics, Associate Professor
at Department of Mathematical Economics and Econometrics
Ivan Franko National University of Lviv

Dosyn K.

Master of Science (Mathematics)
Ivan Franko National University of Lviv

SYSTEM DYNAMICS APPROACH TO MODELING OF MIGRATION IN UKRAINE

The article investigate the dynamics of migration processes in Ukraine based on the system dynamics approach. The simulation model that takes into account the factors of wage differences, GDP, unemployment and living standards in Ukraine and neighboring countries has been constructed. The simulation results showed that the main factors of migration for Ukrainian labor migrants was to improve their standard of living and the prospect of higher salaries. However, incomes from other countries are not the only factor of the motivation for migration. The decision-making process includes non-financial variables such as social benefits and cultural values.

Key words: migration, system dynamics, labor force, unemployment, simulation model, labor market.

У статті проведено дослідження динаміки міграційних процесів в Україні на підставі підходу системної динаміки. Побудовано імітаційну модель, що враховує чинники відмінностей у заробітній платі, ВВП, рівня безробіття та прожиткового мінімуму в Україні та країнах-сусідах. Результати моделювання показали, що основними факторами міграції для українських трудових мігрантів є поліпшення їх рівня життя та перспектива вищих зарплат. Проте доходи від інших країн не є єдиним фактором мотивації для міграції; процес прийняття рішення включає нефінансові змінні, такі як соціальні переваги та культурні цінності.

Ключові слова: міграція, системна динаміка, робоча сила, безробіття, імітаційна модель, ринок праці.