

**KAMYSZEK Kamila, ANRZEJEWSKA Sylwia,
MERKISZ-GURANOWSKA Agnieszka**

MODELOWANIE PROCESÓW OBSŁUGOWYCH W PORCIE LOTNICZYM W CELU WYZNACZENIA JEGO PRZEPUSTOWOŚCI

Streszczenie

Ruch lotniczy jest realizowany w wydzielonych obszarach powietrznych podlegających sterowaniu przez służby kontroli. Największe zagęszczenie ruchu występuje w rejonie kontrolowanym lotniska. W celu zapewnienia bezpieczeństwa ruchu konieczna jest znajomość pojemności lotniska. Pojemność definiowane jest, jako maksymalna liczba operacji, z którą system może sobie poradzić w ograniczonym przedziale czasu i warunkach. Kluczową rolę we właściwym funkcjonowaniu portu lotniczego odgrywa dopasowanie przepustowości poszczególnych jego elementów do występującego zapotrzebowania na lotniczą usługę transportową. Duża liczba elementów, które trzeba uwzględnić, ciągły dynamizm procesów obsługowych, brak możliwości eksperymentowania w czasie rzeczywistym sprawia, że port lotniczy jest doskonałym obiektem do przeprowadzania symulacji.

Celem niniejszego opracowania jest uporządkowanie podstawowych zagadnień inżynierii ruchu lotniczego, a w konsekwencji zaproponowanie kierunku prac mających na celu opracowanie i wdrożenie metody wyznaczania przepustowości portu lotniczego.

WSTĘP

Ruch lotniczy odbywa się w wydzielonych obszarach przestrzeni powietrznej oraz na części powierzchni ziemi przeznaczonych do przylotów, odlotów oraz manewrowania statków powietrznych – w porcie lotniczym. Rozpatrywanie portu lotniczego, jako miejsca realizacji jedynie obsługi ruchu statków powietrznych poddać należy krytyce. Konieczne jest szersze rozumienie pojęcia port lotniczy, uwzględniającego pasażera, jego komfort i potrzeby, a także sieć dojazdową zapewniającą komunikację naziemną z najbliższym ośrodkiem miejskim.

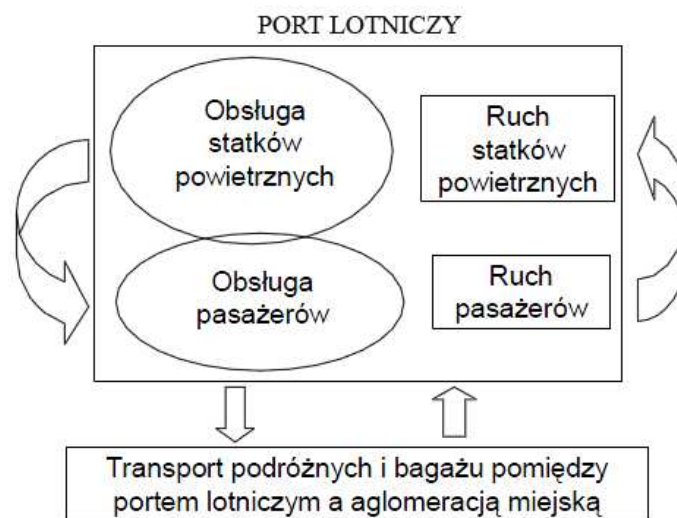
Parametrem określającym możliwości obsługi przez port lotniczy jest przepustowość, którą wyraża się jako pojemność w jednostce czasu, czyli liczbę operacji (startów i lądowań) w jednostce czasu, przy której dany port lotniczy może efektywnie (płynnie) i bezpiecznie funkcjonować. Kluczową rolę we właściwym funkcjonowaniu portu lotniczego odgrywa dopasowanie przepustowości poszczególnych jego elementów do występującego zapotrzebowania na lotniczą usługę transportową.

Jednym z sposobów zwiększenie przepustowości jest powiększenie infrastruktury lotniska. Nie można jednak robić tego w nieskończoność, na przeszkodzie stoją tu dwa względy: ekonomiczny i terytorialny. W obliczu braku perspektyw rozwoju terytorialnego zwiększenie przepustowości jest możliwe wyłącznie na drodze zmian organizacyjno-systemowych i likwidacji tzw. wąskich gardeł. Zanim jednak wprowadzi się działania zaradcze, należy oszacować istniejącą przepustowość. Mimo dużego zainteresowania problemem zwiększania pojemności portów lotniczych, daje się zauważyć brak

odpowiedniego zainteresowania tworzeniem metod oceny istniejącej pojemności, czy pojemności możliwej do uzyskania po ewentualnej modernizacji lotniska. Jest to praktyka niesłuszna, gdyż tylko posiadanie efektywnej i obiektywnej metody wyznaczania przepustowości gwarantuje, że ponoszone na modernizację lotnisk nakłady finansowe, przyniosą oczekiwany skutek w zwiększeniu efektywności funkcjonowania. Dokładna analiza procesów zachodzących na terenie portu wskazuje, że ponoszone koszty nie zawsze są w pełni uzasadnione.

