

# Ατύχημα Lauda Air B767

---

Διερεύνηση Ατυχήματος με τη μέθοδο STAMP

**Αλέξανδρος Ρασούλης, 20150123**

**29/8/2021**

Στις 26 Μαΐου του 1991 έλαβε χώρα το μεγαλύτερο δυστύχημα της ιστορίας της αεροπορικής εταιρίας «Lauda Air Flight» στο προγραμματισμένο δρομολόγιο Χονγκ Κονγκ – Μπανγκόκ - Βιέννη που εκτελούσε το Boeing 767 με αριθμό πτήσης NG 004 όπου συνετρίβη στη βόρεια ζούγκλα της Ταϊλάνδης 15 λεπτά έπειτα από την απογείωση του. Από την πτώση σημειώθηκαν σύνολο 223 ανθρώπινες απώλειες εκ τω οποίων οι 213 ήταν επιβάτες του αεροσκάφους και 10 μέλη του πληρώματος.

## Περιεχόμενα

1. Τεκμηριωμένες Πληροφορίες .....	2
1.1 Ιστορικό Πτήσης .....	2
1.2 Τραυματισμός Προσώπων .....	2
1.3 Ζημιές στο αεροπλάνο .....	2
1.4 Άλλες ζημιές .....	3
2. Ανάλυση.....	3
2.1 Γενικά.....	3
2.2 Έρευνα αιτίας ατυχήματος.....	3
2.3 Τεχνική ανάλυση .....	4
3. Μέθοδος STAMP.....	5
3.1 Συνοπτικό Ιεραρχικό Διάγραμμα ελέγχου της πτήσης .....	5
3.2 Διεθνής Οργανισμός Πολιτικής Αεροπορίας.....	5
3.3 Lauda Air .....	6
3.4 Προσωπικό - Συντήρηση .....	6
3.5 Πλήρωμα.....	7
4. Συμπεράσματα .....	7
4.1 Πιθανή αιτία του ατυχήματος .....	7
4.2 Συστάσεις.....	7
4.3 Συνέπειες.....	7
4.4 Ανάλυση ατυχήματος με μέθοδο ACCIMAP .....	9
5. Βιβλιογραφία .....	10

## 1. Τεκμηριωμένες Πληροφορίες

### 1.1 Ιστορικό Πτήσης

Η επιβατική πτήση της Lauda Air Flight 004 ήταν προγραμματισμένη με αφετηρία το Hong – Kong και προορισμό την Βιέννη της Αυστρίας με μια ενδιάμεση στάση στο Μπανγκόγκ της Ταϊλάνδης. Η πτήση αναχώρησε από το Μπανγκόγκ στις 26 Μαΐου του 1991 και ώρα 16:02 προς τον τελικό της προορισμό.

Όλες οι λειτουργίες του αεροπλάνου πριν την πτήση, κατά την διάρκεια που ήταν στο έδαφος και στην απογείωση φαινόταν φυσιολογικές μέχρις ότου 5 λεπτά και 45 δευτερόλεπτα από την αναχώρηση, όπου καταγράφηκε στο μαγνητόφωνο στην καμπίνα του πιλότου ήχοι από την ισχύ των κινητήρων να αυξάνονται για απογείωση. Σε εκείνο το σημείο, ακολούθησε διάλογος μεταξύ των μελών του πληρώματος σχετικά με ένα γεγονός που προσδιορίστηκε αργότερα ως ειδοποίηση πληρώματος σχετικά με μια βαλβίδα απομόνωσης αντίστροφης ώσης.

Το παραπάνω ειδοποίηση συζητήθηκε για περίπου 4:30 λεπτά. Το πλήρωμα χρησιμοποίησε το Βιβλίο Ταχείας Αναφοράς για τον προσδιορισμό των κατάλληλων ενεργειών στον προκείμενο συναγερμό. Δεν απαιτούνταν ενέργειες και δεν εντοπίστηκε ότι λήφθηκε κάποια.

