



Ο ανθρώπινος παράγοντας στους Μη Καταστροφικούς Ελέγχους Αεροπορικού Υλικού

Δρ. Ρουμπίνη Μαρίνη

Τομέας Ειδικών Διεργασιών - Διεύθυνση Μελετών, Έρευνας και Καινοτομίας
Ελληνική Αεροπορική Βιομηχανία ΑΕ - 32009 ΣΧΗΜΑΤΑΡΙ

Περίληψη

Η αξιοπιστία των Μη Καταστροφικών Ελέγχων αεροπορικού υλικού επηρεάζεται άμεσα από το περιβάλλον στο οποίο πραγματοποιούνται. Παρά το ότι η σημασία του ανθρώπινου παράγοντα σε κάθε επιθεώρηση έχει τονιστεί από παλιά, τις δύο τελευταίες δεκαετίες γίνεται συστηματική προσπάθεια να αναδειχτεί και να ποσοτικοποιηθεί. Με ιδιαίτερη έμφαση στις διερευνήσεις των αεροπορικών ατυχημάτων, η προτεραιότητα έχει δοθεί στην ασφάλεια των πτήσεων και στις επιθεωρήσεις αεροσκαφών του πολιτικού νηολογίου. Σύμφωνα με μελέτες φορέων, όπως FAA*, NTSB*, ATSB*, ο ανθρώπινος παράγοντας ευθύνεται κατά 60-80% για τα αεροπορικά ατυχήματα, το αίτιο δεν είναι σχεδόν ποτέ μονοσήμαντο και το μεγαλύτερο ποσοστό των λαθών στη συντήρηση συμβαίνει κατά την αποσυναρμολόγηση και επανασυναρμολόγηση ενός αεροκινητήρα. Παρόλα αυτά, οι Μη Καταστροφικοί Έλεγχοι προς εντοπισμό των σφαλμάτων υλικών κατά την επιθεώρηση της συντήρησης (ρωγματοώσεων λόγω υπερφόρτισης, κόπωσης ή ερπυσμού) παραμένουν κρίσιμες διαδικασίες απαιτώντας τη συνολική εκτίμηση της αξιοπιστίας τους μέσω συνεχιζόμενης εκπαίδευσης και αυστηρών πιστοποιήσεων των επιθεωρητών, αλλά και αξιολόγησης μέσω στατιστικών μεθόδων, όπως η πιθανότητα εντοπισμού ρωγμάτωσης (Probability of Crack Detection-POD).

1. Η Μελέτη του Ανθρώπινου Παράγοντα

Ο όρος “ανθρώπινος παράγοντας” προσδιορίζεται κυριολεκτικά ως «η ψυχική και σωματική κατάσταση ενός ατόμου, η κατάρτιση και η εμπειρία του, καθώς και οι συνθήκες κάτω από τις οποίες το άτομο λειτουργεί, οι οποίες επηρεάζουν την ικανότητα ενός συστήματος να επιτύχει τον επιδιωκόμενο σκοπό του». Στην επιστημονική της εφαρμογή και ανάλυση ο όρος μεταφράζεται ως «η επιστήμη της βελτιστοποίησης της σχέσης μεταξύ των ανθρώπων και των δραστηριοτήτων τους με τη συστηματική εφαρμογή των ανθρωπιστικών επιστημών, εντεταγμένη στο πλαίσιο ενός μηχανικού συστήματος». Το δε “ανθρώπινο λάθος” ορίζεται ως «η διαφορά μεταξύ αυτού που καθ’ ομολογία το άτομο όφειλε να πράξει ενώ αυτό έπραξε διαφορετικά» [1] [2].