1. PRZEPUSTOWOŚĆ PORTU LOTNICZEGO

Port lotniczy stanowi wydzieloną powierzchnię użytku publicznego, wraz z przynależącymi do niej obiektami budowlanymi oraz urządzeniami i przeznaczony jest do wykonywania lotów handlowych. Port lotniczy odgrywa kluczową rolę w rozumieniu inżynierii ruchu lotniczego. Funkcja ta polega na kojarzeniu uczestników ruchu, czyli na obsłudze w jednym miejscu strumienia ruchu statków powietrznych oraz strumienia ruchu pasażerów. Port lotniczy tworzą zatem dwa obszary: lotniczy – dotyczący obsługi statków powietrznych oraz naziemny – związany z obsługą pasażerów. Uzasadnione jest więc rozpatrywanie portu lotniczego z uwzględnieniem całego rejonu kontrolowanego lotniska - zarówno przestrzeni powietrznej jak i pasów startowych, dróg kołowania, stanowisk postojowych oraz terminala. Port lotniczy tworzy zatem rozbudowany system składający się z wyróżnionych podsystemów i relacji współpracy między nimi [7]. Na rysunku 1. przedstawiono przykład ilustrujący kojarzenie potoków ruchu w obszarze portu lotniczego.



Rys. 1. Port lotniczy, jako system [5]

Źródło: [5]

Cel funkcjonowania lotniska polega na wypracowaniu takiego procesu obsługi, który będzie bezpieczny, szybki i tani. Niemniej jednak pomiędzy uczestnikami ruchu występują zakłócenia, co przenosi się na funkcjonowanie całego portu. Zakłócenia wynikają z niemożności obsłużenia obu strumieni ruchu natychmiast w chwili przybycia. Stwarza to konieczność oczekiwania na obsługę, zarówno samolotów, jak i pasażerów. Skala częstotliwości występowania zakłócenia jest zależna od wielu czynników, min. od wyposażenia technicznego i organizacyjnego obu obszarów. Ze względu na konieczność zapewnienia bezpieczeństwa i regularności transportu, służby kontroli ruchu lotniczego stają przed koniecznością określenia przepustowości, czy tożsamo rozumianej pojemności portu lotniczego.

W literaturze istnieje wiele definicji przepustowości portu lotniczego. Wśród nich na uwagę zasługują dwie [12]:

- a) przepustowość podstawowa (teoretyczna) – to maksymalna liczba operacji (prowadzonych w ustalonych warunkach ruchu lotniczego i przy ciągłej obsłudze pasażerów, ładunków - towarów i poczty) startów i lądowań umownego statku powietrznego w jednostce czasu,
- b) przepustowość praktyczna – to liczba operacji (prowadzonych w ustalonych warunkach ruchu lotniczego i przy ciągłej obsłudze pasażerów, ładunków - towarów i poczty) startów i lądowań umownego statku powietrznego w jednostce czasu, dla którego średni czas opóźnień będzie odpowiadał dopuszczalnemu średniemu czasowi opóźnień.