Δέκα λεπτά και είκοσι δευτερόλεπτα στην πτήση ο δεύτερος πιλότος συμβούλεψε τον κυβερνήτη την ανάγκη του πηδαλίου για κοφτή στροφή αριστερά. Ο κυβερνήτης αναγνώρισε την δήλωση του δεύτερου πιλότου.

Έπειτα από δεκαπέντε λεπτά και ένα δευτερόλεπτο, ο δεύτερος πιλότος επισήμανε ότι “ah reverser’s are deployed”. Στη συνέχεια το μαγνητόφωνο κατέγραψε παρόμοιους ήχους από βίαιο ταρακούνημα του σκελετού του αεροπλάνου. Εικοσιεννέα δευτερόλεπτα αργότερα η ηχογράφηση έληξε με πολλαπλούς ήχους που θεωρούνται ότι είναι η δομική διάλυση του.

Οι συνθήκες πτήσης ανακτήθηκαν από τη μνήμη ROM στον αριστερό μηχανικό έλεγχο το κινητήρα. Στο σημείο όπου εικάζεται ότι αναπτύχθηκε η αντίστροφη κίνηση, η ένδειξη του ηλεκτρονικού ελέγχου του κινητήρα έδειξε ότι το αεροπλάνο ήταν σε υψόμετρο 24.700 ποδιών κατά προσέγγιση, ταξίδευε με ταχύτητα 0.78 Mach και ανέπτυσσε ύψος.

### 1.2 Τραυματισμός Προσώπων

<u>Τραυματισμοί</u>	<u>Πλήρωμα</u>	<u>Επιβάτες</u>	<u>Άλλοι</u>
Θανατηφόροι	10	213	0
Σοβαροί	0	0	0
Ασήμαντοι	0	0	

### 1.3 Ζημιές στο αεροπλάνο

Το αεροπλάνο καταστράφηκε από διάσπαση κατά την πτήση, πρόσκρουση στο έδαφος και πυρκαγιά

#### 1.4 Άλλες ζημιές

Δεν υπήρξαν ανθρώπινες απώλειες/τραυματισμοί στο έδαφος ούτε ζημιές σε κάποιο κτίριο

## 2. Ανάλυση

---

### 2.1 Γενικά

Τα μέλη του πληρώματος ήταν εκπαιδευμένα, με τα κατάλληλα προσόντα και τα αντίστοιχα πιστοποιητικά για τα ανάλογα καθήκοντά τους σύμφωνα με τους νόμους και τους κανονισμούς της Δημοκρατίας της Αυστρίας. Δεν υπήρχαν ενδείξεις ότι ιατρικοί παράγοντες ή κόπωση επηρέασαν την απόδοση του πληρώματος πτήσης.

Το αεροπλάνο ήταν πιστοποιημένο, εξοπλισμένο και συντηρημένο σύμφωνα με τους κανονισμούς και τις εγκεκριμένες διαδικασίες. Με εξαίρεση ορισμένα επαναλαμβανόμενα μηνύματα PIMU συντήρησης που αφορούν το αντίστροφο σύστημα ώθησης που δεν απέκλειε την πτήση του αεροπλάνου. Δεν υπήρχαν ενδείξεις βλάβης πριν από το ατύχημα ή δυσλειτουργίας του αεροπλάνου, των σταθμών ισχύος και των συστημάτων του.

Το μαύρο κουτί είχε σχεδόν καταστραφεί από την φωτιά και την κρούση. Στάλθηκε στην Ουάσινγκτον για να γίνει ανάκτηση των δεδομένων, χωρίς επιτυχία.

Όσο αφορά την έρευνα που διεξάχθηκε στον κινητήρα στο αριστερό φτερό ανακάλυψαν κάτι το οποίο δεν ήταν αναμενόμενο, ήταν ενεργοποιημένη η αντίθετη πρόωση, δηλαδή ο κινητήρας έστελνε τον αέρα σε αντίθετη κατεύθυνση από την φορά του αεροπλάνου. Αυτή η λειτουργία βοηθάει ως φρενάρισμα κατά την προσγείωση .

