

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΠΤΗΝΩΝ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΛΑΔΙΑΣ ΣΩΚΡΑΤΗΣ (Α.Μ. 4669)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΑΜΠΟΥΡΙΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2012

Πρόλογος

Η παρούσα πτυχιακή εργασία επικεντρώνεται στη σημασία της συντήρησης μηχανών που παίζει σπουδαίο ρόλο στην επέκταση της διάρκειας ζωής των εξαρτημάτων. Μεγάλο μέρος της εργασίας αυτής ασχολείται με την παρουσίαση και ανάπτυξη προγράμματος συντήρησης των βασικών μηχανημάτων του εργοστασίου «Η ΠΙΝΔΟΣ». Επίσης ένα μέρος της πτυχιακής εργασίας έχει αφιερωθεί στις βασικές λειτουργίες των μηχανημάτων στις βιομηχανίες και η χρησιμότητα τους εστιάζοντας και στους παράγοντες που προκαλούν τις φθορές αυτών.

Θα 'θελα σε αυτό το σημείο να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Καμπουρίδη Γεώργιο για την υποστήριξη και την βοήθεια του καθ' όλη την διάρκεια αυτής της πτυχιακής εργασίας.

Θα ήταν παράλειψη μου να μην εκφράσω τις ευχαριστίες μου και σε όλους τους καθηγητές της Σχολής Μηχανολογίας του ΤΕΙ Πάτρας για τις γνώσεις που μου μεταλαμπάδευσαν.

Λαδιάς Σωκράτης

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. ΒΑΣΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ

1.1	Ιστορική αναδρομή	7
1.2	Βασικά χαρακτηριστικά μηχανημάτων	8
1.2.1	Μηχανές κίνησης που παράγουν έργο ..	9
1.2.2	Θερμικές μηχανές	10
1.2.3	Υδραυλικές μηχανές	11
1.2.4	Ηλεκτρικές μηχανές	12
1.2.5	Εργαλειομηχανές	12
1.3	Κλάδος της μηχανολογίας και μηχανήματα	13
1.4	Η χρησιμότητα των μηχανημάτων στην λειτουργία βιομηχανιών	16
1.4.1	Πρωτογενείς κατεργασίες	16
1.4.2	Δευτερογενείς κατεργασίες.....	17
1.4.3	Θερμικές κατεργασίες	18
1.4.4	Επιφανειακές κατεργασίες	18
1.4.5	Κοπή μετάλλων	19
1.4.6	Λειτουργία μηχανημάτων ρομπότ	20
1.5	Παράγοντες που προκαλούν φθορά στα μηχανήματα	26
1.5.1	Το φαινόμενο της τριβής και αρχές λειτουργίας φθοράς στα μηχανήματα	26
1.5.2	Βασικές αρχές της τριβολογίας στα μηχανήματα	28

2. ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ

2.1	Μέθοδοι και τεχνικές συντήρησης.....	31
2.2	Τρόποι συντήρησης και που αποσκοπεί	32
2.2.1	Επιλογή μηχανημάτων έργων-Βασικές απαιτήσεις	34
2.2.2	Γενικές αρχές	35

2.3	Που αποσκοπεί η συντήρηση μηχανημάτων	37
2.4	Αρχές συντήρησης μηχανημάτων	38

3. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΟΡΟΥ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΚΑΙ Η ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΟΥΣ ΜΕ ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ –ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

3.1	Η αναγκαιότητα της συντήρησης	41
3.2	Η θεώρηση της συντήρησης	42
3.3	Οι προσεγγίσεις της συντήρησης	43
3.4	Η διαχρονική εξέλιξη των προσεγγίσεων της συντήρησης	47
3.5	Οργάνωση και διοίκηση της συντήρησης	50
3.6	Κόστος της προληπτικής συντήρησης	51
3.7	Προγραμματισμός της προληπτικής συντήρησης	54
3.8	Προγραμματισμός αντικατάστασης εξαρτημάτων	56
3.9	Το προσωπικό της προληπτικής συντήρησης	58

4. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΣΤΟ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΠΟΥΛΕΡΙΚΩΝ ‘Η ΠΙΝΔΟΣ’

4.1	Τεχνική περιγραφή σφαγείου	61
4.1.1	Παραγωγική διαδικασία	61
4.1.2	Δυναμικότητα παραγωγής	71
4.1.3	Αναλυτικό διάγραμμα ροής-συνθήκες παραγωγής	72
4.2	Παρουσίαση μηχανημάτων σφαγής και ανάπτυξη προγράμματος συντήρησης	77
4.2.1	Vent Cutter	77
4.2.2	Auto Opener Horizontal Cut	79
4.2.3	Auto Eviscerator model	81
4.2.4	Automatic cropper model	83
4.2.5	Inside/Outside washer.....	85
4.2.6	Tunnel picker electric lincomati.....	87
4.2.7	Turbo scalding	89
4.2.8	Auto transfer machine	90
4.2.9	Auto final control machine	91

4.2.10 Auto killing machine.....	93
4.3 Τελικό πρόγραμμα συντήρησης	94

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΕΠΙΛΟΓΟΣ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

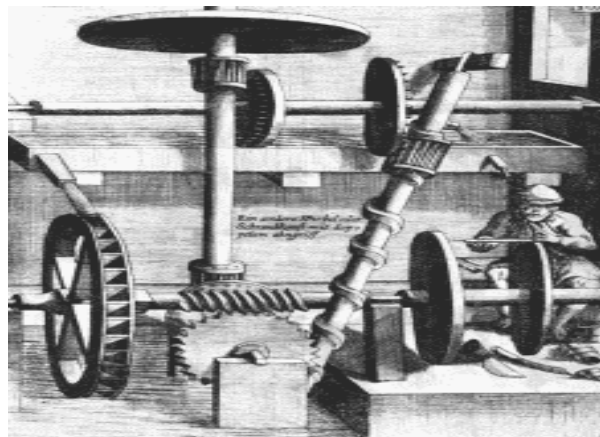
Εισαγωγή

Είναι γενικώς αποδεκτό ότι ο βιομηχανικός εξοπλισμός έχει υψηλό κόστος κτήσης και συντήρησης και η οικονομικά αποδοτική λειτουργία του εξαρτάται από τη διατήρηση των προηγούμενων σε χαμηλά επίπεδα. Η συμμόρφωση με αυτή την απαίτηση αποτελεί πρόκληση για τους μηχανικούς που ασχολούνται με τη συντήρηση μηχανών. Η προβλεπτική συντήρηση, χρησιμοποιώντας κατάλληλες μετρητικές μεθόδους εξασφαλίζει τη μείωση του κόστους, μειώνοντας τα έκτακτα σταματήματα των μηχανών λόγω βλαβών, τους χρόνους επισκευής και βελτιώνοντας την αξιοπιστία των μηχανών και την ασφάλεια. Εντούτοις η φιλοσοφία αυτή δεν έχει τη διάδοση που θα της άξιζε, λόγω του απαιτούμενου αρχικού κεφαλαίου κτήσης του μετρητικού εξοπλισμού που απαιτείται για την εφαρμογή της και την εκπαίδευση του προσωπικού.

Οι βιομηχανικές επιχειρήσεις λειτουργούν κάτω από έντονες πιέσεις για μείωση εξόδων, μείωση αποθεμάτων και αύξηση απόδοσης από τις γραμμές παραγωγής. Στην προσπάθειά τους, οι υπεύθυνοι managers και engineers έχουν συνειδητοποιήσει ότι η συντήρηση του φυσικού εξοπλισμού τους δεν περιορίζεται πια σε επισκευές και επιδιορθώσεις. Η σύγχρονη συντήρηση απαιτεί επιπλέον επιθεώρηση, στην οποία αποδεικνύεται η πραγματική κατάσταση ενός τεχνικού συστήματος, και προληπτική συντήρηση, στην οποία περιλαμβάνονται οι ενέργειες για διατήρηση του εξοπλισμού στη βέλτιστη κατάσταση. Ζητούμενα είναι η υψηλότερη δυνατή διαθεσιμότητα του τεχνικού συστήματος και ο περιορισμός των ζημιών από βλάβες. Τα σύγχρονα προγράμματα λογισμικού υποστηρίζουν στο έπακρο το έργο των βιομηχανικών επιχειρήσεων, καλύπτοντας όχι μόνο τη Συντήρηση καθαυτήν, αλλά ολόκληρο τον κύκλο ζωής του εξοπλισμού, εκ παραλλήλου με τον κύκλο ζωής των παραγομένων προϊόντων. Σημαντικό «κομμάτι» όμως όλων των παραπάνω, είναι και ο τομέας συντήρησης των μηχανημάτων και ο τρόπος με τον οποίο επιτελείται η συγκεκριμένη συντήρηση αφού μέσω αυτών των δύο συνδυασμών μπορεί να αποκτήσει ανταγωνιστικό πλεονέκτημα η επιχείρηση και ταυτόχρονα να μειώσει τα κόστη της σε σημαντικό βαθμό.

1. Κεφάλαιο Πρώτο : Βασικές Λειτουργίες Μηχανημάτων σε Βιομηχανίες

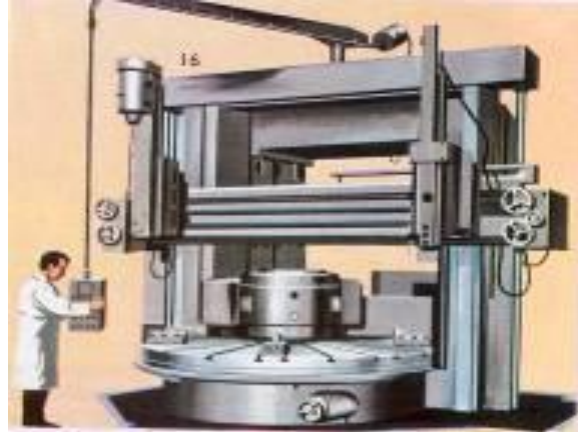
1.1 Ιστορική Αναδρομή στην Λειτουργία των Μηχανών - Μηχανημάτων



Οι μηχανές έχουν την αρχή τους στα πιο απλά εργαλεία που πρωτοχρησιμοποίησε ο άνθρωπος: το ρόπαλο και το πέτρινο πελέκι κ.α. Χωρίζονται σε απλές που χρησιμοποιούν τη μυϊκή ενέργεια και έχουν απλή κατασκευή και σύνθετες που χρησιμοποιούν διάφορες άλλες μορφές ενέργειας και έχουν πολύπλοκη κατασκευή που σήμερα κλιμακώνονται από τα κάπως σύνθετα εργαλεία ως τους λεγόμενους ηλεκτρονικούς εγκεφάλους. Οι αρχαίοι πρόγονοι μας είχαν και απλές και σύνθετες μηχανές¹. Οι 5 απλές μηχανές που χρησιμοποίησε ο πρωτόγονος άνθρωπος είναι: ο κοχλίας, η σφήνα, ο μοχλός, η τροχαλία και ο τροχός. Η καταγωγή τους χάνετε στα βάθη του χρόνου. Γύρω στον 3^ο αιώνα π.Χ. οι Έλληνες επιστήμονες ανέπτυξαν μια σειρά από μηχανήματα που απαλλάσσουν τον άνθρωπο από επίμονες

¹ Βαΐρης Α. (2005), *Στοιχεία Μηχανών II*, Εκδόσεις Κέδρος, Αθήνα

εργασίες. Με την πάροδο του χρόνου, η μηχανές βελτιώθηκαν και τελειοποιήθηκαν².

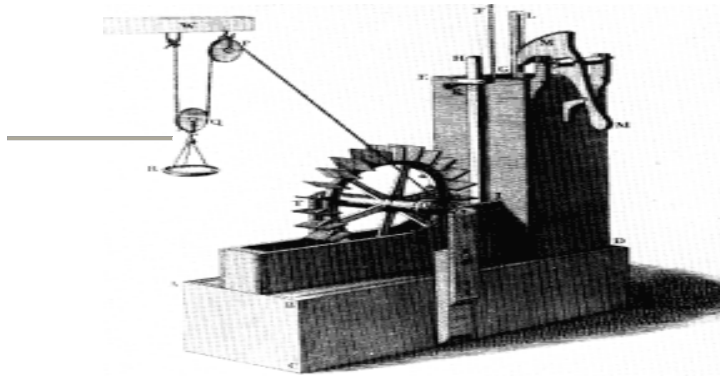


1.2 Βασικά Χαρακτηριστικά των Μηχανημάτων και Διάκριση Αυτών

Γενικά Μηχανή ή μηχανήμα ονομάζεται οποιοδήποτε εργαλείο ή μέσον που μπορεί να διευκολύνει την ανθρώπινη εργασία ή που μπορεί να αυξήσει τη δύναμη ή την αποτελεσματικότητά της. Επίσης, οποιαδήποτε συσκευή που χρησιμοποιείται για τη παραγωγή έργου, είτε μεταδίδοντας είτε μετατρέποντας άλλη μορφή ενέργειας σε παραγωγή έργου. Ακόμη μπορεί να εννοείται και κάθε ευφυής επινόηση. Μεταφορικά, σημαίνει ραδιουργία, σκευωρία αλλά και χαρακτηρισμό πλήθους υπηρεσιών για παράδειγμα «Κρατική μηχανή» ή «αμυντικός μηχανισμός»³.

² Βαΐρης Α. (2005), *Στοιχεία Μηχανών II*, Εκδόσεις Κέδρος, Αθήνα

³ Βελαώρας Ι., (2004), *Επίτομος Στοιχείων Μηχανών*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα



Στην αρχαιότητα, οι αρχαίοι Έλληνες απέδιδαν την σημασία της πρώτης παραπάνω πρότασης που αναφέρεται ως ορισμός από τον Βιτρούβιο (Χ. 1,1), ενώ διέκριναν δύο είδη μηχανών: τις απλές και τις σύνθετες. Στις απλές ανήκαν οι μοχλοί, η σφήνα, ο κοχλίας, το πολύσπαστο, κ.ά. Στις σύνθετες ανήκαν οι υδραυλικές μηχανές, οι βιομηχανικές (μύλοι άλεσης και σύνθλιψης), οι υψωτικές ή ανυψωτικές, οι πολεμικές και οι μηχανές θεάτρου⁴.

Κατά τη μηχανολογία, ως μηχανή νοείται ένα σύνολο μηχανικών μερών και μηχανισμών ικανών να μετατρέψουν μια ενέργεια τροφοδότησης σε μία διαφορετικού ή ίδιου τύπου αλλά με διαφορετικές παραμέτρους τελική ενέργεια, προκειμένου να την χορηγήσουν σε άλλες μηχανές ή να την χρησιμοποιήσουν άμεσα για να πραγματοποιήσουν συγκεκριμένες διαδικασίες παραγωγής έργου. Γενικά οι μηχανές διαιρούνται σε⁵:

1.2.1 Μηχανές Κίνησης ή Κινητήριες Μηχανές που Παράγουν Μηχανικό Έργο

Μηχανές ενεργειακές οι οποίες απορροφούν μηχανική ενέργεια, δηλαδή κινούνται από έναν κινητήρα και εκτελούν ένα έργο επιδρώντας πάνω στην ύλη, με τρόπο τέτοιο ώστε να αλλάξει η μορφή ή η θέση ή η ενέργεια (σε

⁴ Βελαώρας Ι., (2004), *Επίτομος Στοιχείων Μηχανών*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα

⁵ Παπαδόπουλος Χρ., (2009), *Στοιχεία Μηχανών – Μεταφοράς Ισχύος*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα

αυτή την κατηγορία ανήκουν οι βιομηχανικές μηχανές, οι αγροτικές κ.λ.π.) και Επίσης, μηχανές μετάδοσης που μεταδίδουν έναν συγκεκριμένο τύπο ενέργειας διαφοροποιώντας μόνο τα χαρακτηριστικά της.

Κινητήριες μηχανές όπου κινητήρια μηχανή ονομάζεται γενικά κάθε μηχανή που παράγει κινητήριο ωφέλιμο μηχανικό έργο. Τέτοιες μηχανές είναι των σιδηροδρόμων, των πλοίων, των αυτοκινήτων, αεροπλάνων, διαφόρων αντλιών, καθώς και οι μηχανές γεννητριών παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος. Η διάταξη της σύγχρονης γενικά μηχανής είναι τέτοια ώστε να επιτυγχάνεται τελικά η κίνηση του λεγόμενου άξονα της μηχανής, από τον οποίο και παραλαμβάνεται το κινητήριο ή ωφέλιμο έργο⁶.

Όλες οι κινητήριες μηχανές κατά την λειτουργία τους παραλαμβάνουν κατά κανόνα ενέργεια κάποιας μορφής π.χ. θερμική, ηλεκτρική ή υδραυλική κλπ. και την μετατρέπουν (ορθότερα μέρος αυτής) σε μηχανική ενέργεια ή *κινητήριο έργο*. Ανάλογα της μορφής της ενέργειας που παραλαμβάνουν οι κινητήριες μηχανές διακρίνονται σε:

- Θερμικές μηχανές ή θερμοκινητήρες: Στη, κατηγορία αυτή ανήκουν οι ατμομηχανές, οι ατμοστρόβιλοι, οι αεριοστρόβιλοι, οι βενζινοκινητήρες ή βενζινομηχανές, οι αεριομηχανές, οι πετρελαιομηχανές ή κινητήρες Diesel κ.ά.
- Υδραυλικοί κινητήρες. Στην κατηγορία αυτή οι μηχανές καταναλώνουν υδραυλική ενέργεια.
- Ηλεκτρικοί κινητήρες ή ηλεκτροκινητήρες.

1.2.2 Θερμικές Μηχανές

Θερμικές μηχανές ή θερμοκινητήρες ονομάζονται οι μηχανές, οι οποίες μετατρέπουν την θερμότητα που παράγεται από την χημική ενέργεια της καύσης σε μηχανικό έργο. Ανάλογα με τον τρόπο πραγματοποίησης της καύσης χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, στις μηχανές εσωτερικής καύσεως

⁶ Βαΐρης Α. (2005), *Στοιχεία Μηχανών II*, Εκδόσεις Κέδρος, Αθήνα

(Μ.Ε.Κ.) και στις μηχανές εξωτερικής καύσεως ή ατμομηχανές⁷. Εσωτερικής καύσεως ονομάζονται οι μηχανές που ως μέσο για την παραγωγή έργου (εργαζόμενο μέσο) χρησιμοποιούν τον αέρα και κατά κάποιο τρόπο το ίδιο το καύσιμο, δηλαδή καυσαέρια π.χ. εμβολοφόρος κινητήρας αυτοκινήτου, αεροστρόβιλος αεροπλάνου.

Εξωτερικής καύσεως ονομάζονται οι μηχανές όπου η καύση δεν λαμβάνει μέρος στο χώρο παραγωγής έργου, αλλά έξω από αυτόν και στις οποίες το μέσο παραγωγής έργου δεν είναι το καυσαέριο, αλλά κάποιο άλλο στοιχείο όπως για παράδειγμα το νερό. Σε αυτήν την κατηγορία, ανήκουν οι ατμοστρόβιλοι, οι ατμομηχανές. Ανάλογα με τον τρόπο μετατροπής της θερμικής ενέργειας σε μηχανικό έργο, οι θερμικές μηχανές διακρίνονται σε εμβολοφόρους ή παλινδρομικές όπου ισχύουν τόσο για τις μηχανές εσωτερικής όσο και για τις εξωτερικής καύσεως και σε περιστροφικές ή στροβίλους στις μηχανές εσωτερικής καύσης ονομάζονται *αεριοστρόβιλοι* και στις εξωτερικής καύσεως *ατμοστρόβιλοι*⁸.

