

Karolina Krzykowska
Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej

Mirosław Siergiejski
Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej

NAZIEMNY SYSTEM DETEKCJI PASÓW STARTOWYCH I DRÓG KOŁOWANIA - ASDE – A BEZPIECZEŃSTWO W RUCHU LOTNICZYM

Streszczenie: W czasie nieustającego wzrostu ruchu lotniczego, bezpieczeństwo określa się jako szczególnie ważne. Ryzyko i zagrożenie nieustannie występują w systemie bezpieczeństwa lotów, a kryteria budowy urządzeń technicznych oraz działania na rzecz bezpieczeństwa zwykle zaostrzone są dopiero po wypadku czy poważnym incydencie lotniczym. Odwołując się do statystyk, uwagę należy zwrócić zwłaszcza na bezpieczeństwo na polu ruchu naziemnego. Jest to możliwe między innymi dzięki odpowiedniemu umiejscowieniu elementów radiolokacji. Do nich zaliczyć można także popularny w Stanach Zjednoczonych system ASDE. Umożliwia on kontrolerom ruchu lotniczego wykrywanie potencjalnych strumieni kolizyjnych poprzez udostępnianie informacji o ruchu na pasie startowym i drogach kołowania. Celem rozważań jest zaproponowanie umiejscowienia naziemnego systemu detekcji pasów startowych i dróg kołowania ASDE (*Airport Surface Detection Equipment*) na Lotnisku Okęcie w Warszawie.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo, ruch lotniczy, radiolokacja, detekcja

1. WPROWADZENIE

Były dowódca Wojsk Lotniczych i Obrony Powietrznej – Jerzy Gotowała powiedział, że „prawda lotniczego jutra żywi się zwykle błędami dnia wczorajszego”. Stwierdzenie to wydaje się być prawdziwe. Ryzyko i zagrożenie nieustannie występują w systemie bezpieczeństwa lotów, a kryteria budowy urządzeń technicznych oraz działania podejmowane na rzecz bezpieczeństwa zwykle zaostrzane są dopiero po wypadku czy poważnym incydencie lotniczym. W lotnictwie – bezpieczeństwo jest zjawiskiem szczególnie ważnym. Interesującym zarówno pasażera, jak i załogę statku powietrznego. Metody zapewniania bezpieczeństwa warunkują w dużej mierze sukcesy lotniczych systemów cywilnych i wojskowych [1].

Istotne jest zatem podjęcie prac nad zwiększeniem bezpieczeństwa w ruchu lotniskowym, czyli ruchu na polu manewrowym lotniska lub portu lotniczego i ruchu wszystkich statków powietrznych wykonujących loty w pobliżu lotniska lub portu lotniczego [2]. Jest to możliwe - między innymi - dzięki odpowiedniemu umiejscowieniu elementów radiolokacji. Radiolokacja, jest działem telekomunikacji zajmującym się zastosowaniem fal radiowych do lokalizacji i określania parametrów ruchu obiektów lotniczych [6]. Celem niniejszego artykułu jest zaproponowanie umiejscowienia naziemnego systemu detekcji pasów startowych i dróg kołowania ASDE (*Airport Surface Detection Equipment*) na Lotnisku Okęcie w Warszawie. Do przygotowania opracowania wykorzystano literaturę przedmiotu, dostępne wyniki badań oraz informacje zamieszczone na specjalistycznych stronach internetowych. Ważnym źródłem informacji jest także Ustawa Prawo Lotnicze z dnia 3 lipca 2002 roku [3].

2. SYSTEM BEZPIECZEŃSTWA LOTÓW

Bezpieczeństwo jest właściwością systemu technicznego i nie podlega projektowaniu. Bezpieczeństwo systemu lotniczego to zbiór cech systemu obejmujących:

