

Największe katastrofy lotnicze w historii

Nie czytaj w samolocie!

Antoni Kurek

Spis treści

1. Teneryfa - dwa Boeingi na jednym pasie.....	5
1.1. Bomba na Gran Canarii.....	6
1.2. Mgła, która zmieniła wszystko	10
1.3. „Startujemy” - fatalne nieporozumienie	14
1.4. Najkrwawsza katastrofa w historii lotnictwa	20
1.5. Rewolucja w komunikacji między pilotem a wieżą	24
2. Lot Iran Air 655	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
2.1. Napięcia w Zatoce Perskiej.....	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
2.2. USS Vincennes	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
2.3. Trzy minuty na decyzję.....	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
2.4. 290 pasażerów, których nikt nie ostrzegł	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
2.5. Dyplomatyczny skandal i pytanie o odpowiedzialność.....	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3. Góra Erebus - wycieczka, z której nikt nie wrócił.....	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.1. Loty widokowe nad Antarktydą.....	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.2. Zmieniona trasa	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.3. Biała ciemność - czym jest whiteout	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.4. Zderzenie	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
3.5. Śledztwo sędziego Mahona	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
4. Lot 123 JAL.....	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.

- 4.1. Naprawa sprzed siedmiu lat..... **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 4.2. Utrata sterów **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 4.3. 32 minuty w powietrzu **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 4.4. Cztery osoby, które przeżyły **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 4.5. Prezes, który przeproszał na kolanach **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 5. Überlingen - sam na nocnej zmianie **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
 - 5.1. Dwa samoloty na kursie kolizyjnym **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
 - 5.2. System TCAS..... **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
 - 5.3. 71 ofiar **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
 - 5.5. Zemsta ojca **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 6. Air France 447 **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
 - 6.1. Lot Paryż–Rio..... **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
 - 6.2. Zamarzające rurki Pitota..... **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
 - 6.3. Pilot ciągnie drążek do siebie... **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
 - 6.4. Dwa lata poszukiwań czarnych skrzynek na dnie oceanu **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
 - 6.5. Debata o automatyzacji **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 7. Lockerbie - bomba nad Szkocją **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
 - 7.1. Lot Pan Am 103 - świąteczny rejs do Nowego Jorku..... **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
 - 7.2. Eksplozja na wysokości 9 000 metrów **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
 - 7.3. Deszcz szczątków nad szkockim miasteczkiem **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**

- 7.4. Największe śledztwo w historii Wielkiej Brytanii.....**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 7.5. Proces w Hadze i kontrowersje wokół wyroku.....**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
8. Helios 522 - samolot duchów**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 8.1. Zwykły poranny lot z Larnaki do Aten **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 8.2. Przełącznik ciśnienia w pozycji MANUAL **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 8.3. Hipoksja **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 8.4. Ostatnia nadzieja na ocalenie...**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 8.5. F-16 nad Atenami..... **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
9. Turkish Airlines 981..... **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 9.1. DC-10 - piękny samolot z wadliwym zamkiem.....**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 9.2. Bagażowy, który nie mówił po turecku **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 9.3. Dekompresja nad lasem Ermenonville **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 9.4. Najkrwawsza katastrofa w Europie tamtych lat**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**
- 9.5. McDonnell Douglas kontra FAA **Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**

1. Teneryfa - dwa Boeingi na jednym pasie

1.1. Bomba na Gran Canaria

W latach siedemdziesiątych XX wieku Wyspy Kanaryjskie były areną działalności organizacji separatystycznych, które dążyły do oderwania archipelagu od Hiszpanii. Najaktywniejszą z nich był MPAIAC - Movimiento para la Autodeterminación e Independencia del Archipiélago Canario, czyli Ruch na rzecz Samostanowienia i Niepodległości Archipelagu Kanaryjskiego. Organizacja ta, założona w 1964 roku przez Antonio Cubillę, od połowy lat siedemdziesiątych zintensyfikowała działania, przechodząc od propagandy do bezpośrednich aktów przemocy.

W 1976 roku i na początku 1977 roku doszło do serii zamachów bombowych wymierzonych w obiekty kojarzone z hiszpańską administracją i turystyką - głównym źródłem dochodów archipelagu. MPAIAC prowadził kampanię mającą zdestabilizować sytuację na wyspach i zwrócić uwagę międzynarodową na postulaty niepodległościowe.

27 marca 1977 roku, w niedzielę przed Wielkanocą, ruch turystyczny na Wyspach Kanaryjskich osiągał szczyt sezonu. O godzinie 13:15 czasu lokalnego w kwaciarni na terenie portu lotniczego Gran Canaria w Las Palmas eksplodowała bomba. Osiem osób odniosło obrażenia. Niemal natychmiast po wybuchu do władz lotniska dotarło ostrzeżenie o drugiej bombie, która miała zostać podłożona na terenie obiektu.

Decyzja o zamknięciu lotniska zapadła bezzwłocznie.

Port lotniczy Gran Canaria był w 1977 roku główną bramą do całego archipelagu. Obsługiwał większość połączeń międzynarodowych i stanowił podstawowy węzeł dla ruchu czarterowego z Europy. W momencie zamknięcia lotniska w powietrzu znajdowało się kilkanaście samolotów zmierzających do Las Palmas lub oczekujących na zgodę na rozpoczęcie podejścia.

Jedyną dostępną alternatywą było lotnisko Los Rodeos na Teneryfie, położone około 100 kilometrów na zachód. W normalnych warunkach port ten obsługiwał głównie połączenia regionalne i część lotów turystycznych do północnej części wyspy. Infrastruktura lotniska - jeden pas startowy, ograniczona przestrzeń płyty postojowej i stosunkowo niewielka wieża kontroli ruchu - była wymiarowana pod ruch o znacznie mniejszej intensywności.

W ciągu kilku godzin na Los Rodeos skierowano pięć dużych samolotów dalekodystansowych, w tym dwa Boeingi 747. Były to maszyny linii KLM i Pan American - obie w konfiguracji pasażerskiej, obie w pełni zatankowane na lot powrotny do Europy i Stanów Zjednoczonych. Do tego dochodziły trzy inne samoloty czarterowe oraz maszyny, które normalnie operowały z Teneryfy.

Płyta postojowa lotniska Los Rodeos zappełniła się błyskawicznie. Samoloty parkowano wszędzie tam, gdzie było miejsce - na drogach kołowania, w pobliżu pasa startowego, jeden za drugim. Boeingów 747 nie dało się ustawić w sposób umożliwiający szybkie wypuszczenie ich na pas startowy w standardowej kolejności. Maszyny blokowały się nawzajem.