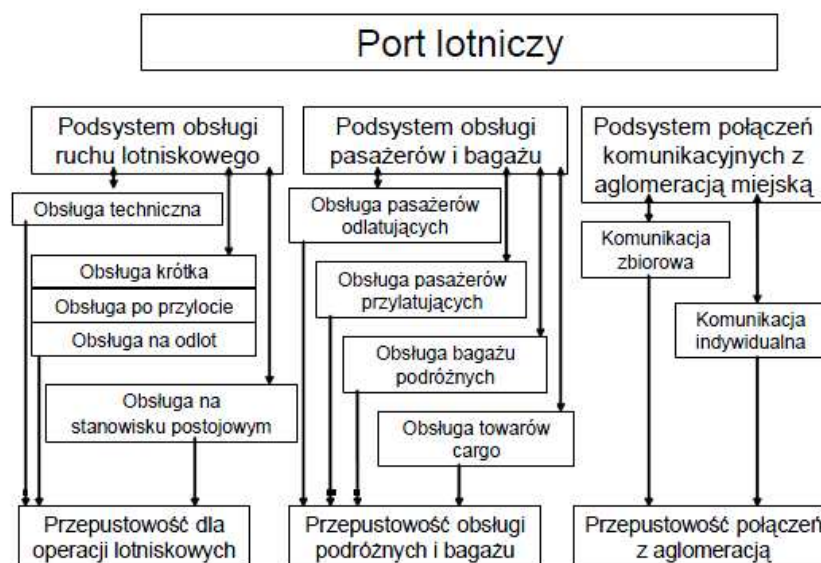
Istotną różnicą pomiędzy przytoczonymi definicjami jest to, że pierwsza nie uwzględnia czasu oczekiwania, druga natomiast zakłada istnienie statycznej zależności pomiędzy wielkością ruchu lotniczego, a średnim czasem opóźnienia. Przy czym opóźnienie traktować należy jako sumę opóźnień samolotu w poszczególnych podsystemach rejonu lotniska. Najogólniej wielkość tę zdefiniować można jako różnicę między zaplanowanym czasem wykonania danej operacji, a czasem jej rzeczywistej realizacji [2]. Odwzorowanie wszystkich parametrów to jeden z podstawowych problemów podczas wyznaczania pojemności portu lotniczego. Niektóre czynniki mogą być precyzyjnie wyliczone, inne są bardzo trudne do oszacowania i ulegają szybkim zmianom. Planując obsługę ruchu należy uwzględnić nie tylko fakt występowania zakłóceń, ale również prawdopodobieństwo ich wystąpienia oraz poziom zagrożenia, jaki niesie dla całości procesu obsługowego.

2. WYZNACZANIE PRZEPUSTOWOŚCI PORTU LOTNICZEGO

Złożoność problemu jest tak duża, że wyznaczenie rozwiązania optymalnego jest zagadnieniem trudnym. Najlepszym podejściem wydaje się być potraktowanie portu lotniczego, jako sieci połączeń między podsystemami i przeprowadzenie niezależnej analizy każdego z podsystemów. Wyróżnić więc można [5]:

- a) przepustowość portu lotniczego dla operacji statków powietrznych,
- b) przepustowość portu lotniczego dla obsługi pasażerów i bagażu,
- c) przepustowość podsystemu transportu pomiędzy lotniskiem, a aglomeracją miejską.

Rysunek 2. przedstawia port lotniczy jako system. Na rysunek naniesiono elementy wchodzące w skład wyróżnionych podsystemów.



Rys. 2. Przepustowość podsystemów portu lotniczego [5]

Źródło: [5]

Poznanie zasad, według których funkcjonuje port lotniczy wymaga budowy odpowiednich modeli, odzwierciedlających zachodzące w nim procesy i pozwalających wnioskować co do sposobów optymalizacji zastanej sytuacji. Można w tym celu wykorzystać modele analityczne i symulacyjne, których opis przedstawiono w tabeli 1. W tabeli zamieszczono typowe podejścia charakterystyczne dla obu modeli.

Tab. 2. Charakterystyka modeli wyznaczania przepustowości [12]

Model analityczny	Model symulacyjny
<ul style="list-style-type: none"> • względna łatwość w budowie i szybkość działania, • mniejsza dokładność w porównaniu z modelami symulacyjnymi, • przydatny przy podejściu hybrydowym – jako wstępna identyfikacja najważniejszych problemów, • typowe podejścia analityczne: <ul style="list-style-type: none"> - analizy przestrzenno-czasowe, - modele kolejkowe (deterministyczne i stochastyczne) 	<ul style="list-style-type: none"> • znaczna złożoność, konieczność identyfikacji wielu modelowanych obszarów, • duża dokładność i szczegółowość modelowanych zjawisk, • możliwość łatwych zmian parametrów modelu i struktury modelowanego obszaru.

Zródło: [12]

Metody symulacyjne w porównaniu z metodami analitycznymi cechują się znaczną złożonością oraz koniecznością identyfikacji wielu modelowanych obszarów, ale pozwalają na uzyskanie dokładniejszych wyników. Ponadto dają możliwość łatwych zmian parametrów modelu i weryfikacji projektu jeszcze przed jego wdrożeniem.

Elementem podstawowym badań symulacyjnych jest skonstruowanie modelu, odwzorowującego cały system lub jego poszczególne procesy zgodnie z przyjętym celem badań. Model tworzy się w sposób graficzny lub poprzez wprowadzenie kodów. Konsekwencją konstrukcji modelu symulacyjnego jest przeprowadzenie komputerowych eksperymentów, model poddaje się działaniu zmiennych warunków, aby w rezultacie dokonać oceny funkcjonowania badanego systemu.