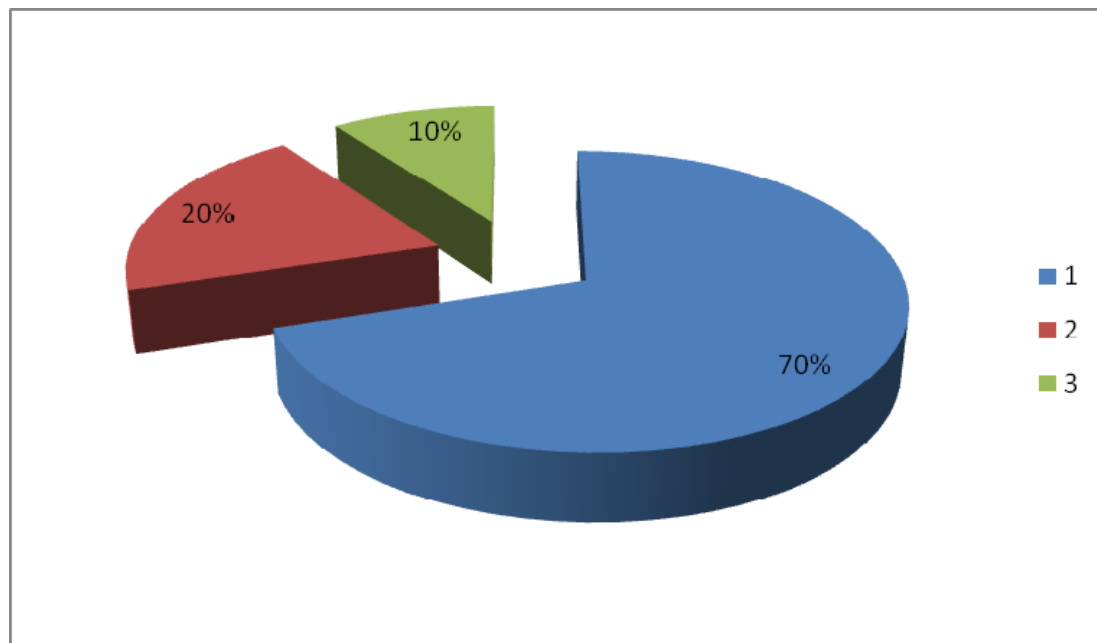
- a)statek powietrzny,
- b)naziemne środki sterowania i nawigacji oraz kierowania ruchem lotniczym,
- c)załogę statku powietrznego,
- d)naziemny personel obsługujący i utrzymujący zdolność statku powietrznego, zapobiegający powstawaniu sytuacji awaryjnych, zabezpieczający ludzi uczestniczących w locie przed ewentualnymi szkodami oraz zapewniający im ratunek w przypadkach uszkodzeń sprzętu, błędów załogi lub służb naziemnych, a także w przypadkach niepożądanych oddziaływań zewnętrznych [1].

Zatem, pod pojęciem bezpieczeństwa lotów rozumie się taki zbiór cech danego systemu, który stwarza relatywnie małą możliwość zaistnienia zdarzeń uniemożliwiających wykonanie lotu (w tym wypadków i incydentów lotniczych). Zgodnie z Art. 134 Ustawy Prawo Lotnicze z 3 lipca 2002 r. „*przez wypadek lotniczy rozumie się zdarzenie związane z eksploatacją statku powietrznego, które zaistniało od chwili, gdy jakakolwiek osoba weszła na pokład z zamiarem wykonania lotu, do momentu, gdy wszystkie osoby znajdujące się na pokładzie opuściły ten statek powietrzny, i podczas którego:*

- 1) *jakakolwiek osoba doznała obrażeń ze skutkiem śmiertelnym (...),*
- 2) *statek powietrzny został uszkodzony lub nastąpiło zniszczenie jego konstrukcji (...),*
- 3) *statek powietrzny zaginął lub znajduje się w miejscu, do którego dostęp jest niemożliwy”.*

W myśl ustawy „*incydentem lotniczym jest zdarzenie inne niż wypadek lotniczy, związane z eksploatacją statku powietrznego, które ma wpływ lub mogłoby mieć wpływ na jej bezpieczeństwo*” [3]. Według ICAO (*International Civil Aviation Organization*) - system zarządzania bezpieczeństwem na lotnisku posiada strukturę organizacyjną i zakresy odpowiedzialności, procedury i procesy oraz wdraża politykę bezpieczeństwa przez zarządzającego lotniskiem, który zapewnia bezpieczeństwo na lotnisku. Poniżej

przedstawiono wykres przedstawiający uśrednioną statystykę przyczyn wypadków lotniczych.