Gdy po kilku godzinach lotnisko Gran Canaria zostało ponownie otwarte, rozpoczęła się skomplikowana operacja wypuszczania przekierowanych samolotów. Ograniczona przestrzeń manewrowa wymuszała niekonwencjonalne procedury.

Lot KLM 4805 był rejssem czarterowym obsługiwany przez holenderską linię lotniczą KLM Royal Dutch Airlines. Boeing 747-206B o rejestracji PH-BUF wystartował tego dnia z Amsterdamu, przewożąc 234 pasażerów i 14 członków załogi. Zdecydowana większość podróżnych stanowili holenderscy turyści wykupujący pakiety wycieczkowe na Wyspy Kanaryjskie - popularne wśród mieszkańców Europy Północnej zimowe i wczesnowiosenne destynacje oferujące słońce i ciepło. Rejs miał charakter typowego lotu czarterowego: wylot z Amsterdamu, pobyt

turystyczny na Gran Canarii, powrót tym samym samolotem kilka godzin później.

Pan Am 1736 również był lotem czarterowym, choć obsługiwany przez liniowe przewoźnika. Boeing 747-121 o rejestracji N736PA, noszący nazwę „Clipper Victor”, należał do floty Pan American World Airways. Na pokładzie znajdowało się 380 pasażerów i 16 członków załogi. Rejs rozpoczął się w Los Angeles, skąd samolot przeleciał do Nowego Jorku, a następnie wyruszył przez Atlantyk w kierunku Las Palmas. Pasażerami byli w większości Amerykanie - część z nich planowała rejsy wycieczkowe po Wyspach Kanaryjskich, inni zamierzali spędzić urlop na lądzie. Dla wielu z nich był to początek wymarzonej podróży do Europy.

Oba samoloty należały do największych wówczas eksploatowanych maszyn pasażerskich na świecie. Boeing 747, wprowadzony do służby w 1970 roku, rewolucjonizował transport lotniczy, umożliwiając przewóz kilkuset pasażerów na trasach międzykontynentalnych. W dniu 27 marca 1977 roku dwie takie maszyny znalazły się na niewielkim lotnisku, które nie było projektowane z myślą o ich obsłudze.

Lotnisko Los Rodeos dysponowało jednym pasem startowym o długości 3400 metrów i stosunkowo niewielką płytą postojową. W normalnych warunkach operacyjnych port obsługiwał maszyny średniego zasięgu i samoloty regionalne. Nagły napływ kilku dużych samolotów dalekodystansowych przekroczył możliwości infrastruktury.

Problem dotyczył przede wszystkim przestrzeni parkingowej. Standardowa płyta postojowa nie była w stanie pomieścić wszystkich przekierowanych maszyn. Boeing 747 wymaga znacznie więcej miejsca niż typowe samoloty średniego zasięgu - rozpiętość skrzydeł przekracza 59 metrów, a długość kadłuba sięga niemal 71 metrów. Dwa takie samoloty zajmują przestrzeń, którą normalnie zagospodarowuje się dla kilku mniejszych maszyn.

Kontrolerzy ruchu naziemnego zostali zmuszeni do parkowania samolotów na drodze kołowania równoległej do pasa startowego. Była to jedyna dostępna przestrzeń, ale rozwiązanie to niosło poważne konsekwencje operacyjne. Samoloty zaparkowane na drodze kołowania blokowały standardową trasę dojazdu do progu pasa startowego. Gdy nadszedł czas odlotów, maszyny musiały być wypuszczane w kolejności wymuszanej ich fizycznym położeniem, a nie optymalną sekwencją operacyjną.

Dodatkowo sama droga kołowania była częściowo zablokowana przez zaparkowane samoloty, co oznaczało, że niektóre maszyny będą musiały korzystać z pasa startowego jako drogi kołowania - procedura stosowana na lotniskach, ale wymagająca szczególnej koordynacji.

Lotnisko Gran Canaria pozostawało zamknięte przez kilka godzin, podczas gdy służby przeszukiwały terminal i teren portu w poszukiwaniu drugiego ładunku wybuchowego. Pasażerowie wszystkich przekierowanych samolotów zostali zmuszeni do oczekiwania - część z nich na pokładach maszyn, część w niewielkim terminalu Los Rodeos, który nie był przystosowany do obsługi takiej liczby podróżnych.

Dla załogi KLM 4805 czas oczekiwania stwarzał narastający problem regulacyjny. Przepisy lotnicze ściśle ograniczają maksymalny czas pracy załóg - zarówno ze względów bezpieczeństwa, jak i wymogów prawnych. Kapitan Jacob van Zanten, dowódca rejsu, stał przed perspektywą przekroczenia dopuszczalnego czasu służby, co mogłoby uniemożliwić wykonanie lotu powrotnego do Amsterdamu tego samego dnia. Konsekwencją byłaby konieczność zorganizowania noclegów dla ponad dwustu pasażerów na Teneryfie oraz znalezienia świeżej załogi.

Van Zanten podjął decyzję o zatankowaniu samolotu do pełna już na Los Rodeos, zamiast czekać z tą operacją do Gran Canarii. Racjonalnie rzecz biorąc, decyzja ta miała zaoszczędzić czas na docelowym lotnisku i zwiększyć szanse na zmieszczenie się w limitach czasu pracy. W

praktyce jednak operacja tankowania dużego Boeinga 747 wymagała kilkudziesięciu minut.

W momencie gdy lotnisko Gran Canaria zostało ponownie otwarte i samolot Pan Am był gotowy do odlotu, maszyna KLM nadal przyjmowała paliwo. Boeing 747 Pan Am, który mógłby wyruszyć pierwszy, stał zablokowany przez holenderski samolot. Gdyby KLM nie tankował, kolejność odlotów mogłaby wyglądać inaczej.

1.2. Mgła, która zmieniała wszystko

Los Rodeos to lotnisko położone w sposób nietypowy dla portów obsługujących ruch międzynarodowy. Znajduje się na wysokości 633 metrów nad poziomem morza, na płaskowyżu w północnej części Teneryfy. Dla porównania - większość dużych europejskich lotnisk zlokalizowana jest na wysokościach nieprzekraczających kilkudziesięciu metrów. Położenie Los Rodeos wynika z ukształtowania terenu wyspy - strome zbocza wulkanu Teide i górzysta topografia pozostawiały niewiele miejsc nadających się pod budowę pasa startowego o wystarczającej długości.

Wysoka lokalizacja lotniska generuje specyficzne warunki meteorologiczne. Północna część Teneryfy znajduje się pod wpływem wilgotnych mas powietrza napływających znad Atlantyku. Pasaty - stałe wiatry wiejące z północnego wschodu - przynoszą chmury, które napotykając barierę górską wyspy, podnoszą się i często zalegają właśnie na wysokości płaskowyżu, gdzie znajduje się lotnisko. Zjawisko to określa się jako chmury orograficzne.