Οι στατιστικές των ατυχημάτων για τα εμπορικά jet παγκοσμίως καταδεικνύουν τη συντήρηση σε ένα σχετικά χαμηλό 4% ως πρωταρχική αιτία των ατυχημάτων που συνοδεύονται από ολική απώλεια του αεροσκάφους σε σύγκριση με το συντριπτικό 60% που σχετίζεται με τις ενέργειες του πληρώματος πτήσης [3]. Ωστόσο, τα στατιστικά στοιχεία ενέχουν μια τάση να υποτιμούν τη σημασία της συντήρησης ως παράγοντα που συμβάλλει σε ατυχήματα. Το 2003, το Flight International ανέφερε ότι «αστοχία κατά την τεχνική συντήρηση» αναδείχθηκε ως η κύρια αιτία των αεροπορικών θανατηφόρων ατυχημάτων, ξεπερνώντας τους λανθασμένους χειρισμούς κατά την προσγείωση [4]. Σύμφωνα με τον John Goglia, πρώην μέλος του NTSB* η ελλειμματική συντήρηση εμπλεκόταν στα 7 από τα 14 αεροπορικά ατυχήματα του 2001-2002 [5], ενώ, ο ομότιμός του Dr. Mark Rosekind, αναφέρει στην ετήσια αναφορά του οργανισμού το 2010, ότι το 70-80% όλων των ατυχημάτων οφείλεται στον ανθρώπινο παράγοντα [6].

Θανατηφόρα ατυχήματα αεροσκαφών με εμβολοφόρους κινητήρες και που να οφείλονται στην έλλειψη συντήρησης αναφέρονται ως σπάνια. Αυτό επιβεβαιώνεται από διαχρονική ανάλυση, η οποία έδειξε μικρή αλλαγή στο ποσοστό ατυχημάτων συντήρησης με 3.7 ατυχήματα ανά εκατομμύριο ωρών πτήσης για την πιο πρόσφατη περίοδο (2009-2013). Παρ’ όλα αυτά, εφόσον το ποσοστό ατυχημάτων, λόγω καθαρά πλημμελούς συντήρησης, διατηρείται διαχρονικά σταθερό, υπάρχει περιθώριο για βελτίωση [7].

Προσδιορίζοντας τους παράγοντες που εμπλέκονται και στην πλημμελή συντήρηση θα εντοπιστεί πρωτίστως ο ανθρώπινος παράγοντας, που, από τις δεκαετίες του ’80 και του ’90 τίθεται στο επίκεντρο αναλύσεων, μελετών και ελέγχου. Ο εθνικός μεταφορέας του Καναδά προσδιόρισε 12 ανθρώπινους παράγοντες που εμπλέκονται με τη συντήρηση των αεροσκαφών, οι οποίοι, υποβαθμίζουν ή εμποδίζουν την ικανότητα των τεχνικών συντήρησης να αποδώσουν σωστά, δημιουργώντας πιθανές μετέπειτα αστοχίες. Οι παράγοντες αυτοί είναι: **επικοινωνιακά λάθη** (της ηγεσίας), **έλλειψη πόρων**, **αδιαφορία**, **αφηρημάδα**, **έλλειμα κατάρτισης/πιστοποίησης**, **έλλειψη εμπιστοσύνης** (στις ικανότητες του ίδιου ή των άλλων), **έλλειψη**



τεχνικών οδηγιών ή προδιαγραφών, έλλειψη ενημέρωσης, κόπωση, έλλειμα ομαδικού πνεύματος (επικοινωνίας με την ομάδα), πίεση, άγχος [8].

2. Μελέτη του Ανθρώπινου Παράγοντα στους Βιομηχανικούς Μη Καταστροφικούς Ελέγχους

Η συντήρηση - και οι Μη Καταστροφικοί Έλεγχοι (ΜΚΕ), οι οποίοι είναι αναπόσπαστο κομμάτι της-, παρότι συμβάλλουν ουσιαστικά στην αξιοπιστία του συστήματος, αποτελούν ταυτόχρονα και μια πιθανή αιτία της αστοχίας του συστήματος. Ως εκ τούτου, η κατανόηση των ανθρώπινων παραγόντων στη συντήρηση είναι περισσότερο αναγκαία από ποτέ, αν ζητούμενο είναι να βελτιωθεί η ασφάλεια και η αξιοπιστία στο αεροπορικό υλικό. Σε μία ΜΡΟ* βιομηχανία τα σφάλματα κατά τον έλεγχο, την επισκευή και την επιθεώρηση, έχουν επιπτώσεις όχι μόνο στην ασφάλεια, αλλά και στο κόστος [6].