Rys. 1 Uśredniona statystyka przyczyn wypadków lotniczych w podziale człowiek – pozostałe czynniki (1- człowiek, 2 – technika, 3 – środowisko)

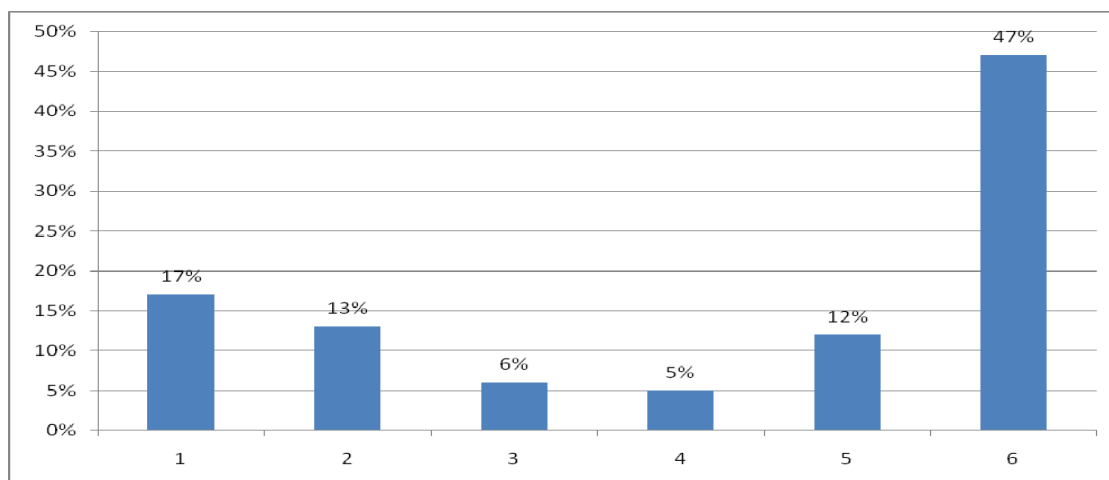
Źródło: Lewitowicz J.: Podstawy eksploatacji statków powietrznych Tom 3. Systemy eksploatacji statków powietrznych. Wydawnictwo Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych, Warszawa 2006.

Bezpieczeństwo uwarunkowane jest zbiorem następujących czynników, między innymi:

- a) poprawnym działaniem statków powietrznych i naziemnych środków zabezpieczania lotów,
- b) odpowiedzialnością personelu latającego,
- c) zapewnieniem personelowi latającemu i naziemnemu niezbędnej informacji o stanie i parametrach pracy systemów i oprzyrządowania statków powietrznych,
- d) sprawnością środków sterowania lotami i łączności radiowej,
- e) sprawnością środków zabezpieczenia meteorologicznego,
- f) wyposażeniem w środki awaryjne,
- g) obciążeniem personelu latającego i naziemnego w ciągu dnia roboczego [1].

Na rysunku 2 przedstawiono wykres obrazujący procentowy udział katastrof lotniczych w lotnictwie cywilnych linii pasażerskich w latach 1993 – 2002 z podziałem na fazy lotu, i tak:

- 1 – załadunek, kołowanie, start,
- 2 – wznoszenie,
- 3 – przelot,
- 4 – zniżanie z pułapu,
- 5 – podejście do lądowania,
- 6 – lądowanie.



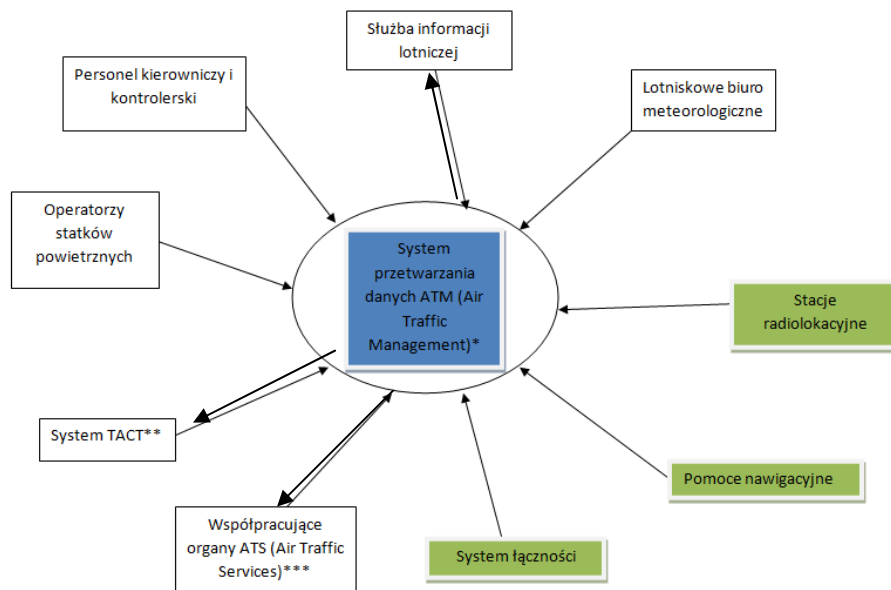
Rys. 2. Procentowy udział katastrof lotniczych w lotnictwie cywilnych linii pasażerskich w latach 1993 – 2002 z podziałem na fazy lotu