W praktyce oznacza to, że chmury nie tyle nadciągają nad lotnisko, ile lotnisko znajduje się wewnątrz chmury. Płyta postojowa, drogi kołowania i pas startowy zostają spowite mgłą, która z punktu widzenia

meteorologii stanowi po prostu bazę chmury zalegającej na danej wysokości. Przejście od dobrej widzialności do warunków mglistych może nastąpić bardzo szybko - wystarczy niewielka zmiana kierunku wiatru lub temperatury, by warstwa chmur obniżyła się lub przesunęła.

Personel Los Rodeos znał tę specyfikę. Załogi regularnie operujące z tego lotniska również były z nią zaznajomione. Problem polegał na tym, że 27 marca 1977 roku na lotnisku znajdowały się samoloty i załogi, dla których Los Rodeos było portem awaryjnym, nie docelowym.

W godzinach popołudniowych, gdy lotnisko Gran Canaria zostało ponownie otwarte i rozpoczęto przygotowania do wypuszczenia przekierowanych samolotów, warunki meteorologiczne na Los Rodeos zaczęły się gwałtownie pogarszać. Wcześniej widzialność była wystarczająca do prowadzenia normalnych operacji - kontrolerzy z wieży widzieli pas startowy i drogi kołowania, piloci mogli orientować się wzrokowo w przestrzeni lotniska.

Około godziny 17:00 czasu lokalnego na płycie lotniska zaczęła nawijać się gęsta mgła. Widzialność spadła najpierw do kilkuset metrów, co już stanowiło istotne ograniczenie. Wieża kontroli ruchu lotniczego traciła bezpośredni kontakt wzrokowy z końcami pasa startowego. Kontrolerzy nie byli w stanie potwierdzić wizualnie pozycji samolotów kołujących po lotnisku.

Warunki ulegały dalszemu pogorszeniu. W pewnych momentach widzialność spadała do 300 metrów, okresowo nawet poniżej tej wartości. Pas startowy Los Rodeos ma długość 3400 metrów - oznacza to, że z jednego jego końca nie sposób było dostrzec drugiego. Samolot znajdujący się w połowie pasa pozostawał niewidoczny zarówno z progu, jak i z wieży kontroli.

Lotnisko nie dysponowało radarem naziemnym, który pozwalałby kontrolerom śledzić pozycje samolotów na płycie i pasie startowym

niezależnie od warunków widzialności. Jedynym źródłem informacji o położeniu maszyn były meldunki składane przez załogi drogą radiową.

Mgła nie była zjawiskiem stałym - jej gęstość zmieniała się, momentami warunki nieznacznie się poprawiały, by za chwilę ponownie ulec pogorszeniu. Ta zmienność utrudniała podjęcie jednoznacznej decyzji o wstrzymaniu operacji. Okna lepszej widzialności dawały nadzieję na szybkie przeprowadzenie odlotów. Jednocześnie każda kolejna fala gęstszej mgły zwiększała ryzyko utraty orientacji sytuacyjnej przez wszystkich uczestników operacji.

W normalnych warunkach operacyjnych kontrolerzy ruchu lotniczego w wieży mają bezpośredni kontakt wzrokowy z pasem startowym i drogami kołowania. Widzą, który samolot zajmuje pas, który kołuje do progu, a który opuścił drogę startową. Ta bezpośrednia obserwacja stanowi podstawowe narzędzie weryfikacji - nawet jeśli załoga złoży meldunek radiowy, kontroler może potwierdzić go wzrokowo.

Na Los Rodeos 27 marca 1977 roku ta możliwość nie istniała. Wieża kontroli znajdowała się w centralnej części lotniska, ale gęsta mgła uniemożliwiała obserwację obu końców pasa startowego. Kontrolerzy nie widzieli progu 30, w kierunku którego kołowały oba Boeingi 747. Nie widzieli również progu 12, gdzie znajdowały się zjazdy z pasa startowego.

Lotnisko nie było wyposażone w radar naziemny - urządzenie określane w terminologii lotniczej jako SMR (Surface Movement Radar) lub nowocześniejszy A-SMGCS (Advanced Surface Movement Guidance and Control System). Tego rodzaju instalacje pozwalają kontrolerom na śledzenie pozycji wszystkich pojazdów i statków powietrznych na płycie lotniska niezależnie od warunków widzialności. Na ekranie radaru naziemnego widoczna jest każda kołująca maszyna, jej prędkość i kierunek ruchu.

W 1977 roku radary naziemne stanowiły wyposażenie dużych portów przesiadkowych o intensywnym ruchu. Los Rodeos nie należało do tej kategorii. Lotnisko obsługiwało głównie ruch regionalny i część połączeń turystycznych - intensywność operacji nie uzasadniała inwestycji w kosztowną infrastrukturę radarową.

Brak radaru oznaczał, że w warunkach ograniczonej widzialności wieża kontroli traciła niezależną możliwość ustalenia, gdzie na lotnisku znajdują się samoloty. Kontrolerzy dysponowali jedynie planem lotniska i własną pamięcią operacyjną - wiedzieli, jakie instrukcje wydali poszczególnym załogom i zakładali, że instrukcje te są wykonywane zgodnie z ich treścią.

W sytuacji, gdy kontakt wzrokowy z pasem startowym był niemożliwy, a radar naziemny niedostępny, jedynym źródłem informacji o pozycji samolotów pozostawała łączność radiowa. Kontrolerzy musieli polegać wyłącznie na meldunkach składanych przez załogi.

Procedura wyglądała następująco: kontroler wydawał instrukcję kołowania lub zajęcia pozycji, załoga potwierdzała przyjęcie instrukcji, a następnie meldowała wykonanie - opuszczenie pasa startowego, osiągnięcie określonego punktu na drodze kołowania lub gotowość do startu. Na podstawie tych meldunków kontroler budował w swojej głowie obraz sytuacji na lotnisku i podejmował kolejne decyzje.

System ten zawiera immanentne słabości. Meldunek radiowy może być niekompletny, zniekształcony przez zakłócenia lub źle zrozumiany. Załoga może meldować pozycję z opóźnieniem lub popełnić błąd w ocenie własnego położenia. Kontroler nie ma możliwości niezależnej weryfikacji - musi przyjąć, że informacja jest prawdziwa i aktualna.

W warunkach dobrej widzialności ewentualne nieścisłości w meldunkach są korygowane przez obserwację wzrokową. W warunkach gęstej mgły nie istnieje żadna siatka bezpieczeństwa. Jeśli kontroler na podstawie meldunków radiowych przyjmie błędne założenie o pozycji

jednego z samolotów, nie ma mechanizmu, który pozwoliłby ten błąd wykryć i skorygować przed wystąpieniem sytuacji niebezpiecznej.

