

О.С. Лозовський, В.О. Саліков
Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара

**ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕСУ ОБСЛУГОВУВАННЯ
ПАСАЖИРІВ АЕРОПОРТУ
З ВИКОРИСТАННЯМ ІМІТАЦІЙНИХ ПРОЦЕДУР
ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ ARENA**

Проаналізовано бізнес-процеси типового аеропорту, побудовано функціональну модель бізнес-процесу реєстрації пасажирів у середовищі BPWin. Розроблено імітаційну модель реєстрації пасажирів із метою дослідити динаміку процесу обслуговування пасажирів, проаналізувати інформаційні потоки та вивчити статистичні характеристики. Проведено експерименти за технологією Arena.

Проведен анализ бизнес-процессов типового аэропорта, построена функциональная модель бизнес-процесса регистрации пассажиров в среде BPWin. Разработана имитационная модель регистрации пассажиров с целью исследования динамики процесса обслуживания пассажиров, анализа информационных потоков и изучения статистических характеристик. Проведены эксперименты с применением технологии Arena.

Business processes of a typical airport are analyzed, a functional model of a business process passenger check-in was built in BPWin environment. We developed a simulation model of passenger check-in in order to study the dynamics of passenger service process, the analysis of information flows and statistical characteristics. Experiments are performed using Arena technology.

Ключові слова: інформаційна система, комп'ютерна мережа, імітаційне моделювання, концептуальна модель, функціональна модель.

Вступ. В умовах формування ринкових відносин особливої актуальності набуває проблема підвищення ефективності оперативного та стратегічного керування авіапідприємствами. Комп'ютеризація і впровадження нових інформаційних технологій в аеропортах дозволяють істотно збільшити їх пропускну здатність, а отже, і повний пасажирооборот, а також підвищити рівень сервісу. Крім того, за допомогою інформаційної системи можна підвищити якість обслуговування пасажирів і повітряних суден. Оперативність, рівень надання інформаційних послуг і підтримка користувачів займають важливе місце в роботі інформаційних служб цивільної авіації.

Дослідження роботи інформаційних служб аеропорту дає можливість поліпшити характеристики організаційної структури (кількість рівнів і персоналу на кожному рівні підтримки), а також оцінити реакцію системи в разі зміни значень основних параметрів (кількості користувачів системи, інтенсивності запитів і т.д.).

Постановка задачі. Виходячи з актуальності розглянутої проблеми, основним завданням нашого дослідження є розробка концептуальної моделі бізнес-процесів системи реєстрації пасажирів та відповідної імітаційної моделі процесу реєстрації пасажирів, що дозволить визначити коефіцієнт завантаження стійок реєстрації, середній час очікування пасажира в черзі, середній час перебування елемента потоку в системі та ін.

Актуальність роботи. У типовому аеропорті здійснюють: технічне обслуговування авіаційної техніки; обслуговування пасажирів, багажу, пошти і вантажів внутрішніх і міжнародних повітряних перевезень; аеродромне забезпечення та ін.

Організаційна система керування аеропорту являє собою ієрархічну структуру й характеризується лінійно-функціональними зв'язками між працівниками апарату керування, а також є відображенням повноважень і обов'язків, покладених на кожного з працівників апарату керування.

Основні складники типової інформаційної системи аеропорту:

- підсистема диспетчерського центру;
- підсистема обслуговування літаків;
- підсистема обслуговування пасажирів.

Інформаційна система забезпечує збір інформації з різних джерел, включаючи розклад руху, оперативні бази даних стосовно перевізного процесу, системи реєстрації та наявності квитків, комплексну обробку вхідної інформації, формування і виведення оброблених даних на різні робочі місця і засоби відображення [1]. Завдяки інтеграції оперативної бази даних і зовнішніх джерел інформації забезпечують функціонування єдиного інформаційного простору для аеропорту.

Інформаційна система дозволяє здійснити виведення інформації на засоби відображення – інформаційні табло різного призначення, табло на базі моніторів, інформаційно-довідкові кіоски та ін. Наявність засобів конфігурації дозволяє швидко коригувати форму відображення інформації.