Ειδικότερα, όμως στις εμβολοφόρους - παλινδρομικές μηχανές εσωτερικής καύσης, η έναυση στον κύλινδρο μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με τη βοήθεια εξωτερικού μέσου (π.χ. σπινθήρα), είτε αυτόματα, λόγω μεγάλης θέρμανσης του καυσίμου. Έτσι, στην πρώτη περίπτωση υπάγονται οι "κινητήρες Όττο", που διακρίνονται σε αεριομηχανές και σε βενζινομηχανές, και στη δεύτερη οι μηχανές Ντίζελ, ή πετρελαιομηχανές⁹.

1.2.3 Υδραυλικές Μηχανές

Οι υδραυλικές μηχανές μετατρέπουν την κινητική ενέργεια ενός υγρού σε κίνηση, κυρίως του νερού σε ενέργεια μηχανική και αντίστροφα. Στην πρώτη περίπτωση έχουμε τις *κινητήριες υδραυλικές μηχανές* (υδραυλικές τουρμπίνες, υδραυλικούς τροχούς, κινητήρες με στήλη νερού), στη δεύτερη

⁷ Βελαώρας Ι., (2004), *Επίτομος Στοιχείων Μηχανών*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα

⁸ Βαϊρης Α. (2005), *Στοιχεία Μηχανών II*, Εκδόσεις Κέδρος, Αθήνα

⁹ Βελαώρας Ι., (2004), *Επίτομος Στοιχείων Μηχανών*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα

περίπτωση έχουμε τις *ενεργειακές υδραυλικές μηχανές* (αντλίες με πιστόνι, αντλίες περιστροφής). Ανάμεσα στις υδραυλικές μηχανές μετάδοσης συγκαταλέγονται οι πρέσες, οι στριφτές και οι υδραυλικοί γρύλοι, μεταξύ των μετασχηματιστών οι εγχυτήρες και οι υδραυλικοί δριοί.

1.2.4 Ηλεκτρικές Μηχανές



Οι ηλεκτρικές μηχανές μετατρέπουν την μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική (γεννήτριες) ή αντίστροφα (κινητήρες) ή μετατρέπουν ηλεκτρική ενέργεια με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά σε ηλεκτρική διαφορετικών χαρακτηριστικών. Η αρχή λειτουργίας βασίζεται πάνω στην παραγωγή ηλεκτροκινητικών δυνάμεων για ηλεκτρομαγνητική επαγωγή. Γι' αυτό το σκοπό μετατρέπεται στο ένα μέρος της μηχανής, που ονομάζεται επαγωγίμο, η μαγνητική ροή που παράγεται από ένα άλλο μέρος που παίρνει το όνομα επαγωγέας. Η μετατροπή της ροής επιτυγχάνεται μέσω μιας περιστροφικής κίνησης μεταξύ του επαγωγίμου και του επαγωγέα. Το σταθερό τμήμα της μηχανής ονομάζεται στάτορας, το κινητό ρότορας. Οι λειτουργίες του επαγωγίμου ή του επαγωγέα μπορούν να αποδοθούν ανάλογα με τις περιπτώσεις είτε στον στάτορα, είτε στον ρότορα¹⁰.

1.2.5 Εργαλειομηχανές

Εργαλειομηχανές είναι εκείνες οι μηχανές που προορίζονται για την επεξεργασία των υλικών και την κατασκευή εξαρτημάτων άλλων μηχανών ή

¹⁰ Βαΐρης Α. (2005), *Στοιχεία Μηχανών II*, Εκδόσεις Κέδρος, Αθήνα

γενικότερα μηχανολογικών σχεδίων. Συχνά είναι αυτόματες και μπορούν να καθοδηγούνται από διάτρητα δελτία ή από μαγνητικές κορδέλες ή να λειτουργούν με υπολογιστές για την πραγματοποίηση ενός ολοκληρωμένου κύκλου του κομματιού σύμφωνα με το σχέδιο που δημιούργησε ο ίδιος ο υπολογιστής¹¹.

1.3 Κλάδος της Μηχανολογίας και Μηχανήματα

Μηχανολογία είναι ο επιστημονικός και επαγγελματικός κλάδος που έχει αντικείμενο την εφαρμογή των αρχών της φυσικής για τον σχεδιασμό και κατασκευή συστημάτων κίνησης και συστημάτων παραγωγής και μεταφοράς ισχύος. Επιπρόσθετα, ο σχεδιασμός συστημάτων που δεν περιλαμβάνουν κίνηση και μεταφορά ισχύος αποτελεί αντικείμενο της μηχανολογίας όταν τα συστήματα αυτά υπόκεινται σε υψηλή πίεση ή/και υψηλή θερμοκρασία¹².

Οι μηχανολόγοι μηχανικοί εκπαιδεύονται κατά τα πρώτα δύο έτη σπουδών (μεταξύ άλλων) στη μαθηματική ανάλυση, μηχανολογικό σχέδιο, συστήματα κατεργασιών, μηχανική παραμορφωσίμων σωμάτων, κινηματική, δυναμικά συστήματα, ψηφιακό έλεγχο, θερμοδυναμική, μηχανική των ρευστών, μεταφορά θερμότητας, επιστήμη των υλικών, μετρητικά συστήματα, μοντελοποίηση και υπολογισμό συστημάτων με Η/Υ κ.α. Κατά τα επόμενα έτη εμβαθύνουν στη μεθοδολογία της επιστήμης του μηχανολόγου μηχανικού για την ανάπτυξη, σχεδιασμό, υπολογισμό, κατασκευή, υλοποίηση, λειτουργία μηχανολογικών συστημάτων¹³.

Ως επαγγελματίες διπλωματούχοι μηχανικοί εφαρμόζουν τις παραπάνω γνώσεις καθώς και τις εθνικές, ευρωπαϊκές και διεθνείς προδιαγραφές, κώδικες, κανονισμούς, όπως επίσης και την τεχνογνωσία των

¹¹ Βελαώρας Ι., (2004), *Επίτομος Στοιχείων Μηχανών*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα

¹² Παπαδόπουλος Χρ., (2009), *Στοιχεία Μηχανών – Μεταφοράς Ισχύος*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα

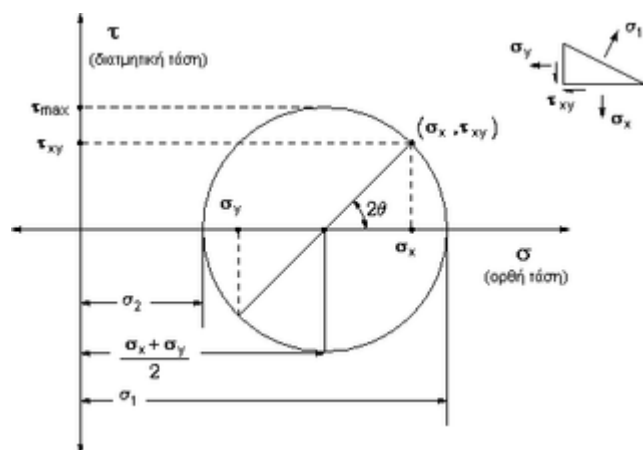
¹³ Παπαδόπουλος Χρ., (2009), *Στοιχεία Μηχανών – Μεταφοράς Ισχύος*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα

επιχειρήσεων του κλάδου, στον σχεδιασμό, μελέτη, κατασκευή και ανάλυση καθώς και στη λειτουργία και συντήρηση μονάδων παραγωγής, βιομηχανικού εξοπλισμού, συστημάτων ψύξης και θέρμανσης, μηχανών εσωτερικής καύσης, αεροσκαφών, πλοίων και υποβρυχίων, ρομπότ, ιατρικών συσκευών κ.α (ενδεικτική λίστα)¹⁴. Ως ακολούθως, αναφέρονται χαρακτηριστικά οι βασικότεροι τύποι μηχανών που υπάγονται στο κλάδο της μηχανολογίας και χρησιμοποιούνται ευρέως από τις επιχειρήσεις στις μέρες μας.

Μηχανολογικό Σχέδιο

Computer-aided design (CAD)

Στοιχεία Μηχανών



Εικόνα Νο.1 - Κύκλος του Mohr, ένα από τα βασικά εργαλεία ανάλυσης των στοιχείων μηχανών

¹⁴ Βαΐρης Α. (2005), *Στοιχεία Μηχανών II*, Εκδόσεις Κέδρος, Αθήνα

Μηχανουργική Τεχνολογία



Εικόνα Νο. 2 - Κατεργασία κοπής μηχανολογικού εξαρτήματος σε φρέζα

- **Συγκολλήσεις**
- **Εργαλειομηχανές (CNC)**
- **Διαμορφώσεις μετάλλων**
- **Χύτευση**
- **Θερμομηχανικά συστήματα**
- **Μηχανές εσωτερικής καύσης**
- **Αεριοστρόβιλοι**
- **Ηλεκτρομηχανικά συστήματα**
- **Γεννήτριες**
- **Ηλεκτροκινητήρες**
- **Μηχατρονική**
- **Ρομποτική**
- **Ρευστομηχανικά συστήματα**
- **Αντλίες**
- **Θερμικά συστήματα**
- **Ατμοπαραγωγοί**
- **Κλιματιστικά**
- **Κεντρική θέρμανση**
- **Εναλλάκτες θερμότητας**
- **Ανυψωτικά και μεταφορικά συστήματα**
- **Οχήματα**
- **Γερανοί**

➤ **Ανελκυστήρες**

1.4 Η Χρησιμότητα των Μηχανημάτων στην Λειτουργία των Βιομηχανιών

Η βιομηχανική παραγωγή υλικών διακρίνεται σε πρωτογενή και δευτερογενή, οπότε και η χρησιμότητα των μηχανημάτων και η λειτουργία αυτών στις βιομηχανίες εντοπίζεται αντίστοιχα σε σχετικές λειτουργίες. Θα πρέπει ως εκ τούτου να σημειωθεί πως στην πρωτογενή παραγωγή ανήκουν οι πρωτογενείς κατεργασίες, που περιλαμβάνουν την επεξεργασία της πρώτης ύλης μέχρι και την διαμόρφωση του υλικού σε συγκεκριμένες γεωμετρίες και χρήσεις σε βιομηχανίες¹⁵.

Στη δευτερογενή παραγωγή περιλαμβάνονται όλες εκείνες οι κατεργασίες, που δίνουν στο υλικό τις τελικές του διαστάσεις και το καθιστούν ικανό να ανταποκριθεί στις συνθήκες λειτουργίας της μηχανής ή της κατασκευής στην οποία αποτελεί και βασικό εξάρτημα στις βιομηχανίες αντίστοιχα¹⁶. Ως εκ τούτου, οι κυριότερες μορφές και είδη επεξεργασίας υλικών με τη χρήση μηχανημάτων στις μέρες μας, είναι οι ακόλουθες και οι οποίες εκτός των πρωτογενών και δευτερογενών κατεργασιών, περιλαμβάνουν επίσης τις θερμικές και επιφανειακές κατεργασίες και κοπή μετάλλων αντίστοιχα¹⁷.

1.4.1 Πρωτογενείς Κατεργασίες

Χημική επεξεργασία των πρώτων υλών

Περιλαμβάνονται κυρίως φυσικές και χημικές διεργασίες κατά τις οποίες μετατρέπεται η πρώτη ύλη στις βιομηχανίες έτσι ώστε να οδηγήσει

¹⁵ Βελαώρας Ι., (2004), *Επίτομος Στοιχείων Μηχανών*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα

¹⁶ Παπαδόπουλος Χρ., (2009), *Στοιχεία Μηχανών – Μεταφοράς Ισχύος*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα

¹⁷ Βαΐρης Α. (2005), *Στοιχεία Μηχανών II*, Εκδόσεις Κέδρος, Αθήνα

στην παρασκευή του εκάστοτε υλικού. π.χ. η εξαγωγή των μετάλλων από τα μεταλλεύματα, όπως είναι η αναγωγή των οξειδίων του σιδήρου σε σίδηρο στην υψικάμινο για την παραγωγή χυτοσιδήρου και χάλυβα ή η ηλεκτρολυτική αναγωγή της αλουμίνας σε αλουμίνιο. Επίσης, ο πολυμερισμός, όπως π.χ. η διαδικασία παρασκευής πολυαιθυλενίου από αιθυλένιο, αποτελεί πρωταρχική διαδικασία παραγωγής¹⁸.

Χύτευση

Είναι η πιο ευρείας εφαρμογής πρωτογενής κατεργασία για μεταλλικά υλικά. Κατά την χύτευση συνήθως το μέταλλο μορφοποιείται σε πλίνθωμα (χελώνα) με τήξη σε κατάλληλο καμίνι και στη συνέχεια με απόχυση του τήγματος σε τύπο (άμμος, καλούπι).

Διαμορφώσεις

Είναι όλες οι πρωτογενείς κατεργασίες, οι οποίες πραγματοποιούνται είτε εν ψυχρώ είτε εν θερμώ, κατά τις οποίες το υλικό αποκτά ένα συγκεκριμένο σχήμα μέσω πλαστικής παραμόρφωσης (ράβδοι, μπιγιέτες, ελάσματα). Επίσης, στην περιοχή των διαμορφώσεων εντάσσονται και οι μέθοδοι της κονιομεταλλουργίας, δηλαδή των διεργασιών μορφοποίησης κόνεων μετάλλων ή κεραμικών υλικών, όπως π.χ. είναι η κατασκευή κοπτικών εργαλείων από καρβίδιο του βολφραμίου (WC).

1.4.2 Δευτερογενείς Κατεργασίες

Κατεργασίες με αφαίρεση υλικού

Περιλαμβάνουν όλες εκείνες τις μηχανουργικές κατεργασίες κατά τις οποίες αφαιρείται μάζα του υλικού, προκειμένου να επιτευχθούν οι τελικές διαστάσεις του εξαρτήματος, όπως π.χ. τórνευση, φρεζάρισμα, πλάνιση, λείανση, κ.λπ. Μαζική παραγωγή εξαρτημάτων συγκεκριμένης γεωμετρίας, όπως π.χ. πείρων, εδράνων, αξόνων, κ.λπ. γίνεται σε σύγχρονες αυτόματες

¹⁸ Παπαδόπουλος Χρ., (2009), *Στοιχεία Μηχανών – Μεταφοράς Ισχύος*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα

εργαλειομηχανές, οι οποίες είναι γνωστές ως εργαλειομηχανές με ψηφιακή καθοδήγηση (CNC)¹⁹.

Συνδέσεις

Είναι όλες οι κατεργασίες σύνδεσης υλικών, που αποτελούν ένα μέρος μίας κατασκευής ή ένα στοιχείο μηχανής, οι οποίες επιτυγχάνονται είτε με σύντηξη, είτε με θέρμανση είτε με συμπίεση των επιμέρους υλικών (π.χ. οξυγονοκόλληση, ηλεκτροσυγκόλληση, συγκόλληση με τριβή, κ.λπ.). Επίσης, μεταξύ των μεθόδων σύνδεσης υλικών ανήκουν οι ηλώσεις, κοχλιώσεις (μη μόνιμες συνδέσεις) και οι κολλήσεις με τη βοήθεια κόλλας.

1.4.3 Θερμικές Κατεργασίες

Είναι απαραίτητες για την απόκτηση της τελικής σκληρότητας και της αντοχής του υλικού. Έτσι, υπάρχουν οι θερμικές κατεργασίες σκλήρυνσης (βαφή-επαναφορά χαλύβων, γήρανση αλουμινίου) και οι θερμικές κατεργασίες που οδηγούν σε μείωση των εσωτερικών τάσεων ή ακόμα και της σκληρότητας του υλικού (ανόπτηση).

1.4.4 Επιφανειακές Κατεργασίες

Είναι το τελικό στάδιο επεξεργασίας του υλικού πριν από τη χρήση του ως στοιχείο κάποιας μηχανής ή κατασκευής. Αφορά κυρίως περιπτώσεις υλικών, που καταπονούνται σε τριβή ή/και λειτουργούν σε διαβρωτικό περιβάλλον. Τέτοιες κατεργασίες είναι²⁰ :

- *Μηχανικές*. Εδώ ανήκει η αμμοβολή και η σφαιροβολή.
- *Θερμοχημικές*. Τέτοιες κατεργασίες είναι η εναζώτωση και η ενανθράκωση.
- *Θερμικές*. Όπως είναι η φλογοβαφή και η επαγωγική βαφή, η βαφή με laser.

¹⁹ Βελαώρας Ι., (2004), *Επίτομος Στοιχείων Μηχανών*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα

²⁰ Βελαώρας Ι., (2004), *Επίτομος Στοιχείων Μηχανών*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα

- *Επιστρώσεις*. Εδώ ανήκουν οι ηλεκτρολυτικές επιστρώσεις (επιχρωμίωση, επινικέλωση), ο γαλβανισμός, η επικασσιτέρωση, οι κεραμικές επιστρώσεις (π.χ. με ψεκάσμο πλάσματος, με φυσική ή χημική εναπόθεση ατμών), κλπ.
- *Οργανικές επικαλύψεις*. Η εφαρμογή κάποιου αντιδιαβρωτικού πλαστικού χρώματος πάνω σε μεταλλικές επιφάνειες.

1.4.5 Κοπή Μετάλλων

Όλα τα μέταλλα πριν τη συγκόλληση πρέπει να προετοιμαστούν με διάφορες μεθόδους. Για την κοπή των μετάλλων μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα μεταλλοπρίονο χειρός, μια πριονοκορδέλα μετάλλων, ένας δίσκος κοπής μετάλλων, ή ένα ψαλίδι κοπής μεταλλικών ελασμάτων. Ένα μεταλλοπρίονο χειρός μπορεί να κόψει ευθύγραμμο ένα κομμάτι πάχους 50 mm, αλλά εάν απαιτείται μεγαλύτερη ευθυγράμμιση, μεγαλύτερη ταχύτητα και λιγότερος κόπος, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια πριονοκορδέλα μετάλλων ή ένας δίσκος κοπής μετάλλων.

Παρ' όλα αυτά, αυτά τα μέσα δεν χρησιμοποιούνται εάν απαιτείται κοπή χαλύβδινων ελασμάτων στη μέση. Το ηλεκτρικό ψαλίδι έχει τη δυνατότητα κοπής μεταλλικών ελασμάτων μέχρι 1 in πάχος. Εάν ένα ψαλίδι κοπής μεταλλικών ελασμάτων δεν έχει τη δυνατότητα κοπής ενός ελάσματος σε διάφορα σχήματα, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί μία από τις μεθόδους κοπής που παρατίθενται παρακάτω²¹:

Κοπή με φλόγα οξυγόνου – ασετυλίνης

Η μέθοδος κοπής με φλόγα οξυγονοασετυλίνης είναι η πλέον διαδεδομένη μέθοδος για την κοπή των σιδηρούχων μετάλλων, όταν δεν υπάρχει διαθέσιμη παροχή ηλεκτρικού ρεύματος, το οποίο απαιτείται για άλλες διαδικασίες κοπής. Υπάρχουν και άλλα αέρια, όπως είναι το προπάνιο και το φυσικό αέριο, τα οποία είναι φθηνότερα από την ασετιλίνη και τα οποία μπορούν επίσης να αναμειχθούν με οξυγόνο για την παραγωγή της απαιτούμενης χημικής αντίδρασης για την κοπή των σιδηρούχων μετάλλων.