Na Los Rodeos w godzinach popołudniowych 27 marca 1977 roku po jednym pasie startowym poruszały się dwa największe samoloty pasażerskie świata. Wieża kontroli nie widziała żadnego z nich. Wiedziała o nich tylko tyle, ile powiedziały jej załogi przez radio.

1.3. „Startujemy” - fatalne nieporozumienie

Sytuacja na płycie postojowej lotniska Los Rodeos wymuszała niestandardową procedurę wypuszczania samolotów. Zaparkowane maszyny blokowały normalną drogę kołowania biegnącą równolegle do pasa startowego. Jedynym sposobem na dostanie się do progu pasa 30, skąd miały odbywać się starty w kierunku południowo-zachodnim, było wykorzystanie samego pasa startowego jako drogi kołowania.

Kontrolerzy opracowali następujący plan: Boeing 747 linii KLM miał jako pierwszy wjechać na pas startowy od strony progu 12 i kołować całą jego długością - ponad trzy kilometry - aż do końca. Tam miał wykonać zawrócenie o 180 stopni, ustawić się w osi pasa i oczekiwać na zezwolenie na start. Procedura zawracania dużego samolotu na końcu pasa, określana w terminologii lotniczej jako backtrack, jest stosowana na lotniskach, gdzie konfiguracja dróg kołowania nie pozwala na bezpośredni dojazd do progu startowego.

Boeing 747 linii Pan Am miał wjechać na pas startowy jako drugi i kołować za samolotem KLM, ale nie do końca pasa. Maszyna Pan Am miała zjechać z pasa startowego wcześniej, korzystając z jednej z bocznych dróg kołowania oznaczonych kolejno C1, C2, C3 i C4, które prowadziły z pasa startowego na równoległą drogę kołowania. Po

opuszczeniu pasa przez samolot Pan Am droga startowa miała być wolna i KLM mógł rozpocząć rozbieg.

Plan był logiczny i wykonalny w normalnych warunkach. Problem polegał na tym, że warunki nie były normalne. Gęsta mgła oznaczała, że ani kontrolerzy nie widzieli samolotów na pasie, ani piloci jednego samolotu nie widzieli drugiego. Cała operacja opierała się na precyzyjnym wykonywaniu instrukcji i jednoznacznej komunikacji radiowej.

Jacob Veldhuyzen van Zanten był w 1977 roku jednym z najbardziej prominentnych pilotów w strukturach KLM Royal Dutch Airlines. Zajmował stanowisko szefa działu szkolenia pilotów - odpowiadał za przygotowanie załóg do latania na wszystkich typach samolotów we flocie holenderskiego przewoźnika. To on decydował, który pilot jest gotowy do samodzielnego wykonywania rejsów, i to jego podpis widniał na certyfikatach kwalifikacyjnych.

Van Zanten miał wówczas 50 lat i za sobą ponad 11 tysięcy godzin nalotu, z czego znaczną część na Boeingach 747. Był twarzą KLM w materiałach reklamowych - jego zdjęcie pojawiało się w broszurach linii lotniczej jako uosobienie profesjonalizmu i doświadczenia. W hierarchii prestiżu wewnątrz firmy zajmował pozycję niemal nieosiągalną dla innych pilotów.

Pozycja ta miała konsekwencje dla dynamiki pracy w kokpicie. Współpracownicy van Zantena - pierwszy oficer i inżynier pokładowy - byli formalnie członkami załogi o równych prawach do zgłaszania wątpliwości i kwestionowania decyzji. W praktyce jednak autorytet kapitana tworzył barierę psychologiczną. Zakwestionowanie decyzji van Zantena oznaczało zakwestionowanie osądu człowieka, który szkolił innych pilotów i oceniał ich kompetencje.

W normalnych okolicznościach doświadczenie i pewność siebie kapitana stanowią atut. Szybkie, zdecydowane działanie jest pożądane w

sytuacjach wymagających natychmiastowej reakcji. Problem pojawia się wówczas, gdy pewność siebie przeradza się w niechęć do weryfikowania własnych założeń, a autorytet kapitana tłumi głosy pozostałych członków załogi, którzy mogliby dostrzec coś, czego kapitan nie zauważył.

27 marca 1977 roku Jacob van Zanten znajdował się pod presją czasu - zbliżał się limit godzin pracy załogi, a opóźnienie groziło poważnymi komplikacjami logistycznymi. Był zmęczony wielogodzinnym oczekiwaniem. I był absolutnie przekonany o słuszności swoich decyzji.

Boeing 747 linii KLM dotarł na koniec pasa startowego i wykonał zawrót o 180 stopni. Samolot ustawił się w osi pasa, gotowy do startu w kierunku progu 30. W tym momencie załoga oczekiwała na dwa odrębne zezwolenia: zezwolenie kontroli ruchu lotniczego na lot (ATC clearance), określające trasę i parametry odlotu, oraz zezwolenie na start (takeoff clearance), pozwalające na rozpoczęcie rozbiegu.

Wieża kontroli przekazała załodze KLM zezwolenie na lot - informację o przydzielonej trasie wylotu, kierunku lotu i częstotliwości, na którą należy się przełączyć po starcie. Nie było to zezwolenie na start. W standardowej procedurze załoga po otrzymaniu zezwolenia na lot potwierdza jego przyjęcie i oczekuje na odrębną instrukcję: „KLM 4805, cleared for takeoff” - dopiero te słowa upoważniają do rozpoczęcia rozbiegu.

Kapitan van Zanten zwolnił hamulce i zaczął przesuwając przepustnice silników do przodu.

Pierwszy oficer Klaas Meurs zareagował. Zwrócił uwagę, że nie otrzymali jeszcze zezwolenia na start. Van Zanten zatrzymał ruch przepustnic, ale samolot już się toczył. Nie wycofał go na pozycję wyjściową i nie zastopował całkowicie. Meurs skontaktował się z wieżą, przekazując potwierdzenie przyjęcia zezwolenia na lot.

Odpowiedź wieży brzmiała: „OK... Stand by for takeoff... I will call you.”

Kilka sekund później van Zanten ponownie pchnął przepustnice do przodu. Silniki zaczęły zwiększać ciąg. Boeing 747 ruszył do rozbiegu.

W kokpicie znajdował się jeszcze inżynier pokładowy Willem Schreuder. Jego rola polegała na monitorowaniu systemów samolotu, ale miał również prawo - i obowiązek - zgłaszać wątpliwości dotyczące bezpieczeństwa. Schreuder zapytał, czy Pan Am opuścił już pas startowy. Van Zanten odpowiedział twierdząco. Inżynier nie nalegał. Rozbieg trwał.