Ο ειδικός ερευνητής της Boeing ανέφερε ότι κάτι τέτοιο δεν έπρεπε να είχε συμβεί , παρόλα αυτά το αεροπλάνο είναι σχεδιασμένο ώστε να πιλοτάρετε αποτελεσματικά και σε τέτοια περίπτωση βλάβης . Σε όμοια τεστ στα όποια ενεργοποιούν την αντίθετη πρόωση το αεροπλάνο είναι απόλυτα ελεγχόμενο παρά τις διαφορές αναταραχές.

Το κύριο ερώτημα ήταν πως μπορεί η ενεργοποίηση της αντίθετης πρόωσης να ρίξει ένα τόσο μεγάλο αεροπλάνο.

### 2.2 Έρευνα αιτίας ατυχήματος

Από την πτώση του αεροπλάνου κατάφερε να διασωθεί το μαγνητόφωνο από το πιλοτήριο. Μετά από ανάλυση αυτών των στοιχείων κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τίποτα άλλο ασυνήθιστο δεν έγινε στο αεροπλάνο πέρα από το ότι ενεργοποιήθηκε η αντίθετη πρόωση.

Ερευνητές από την Επιτροπή Διερεύνησης Ατυχημάτων της Κυβέρνησης της Ταϊλάνδης, ο Διαπιστευμένος Αντιπρόσωπος της Αυστρίας και οι σύμβουλοί του, η NTSB, η FAA και η Boeing συναντήθηκαν στο Σιάτλ της Ουάσινγκτον, τον Σεπτέμβριο του 1991, για να αναλύσουν την προσομοίωση του αεροσκάφους που αναπτύχθηκε από την Boeing για τις συνθήκες που υπήρχε όταν ο ανατροπέας ώσης αναπτύχθηκε στην πτήση ατυχήματος. Τα αποτελέσματα των

δοκιμών της αεροδυναμικής σήραγγας Boeing Vertol έδειξαν περίπου 25% απώλεια ανύψωσης για έναν κινητήρα σε μέγιστη ισχύ ανόδου, μειώνοντας σε περίπου 13% καθώς ο κινητήρας στροβιλίζεται προς το ρελαντί. Χρειάζονται περίπου 6 έως 8 δευτερόλεπτα για να περιστρέψει ο κινητήρας από τη μέγιστη άνοδο στα επίπεδα ώθησης στο ρελαντί.

Η Boeing αναπρογραμματίζει το μοντέλο του προσομοιωτή B767 με βάση αυτές τις νέες δοκιμές.

Ο επικεφαλής δοκιμαστικός πιλότος B767 της εταιρείας Boeing δεν μπόρεσε να ανακτήσει με επιτυχία τον προσομοιωτή εάν η διορθωτική ενέργεια καθυστέρουσε για περισσότερο από 4 έως 6 δευτερόλεπτα. Το εύρος στους χρόνους καθυστέρησης σχετίζεται με την κίνηση του γκαζιού του κινητήρα. Το εύρος των χρόνων καθυστέρησης σχετίζεται με την κίνηση του γκαζιού του κινητήρα. Η ανάκτηση πραγματοποιήθηκε από τον πιλότο δοκιμής όταν πραγματοποιήθηκαν διορθωτικές ενέργειες του αντίθετου τροχού ελέγχου και της εκτροπής του πηδαλίου σε λιγότερο από 4 δευτερόλεπτα.