²¹ Βαΐρης Α. (2005), *Στοιχεία Μηχανών II*, Εκδόσεις Κέδρος, Αθήνα

Αυτά τα αέρια όμως, δηλαδή το προπάνιο και το φυσικό αέριο απαιτούν διαφορετικό εξοπλισμό. Επίσης, αυτά τα δύο αέρια χρειάζονται περισσότερο χρόνο για να φτάσουν στη θερμοκρασία προθέρμανσης του μετάλλου για κοπή, επειδή η θερμοκρασία της φλόγας τους είναι μικρότερη από αυτήν της φλόγας ασετυλίνης. Η διαδικασία κοπής με φλόγα οξυγονοασετυλίνης είναι ταχύτερη και καλύτερη, σε σύγκριση με τις άλλες διαδικασίες κοπής με τη φλόγα.

Η χρησιμοποιούμενη φλόγα οξυγονοασετυλίνης για την κοπή των σιδηρούχων μετάλλων, στην πραγματικότητα δεν παρέχει τέλεια κοπή. Η φλόγα επιδρά χημικά και επιταχύνει την οξειδωση του μετάλλου. Το φλόγιστρο συγκεντρώνει την οξειδωτική δράση της φλόγας σε ένα συγκεκριμένο σημείο, έως ότου φτάσει στη θερμοκρασία τήξης. Σε θερμοκρασία τήξης 760oC έως 870oC, υπάρχει μια χημική αντίδραση η οποία επιτρέπει την ταχεία οξειδωση του μετάλλου. Σε αυτήν την περίπτωση μπορεί να φυσήξουμε με ένα ρεύμα οξυγόνου το οξειδωμένο μέταλλο, ώστε να αφαιρέσουμε τη σκουριά από οποιαδήποτε εγκοπή του μετάλλου.

1.4.6 Λειτουργία Μηχανημάτων Ρομπότ

Δεν υπάρχει κάποιος ακριβής ορισμός, αλλά σύμφωνα με τη γενική άποψη το ρομπότ είναι μια προγραμματισμένη μηχανή που μιμείται τις ενέργειες ή την παρουσία ενός ευφυούς πλάσματος, συνήθως ενός ανθρώπου. Ο Έρων ο Αλεξανδρινός, Έλληνας σοφός του 1ου αιώνα π.χ. θεωρείται ο πατέρας της σύγχρονης ρομποτικής. Δίδαξε στο μουσείο της Αλεξάνδρειας και τα αυτόματά του περιγράφονται στο βιβλίο του «Πνευματικά και Αυτομοτοποιητική»²².

Κατασκεύασε μεγάλο αριθμό αυτοκίνητων μηχανών, που λειτουργούσαν και κινούνταν από μόνες τους σαν όντα αληθινά, αξιοποιώντας τις ιδιότητες των υγρών και των αερίων, διαθέτοντας πολύπλοκα μηχανικά συστήματα και έναν ιδιοφυή προγραμματισμό κινήσεων.. Κατά την παράδοση,

²² Βελαώρας Ι., (2004), *Επίτομος Στοιχείων Μηχανών*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα

που ίσως να περιλαμβάνει και υπερβολές, κατασκεύασε μηχανικά πουλιά που κελαηδούσαν, έπιναν νερό και πετούσαν. Τα σχέδια που έχουν σωθεί μας δείχνουν ότι είχε κατασκευάσει μια βρύση που έτρεχε αυτόματα νερό, πύλες ναού που άνοιγαν αυτόματα, βωμούς που μπορούσαν να κινούνται με κάποιο πρόγραμμα κλπ. Οπωσδήποτε για πολλούς αιώνες δεν φαίνεται να υπήρξαν μιμητές του.

Στην Ευρώπη του 18ου αιώνα εκδηλώθηκε ξαφνικό ενδιαφέρον για τα αυτόματα μεταξύ παλιών επιτήδειων τεχνιτών. Σε μουσείο της Βιέννης διατηρείται ένας αυτόματος «γραφέας» από το 1753, μηχανισμός που είχε την ικανότητα να γράφει και να σχεδιάζει. Γάλλοι ωρολογοποιοί κατασκεύασαν πολλούς μηχανικούς ανθρώπους που έγραφαν, σχεδίαζαν ή έπαιζαν μουσικά όργανα. Φωτογραφίες στο μουσείο Τεχνών και Επιτηδεμάτων μας δείχνουν ότι ο Ζακ Ντε Βωκανσόν είχε κατασκευάσει μηχανοκίνητη πάπια που κούναγε τα φτερά της, έπινε νερό, τσιμπολογούσε καλαμπόκι και ακόμη «χώνευε» ή τουλάχιστον διέλυε το καλαμπόκι²³.

Πιο σύγχρονα δείγματα κλασικών αυτομάτων μηχανών αποτελούν οι κούκλες που βαδίζουν και μιλούν. Ο όρος ρομπότ παράγεται από την Τσέχικη λέξη «ρομπότ» που σημαίνει αγγαρεία και χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Κ. Τσάπεκ στο θεατρικό έργο «RUR» το 1920, όπου ρομπότ ονομάζονταν μηχανικοί άνθρωποι. Η παλαιότερη ελληνική λέξη αυτόματο, χρησιμοποιείται πλέον περισσότερο για μηχανισμούς που μιμούνται τον άνθρωπο ή κάποιο ζώο, χωρίς αναγκαστικά να παράγουν ωφέλιμο έργο. Ο νέος όρος «ανδροειδής» αναφέρεται σε ανθρωπόμορφους αλλά όχι όμως σε ζωόμορφους μηχανισμούς²⁴.

Πραγματικά ρομπότ κατασκευάστηκαν μόνο μετά την εφεύρεση των υπολογιστών τη δεκαετία του 1940. Ένα από τα πρώτα ήταν ο Σέικι. Σχεδιάστηκε από τους ερευνητές του Stanford Research Institute (ΗΠΑ), στα

²³ Βελαωρας Ι., (2004), *Επίτομος Στοιχείων Μηχανών*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα

²⁴ Παπαδόπουλος Χρ., (2009), *Στοιχεία Μηχανών – Μεταφοράς Ισχύος*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα

τέλη της δεκαετίας του 1960. Ο Σέικι ήταν σε θέση να τοποθετεί τουβλάκια σε κατακόρυφες στήλες, έχοντας μια βιντεοκάμερα ως οπτικό αισθητήρα και ένα μικρό υπολογιστή για την επεξεργασία των πληροφοριών που λάμβανε. Τα επόμενα όμως χρόνια η μελέτη της κίνησης πέρασε σε δεύτερη μοίρα, καθώς οι ερευνητές εστίασαν τις προσπάθειές τους στην αναπαραγωγή ανώτερων και αφηρημένων ανθρώπινων ικανοτήτων, δηλαδή στην επίτευξη τεχνητής νοημοσύνης²⁵.

Έτσι, για παράδειγμα, ο επεξεργαστής της IBM Deep Blue κατάφερε, το 1997, να νικήσει στο σκάκι τον παγκόσμιο πρωταθλητή Μπόρις Κασπάροφ. Στο μέλλον προβλέπεται να συνδυαστούν οι δύο γραμμές έρευνας. Μεταξύ των πιο προχωρημένων προγραμμάτων είναι και το Robot World Cup Initiative, ένα διεθνές ερευνητικό πρόγραμμα που αποβλέπει στη δημιουργία, μέχρι το 2050, έντεκα ρομπότ που θα είναι σε θέση να νικήσουν την παγκόσμια πρωταθλήτρια ομάδα ποδοσφαίρου. Δεν πρόκειται απλώς για ένα παιχνίδι. Το να καταφέρουμε να κατασκευάσουμε δίποδα ρομπότ που περπατούν, τρέχουν και κλοτσάνε μια μπάλα, ενώ συγχρόνως είναι ικανά να συλλάβουν την κατάσταση του παιχνιδιού, και επομένως να πάρουν στιγμιαίες αποφάσεις στρατηγικής σημασίας, θα ισοδυναμούσε με την εισαγωγή μιας νέας εποχής στην ανθρώπινη ιστορία: αυτή της συμβίωσης των έμβιων και των μηχανικών-τεχνητών ευφυών συστημάτων²⁶.

Η ανάπτυξη της ρομποτικής κατά τις τελευταίες δεκαετίες δεν έχει φαινομενικά να επιδείξει επαναστατικές καινοτομίες όσο τα ισχυρά υπολογιστικά προγράμματα και η τεχνητή νοημοσύνη. Υπάρχει όμως ένας σταθερά αναπτυσσόμενος τομέας, η μικρορομποτική, η οποία συσσωρεύει καθημερινά επαναστατικές τεχνολογικές καινοτομίες. Οι Ιάπωνες έχουν κάνει ήδη μεγάλη πρόοδο στα ανθρωποειδή ρομπότ που περπατούν- μηχανές

²⁵ Βαΐρης Α. (2005), *Στοιχεία Μηχανών II*, Εκδόσεις Κέδρος, Αθήνα

²⁶ Παπαδόπουλος Χρ., (2009), *Στοιχεία Μηχανών – Μεταφοράς Ισχύος*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα

όπως η τελευταία της Sony QRIO, και η Asimo της Honda, στις οποίες κινητήρες ελέγχουν πολλή από την κίνηση²⁷.

Ένα ρομπότ μπορεί να μοιάζει στην εξωτερική του εμφάνιση με τον άνθρωπο, μπορεί να κινείται και να ενεργεί όπως ο άνθρωπος, αλλά μπορεί και όχι, είναι δε αρκετά δύσκολο να οριστεί η διαχωριστική γραμμή μεταξύ των ρομπότ και των απλών αυτοματοποιημένων μηχανών. Κατά γενικό κανόνα, όσο πιο περίπλοκη και εξειδικευμένη είναι μια μηχανή, τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα να χαρακτηριστεί σαν ρομπότ. Με την ανάπτυξη της τεχνικής των ρομπότ χωρίστηκαν σε δύο βασικές κατηγορίες:

- Τα ρομπότ που κατευθύνονται από τον άνθρωπο
- Τα ρομπότ με τεχνητή νοημοσύνη (ολοκληρωτικά), τα οποία δρουν κατά κάποιο τρόπο «λογικά» χωρίς την ανάμειξη του ανθρώπου. Τα περισσότερα σύγχρονα ρομπότ είναι ρομπότ χειριστές αν και υπάρχουν και άλλα είδη όπως πληροφόρησης, κινούμενα κλπ.

Το βιομηχανικό ρομπότ χειριστής έχει μηχανικά χέρια (ένα ή περισσότερα) και πίνακα ελέγχου ή ενσωματωμένη διάταξη προγραμματισμένης λειτουργίας. Μπορεί να χειρίζεται εξαρτήματα που ζυγίζουν από λίγα γραμμάρια μέχρι αρκετά κιλά, έχει ακτίνα δράσης μέχρι περίπου δύο μέτρα και μπορεί να εκτελεί από 200 μέχρι 1000 εργασίες την ώρα. Τα αυτόματα βιομηχανικά ρομπότ έχουν το σοβαρό πλεονέκτημα σε σχέση με τον άνθρωπο, ότι εκτελούν με μεγαλύτερη ταχύτητα και μεγαλύτερη ακρίβεια επαναλαμβανόμενες εργασίες²⁸.

Μεγαλύτερη εφαρμογή έχουν βρει τα ρομπότ χειριστές που κατευθύνονται από απόσταση και με «μηχανικό χέρι», που στηρίζεται σε κινητή ή ακίνητη θέση. Ο χειριστής διευθύνει την κίνηση του χεριού, ενώ το παρακολουθεί άμεσα ή σε τηλεοπτική κάμερα. Συχνά τα ρομπότ εφοδιάζονται

²⁷ Βελαώρας Ι., (2004), *Επίτομος Στοιχείων Μηχανών*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα

²⁸ Βελαώρας Ι., (2004), *Επίτομος Στοιχείων Μηχανών*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα

με εκπαιδευμένο σύστημα που τα κατευθύνει με βάση κάποιο συγκεκριμένο πλάνο για την εργασία τους. Όταν σε ένα ρομπότ αυτού του είδους υποδεικνύεται η σειρά των διαδικασιών που πρέπει να εκτελέσει, το σύστημα διεύθυνσης αποθηκεύει αυτή τη σειρά στο πρόγραμμα διεύθυνσης και ύστερα την επαναλαμβάνει με ακρίβεια.

Τα ρομπότ χειριστές χρησιμοποιούνται για εργασίες σε σημεία απροσπέλαστα για τον άνθρωπο ή σε συνθήκες επικίνδυνες ή βλαβερές γι' αυτόν, όπως στην πυρηνική βιομηχανία, στη χημική βιομηχανία κλπ. Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 60 εμφανίστηκαν υποβρύχια ρομπότ χειριστές που ήταν ικανά να χειριστούν συσκευές και να κάνουν εργασίες σε μεγάλα βάθη στους ωκεανούς. Πριν από λίγα χρόνια ένα τέτοιο ρομπότ χειριστής έφτασε μέχρι τον πλανήτη Άρη και μας έστειλε θαυμάσιες εικόνες και πάρα πολλές επιστημονικές μετρήσεις από τα όργανα που ήταν εφοδιασμένο²⁹.

Στα τέλη της δεκαετίας του 1960, εμφανίστηκε μια νέα τεχνολογική τάση που συνδέεται με τη δημιουργία «λογικών» ρομπότ. Αυτά έχουν αισθητήρες που συλλέγουν πληροφορίες για την κατάσταση που επικρατεί στο κοντινό τους περιβάλλον (κάμερες για εικόνες, μικρόφωνα για ήχους, θερμομέτρα για μέτρηση εξωτερικής θερμοκρασίας, αυτόματους μετρητές αποστάσεων κλπ), έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή για την επεξεργασία των παραπάνω πληροφοριών και κινητήριο σύστημα για να εκτελεί τις απαραίτητες ενέργειες.

Στη βάση αυτών των στοιχείων ο τεχνητός εγκέφαλος διαμορφώνει το μοντέλο του περιβάλλοντος και παίρνει απόφαση (τεχνητή νοημοσύνη) για τη σειρά των ενεργειών που θα πραγματοποιηθούν από τους μηχανισμούς κίνησης που διαθέτει. Οι ενέργειες του έξυπνου ρομπότ αν το επιθυμούμε έχουν ορισμένες ομοιότητες με την ανθρώπινη συμπεριφορά. Στην ουσία πρόκειται για μικροαυτοοργανωμένα συστήματα που αποτελούνται από πολλά μικρότερα ημιαυτόνομα συστήματα (ρομποτάκια) τα οποία δε θα ήταν

²⁹ Παπαδόπουλος Χρ., (2009), *Στοιχεία Μηχανών – Μεταφοράς Ισχύος*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα

σε θέση να εκτελέσουν από μόνα τους τις εργασίες που επιτελεί το υπερσύστημα που απαρτίζουν όλα μαζί.

Αυτές οι τεχνολογικές εξελίξεις ενέπνευσαν το μυθιστόρημα επιστημονικής φαντασίας με τίτλο *Το Θήραμα*, τελευταίο βιβλίο του Μάικλ Κράιτον, συγγραφέα μπεστ-σέλερ όπως το *Τζουράσικ Παρκ*. Στο βιβλίο ένα σμήνος μικροσκοπικά ρομπότ ικανά να συμπεριφέροντε σαν ένας οργανισμός εξηγείρονται και απειλούν την ανθρωπότητα. Πράγματι, εκτός από το να συνεργάζονται, τα σμήνη ρομπότ μπορούν να προγραμματιστούν και για να ανταγωνίζονται ή να επιτίθενται. Για να διερευνήσει αυτή τη δυνατότητα ο Φλορεάνο κατασκεύασε ένα σύστημα κυνηγού-θηράματος. Το ρομπότ-κυνηγός, με οξεία όραση, πρέπει να καταδιώξει το ρομπότ-θήραμα, το οποίο βλέπει μόνο σε μικρές αποστάσεις, είναι όμως ταχύτερο³⁰.

Τα λιλιπούτεια ρομπότ έχουν πολλά πλεονεκτήματα έναντι των ογκωδέστερων εξαδέλφων τους. Μπορούν να έρπουν μέσα σε σωληνώσεις, να επιθεωρούν κτήρια που έχουν καταρρεύσει, και να κρύβονται σε αθέατες γωνιές. Μια καλά οργανωμένη ομάδα από τέτοια ρομπότ μπορεί να ανταλλάξει τις πληροφορίες που συλλέγουν οι αισθητήρες των μελών της, έτσι ώστε να περιγράψει αντικείμενα τα οποία δεν θα μπορούσαν να γίνουν εύκολα αντιληπτά από ένα και μόνο πλεονεκτικό σημείο παρατήρησης. Έχουν τη δυνατότητα να αλληλοβοηθούνται για την υπέρβαση ενός εμποδίου ή την ανάκαμψη μετά από πέσιμο.

Ανάλογα με την περίπτωση, ο επικεφαλής της ομάδας μπορεί να αποστείλει μικρό ή μεγάλο αριθμό ρομπότ. Αν ένα ρομπότ πάψει να λειτουργεί, η αποστολή δεν αποτυγχάνει, τα υπόλοιπα μπορούν να συνεχίσουν το έργο τους. Ακόμα και η μεταφορά κάμερας (ένας μικρός και συμπαγής αισθητήρας) μπορεί να καταβάλει κάποιο μικρό ρομπότ. Άρα, οι αισθητήρες τους, η επεξεργαστική τους ισχύς και η φυσική τους δύναμη θα πρέπει να κατανεμηθούν ανάμεσα σε αρκετά ρομπότ, τα οποία κατόπιν οφείλουν να εργαστούν σε πλήρη συμφωνία. Αυτά συμπεριφέρονται όπως μια

³⁰ Παπαδόπουλος Χρ., (2009), *Στοιχεία Μηχανών – Μεταφοράς Ισχύος*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα

αποικία μυρμηγκιών: αδύναμα και εύτρωτα ως μονάδες, πολύ αποτελεσματικά όμως όταν ενώσουν τις δυνάμεις τους³¹.

1.5 Παράγοντες που Προκαλούν Φθορά και Βλάβες στα Μηχανήματα

1.5.1 Το Φαινόμενο της Τριβής και Αρχές Λειτουργίας με τις Οποίες Προκαλείται Φθορά στα Μηχανήματα

Η Τριβή είναι δύναμη αντίστασης που εκδηλώνεται ενάντια σε οποιαδήποτε μετακίνηση μερών του αυτού σώματος ή στην σχετική κίνηση δύο σωμάτων που οι επιφάνειές τους εφάπτονται. Στη πρώτη περίπτωση εκδηλώνεται εσωτερική τριβή, στη δε δεύτερη (μεταξύ σωμάτων) εξωτερική τριβή. Η φορά της εκδηλούμενης τριβής είναι πάντα αντίθετη προς την φορά της κίνησης. Η δύναμη τριβής διακρίνεται σε στατική τριβή όταν τα σώματα ισορροπούν και σε τριβή ολίσθησης όταν τα σώματα κινούνται μεταξύ τους³². Η δύναμη της τριβής οφείλεται σε ηλεκτροστατικές δυνάμεις ανάμεσα στα μόρια των δύο επιφανειών³³.

Η στατική τριβή είναι η δύναμη που εμποδίζει ένα σώμα να κινηθεί όσο ακόμα το σώμα ισορροπεί. Το μέτρο της είναι ίσο με το μέτρο της εφαρμοζόμενης δύναμης που τείνει να κινήσει το σώμα και μπορεί να πάρει τιμές από μηδέν Νιούτον μέχρι μία μέγιστη τιμή που ισούται με $\mu_s \cdot FN$. Όπου μ_s είναι ένα αδιάστατο μέγεθος που ονομάζεται συντελεστής στατικής τριβής και εξαρτάται από το πόσο τραχιά είναι μία επιφάνεια.