W tym samym czasie na częstotliwości radiowej lotniska Los Rodeos rozegrała się sekwencja komunikatów, która przeszła do historii lotnictwa jako przykład katastrofalnej awarii komunikacji.

Po rozpoczęciu rozbiegu pierwszy oficer Meurs nadał komunikat: „We are now at takeoff.” Sformułowanie to jest gramatycznie wieloznaczne. Może oznaczać „jesteśmy teraz w trakcie startu” - czyli rozbieg już trwa. Może również oznaczać „jesteśmy teraz na pozycji do startu” - czyli oczekujemy na zezwolenie. W standardowej frazeologii lotniczej nie stosuje się tego sformułowania. Piloci meldują „rolling” gdy rozpoczynają rozbieg lub „holding short”, gdy oczekują przed pasem.

Kontroler w wieży zinterpretował komunikat jako informację o gotowości do startu. Odpowiedział: „OK” i po chwili dodał instrukcję: „Stand by for takeoff. I will call you.”

W tym samym momencie załoga Pan Am, słysząc komunikaty sugerujące, że KLM może rozpocząć start, nadała własny meldunek: „We are still taxiing down the runway.” Samolot Pan Am znajdował się wciąż na pasie startowym, szukając właściwego zjazdu w warunkach ograniczonej widzialności.

Transmisja Pan Am nałożyła się na końcówkę transmisji wieży. Zjawisko to, określane jako „blocked transmission” lub „heterodyne”, występuje gdy dwie stacje nadają jednocześnie na tej samej częstotliwości. Sygnały

radiowe interferują ze sobą, powodując charakterystyczny pisk i zniekształcenie lub całkowitą utratę treści obu komunikatów.

W kokpicie KLM załoga usłyszała słowo „OK” wypowiedziane przez kontrolera. Reszta transmisji - zarówno dalsza część komunikatu wieży z instrukcją oczekiwania, jak i meldunek Pan Am o tym, że wciąż kołuje po pasie - utonęła w zakłóceniach. Dla van Zantena „OK” mogło zabrzmieć jako potwierdzenie zgody na start.

Dwa Boeingi 747 zbliżały się do siebie. Jeden przyspieszał na rozbiegu, drugi powoli kołował w tym samym kierunku. Żaden z nich nie widział drugiego. Wieża nie widziała żadnego.

Załoga Pan Am 1736 znalazła się w trudnej sytuacji nawigacyjnej. Samolot kołował po pasie startowym w kierunku progu 30, z instrukcją zjazdu na trzecią boczną drogę kołowania - C3. Problem polegał na tym, że w warunkach gęstej mgły identyfikacja poszczególnych zjazdów była znacznie utrudniona.

Drogi kołowania C1, C2, C3 i C4 odchodziły od pasa startowego pod różnymi kątami. C3 wymagała wykonania ostrego skrętu - prawie 150 stopni - co dla Boeinga 747 kołującego z pewną prędkością stanowiło manewr trudny do wykonania bez wcześniejszego znacznego zwolnienia. Część późniejszych analiz wskazywała, że załoga mogła przeoczyć zjazd C3 lub uznać, że manewr przy tej prędkości i w tych warunkach jest niewykonalny.

Kapitan Victor Grubbs i pierwszy oficer Robert Bragg starali się zorientować w swojej pozycji na pasie. Widzialność wynosiła miejscami poniżej 300 metrów. Światła krawędziowe pasa były widoczne, ale oznaczenia zjazdów trudne do odczytania. Załoga nie miała pewności, czy minęła już C3, czy dopiero się do niej zbliża.

W pewnym momencie Bragg usłyszał w słuchawkach komunikat KLM zawierający słowa „we are now at takeoff”. Zareagował natychmiast, chwytając mikrofon i nadając: „We are still taxiing down the runway.”

Był to odruch doświadczonego pilota, który wyczuł potencjalne zagrożenie - sformułowanie KLM mogło sugerować rozpoczęcie startu, a Pan Am wciąż znajdował się na drodze startowej.

Kapitan Grubbs podzielał ten niepokój. Gdy usłyszał wymianę radiową, skomentował w kokpicie, że chciałby wiedzieć, co ten holenderski samolot zamierza. Załoga Pan Am nie miała jednak pewności, czy ich transmisja została odebrana przez wieżę i przez KLM. Kontynuowali kołowanie, szukając zjazdu, który pozwoliłby im opuścić pas.

O godzinie 17:06:50 czasu lokalnego pierwszy oficer Bragg dostrzegł przez przednią szybę kokpitu światła wyłaniające się z mgły. Były to światła Boeinga 747 KLM, zbliżającego się z prędkością około 250 kilometrów na godzinę.

Grubbs pchnął przepustnice do przodu i skręcił gwałtownie w lewo, próbując zjechać z pasa na trawiasty teren. Boeing 747 to samolot o masie przekraczającej 300 ton - nie reaguje na sterowanie tak szybko jak mniejsze maszyny. Samolot zaczął skręcać, ale było za późno na całkowite opuszczenie pasa.

W kokpicie KLM van Zanten również dostrzegł przeszkodę. Pociągnął drążek sterowy do siebie, próbując oderwać samolot od ziemi przed osiągnięciem prędkości rotacji. Boeing 747 zaczął unosić nos, tylna część kadłuba otarła się o nawierzchnię pasa, ale koła główne oderwały się od ziemi.

Wysokość była niewystarczająca.

Podwozie główne i dolna część kadłuba KLM uderzyły w górną część kadłuba Pan Am, rozrywając jego konstrukcję na wysokości pokładu pasażerskiego. Zderzenie nastąpiło o godzinie 17:06:56. Samolot KLM przeleciał jeszcze około 150 metrów, tracąc podwozie i silniki, po czym uderzył w nawierzchnię pasa i eksplodował. Boeing Pan Am, z wyrwaną górną częścią kadłuba, stanął w płomieniach.

Od momentu, gdy Bragg dostrzegł światła KLM, do zderzenia upłynęło niespełna dziesięć sekund.

1.4. Najkrwawsza katastrofa w historii lotnictwa

Zderzenie dwóch w pełni zatankowanych Boeingów 747 spowodowało natychmiastową eksplozję i pożar o katastrofalnej skali. Samolot KLM niósł na pokładzie pełne zbiorniki paliwa - kapitan van Zanten podjął decyzję o zatankowaniu do pełna jeszcze na Los Rodeos, co oznaczało kilkadziesiąt tysięcy litrów nafty lotniczej. Przy prędkości rozbiegu przekraczającej 250 kilometrów na godzinę uderzenie spowodowało rozerwanie zbiorników i rozprzestrzenienie płonącego paliwa na znacznym obszarze.