Також у складі інформаційної системи часто реалізують автоматичне гучномовне оповіщення на транспортному терміналі. Використання звукових станцій із керуванням різними зонами озвучування дозволяє в автоматичному режимі видавати звукові повідомлення тільки в потрібні приміщення та території об'єкта. При цьому істотно підвищується здатність сприймання голосової інформації пасажиром.

Система керування дозволяє в єдиному інтерфейсі об'єднати моніторинг і керування різноманітним обладнанням та програмними засобами. Можливість автоматичної подачі тривожних повідомлень на засоби візуалізації та голосового забезпечення, доведення до обслуговуючого та чергового персоналу інформації про функціонування всіх компонентів системи робить програмно-апаратний комплекс інформаційно-керувальних систем унікальним засобом керування транспортними потоками.

Результати аналізу показали, що із урахуванням зазначених особливостей функціонування інформаційної системи типового аеропорту система реєстрації пасажирів та прийому багажу неефективна. У свою чергу відсутність науково обґрунтованих принципів побудови інформаційної системи реєстрації пасажирів і багажу призводить до додаткових витрат на реалізацію і до низької ефективності її функціонування.

Оскільки обслуговування пасажирів – основний бізнес-процес у діяльності аеропорту, то в даній роботі побудовано модель саме цього процесу.

Результати. Концептуальна модель бізнес-процесів системи реєстрації пасажирів. У загальному випадку концептуальна модель являє собою певну множину понять і зв'язків між ними, що є понятійною структурою розглянутої предметної області. Отже, у першу чергу доцільно провести аналіз основних бізнес-процесів авіакомпанії з необхідним ступенем деталізації. Оскільки моделювання досить тривалий і трудомісткий процес, дослідження було поділено на такі етапи:

- дослідження діяльності підприємства, побудова концептуальної моделі підприємства із використанням засобів візуального моделювання;
- оцінювання адекватності цієї моделі, порівняння варіантів реальної діяльності з результатами імітаційного моделювання;
- формування рекомендацій щодо вдосконалення існуючих бізнес-процесів.

Побудова концептуальної моделі дозволяє виявити проблемні місця і модифікувати структуру бізнес-процесів компанії. При цьому за допомогою побудованої концептуальної моделі як комплексу організаційного, інформаційного та функціонального аналізу можна всебічно вивчити предметну область. Під час розробки концептуальної моделі типового аеропорту було використано середовище розробки BPWin, до переваг якого належать: наочність; простота складання діаграми; чітка логіка побудови моделей, яка дозволяє уникнути багатьох помилок у ході проектування; інтуїтивно зрозумілий інтерфейс системи; наявність вбудованих засобів імітаційного моделювання; можливість подання всіх видів даних (функціональних, інформаційних та ієрархічних моделей) у вигляді єдиної карти компанії – комплексного опису системи [5].

Інформаційний аналіз полягає в дослідженні інформаційних потоків, що циркулюють між функціональними компонентами організаційної системи керування. Його виконують для визначення взаємодії між підрозділами та з'ясування складу переданої документації. Результати інформаційного аналізу надалі використовують під час класифікації об'єктів.

За допомогою функціонального аналізу (рис. 2) з'ясовують функціональні зв'язки і послідовність виконання функцій, завдань і процедур. Даний аналіз передбачає багаторівневий розгляд: на основі декомпозиції кожен функцію ділять на завдання, а ті, у свою чергу, ділять на процедури. Таке дослідження в практиці створення інформаційних систем отримало назву бізнес-моделювання, а зміст функціональних моделей – бізнес-процес.