Ο συντελεστής τριβής υπολογίζεται πειραματικά. FN είναι η δύναμη που αναπτύσσεται ανάμεσα στα σώματα που εφάπτονται. Όταν η εξωτερική δύναμη ξεπεράσει την παραπάνω τιμή τότε το σώμα αρχίζει να ολισθαίνει και πλέον ασκείται σε αυτό τριβή ολίσθησης. Η τριβή ολίσθησης είναι λίγο μικρότερη από το μέγιστο της στατικής τριβής γιατί όταν το σώμα αποκτήσει

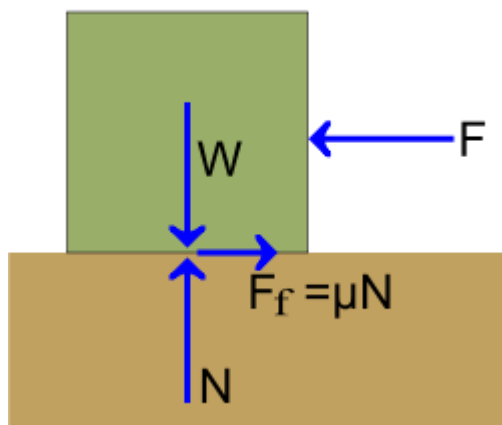
³¹ Βαΐρης Α. (2005), *Στοιχεία Μηχανών II*, Εκδόσεις Κέδρος, Αθήνα

³² Βελαώρας Ι., (2004), *Επίτομος Στοιχείων Μηχανών*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα

³³ Fineman J., (1998), *World of Physics*. Online Physics encyclopedic dictionary.

ταχύτητα οι δυνάμεις τριβής ελαττώνονται ελαφρά. Η γενική σχέση της στατικής τριβής είναι η:

$$\mathbf{F}_f \leq \mu_s F_N$$



Απεικόνιση - Η δύναμη της τριβής

Η τριβή ολίσθησης είναι η δύναμη που αντιστέκεται στην σχετική κίνηση των σωμάτων που εφάπτονται και βρίσκονται σε κίνηση. Λέγεται επίσης και κινητική τριβή. Έχει φορά αντίθετη της κίνησης και μέτρο που δίνεται από την παρακάτω σχέση³⁴:

$$\mathbf{F}_κ = \mu_K F_N$$

Όπου μ_K ο συντελεστής τριβής ολίσθησης, σε αντιστοιχία με τον συντελεστή στατικής τριβής. Για όλες τις επιφάνειες με εξαίρεση τις πολύ λείες είναι ελαφρά μικρότερος από τον συντελεστή στατικής τριβής. Η Τριβολογία, σαν αυτόνομος επιστημονικός και τεχνολογικός κλάδος, ερευνά την τριβή και την φθορά των υλικών, καθώς επίσης και τρόπους, μεθόδους και μορφές λίπανσης. Ο όρος τριβολογία προέρχεται από τις ελληνικές λέξεις τριβή και λόγος, δηλαδή είναι η σπουδή της τριβής. Η εφαρμοσμένη τριβολογία ή τριβοτεχνολογία, σχετίζεται κυρίως με την διατήρηση μηχανών, παροχή λιπαντικού και προτυποποίηση στο εργαστήριο, ελαχιστοποίηση απωλειών

³⁴ Fineman J., (1998), *World of Physics*. Online Physics encyclopedic dictionary.

ενέργειας μέσα από την τριβή και προστασία του περιβάλλοντος όπως σχετίζεται με την λίπανση³⁵.

Ο ουσιαστικός ρόλος της τριβολογίας είναι να μειώσει την τριβή και την φθορά που αναπτύσσονται κατά την σχετική κίνηση δύο σωμάτων που εφάπτονται και έτσι να εξοικονομήσει ενέργεια και να διατηρήσει τον εξοπλισμό παραγωγής, καθώς και να διατηρήσει τις μηχανές σε λειτουργία σε χαμηλό κόστος, μέσα από την ικανοποιητική λίπανση και διατήρηση. Για την εκπλήρωση των στόχων της η Τριβολογία απαιτεί γνώσεις Χημείας, Μεταλλουργίας και Μηχανολογίας. Αυτό οφείλεται στην πολυπλοκότητα των τριβολογικών φαινομένων και δικαιολογεί ικανοποιητικά την ανυπαρξία της τριβολογικής γνώσης μέχρι πριν μερικές δεκαετίες³⁶.

1.5.2 Βασικές Αρχές της Τριβολογίας στα Μηχανήματα

Οι τριβολογικές αλληλεπιδράσεις μιας εκτιθέμενης στερεάς επιφάνειας με την διασύνδεση των υλικών και του περιβάλλοντος, μπορούν να οδηγήσουν στην απώλεια υλικού από την επιφάνεια. Η διαδικασία που οδηγεί στην απώλεια υλικού είναι γνωστή ως «ένδυση». Σημαντικοί τύποι ενδύσεων είναι το γδάρισμα, η προσκόλληση, η διάβρωση κλπ.. Η ένδυση μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με την τροποποίηση των ιδιοτήτων της επιφάνειας των στερεών, είτε μέσω διαδικασιών εφαρμοσμένης μηχανικής επιφάνειας, είτε μέσω λιπαντικών. Οι μεθοδολογίες για να ελαχιστοποιήσουν την ένδυση περιλαμβάνουν συστηματικές προσεγγίσεις για να την εντοπίσουν και για να ορίσουν την κατάλληλη λύση. Τέτοιες σημαντικές μεθοδολογίες είναι οι παρακάτω³⁷:

- *Προσέγγιση συστημάτων λοχμών Czichos, όπου το κατάλληλο υλικό επιλέγεται με τον έλεγχο των ιδιοτήτων του υλικού ενάντια στις τριβολογικές απαιτήσεις στο πλαίσιο του λειτουργικού περιβάλλοντος.*

³⁵ Βελαώρας Ι., (2004), *Επίτομος Στοιχείων Μηχανών*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα

³⁶ Βαΐρης Α. (2005), *Στοιχεία Μηχανών II*, Εκδόσεις Κέδρος, Αθήνα

³⁷ Βαΐρης Α. (2005), *Στοιχεία Μηχανών II*, Εκδόσεις Κέδρος, Αθήνα

- *Terotechnology*, όπου μια προσέγγιση συστημάτων των διεπιστημονικών τεχνικών εφαρμοσμένης μηχανικής και διαχείρισης χρησιμοποιείται για να προστατεύσει τις εγκαταστάσεις, τον εξοπλισμό και τα μηχανήματα από την υποβάθμιση, με την βελτίωση της απόδοσης σε όλες τις λειτουργικές περιοχές.
- Διαχείριση στοιχείων ενεργητικού από την υλική πρόγνωση. Είναι μια έννοια παρόμοια με την *Terotechnology*, που έχει εισαχθεί πρόσφατα από τους Αμερικανούς στρατιωτικούς για το *upkeepment* των βασικών εξοπλισμών υγείας.

Το καλό σύστημα ελέγχου υγείας που συνδυάζεται με το κατάλληλο φάρμακο στα στάδια M&R έχει οδηγήσει στην βελτιωμένη απόδοση, την αξιοπιστία και τον εκτεταμένο κύκλο ζωής των μηχανημάτων, όπως τα προηγμένα στρατιωτικά υλικά στα αεροσκάφη. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, τριβή (friction) λέγεται το φυσικό φαινόμενο κατά το οποίο σε δύο επαπτόμενα σώματα, το ένα ανθίσταται στην κίνηση ή την τάση να κινηθεί, του άλλου. Η τριβή των στερεών είναι πολύπλοκο φαινόμενο που εξαρτάται από διάφορες παραμέτρους που δρουν επί του τριβικού συστήματος και μάλιστα στην πραγματική επιφάνεια επαφής και στα στρώματα του υλικού κάτω από αυτή, σε μικρό σχετικά βάθος³⁸. Όταν δύο σώματα α και β κινούνται με σχετική ταχύτητα, λόγω του φαινομένου της τριβής αναπτύσσεται η επαπτομενική δύναμη τριβής T που ανθίσταται στη σχετική κίνηση των σωμάτων και κατά συνέπεια έχει διεύθυνση (περίπου) αντίθετη προς τη διεύθυνση της σχετικής ταχύτητας.

Συντελεστής τριβής ονομάζεται ο λόγος της τριβής προς την κάθετη, προς την διεύθυνση της κίνησης, συνιστώσα των εξωτερικών δυνάμεων που δρουν επί των τριβόμενων επιφανειών (φορτίο):

$$\mu = T / N$$

Ανάλογα με το είδος της σχετικής κίνησης των δύο επαπτόμενων σωμάτων, η τριβή διακρίνεται σε τριβή ολίσθησης και τριβή κύλισης. Στην

³⁸ Βελαώρας Ι., (2004), *Επίτομος Στοιχείων Μηχανών*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα

δεύτερη, το ένα από τα δύο στοιχεία του τριβικού συστήματος περιστρέφεται γύρω από ένα στιγμιαίο κέντρο περιστροφής που ταυτόχρονα αποτελεί και την επιφάνεια επαφής, η οποία συνεχώς μεταβάλλεται. Όταν δεν υπάρχει σχετική κίνηση των δύο σωμάτων του τριβικού συστήματος και επί πλέον η έλκουσα δύναμη F είναι μηδενική ($\mu\sigma\alpha\beta=0$, $F=0$) τότε θα είναι:

$$T=F=0 \text{ ενώ } N\neq 0.$$

Είναι τότε: $\mu = T / N = 0$

Το σύστημα αυτό είναι ουσιαστικά σύστημα ακίνητων σωμάτων σε επαφή υπό δράση μόνον του φορτίου. Εάν εφαρμόζεται στο σύστημα αυτό μια μικρή εφαπτομενική (έλκουσα) δύναμη F , τα πειράματα δείχνουν ότι δεν μπορεί να υπάρξει ολίσθηση. Βαθμιαία αύξηση της έλκουσας δύναμης F θα προκαλέσει σχετική κίνηση όταν η F φθάσει σε κάποια F_{op} . Στατικός συντελεστής τριβής ($\mu\sigma$) ονομάζεται ο λόγος³⁹:

$$\mu\sigma = F_{op} / N = T / N$$

Όταν $\mu\sigma\alpha\beta \neq 0$ υπάρχει σχετική κίνηση και τότε ο συντελεστής τριβής ονομάζεται κινητικός ή κινηματικός ($\mu\kappa$). Έχει βρεθεί ότι όταν υπάρχει σχετική κίνηση είναι εν γένει:

$$F < F_{op} \text{ και}$$

$$\mu\kappa = F / N = T / N$$

Δηλαδή γενικά απαιτείται μικρότερη έλκουσα δύναμη F για να διατηρηθεί η κίνηση από την F_{op} που απαιτείται για να αρχίσει (δηλαδή γενικά είναι $\mu\sigma > \mu\kappa$).

³⁹ Βελαώρας Ι., (2004), *Επίτομος Στοιχείων Μηχανών*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα

2. Κεφάλαιο Δεύτερο : Συντήρηση Μηχανημάτων

2.1 Μέθοδοι και Τεχνικές Συντήρησης Μηχανημάτων στις Μέρες μας

Η συντήρηση και επισκευή όλων των μηχανημάτων που ανήκουν και λειτουργούν αντίστοιχα σε μια βιομηχανία, θα πρέπει να εκτελούνται κατόπιν προγραμματισμού από τις Υπηρεσίες που τα χρησιμοποιούν ως εξής⁴⁰.

- Η διενέργεια διαδικασιών για τον έλεγχο των μηχανών από τις αρμόδιες υπηρεσίες.
- Η διενέργεια διαδικασιών για την έκδοση πιστοποιητικών λειτουργίας των μηχανημάτων έργου της κάθε Διεύθυνσης.
- Η διενέργεια διαδικασιών για την πληρωμή τυχόν τελών κυκλοφορίας όλων των οχημάτων και μηχανοκίνητων μηχανών εντός της επιχείρησης
- Η επάνδρωση των μηχανοκίνητων μηχανών και οχημάτων που ανήκουν στη Διεύθυνση και η διάθεση αυτών κατόπιν αιτήσεως στις άλλες Υπηρεσίες.
- Ο προγραμματισμός και εκτέλεση της τακτικής συντήρησης και της γενικής επισκευής των μηχανημάτων και οχημάτων της κάθε Διεύθυνσης.
- Η επεξεργασία των πρωτογενών στοιχείων από τη συντήρηση και επισκευή (βλάβες, ατυχήματα κ.τ.λ.) η καταγραφή και τήρηση στοιχείων για το είδος των βλαβών των εργασιών συντήρησης που έχουν εκτελεστεί και του χρόνου παραμονής των μηχανημάτων στα συνεργεία συντήρησης μιας επιχείρησης.
- Η τήρηση των σχετικών μητρώων και παρακολούθηση συνολικών ανταλλακτικών, εφοδίων κ.λ.π. μέσω του Τμήματος Αποθήκης Υλικών και Καυσίμων των μηχανοκίνητων μηχανών μιας επιχείρησης.

⁴⁰ Βαΐρης Α. (2005), *Στοιχεία Μηχανών II*, Εκδόσεις Κέδρος, Αθήνα

- Η μέριμνα για την εκπαίδευση του τεχνικού προσωπικού μηχανοκίνητων και μη μηχανών σε συνεργασία με το αρμόδιο Τμήμα.
- Η παρακολούθηση και αιτιολόγηση των αναγκών σε μηχανήματα, οχήματα, υλικά και εργαλεία και ο έγκαιρος προγραμματισμός προμήθειάς τους σε συνεργασία με τη Διεύθυνση Προμηθειών.
- Η σύνταξη τεχνικών προδιαγραφών και προϋπολογισμού για τα υπό προμήθεια είδη.
- Η επάνδρωση και διάθεση των απαιτούμενων μηχανικών μέσων για την εκτέλεση εργασιών
- Η παρακολούθηση και καταγραφή της ημερήσιας λειτουργίας των μηχανημάτων και του απασχολούμενου προσωπικού.
- Η μέριμνα για τον εφοδιασμό των μηχανημάτων με καύσιμα και τήρηση αρχείου.
- Η οργάνωση και λειτουργία των συνεργείων που απαιτούνται για την εκτέλεση των εργασιών επισκευής και συντήρησης του μηχανολογικού εξοπλισμού του Τμήματος.
- Η μέριμνα για την άμεση αποκατάσταση ζημιών και βλαβών που προκαλούνται στα μηχανήματα ή/και οχήματα μιας επιχείρησης

2.2 Τρόποι Συντήρησης Μηχανημάτων και που Αποσκοπεί η Κάθε Συντήρηση

Οι τρόποι αλλά και οι σκοποί της συντήρησης των μηχανημάτων και τα οποία χρησιμοποιούνται από μια επιχείρηση στις μέρες μας, οριοθετούνται από τις αντίστοιχες νομοθεσίες που ισχύουν και έχουν φυσικά ως σκοπό την ασφάλεια των εργαζομένων και την άρτια λειτουργία των συγκεκριμένων μηχανημάτων. Η νομοθεσία καλύπτει γενικές αρχές, ειδικές απαιτήσεις, αλλά παραμένει ελλιπής στις προβλέψεις για τον έλεγχο και την παρακολούθηση των μηχανημάτων. Τα σχετικά διατάγματα της συγκεκριμένης νομοθεσίας σε

ποικίλες δραστηριότητες της λειτουργίας των μηχανών, αναφέρονται ως εξής⁴¹.

Το ΠΔ 14.3.34 "Περί υγιεινής και ασφάλειας των εργατών και υπαλλήλων των πάσης φύσεως βιομηχανικών και βιοτεχνικών εργοστασίων, εργαστηρίων κλπ." έθεσε τους πρώτους κανονισμούς ασφάλειας για τη χρήση των μηχανών. Ο Ν. 1568/85 στο κεφάλαιο 'Δ προβλέπει την προστασία των εργαζομένων από μηχανές. Το ΠΔ 377/93 για την προσαρμογή της ελληνικής νομοθεσίας στις κοινοτικές οδηγίες 89/392ΕΟΚ και 91/368ΕΟΚ του Συμβουλίου των ΕΚ σχετικά με τις μηχανές. Το ΠΔ 18/96 το οποίο τροποποιεί το ΠΔ 377/93. Το ΠΔ 395/94 σε συμμόρφωση με την κοινοτική οδηγία για τη χρήση εξοπλισμού εργασίας.

Απόφαση ΟΙΚ 13147/ΔΠ010/47/95 για την αναγνώριση φορέων ελέγχου βιομηχανικών προϊόντων όπου αναφέρεται στο ΠΔ 1073/81 "Περί μέτρων ασφάλειας κατά την εκτέλεση εργασιών εις εργοτάξια οικοδομών και πάσης φύσεως έργων αρμοδιότητος μηχανικού" καθορίζει (υπερκαλύπτοντας τις σχετικές διατάξεις του ΠΔ 14.3.34) τα μέτρα ασφάλειας κατά τη χρήση μηχανημάτων σε τεχνικά έργα. Αντίστοιχα το ΠΔ 70/90, νομοθέτημα για την υγιεινή και ασφάλεια στις ναυπηγικές εργασίες, θέτει επιπρόσθετες του ΠΔ 1073/81 απαιτήσεις για τη χρήση μηχανολογικού εξοπλισμού (με έμφαση στις ανυψωτικές διατάξεις).

Το ΠΔ 225/89 "Περί μέτρων ασφάλειας στα Υπόγεια τεχνικά έργα" καθορίζει μέτρα ασφάλειας για τη χρήση, λειτουργία και κίνηση μηχανημάτων στα υπόγεια τεχνικά έργα (άρθρα 3,4,7,8,11,12,14,20 & 26). Το ΠΔ 305/96 σχετικά με τις ελάχιστες προδιαγραφές ασφάλειας και υγιεινής στα κινητά και προσωρινά εργοτάξια. Το ΠΔ 186/92 σχετικά με την τήρηση βιβλίου έργων για τα μηχανήματα έργων (ΜΕ).

Για τη συντήρηση των μηχανημάτων έργων ισχύουν οι προβλέψεις του άρθρου 9 του ΠΔ 17, όπου αναφέρεται ότι ο εργοδότης οφείλει να συντηρεί στους τόπους εργασίας, τα μηχανολογικά μέσα και τον εξοπλισμό και να

⁴¹ Βελαώρας Ι., (2004), *Επίτομος Στοιχείων Μηχανών*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα

μεριμνά για την κατά το δυνατόν άμεση αποκατάσταση των ελλείψεων, που έχουν σχέση με την υγιεινή και ασφάλεια των εργαζομένων. Αν από τις ελλείψεις αυτές προκαλείται άμεσος και σοβαρός κίνδυνος για την υγεία και ασφάλεια των εργαζομένων, πρέπει να διακόπτεται η εργασία μέχρι την αποκατάστασή τους. Με ειδικότερα νομοθετήματα καθορίζονται⁴²:

- Κανόνες ασφάλειας για τους προωθητές και μεταφορικές ταινίες (ΠΔ 21/76 "Περί μέτρων υγιεινής και ασφάλειας των εργαζομένων εις μεταφορικής ταινίας και προωθητάς εν γένει").
- Διατάξεις για την άδεια λειτουργίας, χειρισμού και συντήρησης των ΜΕ (ΠΔ 31/90 "Επίβλεψη της λειτουργίας, χειρισμός και συντήρηση μηχανημάτων εκτέλεσης Τεχνικών έργων").

