

Rafał BURDZIK, Marcin SZYMOŃCZYK

MODEL SYSTEMU TRANSPORTU BAGAŻU W LOTNICZYCH PORTACH CYWILNYCH

Streszczenie. W artykule przedstawiono etapy modelowania systemów BHS na lotniskach pasażerskich. Zaproponowano różne rozwiązania systemów i przeprowadzono analizy ich wydajności przewozowych. Określono także zależności występujące pomiędzy poszczególnymi strefami systemu BHS oraz systemem EDS.

MODEL FOR THE BHS SYSTEM AT CIVIL AIRPORT

Summary. The article presents the steps of modelling BHS systems at the passenger airports. The different solutions were proposed to the systems and conducted an analysis of their transport capacity. Also identified dependencies between the different zones of the system BHS and EDS system.

1. WSTĘP

System transportu bagażów w portach lotniczych stanowi istotne ogniwo procesów logistycznych, transportowych i bezpieczeństwa. Stopień sprawności tego systemu określony według kryteriów logistycznych, transportowych i bezpieczeństwa może być definiowany odpowiednio przez miary wyznaczane na podstawie poprawności destynacji, czasu lub zidentyfikowanych zagrożeń, dlatego bardzo istotna jest poprawność projektu i przyjętych założeń. Aby prawidłowo zaprojektować system transportowy, projektant powinien pogodzić ze sobą i w rezultacie stworzyć kompromis pomiędzy:

- warunkami przestrzennymi (istniejącym rozkładem i wielkością pomieszczeń),
- warunkami ekonomicznymi,
- możliwościami technicznymi,
- realnymi możliwościami odbioru bagażu,
- planowanym a obecnym natężeniem ruchu pasażerów,
- założeniami logistycznych systemów w portach lotniczych,
- przepisami EDS,
- przepisami PPOŻ.

Niemal każdy z wyżej wymienionych czynników wymaga zastosowania określonych urządzeń, dlatego tak istotna jest wiedza na temat urządzeń i systemów stosowanych w BHS i EDS.

Pierwszym ograniczeniem projektowym jest dostępność przestrzenna. Porty lotnicze są to obiekty budowlane, które charakteryzują się układem przestrzennym silnie zdeterminowanym parametrami funkcjonalnymi i bezpieczeństwa. Przestrzeń potrzebną na instalację systemu BHS można podzielić według kryterium funkcjonalności na:

- przyloty:
 - hala bagażowni przylotowej,
 - hala odbioru bagażu,
- odloty:
 - hala nadania bagażu,
 - pomieszczenia strefy transportowej,
 - hala bagażowni odlotowej.

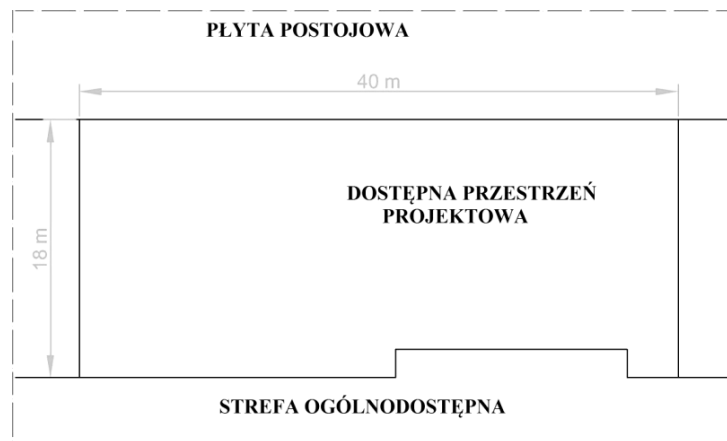
2. MODEL SYSTEMU TRANSPORTOWEGO DLA STREFY ODLOTÓW

Procedury związane z odprawą w hali odlotów warunkują poprawność procesu transportu bagażu w tej strefie, ponieważ określają zbiór danych wejściowych do systemu. Proces rozpoczyna się od nadania bagażu, gdzie następują wstępna jego identyfikacja i przypisanie do pasażera oraz określenie trasy według destynacji. Jest to także najważniejszy etap w celu zapewnienia bezpieczeństwa w transporcie lotniczym. Zintegrowany system EDS monitoruje zawartość nadanych bagażu i uniemożliwia dostarczenie na pokład samolotu bagażu zidentyfikowanego jako zagrożenie. Ze względu na dużą liczbę urządzeń i automatyzację procesów właśnie ta część systemu BHS na lotniskach pasażerskich w głównej mierze stanowi o efektywności i poprawności systemu transportu bagażu.

Projekt systemu BHS w hali odlotów należy rozpocząć od określenia liczby stanowisk *check-in*. Podstawowym kryterium doboru liczby tych stanowisk są realne zdolności odbioru bagażu, następnie aspekt ekonomiczny i prognozowane natężenie ruchu pasażerskiego.