Σε σύγκριση με άλλες απειλές για την ασφάλεια των αεροπλεύσεων, τα λάθη του προσωπικού συντήρησης είναι, κατά γενικό κανόνα, πιο δύσκολο να ανιχνευθούν και έχουν τη δυνατότητα να παραμένουν σε λανθάνουσα κατάσταση, επηρεάζοντας την ασφαλή λειτουργία των αεροσκαφών και των πτήσεων μακροπρόθεσμα. Κι ενώ το προσωπικό συντήρησης αναγνωρίζει ότι οι ίδιοι είναι υπεύθυνοι για τις πράξεις τους, σε πολλές περιπτώσεις, σε σφάλματα των τεχνιτών συντήρησης διαφαίνονται προβλήματα με βαθιές ρίζες στην επιχείρηση. Μια προσεκτική εξέταση κάθε σφάλματος και η ενδοσκοπική διερεύνηση του αιτίου του μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό οργανωτικών προβλημάτων που υποβόσκουν. Απαιτείται μια συστημική προσέγγιση, όχι μόνο προς τα θέματα σε επίπεδο των τεχνικών και του περιβάλλοντος εργασίας τους, αλλά και ως προς τους διαρθρωτικούς παράγοντες, όπως οι διαδικασίες, ο εξοπλισμός, ο προγραμματισμός και η κατάρτιση. Σε μια δεύτερη ανάγνωση οφείλει να αναγνωριστεί ότι, παρά τις προσπάθειες, δεν είναι δυνατόν να εξαλειφθούν όλα τα σφάλματα συντήρησης και πρέπει να τεθούν σε εφαρμογή αντίμετρα για να γίνουν τα συστήματα πιο ανθεκτικά σε αυτά τα εναπομένοντα σφάλματα συντήρησης, που δεν είναι δυνατόν να προληφθούν.

Οι αεροπορικοί οργανισμοί ολοένα και περισσότερο αναπτύσσουν την εισαγωγή συστημάτων διαχείρισης της ασφάλειας (Safety Management Systems, SMS) που πηγαίνουν πέρα από τη νομική συμμόρφωση στους κανόνες και τους κανονισμούς, τονίζοντας τη συνεχή βελτίωση μέσω του εντοπισμού των κινδύνων και τη διαχείριση του κινδύνου. Οι δραστηριότητες που εμπλέκονται στη διαχείριση του κινδύνου σφαλμάτων συντήρησης μπορούν να συμπεριληφθούν εντός αυτής της προσέγγισης μέσω ενός συστήματος διαχείρισης της ασφάλειας. Οι βασικές δραστηριότητες ενός τέτοιου συστήματος περιλαμβάνουν εσωτερικά συστήματα αναφοράς και διερεύνησης περιστατικών, ενημέρωση και ευαισθητοποίηση του προσωπικού ποιοτικού ελέγχου και συντήρησης, καθώς και τη συνεχή αναγνώριση και αντιμετώπιση των ανεξέλεγκτων κινδύνων.