Διατάξεις καθορισμού και προσδιορισμού της ανώτατης στάθμης εκπομπής θορύβου και ειδικότερα με⁴³:

- Την ΥΑ 56206/1613/86 περί διατάξεων προσδιορισμού της εκπομπής θορύβου εξοπλισμού και μηχανημάτων εργοταξίου.
- Την ΥΑ 69001/1921/88 καθορίζονται οι διατάξεις για τις εκπομπές θορύβων μηχανημάτων έργου και συγκεκριμένα των μηχανοκίνητων αεροσυμπιεστών, πυργογερανών, ηλεκτροπαραγωγών ζευγών συγκόλλησης, ηλεκτροπαραγωγών ζευγών ισχύος και των φορητών συσκευών θραύσης σκυροδέματος και αεροσφυρίων.

2.2.1 Επιλογή Μηχανημάτων Έργων – Βασικές Απαιτήσεις

Τα Μηχανήματα Έργων (ΜΕ) πρέπει να πληρούν από κατασκευής τις βασικές προϋποθέσεις (ελάχιστες απαιτήσεις σε συστήματα ασφάλειας, σήμανση, στάθμη θορύβου) για να κριθούν κατάλληλα για χρήση σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ο εξοπλισμός πρέπει να πληροί τις διατάξεις του

⁴² Βαίρης Α. (2005), *Στοιχεία Μηχανών II*, Εκδόσεις Κέδρος, Αθήνα

⁴³ Βελαώρας Ι., (2004), *Επίτομος Στοιχείων Μηχανών*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα

ΠΔ 395/94 για τις μηχανές και να φέρει πιστοποίηση ΕΟΚ (σήμα CE) σύμφωνα με το ΠΔ 377/93, όπως τροποποιήθηκε με το ΠΔ 18/96.

Ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες του κάθε έργου προσδιορίζεται ο τύπος των μηχανημάτων που απαιτούνται. Για παράδειγμα για εργασίες επί υπάρχουσας οδού απαγορεύεται (κατά κανόνα) η χρήση ερπυστριοφόρου εκσκαφέα, ενώ αντίθετα σε έδαφος λασπώδες απαγορεύεται η χρήση ελαστιχοφόρου εκσκαφέα. Η χρήση αερόσφυρας ενδέχεται να μην επιτρέπεται σε ώρες κοινής ησυχίας. Τα ΜΕ οφείλουν να φέρουν ειδική πινακίδα κυκλοφορίας (κίτρινου χρώματος). Η πινακίδα φέρει τον ειδικό αριθμό με τον οποίο το συγκεκριμένο μηχάνημα έχει απογραφεί/καταγραφεί στους καταλόγους του ΥΠΕΧΩΔΕ και έχει εκδοθεί η άδεια κυκλοφορίας.

Η χρήση και ικανότητα του κάθε μηχανήματος προδιαγράφεται στο εγχειρίδιο λειτουργίας του κατασκευαστή που συνοδεύει το μηχάνημα. Τα μηχανήματα πρέπει να φέρουν όλα τα προβλεπόμενα εξαρτήματα τα οποία να λειτουργούν καλώς (ΠΔ 394/95). Τα ΜΕ πρέπει να είναι εφοδιασμένα με κατάλληλους προβολείς οι οποίοι χρησιμοποιούνται κατά την εκτέλεση του έργου. Όλα τα ΜΕ πρέπει να είναι εφοδιασμένα με πυροσβεστήρα ξηράς κώνεως 6Kgr και φαρμακείο σύμφωνα με το άρθρο 110 του ΠΔ 1073/81 (περίπτωση 1-25 ατόμων).

2.2.2 Γενικές Αρχές

Γενικές αρχές διέπουν όλα τα ΜΕ σε ό,τι αφορά τη χρήση τους (εργασία προς εκτέλεση), το χειρισμό και τη συντήρησή τους από τις διάφορες επιχειρήσεις που τα λειτουργούν. Η χρήση του μηχανήματος πρέπει να είναι σύμφωνη με το εγχειρίδιο λειτουργίας του κατασκευαστή που συνοδεύει το μηχάνημα. Ευρεσιτεχνίες, προσαρμογές, υπερφορτώσεις και λεοπαρδισμοί δημιουργούν κινδύνους οι οποίοι οδηγούν ακόμη και σε θανατηφόρα ατυχήματα. Απαγορεύεται η μεταφορά προσωπικού με ΜΕ. Κατά τη στάση ή στάθμευση μηχανήματος, όλα τα εξαρτήματα (π.χ. λεπίδα, αναμοχλευτής, κάδος) πρέπει να είναι κατεβασμένα. Η στάθμευση μετά την εργασία οφείλει να γίνεται σε συγκεκριμένο χώρο και τα ΜΕ να ασφαλίζονται.

Ο χειρισμός και η συντήρηση των ΜΕ γίνεται μόνον από κατάλληλο προσωπικό. Το ΠΔ 31/90 προσδιορίζει επακριβώς την απαίτηση να χειρίζονται τα μηχανήματα ΤΕ μόνον αδειούχοι χειριστές. Δεν υπάρχει άδεια χειρισμού όλων των ομάδων μηχανημάτων. Κάθε μηχανήμα πρέπει να χειρίζεται από χειριστή εφοδιασμένο με την κατάλληλη άδεια. Η φυσική κατάσταση και υγεία των χειριστών πρέπει να είναι καλή. Σε αντίθετη περίπτωση, δεν επιτρέπεται η άδεια εργασίας για όσο χρονικό διάστημα απαιτείται για την αποκατάσταση της υγείας των. Μόνος υπεύθυνος για τη χρήση του μηχανήματος είναι ο (οι) χειριστής (ες) του και κανένας άλλος δεν πρέπει να επεμβαίνει, πολύ δε περισσότερο να το χειρίζεται σε περίπτωση απουσίας του χειριστή.

Η περιοδική συντήρηση του κάθε μηχανήματος, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή, και η άμεση επισκευή του σε περιπτώσεις αβαρίας οιαδήποτε συστήματος/εξαρτήματος είναι απαραίτητη προϋπόθεση για τη σωστή, αποδοτική και ασφαλή λειτουργία του μηχανήματος. Η συντήρηση δεν πρέπει να περιορίζεται στα "παραγωγικά συστήματα" του μηχανήματος μόνον. Φώτα, σύστημα διεύθυνσης, σύστημα πεδήσεως, φάροι κ.λ.π. πρέπει να λειτουργούν πάντα ικανοποιητικά.

Για όλα τα μηχανήματα πρέπει να υπάρχει χωριστή καρτέλα (βιβλίο) συντήρησης το οποίο θα συνοδεύει το μηχανήμα στο συγκεκριμένο εργοτάξιο. Ποτέ δεν πρέπει να ελέγχουμε ή να επιδιορθώνουμε μία μηχανή τη στιγμή που βρίσκεται σε λειτουργία. Ακόμα κι αν η μηχανή έχει σταματήσει, υπάρχει πάντα ο κίνδυνος να ξαναξεκινήσει ξαφνικά ή να τη θέσει κάποιος σε λειτουργία, ο οποίος δεν γνωρίζει ότι γίνονται εργασίες συντήρησης. Για να αποφεύγουμε τέτοια ατυχήματα, τοποθετούμε προειδοποιητικά σήματα στον κινητήρα εκκίνησης και στο διακόπτη έναρξης της λειτουργίας της μηχανής. Το καλύτερο μέτρο που μπορούμε να λάβουμε είναι να ασφαλίσουμε στη θέση "ΕΚΤΟΣ" τον διακόπτη ή τον κινητήρα εκκίνησης και να βγάλουμε τις ασφάλειες. Εάν αρκετοί συντηρητές ασχολούνται με τη συντήρηση μεγάλων μηχανών, πρέπει να ορισθεί ένας υπεύθυνος συντονιστής.

2.3 Που Αποσκοπεί η Συντήρηση Μηχανημάτων

Είναι γνωστό ότι σήμερα έχουμε όλο και περισσότερες απαιτήσεις για την αξιοπιστία του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού μηχανημάτων και μπορεί να τεθούν τόσο από το σχεδιαστή και τον κατασκευαστή όσο και από τον χρήστη στις βιομηχανικές μονάδες. Η αξιοπιστία όμως κοστίζει. Μπορεί να μειώνει το κόστος των επισκευών και των συντηρήσεων αλλά αυξάνει το αρχικό κόστος. Επιπλέον όσο και να αυξηθεί το αρχικό κόστος η ανάγκη για συντήρηση δεν εξαλείφεται. Το ερώτημα όμως το οποίο θα πρέπει να απαντήσουν οι υπεύθυνοι στις βιομηχανικές μονάδες, είναι πως θα πρέπει να γίνεται η συντήρηση των μηχανημάτων και κυρίως που θα αποσκοπεί. Θα πρέπει επίσης να έχουν κατά νου πως η συντήρηση είναι μια συνετή προσέγγιση στη φροντίδα του εξοπλισμού.

Πριν από μερικές δεκαετίες η συντήρηση ήταν μια διαδικασία κατά την οποία ένα τμήμα του εξοπλισμού πάθαινε βλάβη, γινόταν αντικατάσταση του τμήματος αυτού και ο εξοπλισμός ξαναέμπαινε σε λειτουργία. Από τότε εξελίχθηκε, παίρνοντας μορφή μεθοδικών προληπτικών ενεργειών με σαφείς στόχους, ακολουθώντας τις προόδους της τεχνολογίας. Θα πρέπει λοιπόν να σημειωθεί πως τα τελευταία χρόνια η συντήρηση θεωρείται το σύνολο των προγραμμάτων και των μεθόδων που μπορούν να ανακαλύπτουν την έναρξη των βλαβών στον εξοπλισμό και που βοηθούν :

- στη διατήρηση της καλής λειτουργίας,
- στην ελαχιστοποίηση της εκτός λειτουργίας παραμονής του εξοπλισμού,
- στην αύξηση της αξιοπιστίας και της διαθεσιμότητας του εξοπλισμού,
- με γνώμονα το ελάχιστο κόστος.

Σύμφωνα με τους ειδικούς βέβαια, η συντήρηση είναι επιστήμη επειδή η εκτέλεσή της στηρίζεται σε πολλές επιστήμες. Η συντήρηση είναι τέχνη διότι φαινομενικά όμοια προβλήματα συχνά απαιτούν και δέχονται διαφορετικές προσεγγίσεις και ενέργειες και διότι κάποιιοι παρουσιάζουν μεγαλύτερη επιδεξιότητα σε αυτή από άλλους. Πάνω από όλα όμως η συντήρηση είναι

φιλοσοφία γιατί είναι μια γνώση που μπορεί να εφαρμοσθεί εντατικά, μέτρια ή καθόλου εξαρτώμενη από άλλες παραμέτρους. Είναι σημαντικό επίσης να σημειωθεί πως οι αρχές συντήρησης των μηχανημάτων, θα πρέπει να αποδίδονται ως εξής :

- Όταν ακόμα σχεδιάζεται ο εξοπλισμός, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η μέθοδος και το κόστος συντήρησης.
- Η συντήρηση δεν μπορεί να αντισταθμίσει την κακή σχεδίαση ή τη χαμηλή ποιότητα υλικών.
- Η συντήρηση είναι ένας κρίκος στην σύνθετη αλυσίδα πολυάριθμων παραμέτρων όπως η καταπόνηση, η ηλικία, η ποιότητα, οι διαστάσεις η σχεδίαση και η φιλοσοφία συγκρότησης του συστήματος στο οποίο ανήκει ο εξοπλισμός.
- Η συντήρηση οφείλει να προσαρμόζεται διαρκώς στις νέες τεχνολογίες.
- Οι οδηγίες συντήρησης που δίνονται από τον κατασκευαστή πρέπει να προσαρμόζονται από το χρήστη με βάση την εμπειρία του.
- Η συντήρηση πρέπει να είναι μέρος της στρατηγικής μιας επιχείρησης.

2.4 Αρχές Συντήρησης Μηχανημάτων

Με σκοπό οι επιτελούμενες τεχνικές και μέθοδοι συντήρησης των μηχανημάτων να είναι σωστά δομημένες εντός της επιχείρησης αλλά και να έχουν ικανοποιητικά αποτελέσματα με σκοπό την επίτευξη του ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν ως εξής:

- Το μηχάνημα θα είναι σχεδιασμένο και κατασκευασμένο έτσι ώστε να είναι αδύνατο να πλησιάσει κανείς το σημείο λειτουργίας ή άλλο επικίνδυνο σημείο του μηχανήματος.
- Το μηχάνημα θα έχει στρογγυλεμένες τις γωνίες και τις ακμές.

- Το χειριστήριο θα μπορεί να τοποθετηθεί έτσι ώστε ο χειριστής να μην μπορεί να ξεκινήσει το μηχάνημα όσο είναι επικίνδυνα κοντά στο σημείο λειτουργίας ή σε άλλο επικίνδυνο σημείο.
- Ο πίνακας χειρισμού θα τοποθετείται έτσι ώστε ο χειριστής να μην εκτείνεται υπερβολικά ή ενοχλητικά και να μην μετακινείται για να το χειριστεί.
- Οι μηχανισμοί μετάδοσης της κίνησης να είναι ενσωματωμένοι στο πλαίσιο του μηχανήματος.
- Το μηχάνημα να έχει ενσωματωμένους μηχανισμούς προστασίας από υπερφορτίσεις.
- Να έχει ένα μόνο σημείο λιπάνσεως και μηχανικό σύστημα λιπάνσεως των εξαρτημάτων του.
- Να δέχεται σύστημα αυτόματης τροφοδοσίας και απομάκρυνσης των κατεργασμένων και άχρηστων υλικών.
- Να έχουν προνοηθεί μηχανισμοί ενδοασφαλείας, ώστε το μηχάνημα να μην ξεκινά ενώ τροφοδοτείται ή γίνονται εργασίες παραλαβής ετοιμών ή απομάκρυνσης άχρηστων ή εκτελούνται κάποιες άλλες εργασίες σε αυτό.
- Να έχει σύστημα που να εξασφαλίζει ότι κανένα μέρος του μηχανήματος δεν θα κινηθεί εφ' όσον τηρηθεί προδιαγραμμένη από τον κατασκευαστή διαδικασία. Αυτό είναι απαραίτητο για την ασφάλεια των εργασιών συντηρήσεως.
- Να έχουν προνοηθεί ασφαλείς εξέδρες και σκάλες ενσωματωμένες στο μηχάνημα για όλες τις εργασίες επιθεωρήσεων και συντηρήσεων.
- Να έχουν σχεδιαστεί τα τμήματά του, έτσι ώστε να απομακρύνονται και να μετακινούνται εύκολα ώστε να διευκολύνονται οι εργασίες συντήρησης.
- Να έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να εκπέμπει θόρυβο όσο το δυνατόν χαμηλότερης στάθμης.
- Ο διακόπτης λειτουργίας και το ποδοπληκτρο θα πρέπει να είναι σχεδιασμένοι και κατασκευασμένοι κατά τρόπο που να αποκλείει τυχαία ενεργοποίησή τους.
- Ο διακόπτης λειτουργίας θα είναι διαφορετικός και σε άλλη θέση από τα μπουτόν κίνησης βήμα-βήμα.

- Οι διακόπτες στάσης κινδύνου θα πρέπει να είναι έτσι σχεδιασμένοι, ώστε να ενεργοποιούνται εύκολα και αμέσως από τον χειριστή σε κάθε περίπτωση κινδύνου και αν είναι δυνατόν να ενεργοποιούνται με τις αναμενόμενες ανακλαστικές κινήσεις του.
- Αν στο μηχάνημα αναπτύσσεται κατά τη λειτουργία του υψηλή θερμοκρασία, θα πρέπει να έχει σχεδιαστεί και κατασκευαστεί έτσι ώστε να περιορίζεται κατά το δυνατόν η έκθεση του χειριστή στην ακτινοβολούμενη θερμότητα.
- Τα νέα μηχανήματα πρέπει να είναι συμβατά με τα χρησιμοποιούμενα και με τους κανόνες ασφαλείας που ακολουθούν οι εργαζόμενοι στην επιχείρηση.

3. Κεφάλαιο Τρίτο : Παρουσίαση του Όρου Συντήρηση και η Σύνδεση της με το Κόστος – Αξιοπιστία Μηχανολογικών Συστημάτων και Σχετική Συντήρηση

3.1 Η Αναγκαιότητα της Συντήρησης

Το κόστος συντήρησης σήμερα μπορεί να αντιπροσωπεύει μέχρι και το 40% των εξόδων λειτουργίας μιας επιχείρησης. Με τον όρο συντήρηση εννοούμε⁴⁴:

- Τεχνικό και χρονικό σχεδιασμό εργασιών
- Διαχείριση υλικών και ανταλλακτικών
- Διαχείριση ανθρώπινου δυναμικού
- Διαχείριση εργαλείων και μέσων γενικότερα
- Προληπτικούς, προγνωστικούς και διαγνωστικούς ελέγχους
- Προληπτικές ενέργειες και αντικαταστάσεις
- Προγραμματισμό και εκτέλεση προγράμματος λίπανσης
- Επισκευές, βελτιώσεις, κατασκευές
- Γενικές ετήσιες συντηρήσεις.

Από τα παραπάνω είναι σαφές ότι η συντήρηση δεν έχει στόχο μόνο τις επισκευές, όπως γενικά θεωρείται από πολλούς, αλλά αποτελεί έναν κρίσιμης σημασίας παράγοντα στη ζωή της επιχείρησης που σχετίζεται με το σύνολο της απόδοσής της. Η διατήρηση του εξοπλισμού και των στοιχείων του σε ικανοποιητική κατάσταση λειτουργίας μέσω της συντήρησης (συστηματικές επιθεωρήσεις, εντοπισμοί και διορθώσεις επικείμενων

⁴⁴ Βελαώρας Ι., (2004), *Επίτομος Στοιχείων Μηχανών*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα

αστοχιών πριν εμφανιστούν ή προτού εξελιχθούν σε μεγάλες καταστροφές) αποδεικνύεται ότι⁴⁵:

- Μειώνει το επενδύμενο κεφάλαιο
- Μειώνει την ποιοτική υποβάθμιση του εξοπλισμού
- Μειώνει τις βλάβες του εξοπλισμού
- Αυξάνει τη διάρκεια ζωής των μηχανών
- Αυξάνει την παραγωγικότητα του προσωπικού της συντήρησης³
- Ελαττώνει την απώλεια πελατείας
- Βελτιώνει τη συμμόρφωση σε νόμους και κανονισμούς
- Μειώνει περιττές επισκευές μηχανών
- Μειώνει την επανάληψη δραστηριοτήτων συντήρησης
- Μειώνει την απόρριψη (ελαττωματικών) προϊόντων
- Αυξάνει την αξιοπιστία
- Μειώνει τις υπερωρίες
- Αυξάνει την ασφάλεια
- Μειώνει τους τραυματισμούς
- Μειώνει την κατανάλωση ενέργειας
- Μειώνει την ποσότητα των απαραίτητων διαθέσιμων ανταλλακτικών
- Μειώνει τα ελαττώματα σε καινούριες μηχανές
- Μειώνει τις λανθασμένες ενέργειες συντήρησης
- Μειώνει τα ασφάλιστρα.