Procesy obsługi ruchu lotniskowego zmieniają się dynamicznie. Taki stan rzeczy czyni port lotniczy doskonałym obszarem do przeprowadzania symulacji. Uwzględnienie wielu ruchomych obiektów wymaga dobrego przygotowania.

Analiza i badanie tak złożonego systemu, jakim jest port lotniczy stwarzają liczne problemy metodologiczne i obliczeniowe zwłaszcza, jeśli celem badań jest określenie pojemności. Ogólny algorytm rozwiązywania problemu wyznaczenia przepustowości lotniska składa się z następujących etapów [5]:

- a) dokładnej identyfikacji zjawisk w badanym systemie,
- b) zapisania modelu przy użyciu specjalistycznego języka symulacji,
- c) przeprowadzenia serii eksperymentów symulacyjnych,
- d) analizy otrzymanej próbki statystycznej i wyznaczenia pojemności.

Analizując poszczególne etapy obsługi zwrócić uwagę należy na następujące składniki ich struktury:

- a) proces zgłoszeń klientów do systemu,
- b) los klientów w przypadku oczekiwania na obsługę,
- c) informacje o liczbie kanałów i przebiegu obsługi.

Symulacyjny model obsługi procesów lotniskowych dąży do poznania własności systemu celem usprawnienia jego funkcjonowania. Osiąga się to poprzez wyznaczenie optymalnych decyzji w stosunku do kanałów obsługi, intensywności obsługi, czy też czasu obsługi.

3. INENTYFIKACJA PROCESÓW OBSŁUGI W PORCIE LOTNICZYM

3.1. Przepustowość portu lotniczego dla operacji statków powietrznych

Proces obsługi ruchu lotniskowego

Zgodnie z procedurami obsługi startów i lądowań statek powietrzny podchodzący do lądowania otrzymuje zezwolenie na kontynuowanie podejścia końcowego i lądowanie, gdy poprzedzający go odlatujący statek powietrzny minie koniec drogi startowej w użyciu lub rozpocznie zakręt oraz gdy uprzednio lądujący statek powietrzny zwolni drogę startową w użyciu. Statek powietrzny rozpoczyna podejście do lądowania (*Approach*), zostaje skierowany w kierunku pasa startowego i wykonuje operację lądowania (*Landing*). Po wylądowaniu statek powietrzny kołuje (*Taxiing*) na wyznaczone miejsce postojowe, po czym następuje obsługa naziemna (*On-ground Service*). Obsługa naziemna składa się: z obsługi pasażerów oraz obsługi płytowej statku powietrznego (*Aircraft Service*), wykonywanych równolegle. Dla startu wyodrębnia się operację kołowania przed startem (*Taxiing*), polega ona na przemieszczaniu się statku powietrznego z miejsca postoju na próg pasa startowego. Następnie odbywa się operacja startu (*Take Off*) przechodząca w operację wznoszenia (*Climb*). Odlatujący statek powietrzny otrzymuje zezwolenie na rozpoczęcie startu, gdy poprzedzający go odlatujący statek powietrzny minie koniec drogi startowej lub rozpocznie zakręt, a uprzednio lądujący statek powietrzny zwolni drogę startową w użyciu. Przekazanie kontroli nad statkiem powietrznym przez APP służbie ACC stanowi zakończenie analizowanego modelu [11].

Proces obsługi płytowej statku powietrznego

Lista czynności wchodząca w skład procesu obsługi płytowej statku powietrznego jest bardzo bogata. Szczegółowy wykaz rodzajów usług zawiera załącznik do rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie obsługi naziemnej w portach lotniczych. Wśród najważniejszych czynności wyróżniono [10]:

- a) ustawianie oraz zapewnienie urządzeń do ciągnięcia i/lub wypychania statku powietrznego,
- b) pomoc w blokowaniu statku powietrznego, dostarczenie odpowiednich urządzeń,
- c) zapewnienie i obsługę naziemnego źródła prądu celem dostarczenia niezbędnej energii elektrycznej,
- d) załadunek i rozładunek statku powietrznego, w tym zapewnienie i obsługa odpowiednich urządzeń, jak również transport załogi i pasażerów oraz bagażu między statkiem powietrznym i terminalem,
- e) ustawienie schodów dla pasażerów, załogi oraz pomostów załadowniczych,
- f) zapewnienie pasażerom i załodze transportu pomiędzy statkiem powietrznym i dworcem lotniczym,
- g) transport bagażu pomiędzy statkiem powietrznym i terminalem,
- h) obsługę kabinową statków powietrznych, w tym mycie statku powietrznego na zewnątrz i wewnątrz, zaopatrywanie w wodę, odladzanie samolotu,
- i) obsługę w zakresie zaopatrzenia statków powietrznych w paliwo, smary i inne materiały techniczne.