### 2.3 Τεχνική ανάλυση

Το σύστημα αναστροφής Boeing B767 είναι σχεδιασμένο μόνο για λειτουργία εδάφους. Η ενεργοποίηση του αντιστροφέα ώσης PW 4000 απαιτεί κίνηση δύο υδραυλικών βαλβίδων που είναι εγκατεστημένες σε σειρά. Το σύστημα έχει πολλά επίπεδα προστασίας που έχουν σχεδιαστεί για να αποφευχθεί η μη συνδεδεμένη ανάπτυξη κατά την πτήση. Οι εκτιμήσεις σχεδιασμού ηλεκτρικών μηχανικών συστημάτων εμποδίζουν την τροφοδοσία της υδραυλικής βαλβίδας απομόνωσης ή την κίνηση του μοχλού της αντίστροφης ώσης προς τα πίσω. Η διερεύνηση αυτού του ατυχήματος που αποκαλύφθηκε ότι εάν υπάρχουν ορισμένες ανωμαλίες με την ενεργοποίηση του κυκλώματος αυτόματης αναμονής κατά την πτήση αυτές οι ανωμαλίες θα μπορούσαν να παρακάμψουν την προστασία που παρέχεται από αυτά τα σχέδια.

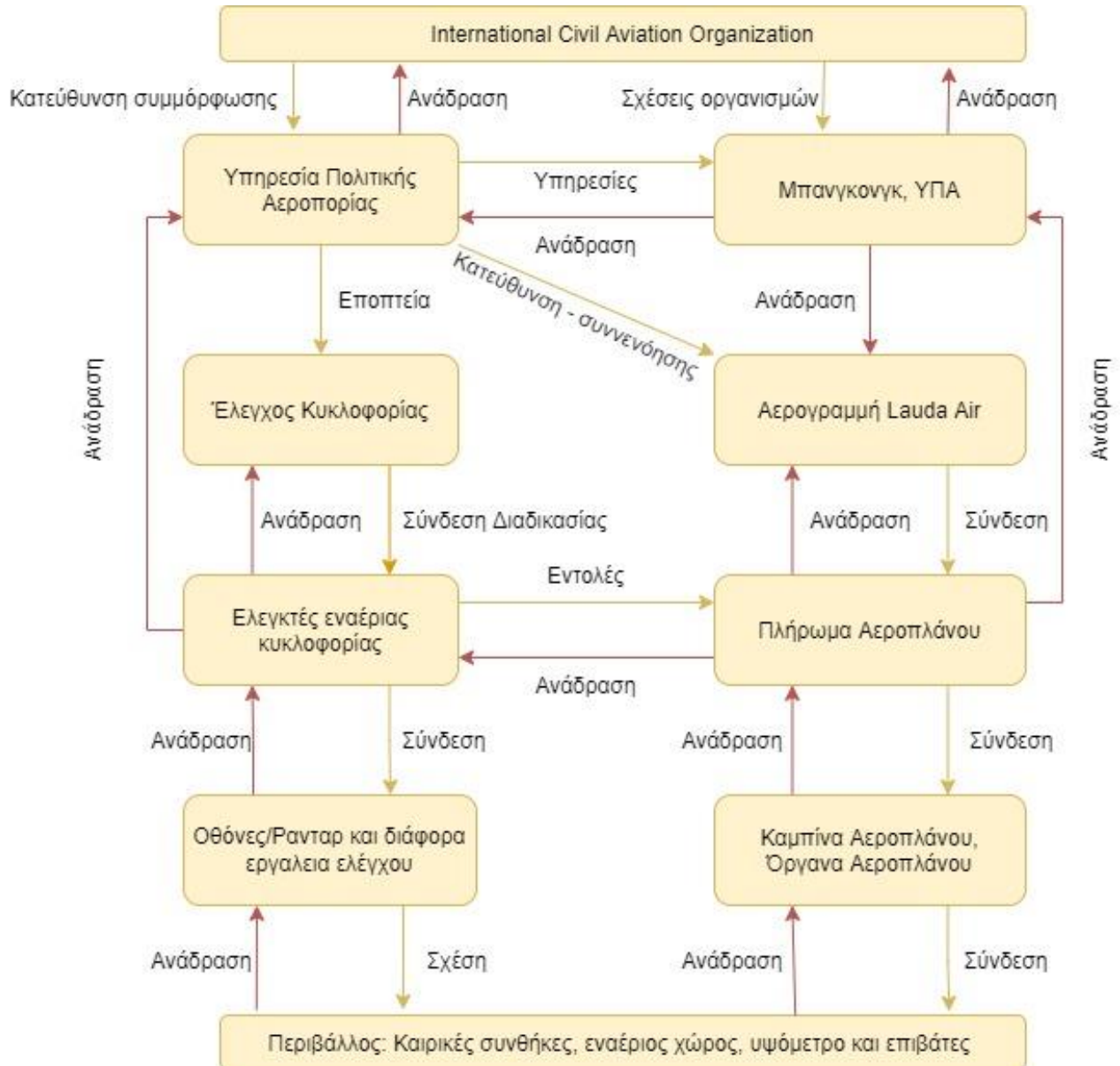
Η βαλβίδα κατεύθυνσης (DCV) για τον αριστερό κινητήρα, ένα βασικό στοιχείο στο σύστημα αναστροφής ώσης, δεν ανακτήθηκε μέχρι 9 μήνες μετά το ατύχημα. Η εξέταση όλων των άλλων μερών του συστήματος αναστροφής ώθησης που ανακτήθηκαν έδειξαν ότι όλα ήταν λειτουργικά κατά τη στιγμή του ατυχήματος. Η Lauda Airlines είχε εκτελέσει συντήρηση στο σύστημα αναστροφής ώσης σε μια προσπάθεια να καθαρίσουν τα μηνύματα συντήρησης.