3.2 Η Θεώρηση της Συντήρησης

Πολύ συχνά η συντήρηση αποτελεί το πρώτο θύμα των προσπαθειών εξοικονόμησης πόρων σε μια επιχείρηση κάτω από την εσφαλμένη θεώρηση ότι η μείωση των εξόδων συντήρησης θα βελτιώσει την κερδο-ικανότητα της επιχείρησης. Ο χειρισμός αυτός είναι πιθανό να αποφέρει κάποια εξοικονόμηση σε βραχυπρόθεσμη βάση, αλλά είναι σίγουρο ότι οι επιπτώσεις που θα έχει στη μεσο-μακροπρόθεσμη λειτουργία της επιχείρησης θα είναι καταστροφικές. Και μόνο αν αναλογιστεί κανείς τις επιπτώσεις από ένα

⁴⁵ Στεργίου, Ι., Κων., Στεργίου, Κ., Ιωαν., (2005), “Στοιχεία Μηχανών II”, Σύγχρονη Εκδοτική

απρόβλεπτο σταμάτημα της παραγωγής σε μια επιχείρηση συνεχούς λειτουργίας μπορεί να αντιληφθεί τη σημασία μιας τέτοιας προσέγγισης⁴⁶.

Σε αντίθεση με την παραπάνω αντίληψη, για τις σωστά οργανωμένες επιχειρήσεις η συντήρηση αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του παραγωγικού δυναμικού, μια επένδυση που αποδίδει τόσο στη βελτίωση της παραγωγικότητας αυτής καθ' εαυτής όσο και στην ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων. Για τις επιχειρήσεις αυτές η συντήρηση είναι μία προσεκτικά οργανωμένη λειτουργία η οποία, έχοντας λάβει υπόψη όλους τους παράγοντες κόστους, οικονομίας ποιότητας και πάνω από όλα τους σκοπούς της επιχείρησης, αξιοποιεί⁴⁷:

- ανθρώπινο δυναμικό,
- μηχανολογικό εξοπλισμό και εργαλεία,
- διαδικασίες ενεργειών, συγκέντρωσης πληροφοριών και επαναπληροφόρησης,
- συνεργάτες, πελάτες και προμηθευτές

με στόχο την όσο το δυνατόν αποτελεσματικότερη εκπλήρωση των στόχων της επιχείρησης.

3.3 Οι Προσεγγίσεις της Συντήρησης

Γενικά στη βιβλιογραφία αναφέρονται και προτείνονται πολλές προσεγγίσεις, στρατηγικές και φιλοσοφίες, συντήρησης. Μια στρατηγική συντήρησης περιλαμβάνει την ταυτοποίηση, την αναζήτηση και την εκτέλεση πολλών αποφάσεων σχετικών με επισκευές, αντικαταστάσεις και ελέγχους. Ασχολείται με την εκπόνηση του καλύτερου πλάνου λειτουργικής ζωής για κάθε μονάδα του εξοπλισμού και του βέλτιστου προγράμματος συντήρησης για τον εξοπλισμό σε συνεργασία με την παραγωγή και άλλες λειτουργίες. Μια στρατηγική συντήρησης περιγράφει ποια περιστατικά (για παράδειγμα

⁴⁶ Στεργίου, Ι., Κων., Στεργίου, Κ., Ιωαν., (2005), “*Στοιχεία Μηχανών II*”, Σύγχρονη Εκδοτική

⁴⁷ Βελαώρας Ι., (2004), *Επίτομος Στοιχείων Μηχανών*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα

αστοχία, πάροδος ορισμένου χρόνου, κατάσταση) χρήζουν ποιας δραστηριότητας συντήρησης (έλεγχος, επισκευή ή αντικατάσταση). Συγκροτείται από ένα μίγμα πολιτικών και τεχνικών, οι οποίες ποικίλουν από εξοπλισμό σε εξοπλισμό⁴⁸.

Τέλος εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως τους στόχους της επιχείρησης, τη φύση του εξοπλισμού που συντηρείται και το περιβάλλον εργασίας. Μια φιλοσοφία συντήρησης ορίζεται ως η γενική δομή μιας σειράς διαφόρων επεμβάσεων συντήρησης (διορθωτική, προληπτική κ.λπ.). Η φιλοσοφία συντήρησης δίνει το σκελετό πάνω στον οποίο αναπτύσσονται οι στρατηγικές συντήρησης και αποτελεί την ενσωμάτωση του τρόπου που σκέφτεται η επιχείρηση για το ρόλο της συντήρησης ως λειτουργία. Στη βιβλιογραφία μπορεί να βρει κανείς αρκετές φιλοσοφίες συντήρησης. Οι σημαντικότερες και πιο διαδεδομένες από αυτές είναι η Συντήρηση με γνώμονα την Αξιοπιστία (Reliability Centered Maintenance – RCM) και η Ολική Παραγωγική Συντήρηση (Total Productive Maintenance – TPM).

Η φιλοσοφία της Ολικής Παραγωγικής Συντήρησης (Total Productive Maintenance – TPM) ξεκίνησε στην Ιαπωνία στα μέσα της δεκαετίας του 80 και σταδιακά επεκτάθηκε και σε άλλες χώρες. Η ιαπωνική ιδέα όμως της Ολικής Παραγωγικής Συντήρησης χρονολογείται ήδη από το 1951 όταν έφτασε στην Ιαπωνία η Προληπτική Συντήρηση (Preventive Maintenance) από τις Η.Π.Α. Η Nippondenso, τμήμα της Toyota, ήταν η πρώτη επιχείρηση στην Ιαπωνία που εισήγαγε την ευρεία εφαρμογή της Προληπτικής Συντήρησης το 1960. Σύμφωνα με την Προληπτική Συντήρηση οι χειριστές χειρίζονταν τις μηχανές και η ομάδα συντήρησης τις συντηρούσε⁴⁹.

Όμως το υψηλό επίπεδο αυτοματοποίησης της Nippondenso καθιστούσε αυτού του είδους τη συντήρηση προβληματική, καθώς αυτή απαιτούσε ολοένα και περισσότερο προσωπικό. Έτσι η διοίκηση αποφάσισε

⁴⁸ Βελαώρας Ι., (2004), *Επίτομος Στοιχείων Μηχανών*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα

⁴⁹ Στεργίου, Ι., Κων., Στεργίου, Κ., Ιωαν., (2005), *“Στοιχεία Μηχανών II”*, Σύγχρονη Εκδοτική

ότι τις συντηρήσεις ρουτίνας (όπως καθαρισμοί, λιπάνσεις κ.λπ.) θα τις έκαναν οι χειριστές, ενώ η ομάδα συντήρησης θα ασχολείτο μόνο με τροποποιήσεις στον εξοπλισμό οι οποίες είχαν στόχο την αύξηση της αξιοπιστίας του και συνακόλουθα την αποφυγή συντήρησης⁵⁰.

Έτσι η Προληπτική Συντήρηση (Preventive Maintenance) μαζί με την Πρόληψη της Συντήρησης (Maintenance Prevention) και τη Βελτίωση της Συντηρησιμότητας (Maintenability Improvement) συνέθεσαν την Παραγωγική Συντήρηση. Στις αρχές της δεκαετίας του 70 η βιομηχανία της Ιαπωνίας βρισκόταν σε κρίσιμη οικονομική κατάσταση εξαιτίας της κρίσης του πετρελαίου και έψαχνε τον αποτελεσματικό τρόπο που θα της επέτρεπε να επιβιώσει στην παγκόσμια αγορά. Στην προσπάθεια αυτή το Ιαπωνικό Ινστιτούτο Συντήρησης πήρε τη βασική ιδέα της Παραγωγικής Συντήρησης και τη μετέτρεψε στο σύστημα της Ολικής Παραγωγικής Συντήρησης, το οποίο στη συνέχεια εξελίχθηκε σταδιακά από μικρού μεγέθους επιχειρήσεις⁵¹.

Συνεπώς η Ολική Παραγωγική Συντήρηση είναι ο αμερικανικός τρόπος συντήρησης ο οποίος τροποποιήθηκε και βελτιώθηκε για να ταιριάζει στο ιαπωνικό βιομηχανικό περιβάλλον. Από τα μέσα της δεκαετίας του 80 είναι συνήθης στη βιομηχανία της Ιαπωνίας και άρχισε να γίνεται δημοφιλής και στις δυτικές χώρες. Επομένως ο όρος καλύπτει ένα ενιαίο σύνολο μεθόδων που αναφέρονται στο συνολικό τρόπο διαχείρισης της λειτουργίας των σύγχρονων παραγωγικών μονάδων και εκτείνονται τόσο στο τεχνολογικό όσο και στο διοικητικό επίπεδο. Σύμφωνα με αυτή ένα μεγάλο κομμάτι των δραστηριοτήτων συντήρησης (π.χ. έλεγχοι, αναφορές συμβάντων, εφαρμογή σωστών συνθηκών λειτουργίας, καθαριότητα, λίπανση κ.λπ.) ανατίθεται στο τμήμα που είναι υπεύθυνο για τη λειτουργία του εξοπλισμού (Αυτόνομη Συντήρηση – Autonomous Maintenance)⁵².

⁵⁰ Βελαώρας Ι., (2004), *Επίτομος Στοιχείων Μηχανών*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα

⁵¹ Στεργίου, Ι., Κων., Στεργίου, Κ., Ιωαν., (2005), *“Στοιχεία Μηχανών II”*, Σύγχρονη Εκδοτική

⁵² Βελαώρας Ι., (2004), *Επίτομος Στοιχείων Μηχανών*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα

Τελικό στόχο της φιλοσοφίας αυτής αποτελεί η αύξηση της συνολικής διαθεσιμότητας της εγκατάστασης με τη συστηματική μείωση μέχρι την εξάλειψη των αναίτιων μη λειτουργικών χρόνων (downtimes). Δέχεται μια μηχανή όπως είναι και προσπαθεί να εξασφαλίσει βασική συντήρηση και συνθήκες λειτουργίας που θα εμποδίσουν την επιτάχυνση της χειροτέρευσης και των αστοχιών.

Για πρώτη φορά ο όρος Reliability Centered Maintenance (RCM) χρησιμοποιήθηκε σε δημοσιεύσεις στελεχών και μηχανικών των United Airlines των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής για να περιγράψει τις βέλτιστες απαιτήσεις σε συντήρηση ενός αεροσκάφους. Το Υπουργείο Εθνικής Άμυνας των Η.Π.Α. χρηματοδότησε τη δημοσίευση ενός βιβλίου (από τις United Airlines) και μιας αναφοράς εκτίμησης (από τη Rand Corp.) για τη φιλοσοφία αυτή. Η δημοσίευση έγινε το 1978 και κατέστησε γνωστές τις ιδέες της νέας φιλοσοφίας σε ένα ευρύτερο κοινό. Το βιβλίο περιέγραφε τις προσπάθειες των εμπορικών αερογραμμών και της Αεροπορίας των Η.Π.Α. κατά τις δεκαετίες του 60 και του 70 να βελτιώσουν την αξιοπιστία ενός νέου αεροσκάφους τους⁵³.

Η Συντήρηση με γνώμονα την Αξιοπιστία, πλέον ένα ολοκληρωμένο κομμάτι της Ολικής Παραγωγικής Συντήρησης, προσπαθεί να εμποδίσει ή να περιορίσει τις συνέπειες των αστοχιών και να καταστήσει δυνατή τη λειτουργία των μηχανών μέσα στα όρια σχεδιασμού τους. Είναι μια μέθοδος που μελετά τρόπους με τους οποίους μπορεί να αστοχήσει η λειτουργία ενός συστήματος και τις συνέπειες αυτών των αστοχιών. Βοηθά στον καθορισμό των πιο κατάλληλων και οικονομικά αποδοτικών «προδραστικών» στρατηγικών συντήρησης, ώστε να μετριάσει τα αποτελέσματα και τις συνέπειες τέτοιων αστοχιών. Σχεδιάζεται ώστε να ελαχιστοποιεί το κόστος συντήρησης λαμβάνοντας υπόψη την απώλεια λειτουργικού χρόνου ζωής των μηχανημάτων. Κύριοι στόχοι αυτής της φιλοσοφίας συντήρησης είναι η διατήρηση της λειτουργικής ακεραιότητας και η μείωση του κόστους

⁵³ Στεργίου, Ι., Κων., Στεργίου, Κ., Ιωαν., (2005), *“Στοιχεία Μηχανών II”*, Σύγχρονη Εκδοτική

λειτουργίας με την ελάττωση των συνεπειών των αστοχιών του εξοπλισμού, όχι άμεσα των αστοχιών⁵⁴.

3.4 Η Διαχρονική Εξέλιξη των Προσεγγίσεων της Συντήρησης

Η συντήρηση από την εμφάνισή της μέχρι σήμερα έχει εξελιχθεί κατά πολύ. Ειδικά τα τελευταία είκοσι χρόνια έχει αλλάξει ίσως περισσότερο απ' όσο περίμεναν οι ειδικοί. Νέα δεδομένα έχουν έρθει στο χώρο, ολοένα περισσότερα συστήματα και παραγωγικές μονάδες απαιτούν συντήρηση και φυσικά νέες τεχνικές και φιλοσοφίες εφαρμόζονται σε όλο τον κόσμο.

Μέχρι το Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο η βιομηχανία δεν ήταν μηχανοποιημένη σε υψηλό βαθμό. Το μεγαλύτερο κομμάτι του εξοπλισμού ήταν απλό και ο σχεδιασμός του πολύ βασικός. Οι συνέπειες των αστοχιών δεν ήταν τόσο ζωτικής σημασίας και η επίδρασή τους ήταν μηδαμινή. Έτσι ο βιομηχανικός εξοπλισμός λειτουργούσε κανονικά μέχρι να αστοχήσει και τότε είτε επισκευαζόταν είτε αντικαθίστατο. Η συντήρηση δε θεωρείτο σημαντική, αλλά ως μια παραγωγική δραστηριότητα και ένα αναγκαίο κακό. Η πρώτη προσέγγιση της συντήρησης μπορεί να χαρακτηριστεί ως συντήρηση «εξ αντιδράσεως» κατά την οποία δε γίνεται καμία ενέργεια για την αποφυγή ή διάγνωση επερχόμενης αστοχίας.

Το κόστος της συντήρησης αυτής είναι συνήθως υψηλό, μπορεί όμως να είναι οικονομικά αποδοτική σε συγκεκριμένες περιπτώσεις. Αυτή η πρώτη γενιά συντήρησης που προέκυψε με την εμφάνιση των πρώτων μηχανών αναφέρεται ως Λειτουργία ως τη Βλάβη (Breakdown Maintenance). Μετά το Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο η μείωση του ανθρώπινου δυναμικού στις βιομηχανίες και η αύξηση της ζήτησης ποικίλων προϊόντων οδήγησε σε υψηλή μηχανοποίηση. Οι εγκαταστάσεις κατασκευών έγιναν πολύπλοκες και οι βλάβες άρχισαν να πληθαίνουν. Η διαθεσιμότητα, η μακροζωία και το

⁵⁴ Στεργίου, Ι., Κων., Στεργίου, Κ., Ιωαν., (2005), “Στοιχεία Μηχανών ΙΙ”, Σύγχρονη Εκδοτική

κόστος άρχισαν να θεωρούνται σημαντικοί παράγοντες για την επίτευξη των στόχων των επιχειρήσεων⁵⁵.

Η συντήρηση έγινε δραστηριότητα του τμήματος συντήρησης και θεωρείτο ένα τεχνικό ζήτημα. Έτσι η δεύτερη προσέγγιση της συντήρησης μπορεί να περιγραφεί ως μία προληπτική προσέγγιση. Η Προληπτική Συντήρηση (Preventive Maintenance) επίσης ορίζεται ως «η συντήρηση που διενεργείται σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα ή ανταποκρινόμενη σε συγκεκριμένα κριτήρια και στοχεύει στη μείωση της πιθανότητας βλάβης ή χειροτέρευσης της λειτουργίας ενός αντικειμένου» (British Standard, 1984). Αυτά τα προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα μπορεί να είναι είτε με βάση το χρόνο (time-based, δηλαδή ημερολογιακές ημέρες) είτε με βάση τη χρήση (use-based, όπως συνολικές ώρες λειτουργίας, συνολική παραγωγή) και καθορίζονται με τη χρήση στατιστικών μοντέλων.

Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 70 ο βιομηχανικός εξοπλισμός αυτοματοποιήθηκε ακόμη περισσότερο και έγινε ακόμη πιο περίπλοκος. Η αξιοπιστία, η διαθεσιμότητα και η συντηρησιμότητα, η ασφάλεια, η ποιότητα, το περιβάλλον, οι πολλαπλές δεξιότητες, όλα αυτά άρχισαν να θεωρούνται πολύ σημαντικά. Τα συστήματα πληροφόρησης της οργάνωσης της συντήρησης (Maintenance Management Information Systems), η παρακολούθηση της κατάστασης του εξοπλισμού (condition monitoring) και η Συντήρηση με βάση την Κατάσταση (Condition Based Maintenance – CBM), που ξεκίνησε κυρίως από τη βιομηχανία αεροπορίας και συστημάτων άμυνας, άρχισε να εφαρμόζεται στην παραγωγική βιομηχανία.

Πιο συγκεκριμένα τη δεκαετία του 50 στατιστικοί του Υπουργείου Εθνικής Άμυνας των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής ανέπτυξαν τις βασικές αρχές της αξιοπιστίας στη Στατιστική, ανοίγοντας το δρόμο για την πρώτη χρήση προβλεπτικών τεχνολογιών. Στη συνέχεια, τη δεκαετία του 60, οι βιομηχανίες αεροπορίας και συστημάτων άμυνας αναγνώρισαν τη μεγάλη

⁵⁵ Βελαώρας Ι., (2004), *Επίτομος Στοιχείων Μηχανών*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα

αξία της προβλεπτικής προσέγγισης για τη μείωση του κινδύνου των αστοχιών⁵⁶.

Αργότερα οι προβλεπτικές τεχνολογίες υιοθετήθηκαν από την πολιτική αεροπορία και την πυρηνική βιομηχανία. Τέλος με τη λήξη του Ψυχρού Πολέμου πολλοί από τους εργαζόμενους της βιομηχανίας αεροπορίας και συστημάτων άμυνας ανέλαβαν θέσεις στη βιομηχανία εμπορίου όπου μετέφεραν και τις γνώσεις τους, ενώ μερικοί ίδρυσαν δικές τους επιχειρήσεις που προμήθευαν τις νέες τεχνολογίες. Έτσι έφτασαν τέλη της δεκαετίας του 80 και αρχές της δεκαετίας του 90 για να επικρατήσει η νέα προσέγγιση συντήρησης στη βιομηχανία. Η Συντήρηση με βάση την Κατάσταση ορίζεται ως «συντήρηση που διενεργείται σύμφωνα με τις ανάγκες όπως αυτές υποδεικνύονται από την παρακολούθηση της κατάστασης» (British Standard, 1984)⁵⁷.

Η αυτοματοποίηση και η εξέλιξη στις τεχνολογίες πληροφοριών έχουν καταστήσει τη χρήση των τεχνικών αυτής της συντήρησης στη βιομηχανία πολύ πιο εύκολη. Αυτές οι πρακτικές μπορούν να περιγραφούν ως μια προβλεπτική προσέγγιση η οποία ασχολείται κυρίως με την αναγνώριση κρυμμένων ή πιθανών επικείμενων αστοχιών και την πρόβλεψη της κατάστασης του εξοπλισμού. Πρόκειται για την Προβλεπτική Συντήρηση (Predictive Maintenance).