Źródło: Lewitowicz J.: Podstawy eksploatacji statków powietrznych Tom 3. Systemy eksploatacji statków powietrznych. Wydawnictwo Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych, Warszawa 2006.

Jak widać na wykresie, z punktu widzenia występowania zdarzeń lotniczych, czyli zdarzeń niepożądanych, którym nie da się przeciwdziałać [1], najbardziej niebezpieczny jest moment lądowania (47%). Najmniej sytuacji niebezpiecznych pojawia się w momencie przelotu (6%) i zniżania z pułapu (5%). Natomiast, według nowszych danych, z roku 2007, liczba zdarzeń lotniczych podczas startu przewyższyła liczbę zdarzeń lotniczych podczas lądowania [7].

Jedną z metod minimalizacji katastrof lotniczych w fazie zarówno startu, jak i lądowania jest zainstalowanie odpowiednich systemów radiolokacji naziemnej. Jest bowiem wiele czynników innych niż podstawowe (awaryjność statków powietrznych, obciążenie pracy obsługi), które przyczyniają się do powstawania zdarzeń lotniczych. Jednym z nich jest wadliwa współpraca z kontrolą ruchu lotniczego.

Na rysunku 3 przedstawiono uproszczony schemat relacji operacyjnych pomiędzy systemem przetwarzania danych ATM a wybranymi elementami środowiska zarządzania ruchem lotniczym.



Rys. 3. Uproszczony schemat relacji operacyjnych współczesnego zautomatyzowanego systemu ATM z wybranymi elementami środowiska zarządzania ruchem lotniczym

*ATM (Air Traffic Management) – zarządzanie ruchem lotniczym

**System TACT – system, który prezentuje aktualną sytuację w ruchu lotniczym

***ATS (Air Traffic Services) – służby ruchu lotniczego

Źródło: Lewitowicz J.: Podstawy eksploatacji statków powietrznych Tom 3. Systemy eksploatacji statków powietrznych. Wydawnictwo Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych, Warszawa 2006.

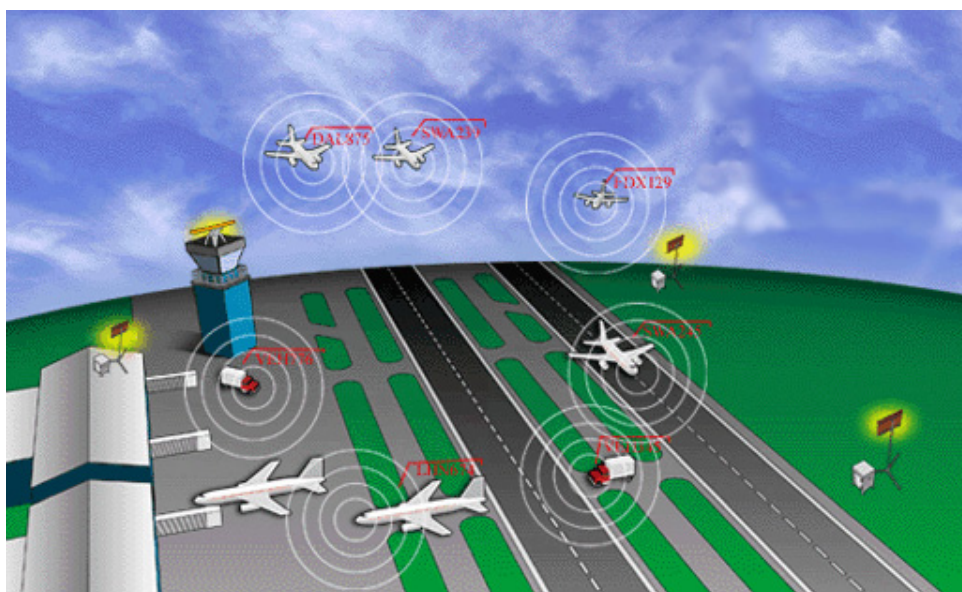
3. NAZIEMNY SYSTEM DETEKCY PASÓW STARTOWYCH I DRÓG KOŁOWANIA JAKO METODA MINIMALIZACJI WYSTĘPOWANIA NAZIEMNYCH ZDARZEŃ LOTNICZYCH