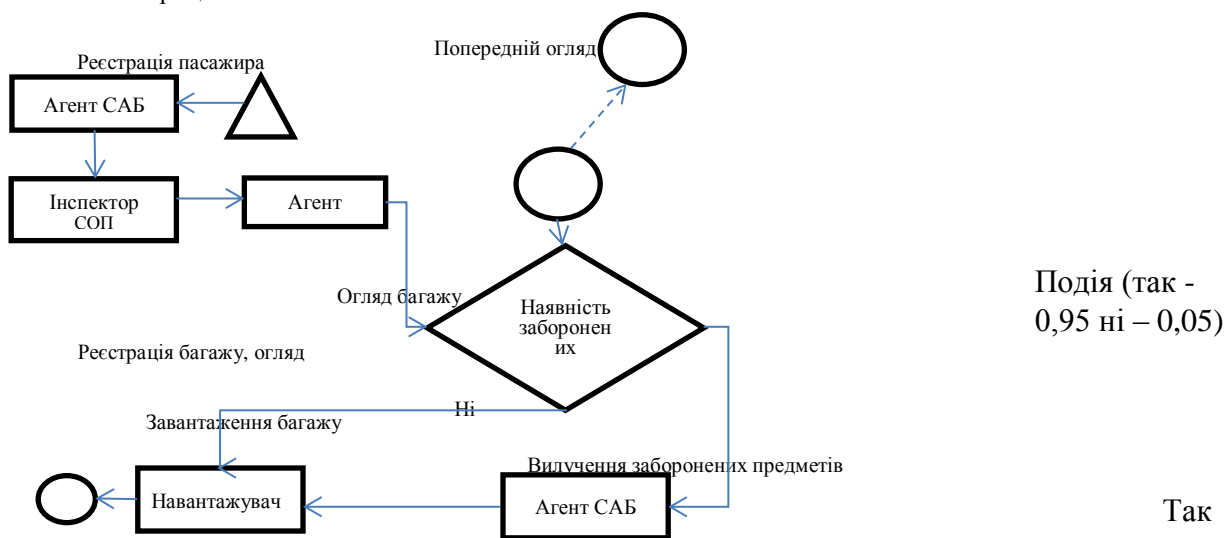


Рис. 1. Функціональна модель процесу реєстрації пасажирів

Результатом функціонального аналізу є одержання низки функціональних моделей, що відображають бізнес-процеси конкретного авіапідприємства із заданим рівнем деталізації. Їх аналіз дозволить локалізувати проблемні місця, оцінити переваги нових функціональних компонентів і глибину змін існуючої їх організації.

Деталізація функціональних компонентів бізнес-процесів дозволяє виявити недоліки організації навіть там, де функціональність на перший погляд здається очевидною.

На основі аналізу предметної області побудовано функціональну модель бізнес-процесу реєстрації пасажирів у середовищі BPWin для виявлення місць зниження продуктивності. Було побудовано контекстну діаграму бізнес-процесу обслуговування пасажирів, яка являє собою саме загальний опис системи та її взаємодії із зовнішнім середовищем. Далі проведено функціональну декомпозицію системи (розбиття системи на великі фрагменти) із подальшою декомпозицією кожного великого фрагмента системи на більш дрібні тощо до досягнення необхідного рівня деталізації опису. Діаграми декомпозиції деяких основних бізнес-процесів подано нижче (рис. 2–3).

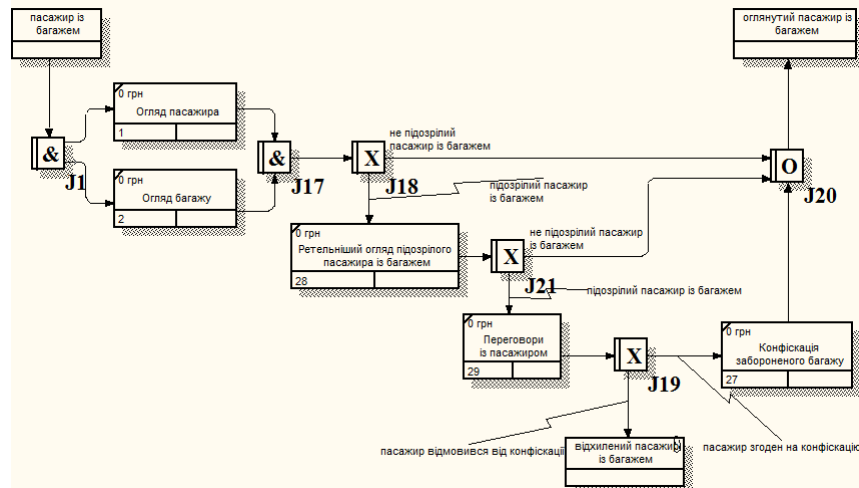


Рис. 2. Діаграма «Огляд на вході до аеропорту»