Ωστόσο, αυτές οι αποκλίσεις δεν αποκλείουν την περαιτέρω χρήση του αεροπλάνου.

Ταυτόχρονα οι ερευνητές της Boeing προσπαθούσαν να κάνουν στα εργαστήρια μια προσομοίωση του ατυχήματος. Συγκεκριμένα ήθελαν να δουν πως γίνεται να ανοίξουν ταυτόχρονα και οι δυο βαλβίδες που ενεργοποιούν την αντίστροφη πρόωση. Μετά από πολλά πειράματα συνειδητοποίησαν ότι τα καλώδια των δυο βαλβίδων που παρείχαν το σήμα για να ανοίξουν ή να κλείσουν ήταν δεμένα μεταξύ τους με πλαστικούς σφιγκτήρες. Έτσι σε περίπτωση φθοράς της μόνωσης σε κάποιο σημείο και συνέβαινε κάποιο βραχυκύκλωμα, το σύστημα έσφαλε και άφηνε τις δυο βαλβίδες ανοιχτές ταυτόχρονα.

### 3. Μέθοδος STAMP

#### 3.1 Συνοπτικό Ιεραρχικό Διάγραμμα ελέγχου της πτήσης



Σχήμα 1.

#### 3.2 Διεθνής Οργανισμός Πολιτικής Αεροπορίας

Καταρχάς, ο Διεθνής Οργανισμός Πολιτικής Αεροπορίας απέτυχε στο να προλάβει το αναμενόμενο εν τέλει τεχνικό πρόβλημα του αεροπλάνου αναγνωρίζοντας λανθασμένα

διαπιστευτήρια της Boeing όσον αφορά τις πτητικές ικανότητες του αεροπλάνου υπό απρόοπτες συνθήκες πτήσης εκθειάζοντας την αναποτελεσματικότητα του.

### 3.3 Lauda Air

Εμφανίζεται η ίδια αστοχία και στην ιδιοκτήτρια εταιρεία του αεροπλάνου όπως και στον Διεθνή Οργανισμό Πολιτικής Αεροπορίας. Συγκεκριμένα κατά την απόκτηση του συγκεκριμένου αεροπλάνου από την εταιρεία κατασκευής του δεν ανακαλύφθηκαν εξ' αρχής τα άτοπα πειράματα που παρείχε στους πελάτες για το συγκεκριμένο μοντέλο αεροπλάνου. Η εκτέλεση δοκιμών ελέγχου και αξιοπιστίας πτήσης με μη θεμιτή ενεργοποίηση της λειτουργίας της αντίστροφης πρόωσης εν τέλει απέβη καταστροφική από την στιγμή που δεν υπήρξε αντιστοιχία του περιβάλλοντος των δοκιμών με το ρεαλιστικό περιβάλλον πτήσεων του συγκεκριμένου αεροπλάνου. Με το αντίστοιχο μερίδιο ευθύνης να αναλογεί και στην αεροπορική εταιρεία αλλά και στον κατασκευαστή του αεροπλάνου.