Art. 86 Ustawy Prawo Lotnicze z dnia 3 lipca 2002r. określa, że „do lotniczych urządzeń naziemnych należą obiekty i urządzenia do kierowania, kontroli, nadzoru i zabezpieczania obsługi ruchu lotniczego” [3], czyli ruchu wszystkich statków w powietrzu i na polu manewrowym lotniska lub portu lotniczego [2]. Lotnicze urządzenia naziemne obejmują:

- urządzenia radiokomunikacyjne,
- urządzenia radiolokacyjne,
- urządzenia radionawigacyjne,
- wzrokowe pomoce nawigacyjne,
- automatyczne systemy pomiarowe parametrów meteorologicznych.

Do nich zaliczyć można także popularny w Stanach Zjednoczonych system ASDE. System ten jest narzędziem odpowiedzialnym za bezpieczeństwo na pasie startowym. Umożliwia on kontrolerom ruchu lotniczego wykrywanie potencjalnych strumieni

kolizyjnych poprzez udostępnianie informacji o ruchu na pasie startowym i drogach kołowania. Dzięki zebranych danym z różnych źródeł – system ASDE może w pewnym sensie śledzić statki powietrzne na powierzchni lotniska. Wykorzystuje on kombinację możliwości radarów ruchu naziemnego z transponderami, czyli bezprzewodowymi urządzeniami komunikacyjnymi. W połączeniu z informacją kontroli ruchu lotniczego z wieży kontroli lotów, wyznaczane są dokładne parametry ruchu statku powietrzego, które umożliwiają poprawę bezpieczeństwa na lotnisku, zwłaszcza przy niekorzystnych warunkach pogodowych [4].



Rys. 4. Wizualizacja zasady działania systemu ASDE, Model X
 Źródło: <http://www.sensis.com/>, 19.04.2010r.

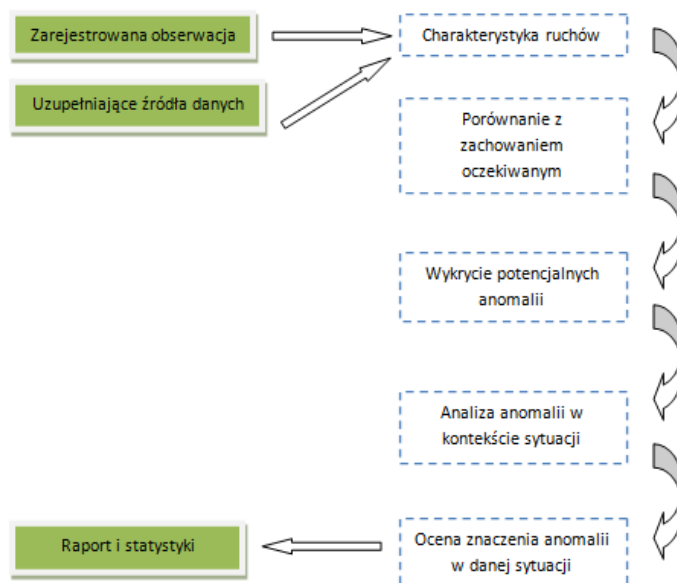
Jednakże, naziemny system detekcji pasów startowych i dróg kołowania może nie tylko poprawić bezpieczeństwo na lotnisku poprzez kontrolę ruchu na polu ruchu naziemnego. Dane uzyskane dzięki systemowi ASDE umożliwiają przyjrzenie się aspektom takim, jak:

- a) korelacja pomiędzy informacją o planie lotu a pozycją statku powietrzego zaznaczoną na wyświetlaczu kontrolera,
- b) eliminacja tzw. martwej strefy,
- c) nieustanna obserwacja sytuacji na polu ruchu naziemnego z uwzględnieniem wykrywania i rozwiązywania konfliktów.