Παρά την ανάπτυξη προηγμένων τεχνικών και εξοπλισμού στις μεθόδους ΜΚΕ, όπως η μέθοδος των δινορρευμάτων (Eddy Current Testing, ET), η ραδιογραφία (X-Ray Inspection, RT) και ο έλεγχος με υπερήχους (Ultrasound Inspection, UT), ο οπτικός έλεγχος (Visual Testing, VT) – υποβοηθούμενος ή όχι – είναι η πιο διαδεδομένη μέθοδος στην επιθεώρηση του αεροπορικού υλικού. Επιπλέον οι δύο άλλες πλέον κοινές ΜΚΕ, ο έλεγχος με διεισδυτικά υγρά (Fluorescent Penetrant Inspection, PT) και ο έλεγχος με μαγνητικά σωματίδια (Magnetic Particle Inspection, MT) εμπεριέχουν οπτικό έλεγχο στην τελική αποδοχή ή απόρριψη του προϊόντος. Η κατανόηση των περιορισμών της ανθρώπινης όρασης μπορεί να συμβάλλει στη διασφάλιση ότι οι έλεγχοι αυτοί διενεργούνται αποτελεσματικά. Κρίσιμος περιορισμός είναι ότι ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται μόνο ένα μικρό κεντρικό τμήμα του οπτικού πεδίου του με εξαιρετική λεπτομέρεια και με το χρώμα του. Η οπτική οξύτητα μειώνεται απότομα μόλις μερικές μοίρες εκτός της γραμμικής όρασης και η πιθανότητα ανίχνευσης ελαττώματος, όπως μια ρωγμή, μειώνεται αν ο έλεγχος δεν πραγματοποιηθεί σε κάθετη κατεύθυνση.

Στην πράξη εξετάζεται κυρίως η ανιχνευσιμότητα της μεθόδου και η εκτίμηση των πιθανοτήτων εντοπισμού μιας ρωγμής [Probability of Detection (POD)], ώστε να διασφαλιστεί ότι μια ρωγμή θα είναι ορατή στον επιθεωρητή ΜΚΕ. Κι ενώ η ικανότητα των επιθεωρητών στην ανίχνευση ρωγμών σε μεταλλικά υλικά έχει ιδιαίτερα αναλυθεί, η ανιχνευσιμότητα ατελειών που συνδέονται με τα σύνθετα υλικά της νέας γενιάς των αεροσκαφών και ελικοπτέρων, απαιτεί μεγαλύτερη εξειδίκευση και πλέον προηγμένους ΜΚΕ - με υπερήχους και με ραδιογραφία σε δεύτερη προτίμηση. Παρόλα αυτά, το tap test, είναι μία από τις απλούστερες τεχνικές που είναι διαθέσιμες για την ανίχνευση disbonds και αποκολλήσεων στα σύνθετα υλικά. Για να αποδώσει όμως η τεχνική ο επιθεωρητής πρέπει να έχει καλή ακοή και να είναι σε ένα περιβάλλον μακριά από θορύβους. Κατά συνέπεια, και σε αυτή την απλή μέθοδο, ο ανθρώπινος παράγοντας είναι σημαντικός.



3. Αξιολόγηση και Αξιοπιστία των Μη Καταστροφικών Μεθόδων

Έχει γίνει αποδεκτό ότι η αξιοπιστία των ΜΚΕ μπορεί να επηρεαστεί σημαντικά από το περιβάλλον μέσα στο οποίο ελέγχονται τα προϊόντα, αλλά και από έναν άλλο σημαντικό παράγοντα όπως ο ανθρώπινος παράγοντας, ο οποίος συνήθως αμελείται. Η αξιοπιστία της κάθε μεθόδου ΜΚΕ έχει καθοριστεί ως συνάρτηση των παραμέτρων της μεθόδου και των ανθρώπινων παραγόντων $R \equiv f(AP, HF)$, όπου AP=Application Parameters και HF=Human Factors [1]. Σύμφωνα με το Modular μοντέλο [2] η αξιοπιστία των ΜΚΕ συναρτάται από τρεις ενότητες: την εγγενή ικανότητα του συστήματος ΜΚΕ (φυσική αρχή πίσω από την ένδειξη σφάλματος και την τεχνική της ανάδειξης του σφάλματος), τις παραμέτρους εφαρμογής της μεθόδου (οι πραγματικές συνθήκες υπό τις οποίες εκτελείται μια επιθεώρηση) και τον ανθρώπινο παράγοντα.