Parametry przestrzenne hali bagażowni odlotowej (wielkość, kształt) i rodzaj stosowanych urządzeń, którymi dysponuje port lotniczy w kolejnych etapach procesu transportu bagażu determinują maksymalną prędkość techniczną transportu bagażu. Jeśli maksymalna prędkość techniczna nadania grupy bagażu jest większa od maksymalnej prędkości ich odbioru w kolejnej strefie (przy pełnym obciążeniu systemu BHS) może nastąpić przepełnienie trasy systemu transportowego i w rezultacie wygenerowanie postojów technicznych systemu transportu bagażu. Opisane prędkości określone są liczbą bagażu nadawanych i odbieranych w jednostce czasu. Dlatego właśnie tak istotna jest wstępna analiza, która umożliwi określenie właściwej liczby stanowisk *check-in*.

W celu modelowania systemu BHS przyjęto założenia przestrzenne hali, w której system będzie się znajdował. Hala ta znajdować się będzie w budynku terminalu z dostęp do płyty lotniskowej i do sali ogólnodostępnej w terminalu pasażerskim.



Rys. 1. Założona przestrzeń projektowa do systemu BHS

Fig. 1. Space for BHS system project

Z założonej przestrzeni projektowej należy wyodrębnić przestrzenie: potrzebą do zaprojektowania strefy transportowej dla odlotów, na salę przeładunkową, czyli bagażownię, oraz do projektowania systemu transportu w strefie przylotów.



Rys. 2. Wyodrębnione obszary w przestrzeni projektowanego systemu BHS

Fig. 2. Isolated areas in the space of the proposed system BHS

W omawianym modelu w celu realizacji procesu transportu bagażu na salę przeładunkową zastosowano przenośnik okrężny karuzelowy. Rozwiązanie tego typu umożliwi dostarczanie bagażu w dowolny punkt przenośnika, także w jego dowolnym punkcie może być realizowany przeładunek. Jedną z wad tego rozwiązania jest konieczność ręcznego przeładunku. Jedną z zalet natomiast to, że bagaże, które nie zostają odebrane w planowym czasie, ze względu na okrężną trasę taśmociągu, nie spowodują zatrzymania taśmy, pozostawione na taśmie przenośnika bagaże zataczają pętle. Istotnym ograniczeniem, wynikającym z konieczności przeładunku ręcznego, jest dopuszczalnie niewielka prędkość przesuwu taśmy, która powinna umożliwić realizację manualnego procesu przeładunku. Zbyt duża prędkość przesuwu taśmy może doprowadzić do utrudnień w procesie przeładunkowym, co w rezultacie skutkuje przepełnieniem przenośnika karuzelowego i postojem technicznym. Maksymalna prędkość stosowana w tego rodzaju procesie przeładunku nie przekracza 0,5 m/s, czyli 1800 m/h.

Model systemu BHS powinien zakładać maksymalną wydajność przewozową, która jest zdeterminowana prędkością techniczną przenośników i urządzeń oraz współczynnikiem zajętości taśmy przez bagaż. Współczynnik ten teoretycznie wyznaczany jest jako iloczyn prędkości technicznej przenośników i interwałów czasowych nadań bagażu. Według założeń projektowych współczynnik ten w proponowanym systemie wynosi 1. Jednak biorąc pod uwagę czynnik ludzki i największą niepowtarzalność czynności w procesie nadania bagażu w stosunku do całego systemu BHS, został on skorygowany wagą 0,5, co oznacza, że podczas projektowania systemów BHS zakłada się, że na długości 1 metra przenośnika mieści się pół bagażu.

Maksymalną wydajność przewozową przenośników w określonym interwale czasowym można wyliczyć z zależności:

$$Wp_{max} = v_{tmax} \cdot T \cdot w_z \quad [\text{sztuk bagażu}] \quad (1)$$

gdzie:

v_{tmax} – maksymalna prędkość techniczna [m/s],

T – interwał czasowy [s],

w_z – współczynnik zajętości bagażu [bagaż/m].

Dla projektowanego modelu przyjęto $v_{max}=0,5$ a $w_z=0,5$. Z obliczeń wynika, że maksymalna wydajność przewozowa w interwale 1-godzinnym wynosi 900 bagaży. Warunkiem uzyskania maksymalnej wydajności w tego rodzaju układzie jest sprawna obsługa przeładunkowa. Wykonywanie odpraw więcej niż jednego kursu w jednym czasie i konieczność identyfikacji bagażu mogą znacząco spowolnić proces i zmniejszyć jego wydajność.

Istnieje jednak możliwość zastosowania urządzeń i systemów, które umożliwiają rozładunek ciągły kilku kursów w jednej jednostce czasowej. Przykładem takiego urządzenia jest Vertibelt. Zintegrowanie tych urządzeń z systemami automatycznymi umożliwia załadunek nawet do kilkunastu wózków bagażowych, obsługujących różne kursy jednocześnie.

W projektowanym modelu przyjęto możliwość obsługi pięciu wózków bagażowych jednocześnie. Projekt zakłada 5 zrzutni bagażowych. Maksymalna sumaryczna wydajność przeładunkowa wszystkich pięciu zrzutni jest zdeterminowana maksymalną prędkością techniczną przenośnika głównego. Zastosowanie tego systemu umożliwia wykorzystanie przenośników o większych prędkościach taśmy. Proces przeładunku bagażu ze zrzutni bagażowej na wózek jest wykonywany półautomatycznie. Konieczność ręcznego załadunku na wózek w znacznym stopniu ogranicza maksymalną wydajność zrzutni. Przez zastosowanie 5 zrzutni bagażowych i przenośnika o prędkości taśmy głównej wynoszącej 2,5 m/s pięciokrotnie zwiększono wydajność maksymalną tego systemu, która wynosi 4500 bagaży/h.