Boeing KLM przeleciał po zderzeniu jeszcze około 150 metrów, tracąc po drodze elementy konstrukcji, podwozie i fragmenty silników. Samolot uderzył w nawierzchnię pasa startowego, rozbijając się i natychmiast stając w płomieniach. Konstrukcja kadłuba uległa całkowitemu zniszczeniu - seria eksplozji paliwowych rozerwała maszynę na części. Pożar objął szczątki na długości kilkuset metrów pasa.

Samolot Pan Am otrzymał uderzenie w górną część kadłuba na wysokości pokładu głównego. Konstrukcja została rozerwana od miejsca zderzenia w kierunku ogona. Prawe skrzydło oderwało się, powodując wyciek paliwa i kolejne eksplozje. Kadłub został rozcięty niemal na całej długości - część przednia z kokpitem i sekcją pierwszej klasy pozostała względnie nienaruszona, podczas gdy środkowa i tylna część maszyny została zmiażdżona i objęta pożarem.

Płonące szczątki obu samolotów pokryły znaczną część pasa startowego i przyległego terenu. Słupy czarnego dymu widoczne były z odległości wielu kilometrów, nawet ponad warstwą mgły zalegającej na lotnisku.

Temperatura w epicentrum pożaru uniemożliwiła jakiegokolwiek działania ratunkowe przez pierwsze minuty po katastrofie.

Służby lotniskowe Los Rodeos nie były przygotowane na wypadek tej skali. Port obsługiwał głównie ruch regionalny - wyposażenie i wyszkolenie personelu odpowiadało standardom dla lotniska o znacznie mniejszym natężeniu ruchu i mniejszych operujących tam maszyn. Zderzenie dwóch największych samolotów pasażerskich świata przekraczało najgorsze scenariusze awaryjne, na które lotnisko mogło być przygotowane.

Na pokładzie Boeinga 747 linii KLM znajdowało się 248 osób - 234 pasażerów i 14 członków załogi. Nikt nie przeżył.

Charakter zderzenia i następującego po nim pożaru nie pozostawił szans na przetrwanie. Samolot uderzył w maszynę Pan Am z prędkością rozbiegu, mając niemal pełne zbiorniki paliwa. Po zderzeniu Boeing KLM przeleciał jeszcze kilkaset metrów, tracąc integralność konstrukcji, po czym runął na pas startowy i eksplodował. Seria detonacji paliwowych i towarzyszący im pożar objęły wrak w ciągu sekund.

Zniszczenie maszyny było całkowite. Siły uderzenia i temperatura pożaru uniemożliwiły późniejszą identyfikację wielu ofiar metodami konwencjonalnymi. Prace identyfikacyjne trwały tygodniami i wymagały zaawansowanych technik medycyny sądowej.

Wśród ofiar znajdowali się holenderscy turyści wracający z urlopu na Wyspach Kanaryjskich, rodziny z dziećmi, pary emerytów. Dla większości z nich rejs KLM 4805 miał być ostatnim etapem bezproblemowych wakacji. Zginęła również cała załoga, włącznie z kapitanem Jacobem van Zantenem, pierwszym oficerem Klaasem Meusem i inżynierem pokładowym Willemem Schreuderem.

Sytuacja na pokładzie Boeinga 747 Pan Am była odmienna. Pomimo katastrofalnych zniszczeń konstrukcji część osób znajdujących się na pokładzie przeżyła początkowy moment zderzenia.

Samolot KLM uderzył w maszynę Pan Am od góry i z prawej strony, rozrywając kadłub na wysokości pokładu głównego. Lewa przednia część samolotu - kokpit i sekcja pierwszej klasy - ucierpiała mniej niż pozostałe partie kadłuba. To właśnie stamtąd pochodziła większość ocalałych.

Kapitan Victor Grubbs, pierwszy oficer Robert Bragg i inżynier pokładowy George Warns przeżyli zderzenie. Bragg, który jako pierwszy dostrzegł zbliżający się samolot KLM, wydostał się z kokpitu przez okno po tym, jak intensywność ognia na moment zmniejszyła się w jego sektorze. Grubbs został wyciągnięty z wraku przez ratowników. Warns opuścił samolot o własnych siłach.

Część pasażerów siedząca w przedniej części pokładu głównego zdołała wydostać się z płonącego kadłuba przez wyrwy w poszyciu i rozerwane drzwi ewakuacyjne. Przeżycie zależało od miejsca siedzącego, kierunku rozprzestrzeniania się ognia i zdolności fizycznych pozwalających na szybkie opuszczenie wraku. Osoby ranne lub uwięzione pod zniszczonymi elementami konstrukcji nie miały szans na ewakuację przed objęciem ich części kadłuba przez pożar.

Z 396 osób znajdujących się na pokładzie Pan Am - 380 pasażerów i 16 członków załogi - przeżyło 61. Zginęło 335 osób.

Pierwsze służby ratunkowe dotarły na miejsce katastrofy w ciągu kilku minut od zderzenia. Napotkały warunki skrajnie utrudniające działania. Gęsta mgła ograniczała widzialność do kilkudziesięciu metrów, a słupy dymu z płonących wraków dodatkowo pogarszały orientację w terenie. Pożar o niespotykanej intensywności obejmował znaczną część pasa startowego.

Początkowe raporty służb lotniskowych mówiły o katastrofie jednego samolotu. Rozmiar zniszczeń i rozrzut płonących szczątków sugerowały wprawdzie skalę niespotykaną dla pojedynczej maszyny, jednak mgła i chaos uniemożliwiały szybkie rozpoznanie sytuacji. Dopiero gdy

ratownicy dotarli do różnych sektorów pasa i zaczęli napływać meldunki o dwóch odrębnych skupiskach wraku, stało się jasne, że w katastrofie uczestniczyły dwa Boeingi 747.

Odkrycie to miało natychmiastowe konsekwencje dla organizacji akcji. Liczba potencjalnych ofiar podwoiła się, a zasoby ratunkowe - już niewystarczające dla jednego dużego samolotu - musiały zostać rozdzielone między dwa miejsca. Wezwano dodatkowe jednostki straży pożarnej i służb medycznych z innych części wyspy.

Przy wraku Pan Am ratownicy znaleźli ocalałych - część z nich o własnych siłach oddaliła się od płonącego kadłuba, inni leżeli w pobliżu wraku z poważnymi obrażeniami i oparzeniami. Przy szczątkach KLM nie było nikogo do ratowania. Służby mogły jedynie gasić pożar i zabezpieczać miejsce katastrofy.

Warunki atmosferyczne utrzymywały się przez kolejne godziny, utrudniając dojazd dodatkowych jednostek i transport rannych do szpitali. Niewielkie lotnisko Los Rodeos nie dysponowało infrastrukturą pozwalającą na obsługę zdarzenia masowego tej skali. Lokalny szpital w La Laguna został szybko przeciążony - część rannych transportowano do oddalonych placówek medycznych.