Η ανάπτυξη και εφαρμογή της Ποσοτικής Μη Καταστροφικής Αξιολόγησης (QNDE*) στο σχεδιασμό, παραγωγή, ποιοτικό έλεγχο της συντήρησης και στον κύκλο ζωής των σύγχρονων υλικών είναι πρωταρχικής σημασίας. Η αξιόπιστη εφαρμογή μιας μεθόδου ΜΚΕ περιλαμβάνει τρεις πυλώνες: Την ικανότητα της μεθόδου, η οποία ποσοτικοποιείται μέσω της πιθανότητας εντοπισμού σφάλματος (POD), την επαναληψιμότητα των αποτελεσμάτων της (Repeatability), η οποία ποσοτικοποιείται και ελέγχεται με τις διαδικασίες του ποιοτικού ελέγχου, και την ικανότητα αναπαραγωγής των αποτελεσμάτων της (Reproducibility), η οποία μετρείται με τη βαθμονόμηση των συστημάτων της (Calibration). Στην Ελληνική Αεροπορική Βιομηχανία (EAB AE) εφαρμόζονται στην πράξη και ενδεδειγμένα μέθοδοι και διαδικασίες και των τριών πυλώνων.

Η πιθανότητα ανίχνευσης (POD) συναρτάται με κάποιο μετρήσιμο μέγεθος και αποτελεί τη βάση της επικύρωσης της αξιοπιστίας της μεθόδου. Το μετρήσιμο μέγεθος (**a**) συνήθως είναι το μήκος της ανιχνεύσιμης ρωγμής, αλλά κάλλιστα μπορεί να είναι κι άλλες παράμετροι, όπως σχήμα σφάλματος, πυκνότητα υλικού, χημική σύσταση, βάθος σφάλματος μέσα στο υλικό, αλλά και τα χαρακτηριστικά του συστήματος, όπως αισθητήρας, πλάνο σάρωσης, επιθεωρητής, κλπ. Η δε απόκριση του συστήματος (**â**) μετρείται σε αντίστοιχες της μεθόδου μονάδες: υποδιαιρέσεις κλίμακας, counts, αριθμός pixels, millivolts. Εκτός από τη σχέση μεταξύ πιθανότητας ανίχνευσης (αριθμητικά / ποσοτικά) και μετρήσιμου μεγέθους, απαιτείται και ο προσδιορισμός των λανθασμένων μετρήσεων (false calls ή hit/miss / ποιοτικά). Στόχος είναι ο προσδιορισμός του ελάχιστου μεγέθους, το οποίο μπορεί να ξεφύγει από το σύστημα. Προς το σκοπό αυτό δημιουργούνται οι καμπύλες POD μέσα από ένα απλό υπολογιστικό πρόγραμμα (e.g. POD, mh1823 POD). Δύο προϋποθέσεις οφείλουν να ισχύουν για να εφαρμοστεί η μέθοδος της πιθανότητας ανίχνευσης: Το σύστημα πρέπει να είναι ελεγχόμενο (process in control) και κατάλληλα διαπιστευμένο (calibrated), έτσι ώστε τα αποτελέσματα να είναι συγκρίσιμα και επαναλαμβανόμενα.

Ο τρόπος με τον οποίο γίνεται ο έλεγχος της αξιοπιστίας και καθορίζεται η ανιχνευσιμότητα της κάθε μεθόδου προσδιορίζεται είτε από το MIL-HDBK-1823A [9], είτε από συγκεκριμένο πρόγραμμα ENSIP* ή ASIP* είτε από τις Τεχνικές Οδηγίες του κατασκευαστή (T.O.*) και αφορά και τις 5 βιομηχανικές μεθόδους ΜΚΕ που χρησιμοποιούνται στο αεροπορικό υλικό (PT, MT, RT, ET, UT).