Głównym determinantem atrakcyjności tego systemu jest nie tylko jego wydajność, ale możliwość odprawy kilku kursów jednocześnie.

Opisana metodyka wyznaczania maksymalnej wydajności systemu ma charakter jedynie teoretyczny. W warunkach rzeczywistych wynika, bowiem z efektywności najwolniejszych urządzeń w tym systemie, które stanowią wąskie gardła w ujęciu wydajności transportowej. Dlatego efektywność urządzeń wyladowczych powinna być większa niż wydajność strefy transportowej.

Na podstawie analizy zintegrowanych systemów BHS i EDS określono, że najmniej wydajnym elementem znajdującym się w strefie transportowej jest przeglądarka rentgenowska. Powszechnie stosowane przeglądarki wyposażone są w przenośniki taśmowe o prędkościach do 0,25 m/s, w związku z czym wydajność w strefie transportowej w modelowanym systemie spada do 450 bagaży/h. Na rynku dostępne są przeglądarki rentgenowskie o większych prędkościach, nawet do 1 m/s, jednak z powodów ekonomicznych w modelu nie zastosowano tej klasy urządzeń.

Kolejnym istotnym parametrem determinującym wydajność całkowitą systemu jest efektywność procesu nadań bagażu. Jest ona zależna w głównej mierze od: wydajności wszystkich stanowisk *check-in*, powtarzalności nadań jednostkowych i czynnika ludzkiego. Właśnie w tym etapie procesu transportowego czynnik ludzki ma największe znaczenie, ponieważ jest to ostatni punkt kontaktu pasażera z nadawanym bagażem i obsługą. Zakresy wykonywanych czynności na tych stanowiskach (takie jak ważenie bagażu i prawidłowe oznaczenie oraz konieczność udzielania wszystkich niezbędnych informacji klientom) powodują małą powtarzalność i losowość czasu trwania tych operacji. Z tego powodu do celów modelowania systemu BHS przeprowadzono badania obserwacyjne. Wykonano trzy pomiary liczby operacji dla różnych przewoźników na lotnisku w Katowicach - Pyrzowicach. Pomiar wykonano dla jednego stanowiska *check-in*, podczas pracy ciągłej, w czasie 15 minut. Uzyskane wyniki pomiarów przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Zestawienie wyników pomiarów natężenia odprawiania pasażerów
przez jedno stanowisko *check-in*

Lp.	Nazwa kursu	Liczba w ciągu 15min.	Teoretyczna liczba na godzinę
1.	MONACHIUM LO361	10	40
2.	LONDYN W6 109	12	48
3.	FRANKFURT LH1361	16	64

Uzyskane wyniki potwierdzają brak powtarzalności czasów operacji nadania bagażu. Podczas modelowania przyjęto założenie, że jeden pasażer nadaje jeden bagaż, w związku z czym z wykonanych pomiarów wynika, że jedno stanowisko *check-in* nadaje maksymalnie 64 sztuki bagażu na godzinę, minimalnie 40 sztuk na godzinę. Powyższe obserwacje umożliwiły określenie metodami eksperymentalnymi relacji pomiędzy liczbą stanowisk *check-in* a maksymalną wydajnością strefy transportowej czy hali odbioru bagażu.

Zestawiając uzyskane wyniki wydajności systemu BHS dla dwóch proponowanych rozwiązań oraz dla zintegrowanego systemu BHS i EDS z przeglądarkami rentgenowskimi można wyznaczyć niezbędną liczbę stanowisk *check-in*, która umożliwi wykorzystanie pełnej wydajności systemów. W tabeli 2 przedstawiono zestawienia i obliczenia dla dwóch skrajnych przypadków - najmniejszej i największej wydajności stanowisk nadań bagażu.

Tabela 2

Wymagana obliczeniowa liczba stanowisk *check-in*

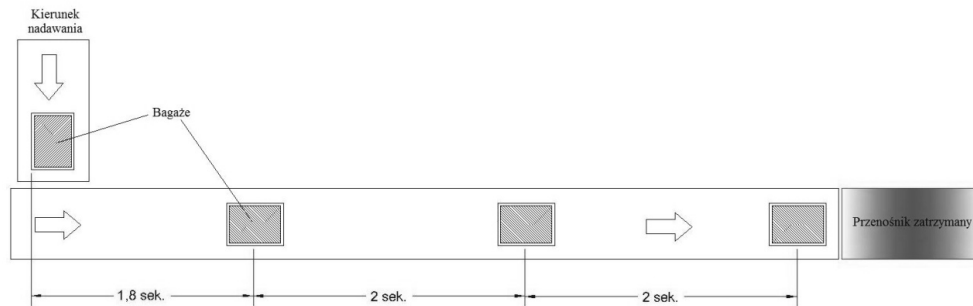
Rodzaj systemu \ Wydajność nadań	Wydajność <i>check-in</i> 40 szt./h	Wydajność <i>check-in</i> 64 szt./h
BHS z przenośnikiem karuzela wydajność 900 szt./h	22,5 stanowisk	14,06 stanowisk
BHS z Vertibelt (5 zrzutni) wydajność 4500 szt./h	112,5 stanowisk	70,3 stanowisk
BHS-EDS wydajność 450 szt./h	11,25 stanowisk	7,03 stanowisk