### 3.4 Προσωπικό - Συντήρηση

Ήταν προφανές, από την εξέταση των εγγράφων και των συνεντεύξεων με το προσωπικό συντήρησης ότι ακολουθούσαν τις διαδικασίες στο εγχειρίδιο απομόνωσης σφάλματος Boeing (FIM) για την επίλυση επαναλαμβανόμενων μηνυμάτων για ελαττώματα REV RNG και REV CR-CHK στον πίνακα ελέγχου του αριστερού κινητήρα. Ωστόσο, οι προσπάθειές τους ήταν ανεπιτυχείς και η διαδικασία δεν οδήγησε ποτέ στην αναγνώριση μιας ανωμαλίας. Στην προσπάθειά τους για να εντοπίσουν το σφάλμα, αφαιρέθηκαν/αντικαταστήθηκαν συστήματα DCVs, HIVS και PIMUS, ωστόσο δεν επιδιώκουν τη βοήθεια από την Boeing. Η Boeing θεωρεί αυτές τις μετακομίσεις και τις ανταλλαγές που δεν σχετίζονται με τα μηνύματα σφάλματος Pimu, αναποτελεσματικά στην επίλυση της αιτίας των μηνυμάτων.

Τα αρχεία συντήρησης Lauda υποδεικνύουν επίσης την αντικατάσταση και την επαναπροσανατολισμό των ενεργοποιητών αναστροφής ώθησης. Δεν υπήρχε περαιτέρω διαδικασία ή άλλη καθοδήγηση στο FIM Boeing FIM και το προσωπικό συντήρησης Lauda έκανε την απόφαση να επιθεωρήσει φυσικά ολόκληρη την πλεξούδα καλωδίωσης της ώσης στον κινητήρα και στον πυλώνα. Οι έλεγχοι συνέχειας καλωδίων μεταξύ της EOK και των γραμμικών μεταβλητών διαφορικών μορφοτροπέων (LVDTs) για την αντιμετώπιση προβλημάτων Τα μηνύματα "RNG αποτυγχάνουν" αποτελούν μέρος της διαδικασίας FIM εάν οι τιμές αντίστασης των LVDTs είναι εντός ορίων.

Ωστόσο, ο έλεγχος άλλης καλωδίωσης αναστροφής ώθησης εξαιτίας των μηνυμάτων "RNG Fail" είναι, σύμφωνα με το Boeing, "ακατάλληλο" από τότε τα μηνύματα Pimu "RNG Fail" είναι ανεξάρτητα από τα κυκλώματα λειτουργίας και ένδειξης της ώσης.

Ο οδηγός αποστολής Boeing επιτρέπει την πτήση για έως και 500 ώρες με ένα μήνυμα συντήρησης EOK που έχει εντοπιστεί. Εάν το μήνυμα εκκαθαριστεί ακολουθώντας μια διορθωτική ενέργεια και δεν επαναλαμβάνει την επόμενη πτήση, τότε αν ξανακλείσει, αρχίζει ένα νέο διάστημα 500 ωρών.

Ως εκ τούτου, η Lauda δεν ήταν αφελής ώστε να συνεχίσει να αποστέλλει το αεροπλάνο και να αντιμετωπίζει το πρόβλημα μεταξύ των πτήσεων. Δεν εντοπίστηκε ειδική δράση συντήρησης Lauda που προκάλεσε την ενεργοποίηση αντιστροφής ώθησης στο αεροπλάνο του ατυχήματος.