Statek powietrzny uczestniczy w naziemnym ruchu lotniczym z chwilą opuszczenia drogi startowej. Poruszając się po drodze kołowania dociera do wyznaczonego mu stanowiska postojowego. W zależności czy jest to stanowisko kontaktowe czy oddalone odbywa się dokowanie do pomostu pasażerskiego bądź ustawianie statku na stanowisku oddalonym. Gdy samolot jest już ustawiony na stanowisku postojowym, agenci obsługi naziemnej rozpoczynają wykonywanie czynności obsługowych. Podłączone zostaje zewnętrzne źródło zasilania podstawiane są schody dla pasażerów i autobusy mające przewieźć ich do budynku

terminala pasażerskiego. W przypadku, gdy dany port lotniczy dysponuje stanowiskami kontaktowymi pasażerowie opuszczają pokład statku powietrznego bezpośrednio do terminala. Za pomocą taśmociągu, z wykorzystaniem wózków bagażowych odbywa się rozładunek, a następnie załadunek bagażu. W międzyczasie trwa sprzątanie i wymiana cateringu. Opróżniane są toalety, uzupełnia się zapasy. Po opuszczeniu przez pasażerów pokładu prowadzone jest tankowanie, po którym samolot przygotowywany jest do startu. Po zakończeniu załadunku następuje rozruch silników, odłączenie zewnętrznego zasilania i statek powietrzny rozpoczyna kołowanie w kierunku wyznaczonego mu progu drogi startowej. Gdy czynności mają miejsce w warunkach atmosferycznych sprzyjających oblodzeniu, statek powietrzny przechodzi przez specjalną płytę, gdzie przeprowadzane jest jego odladanie [4]. Szereg wymienionych czynności wykonywanych jest równocześnie, co znacznie skraca czas obsługi.

3.2. Przepustowość portu lotniczego dla obsługi pasażerów i bagażu

Proces obsługi pasażerów odlatujących

W terminalu pasażerskim portu lotniczego zbiegają się drogi wielu osób kończących lub rozpoczynających podróż lotniczą. Wśród przybyłych do terminala wyróżnić można: pasażerów przylatujących, pasażerów odlatujących, oraz pasażerów tranzytowych i transferowych. Nie można zapomnieć również o osobach odbierających przylatujących, odprowadzających odlatujących oraz zwiedzających port lotniczy [8].

Pasazer odlatujący to ten, który zmienia środek transportu z naziemnego na lotniczy.

Stosowane są trzy metody obsługi naziemnej pasażerów [8]:

- a) podstawowa - najbardziej rozpowszechniona, zwłaszcza na liniach średniego i dalekiego zasięgu, w której pasażerowie rejestrują bilety i zdają bagaże w terminalu, a następnie po rejestracji wszystkich pasażerów danego rejsu grupowo wsiadają do samolotu,
- b) uproszczona - stosowana na liniach bliskiego i średniego zasięgu, w której rejestracja biletów i odprawa bagażu odbywają się na płycie postojowej lub nawet przy samolocie, bagaż do samolotu dostarcza pasażer,
- c) autobusowa - charakterystyczna dla linii o dużym natężeniu ruchu pasażerskiego i znacznej częstotliwości połączeń, w której bilet nabywa się na dworcu lotniczym bądź na płycie postojowej przed odlotem, w autobusie rejsowym dowożącym pasażera do portu lotniczego lub na pokładzie samolotu, a bagaż transportuje pasażer.

W metodzie podstawowej początkiem drogi pasażera przez stanowisko obsługi jest odprawa biletowo-bagażowa check-in. Odprawa realizowana być może na trzy sposoby:

- a) system rejsowy - w którym na każdy rejs wydziela się jedno lub dwa stanowiska odpraw, rejestrujące pasażerów i przyjmujące ich bagaż,
- b) system swobodny - charakterystyczny dla portów lotniczych o dużym ruchu, w której rejestracja biletów i zdanie bagażu mogą odbywać się w dowolnym stanowisku odpraw już na kilka godzin przed odlotem,
- c) system mieszany - stosowany jako uzupełnienie odprawy swobodnej wtedy, gdy w tej ostatniej pasażer zgłaszający się krótko przed zakończeniem rejestracji byłby za pasażerem późniejszego rejsu i mógłby nie zdążyć dokonać odprawy, na określony czas przed zakończeniem rejestracji wydziela się dodatkowe stanowiska pracujące wg rejsowej technologii obsługi.