Jak wynika z analizy przedstawionych modeli, decydujący wpływ na wydajność systemu, a co za tym idzie na liczbę niezbędnych stanowisk nadań bagażu, ma system EDS. Z uwagi jednak na inną, bardzo istotną cechę systemów BHS, jaką jest zdolność do odprawy kilku kursów jednocześnie, rodzaj urządzeń stosowanych w strefie odbioru i przeładunku bagażu ma decydujące znaczenie. Dodatkowo, odpowiednia liczba stanowisk nadania i odbioru bagażu umożliwia stworzenie buforu bagażowego. Wpływa to na zachowanie ciągłości procesu dostarczania bagażu do strefy przeładunku.

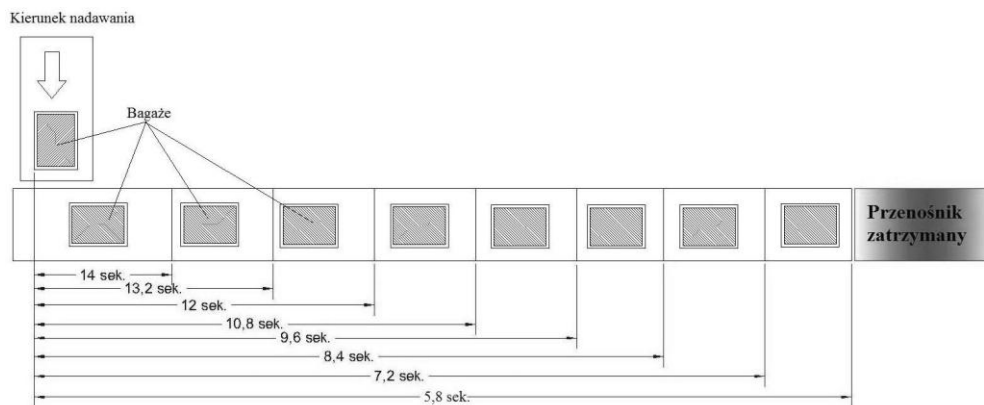
Jednym z rozwiązań tworzenia zdolności buforowych w systemach BHS jest budowa wielomodułowa. Najbardziej efektywne i zarazem najprostsze rozwiązanie, które zapewnia systemowi transportu bagażu cechę buforowania, to zastosowanie kilku lub kilkadziesiąt krótkich przenośników taśmowych na trasie transportowej w miejsce jednego, długiego przenośnika taśmowego.

Zakładając, że w proponowanych modelach bagaże nadawane są w 2 - sekundowych interwałach czasowych można przeprowadzić, symulację przypadków.

Jeśli przyjmiemy, że w modelu z pojedynczym, długim przenośnikiem bagaż, nadany jako pierwszy, dotrze do końca trasy w czasie 5,8 sekundy, to w tym czasie, zgodnie z 2 - sekundowym czasem nadania, na przenośniku znajdować się będą trzy sztuki bagażów (rys. 3).



Rys. 3. Liczba bagaży i czas zatrzymania pojedynczego długiego przenośnika
 Fig. 3. Number of baggage and a single long dwell time the conveyor



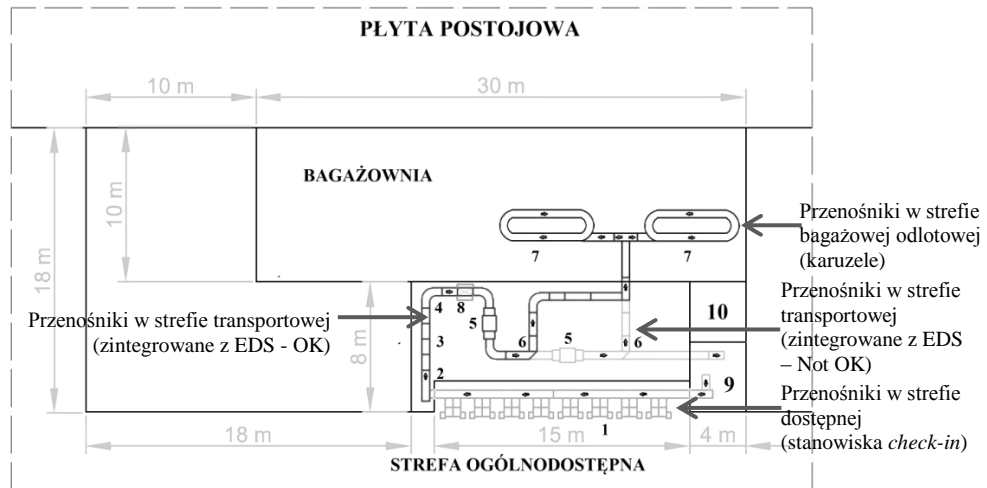
Rys. 4. Liczba bagaży i czas potrzebny do zatrzymania pojedynczego przenośnika
 Fig. 4. Number of baggage and the time it takes to stop a single conveyor