System ASDE, Model X składa się z pięciu podstawowych komponentów. Są nimi:

- system hiperboliczny (*Multilateration*),
- radar ruchu naziemnego (*SMR Surface Movement Radar*),
- automatyczny dozór zależny (*ADS Automatic Dependent Surveillance*),
- czujnik przetwarzania danych (*Multi-Sensor Data Processing*),
- wyświetlenia z wieży kontroli lotów (*Tower Displays*) [4].

Dzięki tym elementom możliwa jest obserwacja i analiza anomalii pojawiających na polu manewrowym lotniska. Poniższy schemat obrazuje te procesy.



Rys. 5. Schemat analizy i obserwacji anomalii pojawiających się na polu manewrowym lotniska
 Źródło: <http://www.eurocontrol.int/>, 19.04.2010r.

Użytkowanie naziemnego systemu detekcji pasów startowych i dróg kołowania wymusza podjęcie rozważań nad kilkoma dodatkowymi podzespołami. Są to między innymi źródła informacji operacyjnej oraz możliwości nadzoru powierzchni. W przypadku źródeł informacji operacyjnej, główne kategorie przedstawia tablica 1 [5].

Tablica 1

Źródła informacji operacyjnej

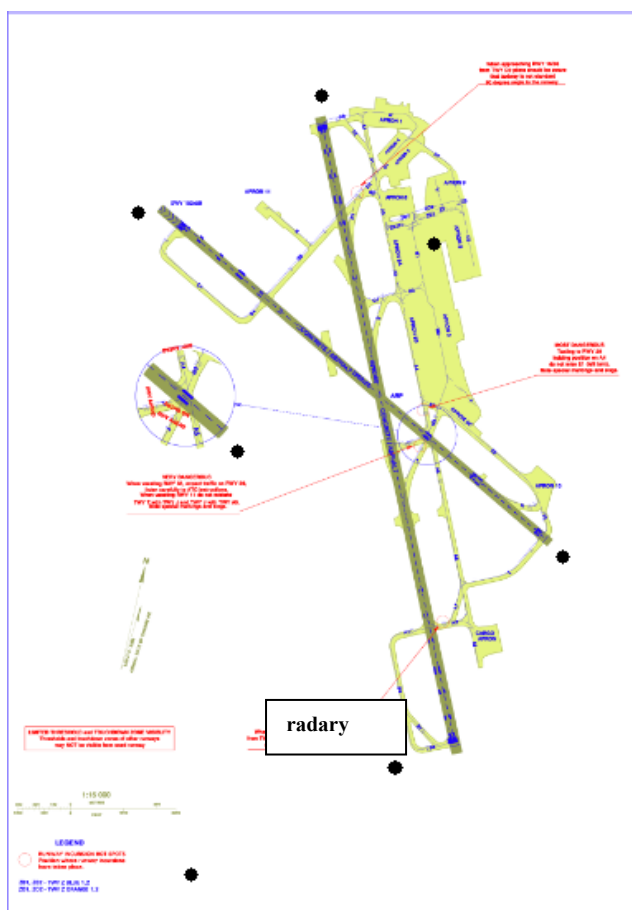
Klasa informacji	Źródła informacji
Własności obiektu	Rejestr statków powietrznych (właściciel, typ statku powietrznego, wymiary)
Warunki środowiskowe	Wpływ pogody na widoczność, tarcie powierzchni, parametry startu i lądowania
Planowanie lotu	Plan lotu, ograniczenia przepływu
Operacje praktyczne	Procedury kontroli ruchu lotniczego

Źródło: <http://www.eurocontrol.int/>, 19.04.2010r.

System nadzoru ASDE opiera się na połączeniu wielu uzupełniających się czujników, które dostarczają kontrolerom ruchu lotniczego bardzo dokładną informację o pozycji wszystkich statków powietrznych i innych pojazdów znajdujących się na polu ruchu naziemnego danego lotniska. Do 2011 roku, FAA (*Federal Aviation Administration*) zaplanowało wdrożenie systemu ASDE, Model X na 35 amerykańskich lotniskach.