Στην EAB, το 2001-2002 πραγματοποιήθηκε μελέτη σε περύγια της πρώτης βαθμίδας (1st Stage Blades) του αεροκινητήρα ATAR09K50 στα οποία είχαν εντοπισθεί ρωγματώσεις λόγω θερμικού φορτίου (hot corrosion) με τη διαδικασία των δινορρευμάτων. Τα αποτελέσματα επιβεβαιώθηκαν με μεταλλογραφικό έλεγχο (οπτικό μικροσκόπιο και στερεοσκόπιο). Οι ρωγμές μεγέθους μεγαλύτερου των 0.6 mm (που είχε τεθεί ως απαίτηση) ανιχνεύτηκαν με φορητό όργανο δινορρευμάτων NORTEC NDT-25L από δύο επιθεωρητές. Η αξιολόγηση έγινε με τη μέθοδο Pass/Fail και ένα πρόγραμμα το POD ver.3.0 και, όπως απεικονίζεται σε Fig.1, η μελέτη έδειξε $a_{90/50} = 0.56$ mm and $a_{90/95} = 0.88$ mm, [10].

Το 2010 στα πλαίσια του προγράμματος δομικής ακεραιότητας (ENSIP*) του κινητήρα F100 διαφορετικοί επιθεωρητές PT Level 2 εξετάστηκαν με επιτυχία από τον πελάτη – Pratt & Whitney – στη διεργασία του ελέγχου με διεισδυτικά υγρά (PT) με δείγματα που έφεραν ρωγμές συγκεκριμένων διαστάσεων. Τα αποτελέσματα αποτυπώνονται στη Fig.2. Η απαίτηση για το συγκεκριμένο κινητήρα ήταν να εντοπιστεί ρωγή με μέγεθος τουλάχιστον 0.040in (=1mm) και με πιθανότητα ανίχνευσης 95%. [11]. Όλοι οι επιθεωρητές διεισδυτικών υγρών της EAB συμμετείχαν επιτυχώς στη διαδικασία.