Podczas odprawy biletowo-bagażowej check-in, pasażer zobowiązany jest do pokazania przedstawicielowi linii lotniczej biletu oraz bagażu rejestrowanego, który jest ważony. Część pasażerów przechodzi zmodyfikowaną odprawę biletowo-bagażową polegającą na zakupie dodatkowego biletu na nadbagaż. Po zważeniu bagażu, pasażerowi zostaje przydzielone miejsce w samolocie i wręczona karta pokładowa. Niektórzy przewoźnicy umożliwiają tzw. odprawę internetową. Pozwala to skrócić proces jedynie do czynności nadania bagażu.

W przypadku, gdy pasażer posiada jedynie bagaż podręczny całkowicie omija ten etap obsługi. Następnie każdy pasażer wraz z bagażem podręcznym, kartą pokładową i dowodem tożsamości udaje się na odprawę paszportową. Dalej podróżny przechodzi przez kontrolę bezpieczeństwa w wejściu do poczekalni - gate. Prześwietlany jest również bagaż podręczny. Czas realizacji tego etapu obsługi jest bardzo zróżnicowany i zależy od wielu czynników. Po kontroli bezpieczeństwa pasażer oczekuje w poczekalni boardingu na odprawę przed wejściem na pokład statku powietrznego. Po raz kolejny trzeba pokazać pracownikowi portu dowód tożsamości oraz kartę pokładową zwaną boardingową. Następnie podróżni zostają wpuszczeni do rękawa, którym idą do drzwi samolotu lub na płytę lotniska, skąd zabierają ich autobusy do samolotu ustawionego w głębi lotniska [6].

Proces obsługi pasażerów przylatujących

Pasażerowie przylatujący to ci, którzy przybyli do portu na pokładzie statku powietrznego i kończą w nim podróż. Złożoność odprawy przybyłych pasażerów jest dużo mniejsza niż pasażerów odlatujących. Dla naziemnej obsługi po przylocie wyróżnia się [8]:

- a) zejście z pokładu statku powietrznego,
- b) oddzielenie pasażerów tranzytowych,
- c) kontrolę dokumentów związanych z przekroczeniem granicy państwa (paszporty, wizy),
- d) odbiór bagażu,
- e) kontrolę celną – etap opcjonalny,
- f) przejście do strefy ogólnodostępnej portu lotniczego.

Jednocześnie pasażerowie tranzytowi, po dostarczeniu ich do terminala (autobusem lub za pośrednictwem rękawa) oczekują na następny lot, bez konieczności kolejnych czynności obsługowych.

Proces obsługi pasażerów tranzytowych i transferowych

Pasażerowie tranzytowi to ci, dla których port lotniczy jest chwilowym postojem. Tranzyt polega na przylocie i wylocie z portu tym samym statkiem powietrznym. Pasażerowie tranzytowi przeprowadzani są rękawami lub przewożeni są autobusem bezpośrednio ze statku powietrznego do strefy tranzytowej. Tutaj w zależności od czasu, jaki pozostał im do następnego odlotu, mogą bezpośrednio przejść do poczekalni odlotowej. Gdy czas pozostający do odlotu jest długi, pasażerowie po uprzedniej kontroli paszportowej mogą opuścić budynek terminala. Ich bagaż przekazywany jest bezpośrednio na pokład statku powietrznego, którym będą kontynuowali dalszą podróż. Po powrocie na teren portu lotniczego (terminala) oraz okazaniu biletu przy stanowisku odprawy biletowo-bagażowej, bezpośrednio kierują się do punktu kontroli paszportowej. Stąd przechodzą do strefy tranzytowej i oczekują na kolejny lot.

Pasażerowie transferowi, czyli ci, dla których dany port jest tylko miejscem przesiadki, przeprowadzani są rękawami lub przewożeni są autobusem bezpośrednio ze statku powietrznego do strefy tranzytowej. Tutaj w zależności od czasu, jaki pozostał im do następnego odlotu, mogą bezpośrednio przejść do poczekalni odlotowej.

3.3. Przepustowość podsystemu transportu podróżnych i towarów pomiędzy lotniskiem, a aglomeracją miejską

Wybór właściwej lokalizacji lotniska nie jest łatwy. Trudność polega na konieczności uwzględnienia wielu czynników mających bezpośredni wpływ na działalność lotniska nie tylko po uruchomieniu, lecz i w odległej, co najmniej o kilkadziesiąt lat przyszłości. Z drugiej strony, uciążliwość i ograniczenia w rozwoju otoczenia wynikające z działalności lotniska muszą być sprowadzone do minimum. W ramach rozwoju sieci lotnisk komunikacyjnych zaobserwować można dążenie do maksymalnej eksploatacji istniejących lotnisk sportowych i wojskowych. Jednak nawet przy przyjęciu takiego rozwiązania sprawą niezwyklej wagi