4. WSTĘPNA KONCEPCJA WDROŻENIA SYSTEMU ADSE – X NA LOTNISKU OKĘCIE W WARSZAWIE

Niewątpliwie, omówiony naziemny system detekcji pasów startowych i dróg kołowania ASDE jest elementem minimalizującym możliwość wystąpienia zdarzeń lotniczych na lotniskach. A zatem, jest systemem zwiększającym bezpieczeństwo, które w ruchu lotniczym określa się jako szczególnie ważne. W sytuacji nieustannego wzrostu liczby zdarzeń lotniczych w Polsce, zwłaszcza w lotnictwie komercyjnym, instalacja takiego systemu byłaby rozwiązaniem wyjątkowo trafnym. A wobec rozwijającego się ruchu lotniczego w Polsce wymagana wręcz jest ciągła modernizacja i aktualizacja systemów kontroli bezpieczeństwa, w tym także naziemnych systemów radiolokacji. Poniżej, na rysunku 6 przedstawiono przykładowe rozmieszczenie czujników systemu ASDE – X na Lotnisku Okęcie w Warszawie.



Rys. 6. System ASDE, Model X na Lotnisku Okęcie w Warszawie

Umiejscawiając system na Lotnisku Okęcie sugerowano się własnościami systemów radarowych. Zasadą działania systemów radarowych jest wyliczenie odległości do obiektów poprzez pomiar czasu upływającego od wysłania wiązki fal, do powrotu części

fal odbitych od obiektu. Azymut obiektu jest określany przez kierunek wysyłania fal [6]. Radar występuje tutaj w roli czujnika - źródła sygnału dla zintegrowanego systemu zbioru i obróbki danych. A zatem, zaproponowano takie umieszczenie radarów, aby wysyłane wiązki fal możliwie najszybciej wychwytywały poruszające się po płycie lotniska statki powietrzne, nie napotykając na żadne przeszkody. I tak, cztery radary umiejscowiono przy progach pasów, a dwa pozostałe - po przeciwległych stronach, na wysokości skrzyżowania dróg startowych. Taka lokalizacja elementów systemu ASDE – X umożliwi poprawną jego pracę. Wdrożenie omówionego systemu na Lotnisku Okęcie w Warszawie usprawni pracę kontroli ruchu lotniczego, a także prawdopodobnie zmniejszy wpływ zawodności człowieka na liczbę katastrof i wypadków lotniczych.

5. WNIOSKI

W czasie nieustającego wzrostu ruchu lotniczego, szczególną uwagę należy zwrócić na poprawę bezpieczeństwa. Odwołując się do statystyk, uwagę tę należy zwrócić zwłaszcza na bezpieczeństwo na polu ruchu naziemnego. Pewnym rozwiązaniem dla omawianego problemu jest zainstalowanie naziemnego systemu detekcji pasów startowych i dróg kołowania ASDE – X, także na Lotnisku Okęcie w Warszawie. System ten we współpracy z kontrolą ruchu lotniczego umożliwi przede wszystkim wyeliminowanie z ruchu naziemnego strumieni kolizyjnych, ale także umożliwi ogólny nadzór powierzchni. Należy jednak pamiętać, że system ASDE, Model X jest wciąż w fazie udoskonalania i testowania, a jego niewątpliwą wadą jest bardzo wysoka cena.

Bibliografia

1. Lewitowicz J.: Podstawy eksploatacji statków powietrznych Tom 3. Systemy eksploatacji statków powietrznych. Wydawnictwo Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych, Warszawa 2006.
2. Malarski M.: Inżynieria ruchu lotniczego. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2006.
3. Ustawa Prawo Lotnicze z dnia 3 lipca 2002 roku.
4. www.sensis.com/, 19.04.2010r.
5. www.eurocontrol.int/, 19.04.2010r.
6. www.heading.pata.pl/radar.htm, 19.04.2010r.
7. www.ulc.gov.pl/download/bezpieczenstw_lotow/stan_bezpieczenstwa/2007/infb1260208.pdf, 19.04.2010r.

AIRPORT SURFACE DETECTION EQUIPMENT TO SAFETY IN AIR TRAFFIC

Abstract: At the time of continuous growth of air traffic, security is defined as particularly important. Risks and hazards are constantly appearing in flight safety system. Referring to the statistics, particular attention should be paid to the safety of ground movement on the field. It is possible due to appropriate location of the radar system. One of these, ASDE, also popular in the United States allows air traffic controllers detection of potential conflict streams by providing information about the traffic on the runway and taxiways. The aim of the paper is to propose a ground-based location of the Airport Surface Detection Equipment at the Okęcie Airport in Warsaw.

Keywords: safety, air traffic, radar, detection