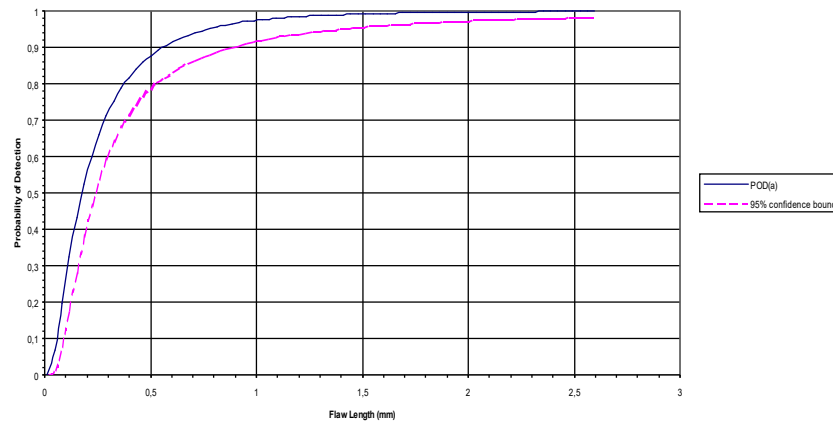


Fig.1

Hit-Miss POD with 95% lower confidence bound

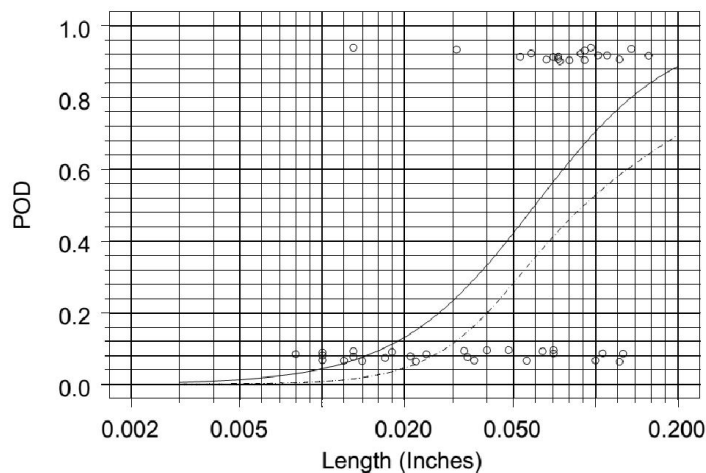


Fig.2

4. Συμπεράσματα: ένας οδικός χάρτης για την ανάπτυξη κουλτούρας ασφάλειας

Από τη δεκαετία του 1970 και μετέπειτα αναπτύχθηκε η έννοια του ανθρώπινου παράγοντα στη διερεύνηση ενός αεροπορικού συμβάντος, αλλά αρχικά συσχετίστηκε μόνο με την ασφάλεια των πτήσεων. Μετά τη δεκαετία του 1990 τεκμαίρεται ότι τα ποσοστά σφαλμάτων κατά τη συντήρηση των αεροσκαφών εμπεριέχουν κινδύνους στους οποίους ο ανθρώπινος παράγοντας είναι δυνατόν να ελεγχθεί και να αποτραπούν λάθη. Έτσι αφενός στους διεθνείς οργανισμούς (ICAO*, EASA*, Transport Canada) αναπτύχθηκαν οι απαιτήσεις για τους τρόπους μελέτης, ανάλυσης και πρόληψης λαθών που οφείλονται στον ανθρώπινο παράγοντα, αφετέρου έγινε κατανοητό και απαιτούμενο πως το προσωπικό συντήρησης θα πρέπει να γνωρίζει σαφώς τους ανθρώπινους παράγοντες. Η σχετική με τους οργανισμούς συντήρησης οδηγία EASA-145 [12] περιλαμβάνει εκτενώς τα απαιτούμενα για την εκπαίδευση σχετικά με το θέμα του ανθρώπινου παράγοντα στις επιχειρήσεις συντήρησης αεροπορικού υλικού. Η εκπαίδευση αποτελεί προαπαιτούμενο, όχι μόνο για το πιστοποιημένο τεχνικό προσωπικό και τους μηχανικούς, αλλά και για τα στελέχη, τους διακινητές του υλικού, τους αποθηκάρχους, όπως και για το προσωπικό ποιοτικού ελέγχου και διασφάλισης ποιότητας. Η εκπαίδευση, που έχει υιοθετηθεί παγκοσμίως, επαναλαμβάνεται κάθε 2 χρόνια, και περιλαμβάνει πάνω από 60 θέματα που σχετίζονται με τον ανθρώπινο παράγοντα.

Επιπλέον, ο ανθρώπινος παράγοντας πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν κατά το σχεδιασμό και τη λειτουργία κάθε εγκατάστασης ΜΚΕ ώστε να επιτευχθεί μια αποδοτική και αποτελεσματική διαδικασία ΜΚΕ με λιγότερο κόστος και απορρίψεις και για μεγαλύτερη ασφάλεια των πτήσεων.



Τέλος, η ανάπτυξη μιας κουλτούρας ασφάλειας στο αεροπορικό υλικό θα πρέπει να βασίζεται, κατ' ελάχιστον, στις ακόλουθες διακριτές ενέργειες: στη δέσμευση και την εμπλοκή της ιεραρχίας, η οποία θα δώσει έμφαση στη διαχείριση του κινδύνου και την ανάλυση των σφαλμάτων συντήρησης, όπως και την ανάπτυξη προληπτικών ενεργειών, οι οποίες θα κοινοποιούνται αναλυτικά και κατ' επανάληψη στο προσωπικό: την τυποποίηση διαδικασιών και πειθαρχία του προσωπικού: στη δια βίου εκπαίδευση και την ενημέρωση των εργασιδίων και των διαδικασιών της εκπαίδευσης: στα συστήματα διασφάλισης ποιότητας (μελέτες κινδύνου, επιθεωρήσεις για την ασφάλεια) και τη διαχείριση αυτών: στη συλλογή δεδομένων και τις μελέτες ανιχνευσιμότητας (πιθανότητας εντοπισμού σφαλμάτων) των χρησιμοποιούμενων συστημάτων.