### **3.5 Πλήρωμα**

Η πιθανότητα ενός έμπειρου πληρώματος να επιλέγει σκόπιμα αντίστροφη ώθηση κατά τη διάρκεια μιας φάσης αναρρίχησης υψηλής ισχύος είναι εξαιρετικά απίθανη. Δεν υπάρχει καμία ένδειξη στο CVR ότι το πλήρωμα ξεκίνησε αυτή την λειτουργία. Εάν το πλήρωμα σκόπιμα ή ακούσια επιχειρούσε να επιλέξει αναστροφή ώθησης, οι μοχλοί ώθησης προς τα εμπρός θα έπρεπε να μετακινηθούν στην αδρανειακή θέση, προκειμένου να ανυψωθούν οι μοχλοί αντίστροφης ώθησης. Επιπλέον, το σύστημα αέρος/εδάφους θα είχε αποτρέψει την εφαρμογή για την ανάπτυξη των ανατροπών ώσης. Η εξέταση των διαθέσιμων εξαρτημάτων της κεντρικής βάσης ελέγχου του αεροπλάνου έδειξε ότι το σύστημα μηχανικής εμπλοκής θα έπρεπε να είναι ικανό να λειτουργεί όπως έχει σχεδιαστεί.

## **4. Συμπεράσματα**

---

### **4.1 Πιθανή αιτία του ατυχήματος**

Η Επιτροπή Διερεύνησης Ατυχημάτων της Κυβέρνησης της Ταϊλάνδης καθορίζει την πιθανή αιτία αυτού του ατυχήματος να είναι η ενεργοποίηση κατά την πτήση του αριστερού αναστροφέα ώθησης του κινητήρα, η οποία οδήγησε σε απώλεια του ελέγχου του αεροπλάνου. Η συγκεκριμένη αιτία της εν λόγω ενέργειας δεν έχει καθοριστεί με σαφήνεια.

### **4.2 Συστάσεις**

Η Επιτροπή Διερεύνησης Ατυχημάτων Αεροσκαφών συνιστά στην Ομοσπονδιακή Υπηρεσία Αεροπορίας των Ηνωμένων Πολιτειών να εξετάσει την διαδικασία πιστοποίησης όλων των αεροπλάνων που έχουν πιστοποιηθεί με όμοιο μηχανισμό αναστροφής ώθησης του κινητήρα ώστε να παρέχουν κατάλληλες εγγυήσεις σχεδιασμού για την πρόληψη παρόμοιων ατυχημάτων.

Επιπρόσθετως, να αναθεωρήσει τα πρότυπα πιστοποίησης για τους τρέχοντες και μελλοντικούς καταγραφείς πτήσεων αεροπλάνων που προορίζονται για χρήση σε έρευνες ατυχημάτων για την προστασία και διατήρηση των καταγεγραμμένων πληροφοριών από τις συνθήκες παρατεταμένης θερμικής έκθεσης που μπορεί να αναμένεται να συμβεί σε ατυχήματα που βρίσκονται σε σημεία που δεν είναι προσβάσιμα για πυρόσβεση.