Drugi analizowany model składa się z ośmiu krótkich przenośników. Całkowity czas zatrzymania procesu transportowego to sumaryczny czas zatrzymania wszystkich ośmiu przenośników. Jeśli założymy, że (podobnie jak w przypadku modelu z pojedynczą długą taśmą) pierwszy nadany bagaż w czasie 5,8 sekundy dotrze do końca trasy i zostanie zatrzymany, to każdy kolejno nadany bagaż, mimo nadania z 2 - sekundową zwłoką, zatrzyma się na osobnym krótkim przenośniku zaraz za bagażem nadanym wcześniej. Do zatrzymania wszystkich ośmiu krótkich przenośników potrzebne jest osiem bagaży i całkowity czas nadawania 14 sekund. Model tego typu ma właściwość buforową.

Na podstawie przeprowadzonych analiz i obliczeń określono następujące parametry modelu systemu transportu bagażu w strefie odlotów:

- 16 stanowisk *check-in*,
- zintegrowany system EDS,
- dwa przenośniki taśmowe typu karuzela.

Projektowany model systemu BHS będzie umożliwiał obsługę jednocześnie dwóch różnych odpraw bagażowych w tym samym czasie. System identyfikacji kodów kreskowych umożliwi sterowanie trasą bagaży na dwa przenośniki karuzelowe, obsługujące różne kursy. Dodatkowe stanowiska *check-in* usprawniają proces nadawania bagaży i w razie potrzeby tworzą bufor. Większa liczba stanowisk stanowi także rezerwę na wypadek awarii. Szkic zaprojektowanego modelu przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Projektowany model systemu BHS w strefie odlotów
 Fig. 5. Model of BHS system for the departure area

Na kolejnych rysunkach przedstawiono elementy składowe systemu projektowanego modelu. Numeracja urządzeń jest zgodna ze szkicem na rysunku 5.



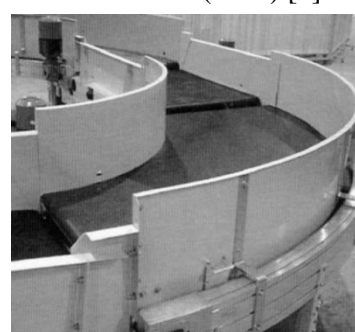
Rys. 6. Stanowiska odpraw *check-in* (nr 1) [7]
 Fig. 6. Check-in (no. 1) [7]



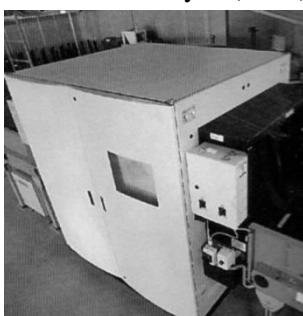
Rys. 7. Kurtyny strefowe (nr 2) [7]
 Fig. 7. Curtain zone (no. 2) [7]



Rys. 8. Przeñośniki buforowe (nr 3) [7]
 Fig. 8. Buffer conveyor (no. 3) [7]



Rys. 9. Przeñośnik o kształcie łuku 90° (nr 4) [7]
 Fig. 9. 90° curve conveyor (no. 4) [7]



Rys. 10. Przeglądarka rentgenowska (nr 5) [7]
 Fig. 10. Rentgen scanner (no. 5) [7]



Rys. 11. System zmiany trasy Vertibel (nr 6) [7]
 Fig. 11. Vertibel system (no. 6) [7]



Rys. 12. Przenośnik okrężny karuzelowy (nr 7)
Fig. 12. Circular carousel conveyor (no. 7)



Rys. 13. Czytnik kodów kreskowych (nr 8) [7]
Fig. 13. Code recorder (no. 8) [7]



Rys. 14. Stanowisko kontroli systemu (nr 10) [7]
Fig. 14. Control system (no. 10) [7]

W modelu uwzględniono pełną integrację systemów BHS i EDS. Procedury EDS wymagają wydzielenia i oddzielenia stref bezpieczeństwa. Rozdział ten może być zrealizowany za pomocą kurtyn strefowych (rys. 7). Pełna kontrola stref bezpieczeństwa jest jednym z obowiązkowych warunków prawidłowo prowadzonego systemu ochrony lotnisk pasażerskich. Konieczność wydzielenia przestrzeni oznaczonej jako 10 na rysunku 5, podyktowana jest wymaganiami posiadania pomieszczenia specjalnego, przeznaczonego do kontroli bagażu potencjalnie niebezpiecznego (EDS – Not OK). Bagaż po kontroli manualnej i wykluczeniu niebezpieczeństwa musi znaleźć się na początku trasy systemu. Dodatkowe pomieszczenie kontroli systemu wyposażone jest w urządzenia do monitorowania i sterowania procesami (rys. 14).