Wiadomość o katastrofie na Teneryfie obiegła świat w ciągu kilku godzin. Początkowe doniesienia były fragmentaryczne i niepełne - media informowały najpierw o wypadku lotniczym z dużą liczbą ofiar, dopiero później pojawiły się szczegóły o zderzeniu dwóch samolotów na ziemi.

W Holandii katastrofa wywołała reakcję porównywalną z żałobą narodową. 248 ofiar z samolotu KLM stanowiło znaczący odsetek pasażerów tego rejsu pochodzących z jednego niewielkiego kraju. Dla dziesięciomilionowej wówczas Holandii była to strata odczuwalna w wymiarze społecznym - niemal każdy znał kogoś, kto znał którąś z ofiar lub ich rodziny. Linia KLM była dumą narodową, a kapitan van Zanten rozpoznawalną postacią publiczną.

W Stanach Zjednoczonych reakcja koncentrowała się wokół ofiar z samolotu Pan Am. Amerykańskie media relacjonowały losy rodzin oczekujących na wiadomości z Teneryfy, historie ocalałych i okoliczności, które sprawdziły, że poszczególne osoby znalazły się na pokładzie tego konkretnego rejsu.

Bilans katastrofy wyniósł 583 ofiary śmiertelne - 248 na pokładzie KLM i 335 na pokładzie Pan Am. Liczba ta ustanowiła tragiczny rekord, który pozostaje niepobity do dnia dzisiejszego. Katastrofa na Teneryfie jest wciąż największą katastrofą lotniczą w historii cywilnego lotnictwa pod względem liczby ofiar.

1.5. Rewolucja w komunikacji między pilotem a wieżą

Śledztwo w sprawie katastrofy na Teneryfie prowadziły władze hiszpańskie, wspierane przez ekspertów z Holandii i Stanów Zjednoczonych. Raport końcowy, opublikowany w 1978 roku, zidentyfikował złożony splot czynników, które doprowadziły do zderzenia. Żaden pojedynczy błąd nie byłby wystarczający do spowodowania katastrofy - dopiero ich kumulacja stworzyła warunki, w których wypadek stał się nieunikniony.

Jako bezpośrednią przyczynę wskazano rozpoczęcie rozbiegu przez samolot KLM bez zezwolenia na start, w sytuacji gdy pas startowy nie był wolny. Kapitan van Zanten zainicjował rozbieg po otrzymaniu zezwolenia na lot, które określało trasę i parametry odlotu, ale nie stanowiło zgody na sam start. Komisja ustaliła, że załoga KLM nie dysponowała jednoznacznym zezwoleniem na rozpoczęcie rozbiegu w momencie, gdy samolot ruszył.

Analiza zapisów rozmów w kokpicie ujawniła, że pozostali członkowie załogi KLM wyrażali wątpliwości. Pierwszy oficer Meurs zwrócił uwagę na brak zezwolenia na start, a inżynier pokładowy Schreuder zapytał wprost, czy Pan Am opuścił pas. W obu przypadkach kapitan van Zanten

odpowiedział w sposób, który zakończył dyskusję. Członkowie załogi nie podjęli dalszych prób kwestionowania decyzji kapitana.

Raport zidentyfikował ten wzorzec jako istotny czynnik przyczyniający się do katastrofy. Hierarchiczna struktura kokpitu i autorytet kapitana - szczególnie tak doświadczonego i wysoko postawionego w strukturach linii lotniczej - tworzył barierę psychologiczną utrudniającą podwładnym stanowcze sprzeciwienie się decyzji przełożonego. Problem ten określono później terminem „gradient autorytetu”.

Odrębnym obszarem analizy była komunikacja radiowa między załogami a wieżą kontroli. Sformułowanie „we are now at takeoff”, użyte przez pierwszego oficera KLM, nie należało do standardowej frazeologii lotniczej i mogło być interpretowane dwuznacznie. Kontroler w wieży rozumiał je jako informację o gotowości do startu, nie jako meldunek o rozpoczętym rozbiegu.

Bariera językowa stanowiła dodatkową komplikację. Wszyscy uczestnicy komunikacji - kontrolerzy, załoga KLM i załoga Pan Am - posługiwali się językiem angielskim jako językiem obcym. Akcenty, niuanse znaczeniowe i różnice w interpretacji sformułowań zwiększały ryzyko nieporozumień. Standardowa frazeologia lotnicza istniała właśnie po to, by eliminować tego rodzaju wieloznaczności, jednak w praktyce załogi i kontrolerzy często odstępowali od ścisłych formuł na rzecz bardziej naturalnej konwersacji.

Zjawisko nałożonych transmisji radiowych - gdy komunikat Pan Am o kołowaniu po pasie zbiegł się z transmisją wieży - spowodowało, że kluczowa informacja nie dotarła do załogi KLM. Ograniczenia techniczne ówczesnych systemów radiowych nie pozwalały na wykrycie, że dwie stacje nadają jednocześnie i zagłuszają się wzajemnie.

Bezpośrednią konsekwencją katastrofy na Teneryfie była gruntowna rewizja zasad komunikacji radiowej w lotnictwie cywilnym. Organizacja Międzynarodowego Lotnictwa Cywilnego (ICAO) wprowadziła szereg

zmian mających wyeliminować wieloznaczności, które przyczyniły się do tragedii.

Najważniejsza zmiana dotyczyła słowa „takeoff”. Przed katastrofą termin ten był używany w różnych kontekstach - zarówno w zezwoleniu na start, jak i w meldunkach o pozycji czy gotowości. Po 1977 roku wprowadzono zasadę, że słowo „takeoff” może pojawić się w komunikacji radiowej wyłącznie w dwóch sytuacjach: gdy kontroler wydaje zezwolenie na start („cleared for takeoff”) lub gdy je odwołuje („cancel takeoff clearance”). We wszystkich innych kontekstach należy używać zamiennika „departure”.

Zmiana ta eliminowała ryzyko pomyłki interpretacyjnej. Jeśli załoga słyszy słowo „takeoff” w komunikacie od wieży, może być pewna, że dotyczy on faktycznego zezwolenia na rozbieg. Żadne inne sformułowanie - informacja o kolejności, instrukcja kołowania, potwierdzenie pozycji - nie zawiera tego terminu.

Wprowadzono również obowiązek pełnego odczytywania zezwoleń przez załogę. W procedurze sprzed katastrofy załoga często potwierdzała przyjęcie instrukcji krótkim „roger” lub „OK”. Po reformie wymagano powtórzenia kluczowych elementów zezwolenia - numeru pasa, kierunku startu, przydzielonej wysokości. Kontroler mógł dzięki temu zweryfikować, czy załoga prawidłowo zrozumiała instrukcję.