Результати дослідження показали, що більшість інформаційних та матеріальних потоків зосереджено в процесі реєстрації пасажирів. Співробітники аеропорту, які виконують реєстрацію, збирають, обробляють і передають до інформаційної системи такі дані: інформацію про кількість прибулих пасажирів; інформацію про відсутніх пасажирів у кінці реєстрації; дані про багаж, відповідність зазначеного місця багажу номеру бирки й оголошеній цінності; дані про службову пошту; інформацію про відміну реєстрації пасажирів, зняття багажу і видалення багажної бирки.

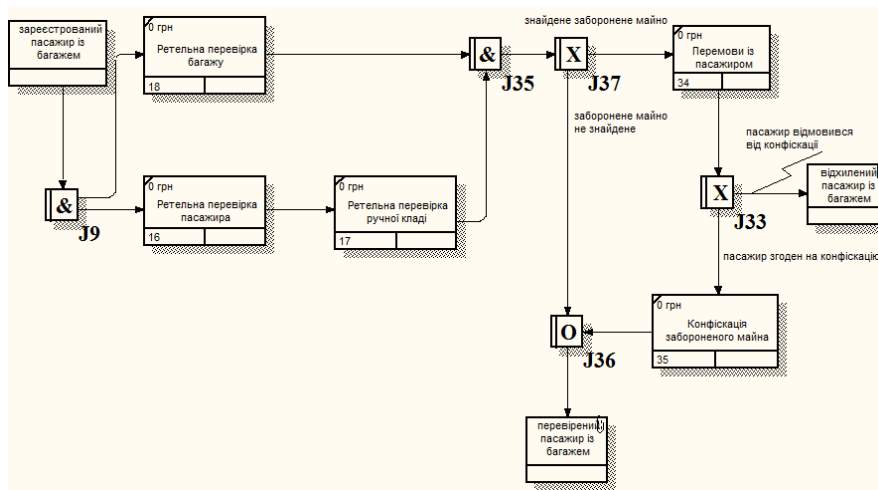


Рис.3. Діаграма «Контроль авіабезпеки»

Діаграма дерева вузлів демонструє ієрархію проведених робіт і дозволяє розглянути всю модель цілком, але не демонструє взаємозв'язку між окремими роботами. У процесі побудови функціональної моделі та моделі потоків даних, пов'язаної з обслуговуванням пасажирів, було визначено «вузькі місця» в існуючій системі:

- виникнення великих черг під час реєстрації пасажирів;
- тривалий час обслуговування пасажирів перед вильотом;
- багаторазовий огляд пасажирів і багажу, що призводить до збільшення часу реєстрації.

Створення імітаційної моделі реєстрації пасажирів. Для аналізу динаміки процесу обслуговування пасажирів, дослідження інформаційних потоків і вивчення статистичних характеристик процесу було побудовано імітаційну модель, що описує процес обслуговування пасажирів в аеропорту.

Вихідні дані для побудови імітаційної моделі процесу приходу пасажирів на реєстрацію: біномний закон розподілу; тривалість реєстрації – 120 хв; максимальний пасажиропотік – на 50–70 хв реєстрації.

Для розрахунку основних характеристик застосовано такі формули.

Імовірність приходу пасажирів в k -й інтервал реєстрації [3] (результати розрахунків наведено в таблиці):

$$P_k = C_n^k \cdot p^k \cdot (1-p)^{n-k}, \quad (1)$$

де p – імовірність «успішного» приходу пасажирів в довільний інтервал часу (у даному випадку обрана 0,5); C_n^k – кількість сполучень із n по k ; $k = \{0, \dots, n\}$ – номер інтервалу, $n = 11$ (період реєстрації розбиваємо на проміжки в 10 хв).