3. MODEL SYSTEMU TRANSPORTOWEGO DLA STREFY PRZYLOTÓW

W pasażerskim porcie lotniczym obok strefy odlotów musi funkcjonować strefa przylotów. Służy ona do obsługi pasażerów po przylocie. W strefie tej znajduje się sala przylotowa, w której pasażerowie odbierają swoje bagaże. Proces wydania bagaży rozpoczyna się wyładunkiem z luku bagażowego samolotu i przetransportowaniem ich do systemu transportu w hali bagażowej i sali przylotowej. Jeśli istnieje możliwość zlokalizowania tych pomieszczeń w bezpośrednim sąsiedztwie, znacząco wpłynie to na czas realizacji procesów transportowych.

Dodatkowo na etapie modelowania systemu celowe jest zaprojektowanie systemów BHS przylotów i odlotów w nieznacznej odległości. Może to umożliwić w przyszłości zintegrowanie systemu transportowego w spójną całość. Wyklucza to konieczność budowy odrębnych sieci automatyki i kontroli. Zintegrowanie hali bagażowni odlotowej i przylotowej ułatwi kontrolowanie czynności załadunkowych i wyładunkowych. W modelu hala bagażowni odlotowej i przylotowej będzie nazwana halą bagażowni.

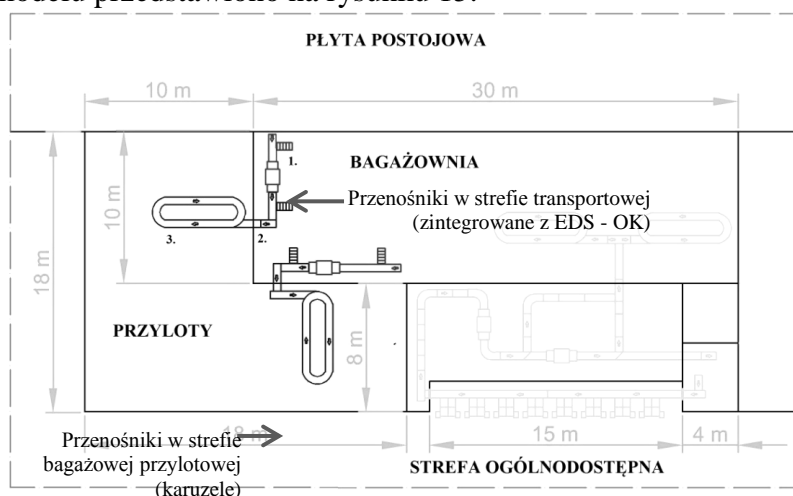
Z uwagi na własnoręczne odbieranie bagażu przez pasażera w strefie przylotów najbardziej powszechnie stosuje się przenośniki typu karuzela. Wynika to z łatwości odbierania bagaży na tego typu przenośniku.

W projektowanym modelu zakłada się, że bagaże rozładowywane są na taśmociąg w hali bagażowni i transportowane wprost na przenośnik karuzelowy. Prędkość przenośnika karuzelowego nie powinna przekraczać 0,25 m/s. Ponadto przenośnik ten powinien mieć możliwość awaryjnego zatrzymania przez operatora. Przepisy EDS nakładają także konieczność zastosowanie także przegładarki rentgenowskiej w strefie przylotów. Tak jak w przypadku systemu BHS, w strefie odlotów zakłada się, że maksymalna wydajność systemu EDS z przegładarkami rentgenowskimi wynosi 450 bagaży na godzinę.

Zakłada się, że projektowany model systemu transportu bagażu w strefie przylotów będzie posiadał:

- 2 stanowiska wyładowcze,
- zintegrowany system EDS,
- 2 przenośniki taśmowe typu karuzela.

Szkic tego modelu przedstawiono na rysunku 15.



Rys. 15. Model transportu bagażu w strefie przylotowej

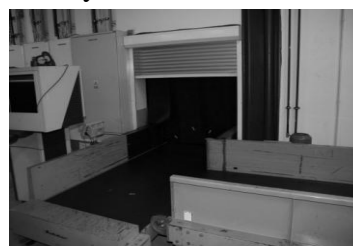
Fig. 15. Model of BHS system for the arrival area

Na kolejnych rysunkach przedstawiono elementy składowe systemu projektowanego modelu. Numeracja urządzeń jest zgodna ze szkicem na rysunku 15.



Rys. 16. Stanowisko wyładowcze (nr 1)

Fig. 16. Unload station (no. 1)



Rys. 17. Kurtyna strefowa (nr 2)

Fig. 17. Curtain zone (no. 2)



Rys. 18. Przenośnik okrężny karuzelowy (nr 3)

Fig. 18. Circular carousel conveyor (no. 3)

4. ANALIZA PORÓWNAWCZA MODELI SYSTEMU TRANSPORTU BAGAŻU

W celu analizy porównawczej przeprowadzono symulację wydajności systemu na podstawie badań rzeczywistych. W ramach badań przeprowadzono pomiary czasów niezbędnych na odprawę przez personel w hali odlotów i pobranie przez pasażera w hali przylotów 100 sztuk bagaży. Badania przeprowadzono na lotnisku Katowice - Pyrzowice dla 3 losowo wybranych rejsów. Wybór miejsca badań był podyktowany zbliżonymi parametrami technicznymi i wydajnością w stosunku do projektowanych modeli. Liczba stanowisk nadań *check-in* jest określana przez koordynatora i każdorazowo może być inna, dlatego przeprowadzona analiza ma charakter jedynie obrazowy.