5. Ακρωνύμια

ASIP= Aircraft Structural Integrity Program
ASTB=Australian Transport Safety Bureau
EASA=European Aviation Safety Agency
ENSIP= Engine Structural Integrity Program
ET=Eddy Current Testing, μέθοδος των δινορρευμάτων
FAA=Federal Aviation Administration
ICAO=International Civil Aviation Organization
MRO=Maintenance and Repair Organisations
MT=Magnetic Particle Inspection, έλεγχος με μαγνητικά σωματίδια
NDT=Non-Destructive Testing
NTSB=National Transportation Safety Board
POD=Probability of Detection, Πιθανότητα ανίχνευσης, πιθανότητα εντοπισμού (ρωγμάτωσης)
PT=Penetrant Testing, (Fluorescent) Penetrant Inspection, έλεγχος με διεισδυτικά υγρά
QNDE=Quantitative Non-Destructive Evaluation, Ποσοτική Μη Καταστροφική Αξιολόγηση
RT=X-Ray Inspection, ραδιογραφία (ακτίνων-X)
SMS=Safety Management Systems, Συστήματα Διαχείρισης Ασφάλειας
T.O.=Technical Order, Τεχνική Οδηγία
UT=Ultrasound Inspection, έλεγχος με υπερήχους
VT=Visual Testing, οπτικός έλεγχος
EAB=Ελληνική Αεροπορική Βιομηχανία ΑΕ
ΜΚΕ=Μη Καταστροφικοί Έλεγχοι
 $a_{90/95}$, ($a_{90/50}$) = πιθανότητα ανίχνευσης σφάλματος 90% με βαθμό αξιοπιστίας πάνω από 95% (50%)

6. Βιβλιογραφία

- [1] Henry M. Stephens, Jr, NDE Reliability - Human Factors - Basic Considerations, Proceedings of the 15th WCNDT, Roma, 2000
- [2] Müller, C., Bertovic, M., Gaal, M., Heidt, H., Pavlovic, M., Rosenthal, M., Takahashi, K., Pitkänen, J. and Ronneteg, U., Progress in Evaluating the Reliability of NDE. Systems – Paradigm Shift. Proceedings of the 4th European-American Workshop on Reliability of NDE, Berlin, June 24-26, 2009
- [3] Boeing, Statistical summary of commercial jet aircraft accidents, Seattle, Washington, 2003
- [4] Learmount, D., Annual Accident Survey. Flight International, 20-26 January 2004, pp 34 – 36
- [5] Goglia John, Human Factors Programs Vital to Enhance Safety in Maintenance, Air Safety Week, 16, 2002, pp 1-6
- [6] Richard Gasset, The Shot Peener, Fall 2012
- [7] Stolzer Alan, Boyd Douglas, Causes and Trends in Maintenance-Related Accidents in FAA-Certified Single Engine Piston Aircraft Journal of Aviation Technology and Engineering 5:1, 2015, pp 17–24
- [8] <http://aviationknowledge.wikidot.com/aviation:dirty-dozen>
- [9] MIL-HDBK-1823A, Department of Defense Handbook Nondestructive Evaluation System Reliability Assessment, 2009
- [10] Katiforis N., Dimopoulos A., Probability of cracking detection on ATAR09K50 1st Stage Blades using Eddy Current NDT, HAI SA, 1/2002
- [11] T.O. 2J-F100-9 Change 45, Nondestructive Inspection Aircraft Engine USAF Models F100-PW229
- [12] EASA-145, Maintenance Organisation Approvals (PART-145), Rev. August 2012, 145.A.30(e), Human Factors Elements