Кількість пасажирів, які потрапили в k -й інтервал реєстрації [3]:

$$N_k = P_k \cdot N, \quad (2)$$

де N – максимальна кількість пасажирів (визначають кількістю посадкових місць).

Середній період часу між приходом пасажирів у k -й інтервал [2]

$$\bar{t} = \frac{1}{\lambda_k},$$

де λ_k – середня інтенсивність приходу пасажирів k -го інтервалу за 1 хв [Там же]:

$$\lambda_k = \frac{\sum_{i=0}^n \lambda_i \text{ за рейсами}}{n}.$$

Як програмну платформу для створення імітаційної моделі було обрано систему імітаційного моделювання Arena, оскільки вона дозволяє генерувати необхідні імовірнісні розподіли, докладно описувати бізнес-процеси із зазначенням необхідних матеріальних, фінансових та інформаційних ресурсів. Анімація процесів, що відбуваються в аеропорту, і детальні звіти дають обширний статистичний матеріал для аналізу їх ефективності та подальшої оптимізації.

У середовищі Arena було побудовано імітаційну модель обслуговування пасажирів в аеропорту. Верхній рівень цієї моделі містить такі основні процеси:

- *Prisvar Dosmotr* – первинний огляд усіх людей, які входять в аеропорт, на наявність вибухових речовин і небезпечних вантажів;

- *Registracia passagira* – перевірка документів і квитків, введення даних в інформаційну систему, призначення місця в літаку, видача посадкового талона;

- *Registracia bagaja* – реєстрація багажу, що передбачає зважування багажу пасажирів та оплати в разі необхідності ваги, що перевищує норму (20 кг), прикріплення багажних бирок;

- *Osmotr bagaja* – огляд співробітником авіаційної безпеки пасажирів та ручної поклажі на наявність небезпечних речовин і забороненого вантажу і за необхідності їх вилучення;

- *Pogruzka bagaja* – перевірка багажу на наявність небезпечних речовин і забороненого вантажу, завантаження багажу в машину і порівняння реальної кількості місць багажу з кількістю, зареєстрованою в системі;

- *Posadka i vilet* – перевірка пасажирів на наявність заборонених до перевезень предметів і речовин, знаходження пасажирів у залі очікування аеропорту, перевезення їх на автобусі до трапу літака, перевірку посадкових талонів та розміщення пасажирів у салоні літака, виліт.

Імовірність приходу пасажирів в k -й інтервал реєстрації

k	0	1	2	3	4	5
P_k	0,000488	0,005371	0,026855	0,080566	0,161133	0,225586
k	6	7	8	9	10	11
P_k	0,225586	0,161133	0,080566	0,026855	0,005371	0,000488

У разі успішного завершення всіх етапів агент із реєстрації друкує багажну відомість і передає її вантажникам. Якщо кількість місць багажу не збігається із зазначеною, то з'ясовують помилку й усувають її. Після цього вантажники відправляються до літака, передають багажну відомість льотній бригаді і вантажать багаж у літак.

Результати моделювання. Для аналізу основних характеристик процесу обслуговування пасажирів (час обслуговування пасажирів і середній час їх перебування в черзі) проведено такі експерименти.

Експеримент 1:

- пасажиропотік не змінено;

- параметри складових блоків моделі відповідають заданим вище.

Експеримент 2:

- кількість пасажирів, які вилітають, збільшено на 15 %;
- параметри складових блоків моделі відповідають заданим вище.

Експеримент 3:

- кількість пасажирів, які вилітають, збільшено на 15 %;
- кількість стійок реєстрації – 14;
- час реєстрації пасажирів – 50 с;
- час обробки одиниці багажу – 19 с.