Zarejestrowane podczas badań czasy zestawiono w tabeli 3.

Tabela 3

Czasy nadania i odbioru 100 sztuk bagaży w BHS

Lp.	Nazwa kursu odlotu	Czas w min.	Nazwa kursu przylotu	Czas w min.
1.	LIVERPOOL W6105	90	MARSA A. QS947	70
2.	LONDYN FR8169	100	LONDYN FR8168	110
3.	FRANKFURT LH1363	90	CORK W6120	85

Zarejestrowane czasy rzeczywiste są znacznie mniejsze od teoretycznych czasów, wynikających z wydajności systemu. Powodem tego są udział czynnika ludzkiego oraz konieczność dodatkowych kontroli bagaży przez funkcjonariuszy służby granicznej.

W zamodelowanych systemach przyjęto założenie obsługi 2 kursów jednocześnie, które generują ten sam potok pasażerów i na podstawie tego określono wymaganą liczbę stanowisk *check-in* (tabela 4).

Tabela 4

Liczba stanowisk *check-in* dla odprawy dwóch kursów jednocześnie

Wydajność systemu	Wydajność dla każdego kursu	Średnia wydajność stanowiska	Liczba stanowisk	Suma stanowisk
450 bagaży/h	1 kurs – 225 bagaży/h	50 bagaży/h	4 lub 5	8 lub 10
	2 kurs – 225 bagaży/h	50 bagaży/h	4 lub 5	

Zakładając, że średnio na jednym stanowisku *check-in* można nadać w ciągu godziny 50 sztuk bagaży, można obliczyć, że dla wydajności zdeterminowanej systemem EDS, czyli 450 bagaży/h, wystarczy zastosować 9 stanowisk *check-in*. Przeprowadzono więc eksperyment analityczny w celu określenia efektywności systemu BHS z 8 i 10 stanowiskami *check-in*. Zastosowanie 8 stanowisk nadań zmniejsza osiągalną wydajność całego systemu do 400 bagaży/h. Stosując 10 stanowisk nadań na wejściu systemu BHS zwiększamy teoretyczną wydajność w strefie nadań do 500 bagaży/h, jednak ograniczenia systemu EDS określają wydajność strefy transportowej do 450 bagaży/h. Zaproponowany model systemu BHS ma bufor na średnią liczbę 10 sztuk bagaży, wprowadzanych do systemu ponad wydajność maksymalną. Jednak przepełnienie bufora prowadzi do przerwy technicznej i system zablokuje możliwość nadawania bagaży do chwili ich rozładowania z trasy. Na wykresach 19 i 20 przedstawiono porównanie wydajność w funkcji czasu dla modelu optymalnego z 9 stanowiskami *check-in* z analizowanymi 8 i 10 stanowiskami.

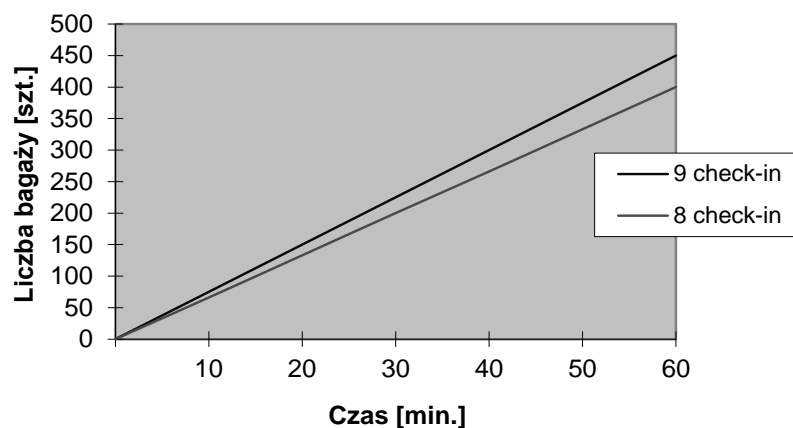
Rys. 19. Porównanie wydajności w funkcji czasu dla modeli z 9 i 8 stanowiskami *check-in*

Fig. 19. Comparison of performance as a function of time for models with 9 and 8 positions of the *check-in*

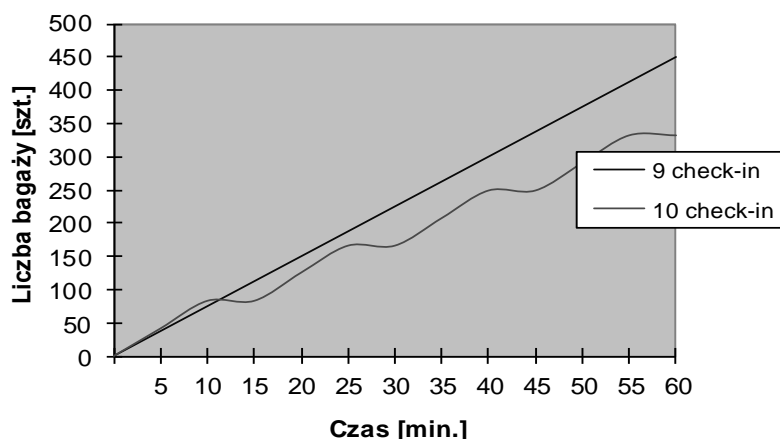
Rys. 20. Porównanie wydajności w funkcji czasu dla modeli z 9 i 10 stanowiskami *check-in*