Zaostrzono również wymogi dotyczące meldowania pozycji na pasie startowym i drogach kołowania. Załogi musiały jednoznacznie informować o zajęciu pasa, opuszczeniu go i osiągnięciu określonych punktów. Kontrolerzy otrzymali instrukcje, by w warunkach ograniczonej widzialności wymagać częstszych meldunków pozycyjnych i nie zakładać, że samolot wykonał instrukcję, dopóki nie otrzymają potwierdzenia.

ICAO opracowała zunifikowany słownik frazeologii lotniczej, który miał być stosowany przez wszystkich uczestników ruchu lotniczego

niezależnie od ich języka ojczystego. Celem było zredukowanie komunikacji do ściśle określonych formuł, gdzie każde sformułowanie ma jedno, niebudzące wątpliwości znaczenie.

Katastrofa na Teneryfie ujawniła problem wykraczający poza kwestie techniczne i proceduralne. Dwóch członków załogi KLM dostrzegło sygnały ostrzegawcze i wyraziło wątpliwości, jednak żaden z nich nie zdołał powstrzymać kapitana od kontynuowania rozbiegu. Hierarchia w kokpicie okazała się barierą uniemożliwiającą skuteczną interwencję.

Odpowiedzią branży lotniczej na ten problem stała się koncepcja Crew Resource Management, w skrócie CRM. Program ten, opracowany pod koniec lat siedemdziesiątych i wdrażany przez linie lotnicze od początku lat osiemdziesiątych, fundamentalnie zmienił podejście do współpracy w kokpicie.

Tradycyjny model zakładał, że kapitan jest niepodważalnym autorytetem, którego decyzje podwładni mają wykonywać bez dyskusji. CRM odwracał tę logikę. Każdy członek załogi - niezależnie od stopnia i doświadczenia - miał nie tylko prawo, ale obowiązek zgłaszania wątpliwości dotyczących bezpieczeństwa. Kapitan pozostawał odpowiedzialny za ostateczne decyzje, jednak jego rolą było również aktywne zachęcanie pozostałych członków załogi do wyrażania opinii.

Szkolenia CRM obejmowały scenariusze, w których młodszy członek załogi musiał stanowczo sprzeciwić się decyzji przełożonego. Ćwiczone techniki asertywnej komunikacji - sposoby formułowania sprzeciwu, które są jednoznaczne, ale nie naruszają relacji zawodowych. Wprowadzono koncepcję „two-challenge rule” - jeśli członek załogi dwukrotnie wyrazi wątpliwość, która zostanie zignorowana, ma prawo przejąć kontrolę nad sytuacją.

CRM zmieniał również rolę kapitana. Szkolenia uczyły dowódców, jak tworzyć atmosferę, w której podwładni czują się bezpiecznie zgłaszając uwagi i wątpliwości. Kapitan, który reaguje na krytykę agresją lub

lekceważeniem, tworzy środowisko, w którym błędy nie są wychwytywane na czas.

Program obejmował także zagadnienia świadomości sytuacyjnej, zarządzania obciążeniem pracą i podejmowania decyzji pod presją. Załoga miała funkcjonować jako zespół wzajemnie się kontrolujący, nie jako hierarchiczna struktura, w której informacja przepływa tylko z góry na dół.

W kolejnych dekadach zasady CRM rozszerzono poza kokpit. Szkoleniami objęto personel pokładowy, kontrolerów ruchu lotniczego, a następnie zespoły techniczne. Koncepcja znalazła zastosowanie również poza lotnictwem - w medycynie, energetyce jądrowej i innych branżach, gdzie błędy ludzkie mogą mieć katastrofalne skutki.

Katastrofa na Teneryfie obnażyła poważne luki w wyposażeniu lotnisk i procedurach zarządzania ruchem naziemnym. Brak radaru naziemnego na Los Rodeos oznaczał, że kontrolerzy w warunkach ograniczonej widzialności nie mieli żadnego narzędzia do śledzenia pozycji samolotów na płycie i pasie startowym. Po 1977 roku sytuacja ta zaczęła się zmieniać.

Międzynarodowe standardy zaczęły wymagać instalacji radarów naziemnych - określanych jako SMR (Surface Movement Radar), a później rozbudowywanych do systemów A-SMGCS (Advanced Surface Movement Guidance and Control System) - na lotniskach o znacznym natężeniu ruchu lub szczególnie narażonych na zjawiska ograniczające widzialność. Urządzenia te wyświetlają kontrolerom pozycje wszystkich statków powietrznych i pojazdów naziemnych poruszających się po płycie lotniska, niezależnie od warunków atmosferycznych.

Równolegle rozwijano systemy ostrzegania przed kolizjami na ziemi. Współczesne porty lotnicze wyposażone są w instalacje RIMCAS (Runway Incursion Monitoring and Conflict Alert System), które automatycznie wykrywają potencjalne konflikty - na przykład sytuację,

gdy samolot rozpoczyna rozbieg, podczas gdy inny obiekt znajduje się na pasie startowym. System generuje alarm dźwiękowy i wizualny, dając kontrolerom możliwość interwencji.

Zmieniono również procedury kołowania w warunkach ograniczonej widzialności. Wprowadzono zasadę, że w takich warunkach na pasie startowym może znajdować się tylko jeden statek powietrzny jednocześnie. Procedura backtrack - kołowanie po pasie startowym do jego końca w celu wykonania zawrócenia - została obwarowana dodatkowymi wymogami potwierdzania pozycji i stanu pasa przed wydaniem zezwolenia na start.

Infrastruktura nawigacyjna na lotniskach uległa znaczącej rozbudowie. Wprowadzono wymogi dotyczące oświetlenia dróg kołowania i oznaczeń poziomych, które pozostają widoczne w warunkach ograniczonej widzialności. Systemy świetlne informujące o statusie pasa startowego - czy jest zajęty, czy wolny - stały się standardem na lotniskach obsługujących ruch międzynarodowy. Niektóre porty wdrożyły systemy świetlne wbudowane w nawierzchnię dróg kołowania, prowadzące załogi do właściwych zjazdów.

Zrewidowano również procedury zarządzania lotniskiem w sytuacjach kryzysowych. Przekierowanie dużej liczby samolotów na port zastępczy wymaga obecnie koordynacji uwzględniającej możliwości infrastrukturalne lotniska przyjmującego. Decyzje o kierowaniu ruchu na lotniska o ograniczonej przepustowości podejmowane są z uwzględnieniem nie tylko dostępności pasa startowego, ale również przestrzeni postojowej i zdolności do bezpiecznego zarządzania zwiększonym ruchem naziemnym.