Експеримент 4:

- кількість пасажирів, які вилітають, збільшено на 15 %;
- кількість стійок реєстрації – 10;
- час реєстрації одного пасажирів і обробки одиниці багажу дорівнює початково заданому.

У результаті моделювання для кожного експерименту було визначено час обслуговування пасажирів (рис. 4) і середній час їх перебування в черзі (рис. 5).

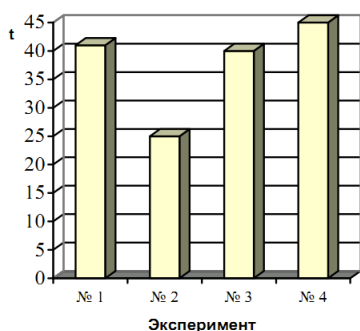


Рис.4. Середній час обслуговування

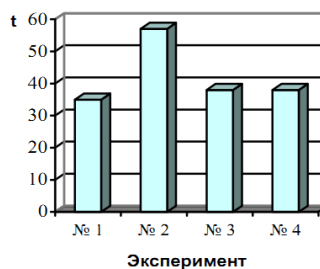


Рис. 5. Середній час у черзі

Висновок. Розроблено концептуальну й імітаційну моделі бізнес-процесів системи реєстрації пасажирів. Застосування імітаційної моделі обслуговування пасажирів в аеропорту дозволило одержати докладні звіти про використання матеріальних та інформаційних ресурсів у типовому аеропорту. Виявлено потенційні «вузькі» місця системи реєстрації пасажирів і багажу.

Проаналізовано результати проведених експериментів. Показники третього експерименту виявилися найуспішнішими.

На основі результатів детального аналізу кількісних характеристик модельованого процесу можна визначити необхідну кількість стійок реєстрації в умовах заданої інтенсивності вхідного потоку пасажирів, що дозволить скоротити витрати підприємства на обслуговування місць реєстрації пасажирів і багажу. Таке визначення допоможе удосконалити основні бізнес-процеси системи реєстрації пасажирів аеропорту, необхідні для забезпечення нормального функціонування аеропорту.

Разом із запропонованим інженерно-прикладним способом моделювання матеріальних та інформаційних процесів можна запропонувати більш оперативний і спрощений підхід у вигляді аналітичного моделювання за допомогою засобів теорії масового обслуговування. Зокрема, для моделювання процесів реєстрації пасажирів і багажу можна застосовувати багатоканальні однофазні моделі з пуассонівським вхідним потоком, експоненціальним законом часу обслуговування і дисципліною Fifo (перший прийшов перший обслужений). Застосування відомих теоретичних формул для зазначеної постановки дає можливість досить оперативно одержати такі результати за наявності заданої інтенсивності вхідного потоку та інтенсивності обробки елементів потоку в обслуговуючих пристроях (стійках реєстрації):

- коефіцієнт завантаження;
- середній час очікування;
- середній час перебування елемента потоку в системі та ін.

При цьому можна застосовувати моделі з необмеженою і обмеженою кількістю місць очікування.

Навіть за таких спрощених умов розрахунку можливо одержати необхідну кількість апаратів обслуговування для збереження заданого загального часу обслуговування пасажиропотоку.

Бібліографічні посилання

1. **Дмитриев, С.А.** Реинжиниринг бизнес-процессов проектирования и производства [Текст] / С.А. Дмитриев, А.А. Саломатина, Ю.Н. Фомина; под общ. ред. Е.И. Яблочникова. – СПб.: СПбГУИТМО, 2008. – 236 с.
2. **Советов, Б.Я.** Моделирование систем [Текст]: учеб. пособие для вузов / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – М.: Высш. шк., 2001. – 343 с.
3. **Кельпон, В.** Имитационное моделирование [Текст] / В. Кельпон. – СПб.: Питер; К.: BHV, 2004. – 847 с.
4. ADONIS. Version 3.81. Volume IL User Manual [Electronic resource]. – Access mode: http://www.csd.uoc.gr/~hy565/neupage/docs/pdfs/ADONIS_user_manual.pdf.

Надійшла до редколегії 17.05.2015