Fig. 20. Comparison of performance as a function of time for models with 9 and 10 positions of the *check-in*

Niekorzystny wpływ nadmiernej liczby stanowisk *check-in* na efektywność systemu BHS widoczny jest na wykresie na rysunku 20. Pomimo założonego w modelu bufora nadbagażu przepełnienie strefy transportowej, wynikające z liczby nadań w jednostce czasu, skutkuje powstawaniem przerw technicznych, widocznych na wykresie jako poziome odcinki funkcji liczby obsługiwanych bagażu przez BHS w jednostce czasowej. W konsekwencji powoduje to znaczący spadek wydajności całego systemu pomimo większego potencjału w strefie nadań.

Istnieją jednak inne przesłanki, które zalecają stosowanie większej liczby stanowisk *check-in*. Jednym z nich jest konieczność wyposażenia każdego stanowiska *check-in* w systemy informatyczne, które są odmienne dla poszczególnych grup przewoźników. Ograniczona powierzchnia, która jest dostępna w obrębie jednego stanowiska *check-in*, uniemożliwia zainstalowanie każdego rodzaju systemu. Stanowiska podzielone są przez zarządcę portu lotniczego na grupy i wyposażone w systemy informatyczne charakterystyczne dla danej grupy przewoźników. Dlatego właśnie w pasażerskich portach lotniczych znajduje się wiele stanowisk *check-in*, których liczba przewyższa tę wynikającą z wydajności strefy transportowej. W celu uniknięcia zjawiska znacznego spadku wydajności całego systemu

BHS (jak na rysunku 20) liczba stanowisk *check-in* każdorazowo określana jest przez osobę koordynującą procesy strefy nadań, obsługiwanych kursów i strefy transportu.

Przeprowadzona do tej pory analiza modeli zawężona jest do jednego kursu lub jednej godziny. W wymiarze realizowanych procesów transportowych w portach lotniczych można to określić skalą mikro. Użyteczność proponowanych modeli należy także przeanalizować w skali makro. Jako wyznacznik można przyjąć aktualną i prognozowaną roczną liczbę pasażerów obsługiwanych w porcie lotniczym. W celu weryfikacji modeli w skali makro wyznaczono teoretyczną wydajność systemu BHS w okresie jednego roku. W obliczeniach uwzględniono podawany przez producentów wymagany czas postoj systemu na dobę; firma VanDerLander podaje go w wymiarze od 4 do 6 godzin na dobę. Parametr ten zależy od warunków pracy systemu. W analizie przyjęto czas postoj 4 godziny na dobę. W tabeli 5 przedstawiono teoretyczne maksymalne wydajności godzinne, dobowe, miesięczne i roczne.

Tabela 5

Wydajności okresowe modelu

<i>Wydajność na godzinę</i>	<i>Wydajność na dobę (20 godzin na dobę)</i>	<i>Wydajność na miesiąc (średnio 30 dni)</i>	<i>Wydajność na rok</i>
450 bagaży	9 000 bagaży	270 000 bagaży	3 240 000 bagaży

Z uwagi na znaczący udział czynnika ludzkiego w wydajności systemu BHS w strefie przylotów zrezygnowano z analizy porównawczej modelu. Proces odbioru bagażu realizowany jest bezpośrednio przez pasażerów, dlatego brak jest tu procedur organizacyjnych, które pozwoliłyby oszacować czas realizacji z dużym prawdopodobieństwem. Liczba parametrów, które wpływają na czas odbioru bagażu przez pasażera, jest tak duża, że można założyć, że maksymalna wydajność techniczna nigdy nie zostanie przekroczona. Całkowita wydajność systemu BHS jest podyktowana wydajnością systemu strefy odlotów, dlatego można pominąć tę część analizy.

Bibliografia

1. Piecha J., Węgrzyn T.: Transactions on Transport Systems, Telematics and Safety, [in:] Burdzik R.: The Quality Of Airlines Transportation Services Determined By Logistic Items, Silesian University of Technology Academic Press, Gliwice 2009.
2. Polański A.: Mechanizacja wewnętrznego transport. PWN, Warszawa – Poznań 1976.
3. Rozporządzenie Rady Ministrów z 19 czerwca 2007 r.
4. Komisja Europejska dnia 9 lipca 2008 r.
5. Rozporządzenie Komisji (WE) nr 820/2008 z dnia 9 sierpnia 2008 r.
6. Decyzja Komisji K(2008) 4333 z dnia 8 sierpnia 2008 r.
7. Folder reklamowy Firmy „BEUMER”.