Με τις αρχές της δεκαετίας του 80 προτάθηκαν πολλές συστηματικές φιλοσοφίες συντήρησης, όπως η Συντήρηση με γνώμονα την Αξιοπιστία (Reliability Centered Maintenance – RCM) και η Ολική Παραγωγική Συντήρηση (Total Productive Maintenance – TPM), που περιγράφηκαν ανωτέρω και οι οποίες έδιναν έμφαση στη χρήση των παραπάνω προσεγγίσεων, η Ολική Παραγωγική Συντήρηση στη Λειτουργία ως τη Βλάβη

⁵⁶ Στεργίου, Ι., Κων., Στεργίου, Κ., Ιωαν., (2005), “*Στοιχεία Μηχανών II*”, Σύγχρονη Εκδοτική

⁵⁷ Βελαώρας Ι., (2004), *Επίτομος Στοιχείων Μηχανών*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα

και την Προληπτική Συντήρηση, ενώ η Συντήρηση με γνώμονα την Αξιοπιστία και στην Προβλεπτική Συντήρηση.

Παρόλα αυτά σήμερα λόγω της παγκοσμιοποίησης καταβάλλεται μεγαλύτερη προσπάθεια στη δημιουργία συνεργασιών μεταξύ της συντήρησης και των άλλων λειτουργιών μιας επιχείρησης. Για παράδειγμα η συμμετοχή της συντήρησης στη βελτίωση της παραγωγικής διαδικασίας, στο τμήμα αγορών για την επιλογή των κατασκευαστών του εξοπλισμού, στο σχεδιασμό της παραγωγικής διαδικασίας, στη χρήση εκτεταμένων συστημάτων πληροφοριών κ.λπ. Ακόμη δίνεται μεγαλύτερη έμφαση στην παρακολούθηση και τον έλεγχο όχι μόνο της κατάστασης του εξοπλισμού, αλλά και της ποιότητας του προϊόντος⁵⁸.

Στο πλαίσιο αυτό κινείται μια νέα προσέγγιση συντήρησης που έχει αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια και καλείται Συντήρηση Ακριβείας (Design-out Maintenance). Βασίζεται στη λεπτομερή κατανόηση των διαδικασιών των αστοχιών. Στη συνέχεια η μηχανή επανασχεδιάζεται ώστε να μειωθεί η πιθανότητα αστοχίας. Πρέπει να σημειωθεί ότι στην πράξη σε μια εγκατάσταση χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα περισσότερες της μιας προσεγγίσεις. Επομένως είναι πολύ σημαντικό να εξετάζεται ποια από τις διάφορες προσεγγίσεις αποδίδει καλύτερα οικονομικά και ταιριάζει περισσότερο σε κάθε τεχνικό σύστημα και στο λειτουργικό του περιεχόμενο.

3.5 Οργάνωση και Διοίκηση της Συντήρησης

Η Οργάνωση και Διοίκηση της Συντήρησης αποτελεί μία από τις πιο κρίσιμες λειτουργίες σε έναν οργανισμό. Η μεγιστοποίηση της διαθεσιμότητας του εξοπλισμού απαιτεί τη βελτιστοποίηση των προγραμμάτων των εργασιών, τον αποδοτικό σχεδιασμό του προσωπικού, την έγκαιρη διάθεση ανταλλακτικών και την εξασφάλιση πρωτοτυποποιημένων πρακτικών στα πλαίσια των διαδικασιών της συντήρησης. Μπορεί να περιγραφεί ως το

⁵⁸ Στεργίου, Ι., Κων., Στεργίου, Κ., Ιωαν., (2005), “Στοιχεία Μηχανών II”, Σύγχρονη Εκδοτική

σύνολο δραστηριοτήτων της διοίκησης που καθορίζουν τους στόχους της συντήρησης, τις στρατηγικές της και τις ευθύνες.

Σκοπός της είναι να εξασφαλίζει την αποδοτική λειτουργία του προγράμματος συντήρησης προς επίτευξη των στόχων της συντήρησης. Θα πρέπει να κάνει το σχεδιασμό, τον έλεγχο και την επίβλεψη της συντήρησης. Τέλος θα πρέπει να επανεκτιμά τις μεθοδολογίες που υιοθετήθηκαν στον οργανισμό, συμπεριλαμβανομένης και της οικονομικής τους απόδοσης. Μόλις συναρμολογηθεί και τεθεί σε λειτουργία ο εξοπλισμός αρχίζει και ο ρόλος της Οργάνωσης και Διοίκησης της Συντήρησης, ο οποίος συνεχίζει για όλη τη διάρκεια ζωής του εξοπλισμού. Η Οργάνωση και Διοίκηση της Συντήρησης θα πρέπει να ικανοποιεί πολλές απαιτήσεις συντήρησης οι οποίες ανακύπτουν από το σύστημα σχεδιασμού και καθορίζονται κατά το σχεδιασμό της.

Θα πρέπει επιπλέον να ελέγχει τους διάφορους εξωτερικούς πόρους που υποστηρίζουν τις εργασίες της συντήρησης, όπως τους σύμβουλους συντήρησης και τους διάφορους κατασκευαστές του εξοπλισμού (Original Equipment Manufacturers – OEM), αλλά και τους εσωτερικούς πόρους, όπως την αποδοτικότητα του συστήματος και τους χειριστές που πραγματοποιούν δραστηριότητες συντήρησης. Σημαντικό είναι να ελέγχει και τα ανταλλακτικά και τα εξαρτήματα που αφαιρούνται κατά τις αντικαταστάσεις και επισκευάζονται για να επαναχρησιμοποιηθούν (rotables). Τα αποτελέσματα της Οργάνωσης και Διοίκησης της Συντήρησης εκτιμώνται και οδηγούν σε νέες απαιτήσεις συντήρησης και στο σχεδιασμό νέων παρόμοιων συστημάτων στα πλαίσια της συνεχούς βελτίωσης της ποιότητας.

3.6 Κόστος της Προληπτικής Συντήρησης

Όσον αφορά τα οικονομικά της Προληπτικής Συντήρησης αυτά εξετάζονται σε τρία επίπεδα. Το υψηλότερο επίπεδο αφορά μια μακροοικονομική ανάλυση, η οποία επιτρέπει στην επιχείρηση να αποφασίσει κατά πόσον η προσέγγιση αυτής της μεθόδου συντήρησης έχει νόημα, δεδομένων των στόχων της επιχείρησης και των αναγκών και απαιτήσεων του κλάδου δραστηριοποίησής της. Η μακροοικονομική ανάλυση

παίρνει το τωρινό κόστος λειτουργίας και προγραμματίζει το κόστος λειτουργίας που προκύπτει μετά από τις προτεινόμενες αλλαγές που πρόκειται να επιφέρει η εφαρμογή της μεθόδου⁵⁹.

Καθώς κάθε αλλαγή κοστίζει, ο αναλυτής ελέγχει εάν και μετά από πόσους μήνες ή χρόνια η επένδυση θα αποδώσει (Return On Investment). Το πόσο γρήγορα αποδίδει η επένδυση είναι ουσιώδες. Εάν αυτό γίνει μετά την πάροδο ικανοποιητικού χρονικού διαστήματος (στις σημερινές επιχειρήσεις ικανοποιητική θεωρείται συνήθως η πάροδος το πολύ τριμήνου), αποφασίζεται η εφαρμογή της νέας μεθόδου. Όταν η απόφαση αυτή έχει πλέον ληφθεί, το δεύτερο επίπεδο ανάλυσης προσεγγίζει περισσότερο ομάδες μηχανών ή διαδικασιών.

Σε αυτό χρησιμοποιείται μια ημι-μικροοικονομική ανάλυση, η οποία βοηθά στην απόφαση για το ποια στρατηγική είναι η πιο κατάλληλη για μια συγκεκριμένη μηχανή ή ομάδα μηχανών. Ακόμα και αν στο επίπεδο της επιχείρησης έχει ορισθεί ως κυρίαρχούσα μέθοδος συντήρησης η προληπτική, σε κάθε μηχανή ή ομάδα μηχανών υπάρχουν παράγοντες που επηρεάζουν τον τρόπο με τον οποίο θα εφαρμοστεί αυτή συγκεκριμένα. Ένα βασικό στοιχείο για τη λήψη απόφασης για την εφαρμογή του προγράμματος της Προληπτικής Συντήρησης είναι το κόστος αυτού σε σύγκριση με εκείνο του εξοπλισμού.

Είναι χάσιμο χρόνου και χρημάτων ο έλεγχος και η συντήρηση ενός κομματιού που στοιχίζει φθηνά. Πρέπει επομένως να καθοριστούν χρηματικά όρια προκειμένου να προσδιοριστεί το πού θα γίνονται έλεγχοι και συντήρηση. Για εξαρτήματα αξίας μεγαλύτερης από το καθορισμένο χρηματικό όριο θα γίνεται έλεγχος, ενώ εξαρτήματα μικρότερης αξίας θα αντικαθίστανται σε καθορισμένα χρονικά διαστήματα. Συνήθως ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρεάζει την εφαρμογή του προγράμματος σε μια μονάδα, όταν δε συντρέχουν λόγοι ασφάλειας του προσωπικού, είναι

⁵⁹ Βελαώρας Ι., (2004), *Επίτομος Στοιχείων Μηχανών*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα

το κόστος που προκύπτει από την παραμονή της μονάδας εκτός λειτουργίας (downtime cost)⁶⁰.

Εάν το κόστος αυτό είναι χαμηλό ή μηδαμινό, η Προληπτική Συντήρηση μπορεί να μην εφαρμοστεί σε αυτή τη μονάδα. Όπως περιγράφη ανωτέρω, το τωρινό κόστος λειτουργίας αυτής της μονάδας συγκρίνεται με το αντίστοιχο που προκύπτει μετά την εφαρμογή της μεθόδου και εξετάζεται εάν αποδίδει αρκετά μια τέτοια επένδυση, ώστε να δικαιολογεί το νέο κόστος. Εφόσον επιλεγεί και η στρατηγική για κάθε μηχανή ή ομάδα μηχανών, στο τρίτο επίπεδο γίνεται η επιλογή των δραστηριοτήτων της Προληπτικής Συντήρησης που θα πραγματοποιηθούν. Στο τρίτο επίπεδο, αυτό της μικροοικονομικής ανάλυσης, το κόστος και τα αποτελέσματα κάθε δραστηριότητας συγκρίνονται με το κόστος και τα αποτελέσματα της αστοχίας την οποία η συγκεκριμένη δραστηριότητα έχει ως σκοπό να εξαλείψει.

Είναι φανερό ότι είναι σημαντικό να επιλεγθεί ο μικρότερος δυνατός αριθμός δραστηριοτήτων που εξυπηρετεί τους εκάστοτε στόχους. Τα κόστη που περιλαμβάνει η υιοθέτηση ενός συστήματος Προληπτικής Συντήρησης διακρίνονται⁶¹:

1. σε αυτά που εμφανίζονται μία μόνο φορά, στην αρχή:

i. εκσυγχρονισμός του εξοπλισμού σύμφωνα με τα πρότυπα της Προληπτικής Συντήρησης (ώστε να μην υπάρχουν βλάβες ή προβλήματα του παρελθόντος που δεν έχουν αποκατασταθεί) συμπεριλαμβανομένων ανταλλακτικών, εργολάβων,

ii. κόστος εκπαίδευσης για όλους, ώστε να αλλάξει η γενική νοοτροπία και οι συνήθειες τόσο στο επίπεδο προϊσταμένων όσο και στο επίπεδο του προσωπικού έτσι ώστε να μην παραλείπονται οι δραστηριότητες συντήρησης και τελικά το σύστημα να είναι αποτελεσματικό,

⁶⁰ Βελαώρας Ι., (2004), *Επίτομος Στοιχείων Μηχανών*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα

⁶¹ Στεργίου, Ι., Κων., Στεργίου, Κ., Ιωαν., (2005), *“Στοιχεία Μηχανών II”*, Σύγχρονη Εκδοτική

- iii. κόστος εγκατάστασης συστήματος (CMMS – Computerized Maintenance Management System) για την αποθήκευση πληροφοριών,
- iv. έμμεσα κόστη του συστήματος (όπως η καλωδίωση των υπολογιστών, προμήθειες, πρόσθετες θέσεις υπολογιστών κ.λπ.),
- v. εργατοώρες για την εισαγωγή δεδομένων για τη συγκέντρωση πληροφοριών,
- vi. εργατοώρες για την εκπαίδευση επιθεωρητών,
- vii. εργατοώρες για την εκκίνηση των λιστών δραστηριοτήτων και των συχνοτήτων,
- viii. εργατοώρες για τη δημιουργία σχεδίων του πακέτου εργασιών και για τον ορισμό των προτύπων όλων των διαφορετικών εφαρμογών της Προληπτικής Συντήρησης

2. και σε αυτά που υπάρχουν συνεχώς και εξασφαλίζουν τη λειτουργία του συστήματος:

- i. εργατοώρες για λίστες δραστηριοτήτων, μικρές επιδιορθώσεις,
- ii. κόστος ανταλλακτικών για τις λίστες δραστηριοτήτων και για προγραμματισμένες αντικαταστάσεις,
- iii. κεφάλαια για τη διατήρηση της συντήρησης σε υψηλό επίπεδο,
- iv. συνέχιση της εκπαίδευσης,
- v. αλλαγές στην επιχείρηση για τη συνέχιση εφαρμογής του συστήματος της Προληπτικής Συντήρησης.

3.7 Προγραμματισμός της Προληπτικής Συντήρησης

Η διαδικασία του προγραμματισμού της Προληπτικής Συντήρησης ολοκληρώνεται σε τρία βήματα. Στο πρώτο βήμα συντάσσονται πλήρεις λίστες όλων όσων απαιτούνται για να πραγματοποιηθεί η Προληπτική

Συντήρηση. Για να γίνει αυτό προηγείται μια προσπάθεια πλήρους σχεδιασμού κάθε επαναλαμβανόμενης δραστηριότητας και έτσι ετοιμάζεται ένα διεξοδικό πακέτο σχεδιασμένων δραστηριοτήτων (Planned Job Package). Αυτό το πακέτο περιλαμβάνει τα εξής⁶²:

- Εκδόσεις εντολών εργασίας (work orders).
- Λεπτομερή λίστα δραστηριοτήτων (Task List) με βήμα-βήμα τις ενέργειες κάθε δραστηριότητας. 26
- Εκτιμώμενες εργατοώρες, λαμβανομένων υπόψη των δυνάμεων και των ικανοτήτων.
- Κατάλογο όλων των υλικών που χρειάζονται για τη δραστηριότητα.
- Απαιτήσεις σε υλικά που δεν υπάρχουν στις αποθήκες.

- Πλήρη κατάλογο των απαιτούμενων εργαλείων. Κατά τη διαδικασία της αναθεώρησης της Προληπτικής Συντήρησης καθορίζεται εάν διαφορετικά, καλύτερα, πιο εξειδικευμένα ή πιο απλά εργαλεία θα επιταχύνουν τη δραστηριότητα.
- Κατάλογο των απαιτήσεων σε ασφάλεια συμπεριλαμβανομένων κλειδωμένων ή οριοθετημένων χώρων και προσωπικού εξοπλισμού προστασίας.
- Απαιτήσεις πρόσβασης στα υλικά. Κατάλογος με το ποιος πρέπει να ειδοποιηθεί όταν γίνεται συντήρηση σε μια μονάδα.
- Εγχειρίδια συντήρησης, σχέδια, φωτογραφίες, ειδικές ενέργειες, διασαφήνισεις, μεγέθη, ανοχές και άλλες αναφορές που είναι πιθανό η ομάδα συντήρησης να χρειαστεί.
- Κενά έντυπα για τις διορθωτικές δραστηριότητες που θα πρέπει να σχεδιαστούν.

Ο σχεδιασμός συντονίζει χρονικά ακριβώς τα στοιχεία μιας επιτυχημένης δραστηριότητας συντήρησης: εργατοώρες, εργαλεία, ανταλλακτικά, προμήθειες, πληροφορία, μηχανολογικά δεδομένα και σχέδια, επιτήρηση της μονάδας που συντηρείται, εντολές, έγγραφες άδειες και

⁶² Βελαώρας Ι., (2004), *Επίτομος Στοιχείων Μηχανών*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα

θεσπισμένες άδειες. Αυτή η ακριβής συνεργασία όλων των πόρων που απαιτούνται για μια δραστηριότητα είναι ιδιαίτερα ουσιώδης για την Προληπτική Συντήρηση.

Το δεύτερο βήμα στον προγραμματισμό της Προληπτικής Συντήρησης αφορά την επίτευξη αρμονικής συνεργασίας συντήρησης και παραγωγής. Σε αυτό το βήμα γίνεται προσπάθεια να συνδυαστούν οι επιθυμίες για το πότε να γίνουν οι δραστηριότητες της συντήρησης με την πραγματικότητα της παραγωγής. Για να υπάρξει αποτελεσματική συνεργασία θα πρέπει να δημιουργηθεί ένα πρόγραμμα που θα προταθεί στη συνέχεια στην παραγωγή ή στους χειριστές, ώστε να διαπιστωθεί εάν οι χρονικές στιγμές που είναι διαθέσιμο το προσωπικό και τα υλικά συμπίπτουν με τις χρονικές στιγμές που είναι διαθέσιμος ο εξοπλισμός.

Αφότου η παραγωγή συμφωνήσει με το προτεινόμενο πρόγραμμα ακολουθεί το τρίτο βήμα στο οποίο το πρόγραμμα διατυπώνεται ακριβώς. Ένα Υπολογιστικό Σύστημα Οργάνωσης και Διοίκησης της Συντήρησης (Computerized Maintenance Management System - CMMS) μπορεί να διευκολύνει τον προγραμματισμό της Προληπτικής Συντήρησης. Για παράδειγμα, ο υπολογιστής μπορεί να ψάξει όλες τις προγραμματισμένες συντηρήσεις για μια συγκεκριμένη ημερομηνία. Μπορεί να υπολογίσει τους πρότυπους χρόνους όλων των προγραμματισμένων συντηρήσεων και να δώσει το ποσοστό των διαθέσιμων ωρών. Το σύστημα δείχνει ακόμα όλες τις δραστηριότητες συντήρησης που δεν έχουν προγραμματιστεί.

3.8 Προγραμματισμένη Αντικατάσταση Εξαρτημάτων

Η Προγραμματισμένη Αντικατάσταση Εξαρτημάτων είναι μια από τις δραστηριότητες που περιλαμβάνονται στη λίστα δραστηριοτήτων της Προληπτικής Συντήρησης. Η καινοτομία της συνίσταται στην εξάλειψη των βλαβών επειδή αφαιρούνται και αντικαθίστανται εξαρτήματα μετά από τόσες ώρες ή κύκλους λειτουργίας, αλλά πάντως πριν αστοχήσουν. Ανάλογα με τον τρόπο εφαρμογής της στρατηγικής αυτής τα εξαρτήματα που αφαιρούνται είτε επιστρέφονται για επιθεώρηση και επιδιόρθωση, ώστε να επαναχρησιμοποιηθούν, είτε αχρηστεύονται.

Θετικά αποτελέσματα αυτής της στρατηγικής αποτελούν το ελεγχόμενο κόστος συντήρησης και τα χαμηλά επίπεδα του χρόνου εκτός λειτουργίας. Εάν όμως το νέο εξάρτημα έχει αυξημένες πιθανότητες να αστοχήσει όταν είναι καινούριο, η στρατηγική είναι μη αποτελεσματική. Επιπλέον τα αφαιρούμενα εξαρτήματα που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν μετά από επιδιόρθωση είναι ελάχιστα, καθώς επιδιώκεται η μεγαλύτερη δυνατή αξιοπιστία. Γι' αυτό και η PCR είναι ακριβή.