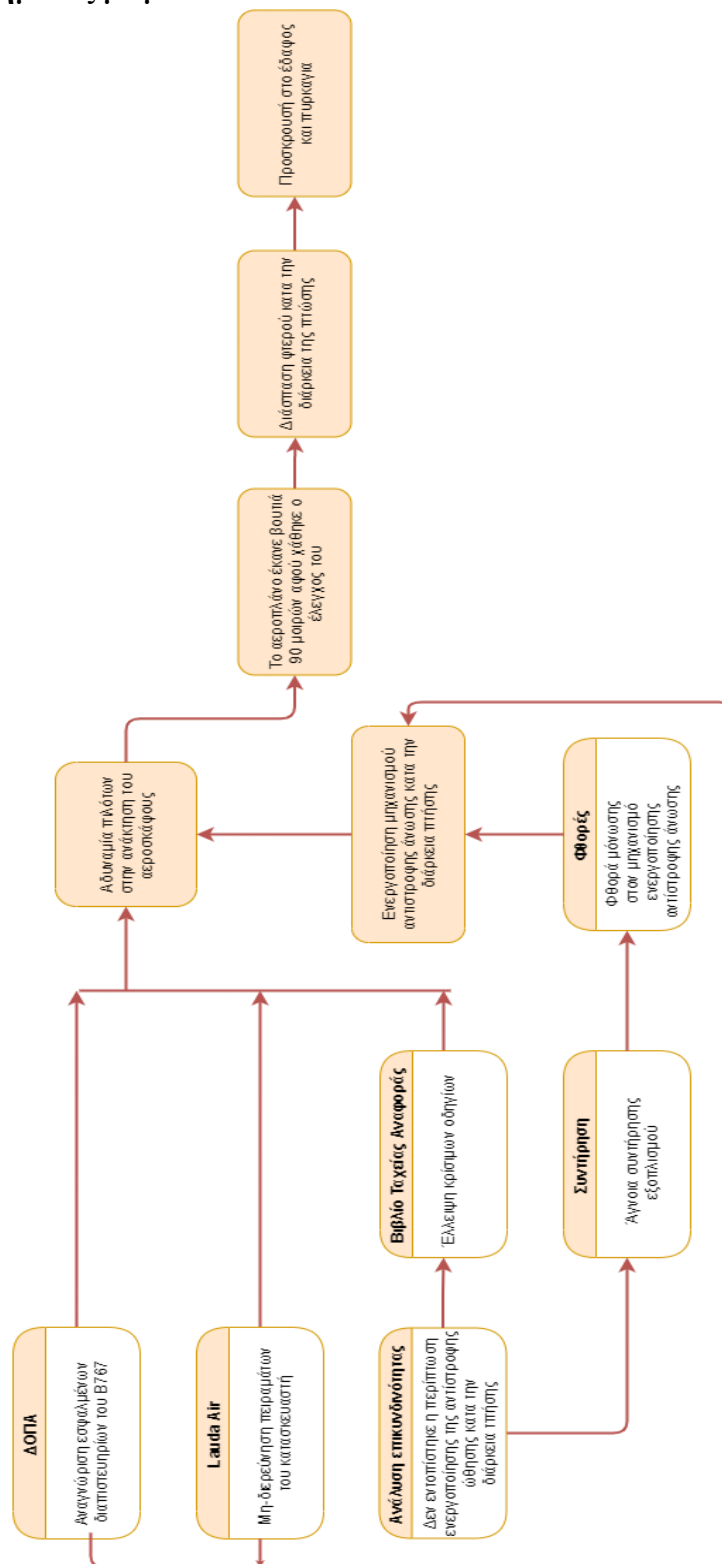
### **4.3 Συνέπειες**

Ως λύση για το πρόβλημα αυτό, καθώς υπήρξε κίνδυνος σε όλες τις αεροπορικές εταιρίες να αναβιώσουν το ατύχημα, εφαρμόστηκε μια επιπλέον δικλίδα ασφάλειας. Εγκαταστάθηκαν μια σειρά μηχανικών κλειδαριών οι οποίες εξασφάλιζαν ότι δεν θα μπορέσει σε καμία περίπτωση να ενεργοποιηθεί εσφαλμένα ξανά το σύστημα αυτό. Αυτές οι κλειδαριές τοποθετηθήκαν



περιμετρικά του κινητήρα και του κομματιού υπεύθυνο για την ενεργοποίησή της λειτουργίας της αντίθετης πρόωσης, οι οποίες ήταν απόλυτα συγχρονισμένες μεταξύ τους και μπορούσαν να ανοίξουν μόνο όταν άνοιγαν οι ρόδες του αεροπλάνου όσο βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος

## 4.4 Ανάλυση ατυχήματος με μέθοδο ACCIMAP



Σχήμα 2.

## 5. Βιβλιογραφία

---

Lauda Air B767 Accident report from University of Bielefeld by the research group of Prof. Peter b. Ladkin, Ph.D., [link](#)