w planowaniu inwestycji w infrastrukturę portów lotniczych jest zapewnienie jak najlepszego usytuowania w stosunku do miejskich stref handlowych i przemysłowych, z których może pochodzić większość pasażerów. Odległość lotniska od tych stref i w ogóle od miasta decyduje o kosztach dojazdu i straconego czasu zarówno: pasażerów zamierzających odbyć podróż, pracowników portu i linii lotniczych, robotników itp. Zbyt długi czas dojazdu zmniejsza główną wartość komunikacji lotniczej, a mianowicie prędkość podróży. Ma to szczególnie ważne znaczenie w przypadku lotnisk obsługujących wyłącznie połączenia krajowe, które mogą stać się niekonkurencyjne w stosunku do pociągów ekspresowych. W literaturze z zakresu budowy i eksploatacji lotnisk sugeruje się, że odległość portu lotniczego od centrum miasta nie powinna przekraczać 10 km. W naszych warunkach wiatrowych powinny to być rejony północnych lub południowych granic miasta, co umożliwi uniknięcie startów i lądowań nad miastem. Naturalnie, międzynarodowe porty lotnicze mogą być zlokalizowane dalej.

Na czas dojazdu do przyszłego lotniska wpływa nie tylko odległość, lecz i powiązanie lokalizacji z ośrodkami zapotrzebowania na komunikację powietrzną, z siecią dróg kołowych i linii kolejowych. Wykorzystanie istniejących dróg kołowych, przy ewentualnej konieczności budowy niewielkich odcinków łączących te drogi z lotniskiem, zmniejsza koszty całej inwestycji. Zasadnicze znaczenie ma klasa istniejących dróg. Szybki i wygodny przewóz pasażerów mogą zapewnić tylko drogi wielopasmowe z ograniczonym ruchem poprzecznym. Konieczność istnienia dobrych dróg wynika z faktu, że transport kołowy jest przeważnie stosowany przy połączeniach lotnisk z miastami. Wydaje się, że takie rozwiązanie komunikacji naziemnej jest uzasadnione przy bardzo dużym ruchu pasażerskim, jakkolwiek istnienie linii kolejowej w pobliżu lokalizacji ma ważne znaczenie ze względu na niską podatność na okresowe blokowanie ruchu, które notorycznie dotyczą nawet największe i najlepiej zaprojektowane sieci autostrad [3].

PODSUMOWANIE

Przepustowość to podstawowy parametr oceny efektywności funkcjonowania portu lotniczego. Pod terminem przepustowość rozumie się dopuszczalną liczbę elementów, które w danym czasie mogą być bezpiecznie obsłużone przy średnim opóźnieniu operacji nie większym od dopuszczalnego. Mówiąc o przepustowości portu lotniczego na uwadze mieć należy:

- a) przepustowość portu lotniczego dla operacji startów i lądowań,
- b) przepustowość portu lotniczego dla obsługi pasażerów i bagażu,
- c) przepustowość transportu podróżnych i towarów pomiędzy portem lotniczym, a aglomeracją miejską.

Planowanie inwestycji, zwłaszcza w branży lotniczej, to skomplikowany proces, wymagający uwzględnienia wielu czynników i połączenia różnych aspektów. Decyzje o inwestycjach poprzedzone są planowaniem – opartym na strategii rozwoju, analizie potrzeb, prognozie wzrostu ruchu pasażerskiego. Duża liczba elementów, które trzeba uwzględnić, ciągły dynamizm procesów obsługowych, brak możliwości eksperymentowania w czasie rzeczywistym sprawia, że port lotniczy jest doskonałym obiektem do przeprowadzania symulacji. Konieczność określenia przepustowości spowodowała powstanie wielu symulacyjnych modeli portu lotniczego. Problemem nie jest modelowanie, ale poprawność przyjętej metodologii określania przepustowości. Badania wykazały, że jedynie dobra identyfikacja elementarnych procesów sprawi, że ponoszone na modernizację lotnisk nakłady finansowe, przyniosą oczekiwany skutek w zwiększeniu efektywności funkcjonowania.

Port lotniczy to rozbudowany system składający się z wyróżnionych podsystemów i relacji współpracy między nimi. Stąd też potrzeba analizy operacji elementarnych. Postuluje się badanie całego systemu ruchu lotniskowego w rejonie lotniska, z uwzględnieniem

wzajemnych powiązań pomiędzy podsystemami. Należy zastosować jednoczesne wyznaczanie pojemności wszystkich podsystemów, a także całego rejonu kontrolowanego lotniska. Identyfikacja procesów obsługi będąca przedmiotem zainteresowania niniejszej pracy stanowi, zatem pierwszy etap działań zmierzających do wyznaczenia przepustowości portu lotniczego.

Konstrukcja modelu portu lotniczego stanowi bardzo pracochłonne zadanie. Jednak ze względu na znaczenie znajomości bieżącej pojemności lotniska symulacyjny model portu lotniczego zdaje się być użytecznym narzędziem. Umożliwia bowiem wyznaczenie aktualnej pojemności lotniska, a także pozwala oszacować przewidywaną pojemność stanowiąc cenną informację do wspomagania decyzji modernizacyjnych. Niewątpliwie stworzenie efektywnego systemu dałoby możliwości usprawnienia sterowania ruchem lotniczym na świecie. Przyniosłoby również wymierne korzyści przy przeprowadzanej obecnie modernizacji portów lotniczych w Polsce.

BIBLIOGRAFIA

1. Krańnicki-Sokół M., Malarski M.: *Metoda oceny systemu obsługi pasażerów w porcie lotniczym, Badania operacyjne i systemowe 2004 – Zastosowania*. Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 2004
2. Kwasiborska A.: *Identyfikacja ograniczeń przepływu w operacjach startu samolotu*. Systemy Logistyczne – teoria i praktyka, Warszawa 2005
3. Leśko M.: *Porty lotnicze, pola wzlotów i urządzenia nawigacyjne*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1991
4. Łabuś M.: *Operacje i procedury naziemnego ruchu lotniczego. Systemy Logistyczne – teoria i praktyka*, Warszawa 2005
5. Malarski M., Manerowski J.: *Przepustowość portu lotniczego*, http://www.prz.edu.pl/pl/integra/dokumenty/calys_2007-03.pdf [dostęp: 13 listopada 2009]
6. Malarski M., Skorupski J.: *Modelowanie przestrzeni lotniska dla wyznaczenia jego pojemności dla różnych systemów organizacji ruchu lotniczego*. Zeszyty Naukowe PŚI, Automatyka, z. 115, Gliwice 1994
7. Malarski M., Stelmach A.: *Metoda oceny procesu obsługi ruchu lotniczego w rejonie lotniska, Badania operacyjne i systemowe 2004 – Zastosowania*. Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 2004
8. Malarski M.: *Inżynieria ruchu lotniczego*. Oficyna wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2006
9. *Procedury Służb Żegluga Powietrznej – Zarządzanie Ruchem Lotniczym (PL-4444)*, Ministerstwo Transportu i Gospodarki Morskiej – Główny Inspektor Lotnictwa Cywilnego, Warszawa
10. *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie obsługi naziemnej w portach lotniczych z dnia 25 maja 2009 r.* (Dz. U. z 2009 r. Nr 83, poz. 695)
11. Skorupski J., Stelmach A.: *Deklarowana przepustowość portu lotniczego*. Infrastruktura transportu, 2008 nr 1
12. Skorupski J.: *Model rejonu lotniska dla wyznaczonej pojemności*. Prace Naukowe PW, Transport, z.38, Warszawa 1998

MODELING SERVICES' PROCESS IN AIR PORT TO DETERMINE ITS CAPACITY

Abstract

Air traffic is carried out in selected air zones that are controlled by Air Traffic Services. The biggest congestion is observed in the Terminal Area. To provide safety of controlled aircrafts one must know airport capacity. Capacity, in general, is defined as the practical maximum number of operations that a system can serve within a given period of time. Solutions that can increase capacity while not increasing the infrastructure and land use are often considered best. It makes the airports an ideal application area for simulation. The processes are in a continuous state of change, are complex and stochastic, involve many moving objects.

The main goal of this paper was to estimate and systematize the issues of air traffic engineering that will be used to propose a method for determining the capacity of the airport.

Autorzy:

mgr inż. **Kamila Kamyszek** – Politechnika Poznańska, Wydział Maszyn Roboczych i Transportu; 60-965 Poznań, ul. Piotrowo 3, e-mail: kamila.kamyszek@gmail.com

mgr inż. **Sylwia Andrzejewska** – Politechnika Poznańska, Wydział Maszyn Roboczych i Transportu; 60-965 Poznań, ul. Piotrowo 3, e-mail: sylwia.b.andrzejewska@doctorate.put.poznan.pl

dr hab. inż. prof. PP **Agnieszka Merkisz-Guranowska** – Politechnika Poznańska, Wydział Maszyn Roboczych i Transportu; 60-965 Poznań, ul. Piotrowo 3.

Tel. +48 61 647 59 58. E-mail: agnieszka.merkisz-guranowska@put.poznan.pl