Όπως ειπώθηκε, υπάρχουν δύο διαφορετικές μέθοδοι εφαρμογής της PCR⁶³:

- Προληπτική Συντήρηση
- Δραστηριότητες παράτασης ζωής (extend life) /
- Συντήρηση ρουτίνας (routine maintenance)
- Δραστηριότητες εύρεσης αστοχιών (detect failure)
- Βασική φροντίδα του εξοπλισμού (καθαρισμοί, λιπάνσεις, ευθυγραμμίσεις, εγκαταστάσεις, ρυθμίσεις)
- Χρονικά προγραμματισμένες δραστηριότητες (προγραμματισμένες αντικαταστάσεις και επιδιορθώσεις)
- Υποκειμενική παρακολούθηση της κατάστασης του εξοπλισμού (απλές επιθεωρήσεις από χειριστές/ τεχνικούς με όραση, ακοή, αφή, όσφρηση)
- Προγραμματισμένη απόρριψη (planned discard), όπου το εξάρτημα απομακρύνεται πριν αστοχήσει και απορρίπτεται. Συνήθη παραδείγματα αποτελούν ιμάντες, φίλτρα, μικρά ρουλεμάν, φτηνά φθειρόμενα κομμάτια κ.λπ.
- Προγραμματισμένη αναδόμηση (planned rebuild), όπου τα εξαρτήματα απομακρύνονται μετά από ένα προκαθορισμένο αριθμό ωρών λειτουργίας ή κύκλων λειτουργίας, αποστέλλονται στον εξειδικευμένο τεχνικό που τα επιδιορθώνει και επιστρέφουν στην αποθήκη για να επαναχρησιμοποιηθούν αργότερα. Εφαρμόζεται σε μεγάλα στοιχεία τα

⁶³ Βελαώρας Ι., (2004), *Επίτομος Στοιχείων Μηχανών*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα

οποία μπορούν να επιδιορθωθούν, όπως μηχανές, κιβώτια ταχυτήτων, αντλίες, συμπιεστές κ.λπ.

Με την προγραμματισμένη αντικατάσταση εξαρτημάτων πριν αυτά αστοχήσουν αποφεύγεται η αστοχία τους, ώστε τελικά αποφεύγεται μια γενικότερη βλάβη και η διαδικασία της επιδιόρθωσης περιορίζεται στα «αναδομούμενα» στοιχεία. Επιπλέον καθίσταται δυνατό οι αντικαταστάσεις των εξαρτημάτων να προγραμματίζονται σε ώρες που η μονάδα βρίσκεται εκτός λειτουργίας. Ακόμη κάθε αντικατάσταση μπορεί να προγραμματίζεται έτσι, ώστε τα ανταλλακτικά που πρέπει κάθε φορά να είναι διαθέσιμα να είναι λιγότερα και οι ανάγκες σε αποθήκευση μικρότερες από ό,τι εάν περιμένουμε να συμβεί η οποιαδήποτε βλάβη. Αφού το εξάρτημα αντικαθίσταται, οι στάσεις-βλάβες γίνονται σπάνιες, η διαθεσιμότητα του εξοπλισμού αυξάνεται και οι συνθήκες λειτουργίας γίνονται κανονικές.

3.9 Το Προσωπικό της Προληπτικής Συντήρησης

Η Προληπτική Συντήρηση απαιτεί σοβαρή οργάνωση και υποδομή των συνεργείων, τα οποία χωρίζονται συνήθως σε δύο κατηγορίες: ελέγχων και επεμβάσεων. Τα πρώτα αναλαμβάνουν την εκτέλεση όλων των περιοδικά προγραμματισμένων ελέγχων του εξοπλισμού βάσει χρόνων λειτουργίας, ενώ τα δεύτερα την εκτέλεση όλων των διορθωτικών επεμβάσεων που προκύπτουν από τους ελέγχους ή από απρόβλεπτες βλάβες. Σημαντικά μηχανήματα της παραγωγικής διαδικασίας αποσυναρμολογούνται, μερικά ή ολικά, και αντικαθίστανται τα εξαρτήματα που θεωρητικά έχουν ξεπεράσει τη διάρκεια ζωής τους βάσει των προγραμμάτων Προληπτικής Συντήρησης, ανεξάρτητα από το εάν είναι φθαρμένα ή όχι (π.χ. αντικατάσταση ρουλεμάν μειωτήρα κάθε 15000 ώρες, αλλαγή λαδιών κάθε 1000 ώρες κ.λπ.).

Με την Προληπτική Συντήρηση και τον έλεγχο η επιχείρηση μπορεί να φτιάξει μακροχρόνια προγράμματα, να συλλέξει στατιστικά στοιχεία, να οδηγηθεί από τα αποτελέσματα σε βελτιώσεις και το κυριότερο να αποκτήσει συνείδηση «δράσης» για αντικατάσταση εξαρτημάτων ή μηχανημάτων. Πρέπει να δοθεί μεγάλη προσοχή στην επιλογή του απαραίτητου προσωπικού που θα κληθεί να εφαρμόσει ένα τέτοιο πρόγραμμα, καθώς και

στην εκπαίδευση που πρέπει να παρακολουθήσει. Συνήθως οι τεχνικοί και οι χειριστές έχουν λάβει εκπαίδευση σχετική με τις επισκευές και την αντιμετώπιση προβλημάτων, αλλά πολύ λίγοι από αυτούς έχουν μάθει πώς να αναγνωρίζουν τα προβλήματα κατά τις επιθεωρήσεις, πριν γίνουν πραγματικά προβλήματα.

Η εκπαίδευση θα πρέπει να περιλαμβάνει μεθόδους επιθεώρησης για τα πιο κοινά στοιχεία και συστήματα του εξοπλισμού, καθώς και μια επισκόπηση των χρησιμών βασικών οργάνων και εργαλείων. Πέρα από τις τεχνικές γνώσεις είναι σημαντικό να αποκτηθεί και τεχνική συνείδηση, δηλαδή εξοικείωση του τεχνικού με τη μηχανή, εγρήγορση της όρασης, της ακοής, ακόμα και της αφής, όσφρησης, γεύσης. Έλεγχος σημαίνει πείρα, αισθήσεις και γρήγορη αντίδραση. Το κύριο στοιχείο εδώ είναι ο καθένας που θα ασχοληθεί να γίνει γνώστης του προγράμματος, από τον προϊστάμενο μέχρι τον τεχνίτη, ώστε όλοι να μπορούν να αναγνωρίζουν τις ευμενείς επιπτώσεις πάνω στην παραγωγικότητα. Ο σωστός επιθεωρητής θα πρέπει να διαθέτει στοιχεία, όπως⁶⁴:

- να είναι αξιόπιστος, αφού είναι δύσκολο να εξακριβωθεί εάν έχει κάνει τη δουλειά του,
- να μην παραλείπει να συμπληρώνει ολοκληρωμένα και με ακρίβεια τα διάφορα έντυπα, μια δουλειά που είναι επιπρόσθετη γι' αυτόν,
- να ξέρει πώς (και να έχει τη διάθεση) να κοιτάει την ιστορία τη μονάδας και να αναγνωρίζει συγκεκριμένα προβλήματα που τυχόν υπήρξαν σε αυτή στο παρελθόν, γεγονός που μπορεί να αποκαλύψει κάποια αδυναμία στο σχεδιασμό,
- να είναι πλήρως εκπαιδευμένος, ώστε να έχει την ικανότητα ή τη γνώση να εκτελεί αποτελεσματικά μια δραστηριότητα (συχνά διεξάγονται και κατάλληλα τεστ για την απόκτηση πιστοποιητικού Προληπτικής Συντήρησης),
- να είναι ικανός να εντοπίζει το πρόβλημα όσο το δυνατόν νωρίτερα, ώστε να υπάρχει αρκετός χρόνος για να σχεδιαστεί η αποκατάσταση,

⁶⁴ Βελαώρας Ι., (2004), *Επίτομος Στοιχείων Μηχανών*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα

- να παραγγελθούν υλικά και να αποφευχθεί ολική καταστροφή.

Η Προληπτική Συντήρηση είναι μια πνευματική εργασία που απαιτεί μεγάλη συγκέντρωση. Είναι όμως κυρίως ανιαρή. Ο μηχανικός ελέγχει υγιή εξοπλισμό και διεκπεραιώνει εργασίες που απαιτούν ελάχιστες ικανότητες, όπως καθαρισμούς και λιπάνσεις, για να εντοπίσει το ένα εξάρτημα που φθείρεται. Και αυτό το κάνει σε καθημερινή βάση. Έτσι είναι δύσκολο να μη βαρεθεί. Αποτελεί μεγάλο πρόβλημα το να επιβεβαιωθεί ότι ο ε επιθεωρητής κάνει τις επιθεωρήσεις που προβλέπει η λίστα δραστηριοτήτων. Η πρόκληση για την ηγεσία είναι να κινητοποιήσει τους ανθρώπους, κάνοντάς τους κοινωνούς στους ρόλους της Προληπτικής Συντήρησης, ώστε να θέλουν να πραγματοποιήσουν τις δραστηριότητες. Ο επιθεωρητής μπορεί να είναι ένας μηχανικός, ένας χειριστής ή ένας βοηθός (εάν κρίνεται κατάλληλος) που συμμετέχει στις δραστηριότητες της συντήρησης περιστασιακά ή ένας τεχνικός Προληπτικής Συντήρησης πλήρους απασχόλησης. Οι προϊστάμενοι θα πρέπει να ενημερώνουν τους επιθεωρητές για το ρόλο της Προληπτικής Συντήρησης στο όλο πλαίσιο των δραστηριοτήτων της επιχείρησης και για το πώς αυτή επιδρά σε αξιοπιστία, ασφάλεια, κόστη και παραγωγή.

Έτσι οι επιθεωρητές θα νιώθουν ότι η δουλειά που επιτελούν είναι σημαντική και πρωτεύουσας σημασίας. Επίσης είναι σημαντικό να συμμετέχουν σε συζητήσεις για τον εξοπλισμό, ώστε να αποκτήσουν τη συνείδηση της συντήρησης και να εκτελούν τις εργασίες τους έτσι ώστε να μπορούν να απαντούν σε ερωτήσεις και να δίνουν πληροφορίες

4. Ανάπτυξη προγράμματος συντήρησης στο εργοστάσιο επεξεργασίας πουλερικών 'Η ΠΙΝΔΟΣ'

4.1 Τεχνική περιγραφή πτηνοσφαγείου Α.Π.Σ.Ι. «ΠΙΝΔΟΣ»

4.1.1 Παραγωγική διαδικασία

Μεταφορά ζωντανών πτηνών

Τα ζωντανά πτηνά φορτώνονται χειρωνακτικά από τα πτηνοτροφεία σε πλαστικές κλούβες και οι οποίες τοποθετούνται σε φορτηγά αυτοκίνητα για να οδηγηθούν στο πτηνοσφαγείο. Σε κάθε κλούβα τοποθετούνται 8-12 πτηνά, αναλόγως το βάρος και τις κλιματολογικές συνθήκες.

Κατά την συλλογή τους και την μεταφορά τους τα πτηνά υφίστανται προσεκτικό χειρισμό ώστε να μην προκαλείται άσκοπη αναστάτωση και καταπόνηση, η οποία επιφέρει αυξημένη θνησιμότητα και κακής ποιότητας κρέατος (Β' ποιότητα).

Χώρος παραλαβής ζωντανών πτηνών (A2.)

Τα πτηνά κατά την άφιξη τους στο σφαγείο συνοδεύονται με πιστοποιητικό καταλληλότητας, που εκδίδεται από επίσημο κτηνίατρο μετά από επιθεώρηση που διενεργείται στο πτηνοτροφείο.

Πραγματοποιείται ανάπαυση των πτηνών από 4-6ώρες κάτω από στέγαστρα (A1) που είναι εξοπλισμένα με τεχνητό εξαερισμό ώστε να τα πτηνά να προστατεύονται από υψηλές θερμοκρασίες. Ο χώρος της υποδοχής έχει φυσικό και τεχνητό εξαερισμό καθώς και σύστημα υδρονέφωσης.

Οι κλούβες ξεφορτώνονται από τα φορτηγά πάνω σε υδραυλικές πλατφόρμες (A2.1.) και τοποθετούνται στον αποστοιβακτή (A2.2.). Με μεταφορική ταινία περνούν μπροστά από εργατικό προσωπικό που τις ανοίγουν και κρεμούν τα πτηνά στην αλυσίδα παραγωγής, από τα πόδια και με το κεφάλι προς τα κάτω (A2.3.).

Οι βρώμικες κλούβες μεταφέρονται με τις μεταφορικές ταινίες στο πλυντήριο κλουβών (A2.4.) για τον καθαρισμό τους ώστε να αποφεύγεται η αλληλομόλυνση των κοπαδιών. Οι καθαρές κλούβες στοιβάζονται αυτόματα και φορτώνονται σε καθαρά φορτηγά (A2.5.).

Χώρος σφαγής (A4.)

Διεργασία 1: Αναισθησία (A4.1.)

Μετά το κρέμασμα των πτηνών στην αλυσίδα παραγωγής και αφού περάσει χρόνος 1min, διέρχονται με το κεφάλι προς τα κάτω μέσα από λεκάνη με νερό στο οποίο διοχετεύεται ρεύμα τάσης 40-50 V, έντασης 200-250 mA και συχνότητας 400-450Hz. Προληπτικά οι συνθήκες ελέγχονται σε τακτά χρονικά διαστήματα ώστε να μην προκληθεί θανάτωση των πτηνών.

Διεργασία 2: Σφαγή (A4.2.)

Αφού περάσουν 6-10sec από την αναισθησία τα πτηνά διέρχονται από ειδικά μηχανήματα σφαγής. Χρησιμοποιούνται δύο περιστροφικά μαχαίρια για την κοπή της δεξιάς και αριστερής αρτηρίας της καρωτίδας. Σε περίπτωση μη ικανοποιητικής σφαγής, γίνεται χειρωνακτική σφαγή με μαχαίρι.

Διεργασία 3: Αφαίμαξη (A4.3.)

Τα σφάγια διέρχονται από λεκάνη αφαίμαξης για 2,5-3 min με σκοπό την πλήρη αφαίμαξη, ώστε να διασφαλιστεί η καλή συντήρηση του κρέατος.

Διεργασία 4: Ζεμάτισμα (A4.4.)

Τα σφάγια εισέρχονται στον ζεματιστή που περιέχει ζεστό νερό θερμοκρασίας 51°-52° C για τα νωπά σφάγια, και 56° C για τα κατεψυγμένα σφάγια. Ο χρόνος παραμονής τους είναι 2,5-3 min, με ταχύτητα αλυσίδας 60-62σφάγια/min.

Διεργασία 5: Αποπτίλωση (A4.5.)

Τα σφάγια κατευθείαν μπαίνουν στην αποπτιλωτική μηχανή για την αφαίρεση των φτερών. Διενεργείται υγρή αποπτίλωση για 1 min. Αμέσως μετά διενεργείται ο πρώτος ποιοτικός έλεγχος για την απομάκρυνση των ακατάλληλων σφάγιων και την μη ικανοποιητική αποπτίλωση.

Διεργασία 6: Αποκοπή κεφαλιού (A4.6.)

Το κεφάλι αποκόπτεται με τράβηγμα και όχι με κόψιμο, ώστε να απομακρύνεται μαζί ο οισοφάγος και η τραχεία.

Χώρος απεντέρωσης (A5.)

Τα σφάγια περνούν στον επόμενο ξεχωριστό χώρο όπου γίνεται ο εκσπλαχνισμός τους και το τελικό πλύσιμο, πριν οδηγηθούν στην ψύξη.

Διεργασία 1: Επανακρέμαση (A5.1.)

Στη φάση αυτή γίνεται αλλαγή αλυσίδας και τα σφάγια περνούν στην αλυσίδα της απεντέρωσης. Συγχρόνως γίνεται η κοπή των κάτω άκρων σε συγκεκριμένο σύνδεσμο με μηχάνημα. Μετά την αποκοπή τα πόδια επιστρέφουν και εκφορτώνονται αυτόματα στο χώρο σφαγής, όπου γίνεται και αυτόματη πλύση της αλυσίδας μεταφοράς. Μετά την επανακρέμαση γίνεται και η κοπή της επιδερμίδας του λαιμού.

Διεργασία 2. Αφαίρεση αμάρας (A5.2.)

Γίνεται εξαγωγή της αμάρας, που είναι συνδεδεμένη με το παχύ έντερο. Δίνεται προσοχή ώστε να μην κόβεται με αποτέλεσμα την επιμόλυνση από το έντερο. Πραγματοποιείται ταυτόχρονη έκπλυση με νερό.

Διεργασία 3: Σχίσιμο (A5.3.)

Μηχανικά σχίζεται το πίσω μέρος του σφάγιου ώστε να διευκολυνθεί η εξαγωγή των σπλάχνων και να δεθούν τα πόδια στην συσκευασία. Πραγματοποιείται ταυτόχρονη έκπλυση με νερό.

Διεργασία 4. Εξαγωγή σπλάχνων (A5.4.)

Ειδικό μηχάνημα με κουτάλες βγάζει προς τα έξω όλα τα σπλάχνα: έντερα, συκώτι, στομάχι και καρδιά. Γίνεται ταυτόχρονη έκπλυση με νερό. Στο σημείο αυτό διενεργείται κτηνιατρικός έλεγχος από επίσημο κτηνίατρο για την καταλληλότητα των σπλάχνων και των σωματικών κοιλοτήτων.

Διεργασία 5: Αποκόλληση εντέρων (A5.5.)

Χειρωνακτικά και με την βοήθεια ειδικών διαχωριστών γίνεται ο διαχωρισμός των εντέρων και της χολής από το στομάχι και το συκώτι (εδώδιμα εντόσθια).

Τα συκώτια με μεταφορική ταινία και νερό μπαίνουν με αναρρόφηση σε κλειστό κύκλωμα σωληνώσεων, όπου γίνεται η ταυτόχρονη ψύξη και μεταφορά τους στην συσκευασία. Η θερμοκρασία νερού είναι 2 C

Τα στομάχια με μεταφορική ταινία και νερό οδηγούνται στην στομαχιέρα (A5.9.), όπου ανοίγονται και καθαρίζεται χειρωνακτικά η κίτρινη στοιβάδα . Ακολούθως με αναρρόφηση μπαίνουν σε κλειστό κύκλωμα σωληνώσεων,

όπου γίνεται η ταυτόχρονη ψύξη και μεταφορά τους στην συσκευασία. Η θερμοκρασία νερού είναι 2° C

Τα υπόλοιπα έντερα πέφτουν στα κανάλια και οδηγούνται στο εργοστάσιο υποπροϊόντων.

Διεργασία 6: Αφαίρεση προλόβου (A5.6.)

Ειδικό μηχάνημα αφαιρεί τον λάρυγγα και τον πρόλοβο. Γίνεται ταυτόχρονη έκπλυση με νερό.

Διεργασία 7: Αφαίρεση πνευμόνων (A5.7.)

Μηχάνημα αφαιρεί τα πνευμόνια υπό ισχυρό κενό.

Διεργασία 8: Πλύση (A5.8.)

Τα σφάγια διέρχονται από μηχάνημα όπου με μπεκ πλένονται εσωτερικά και εξωτερικά. Η πίεση είναι 5 atm και η ποσότητα του νερού 2 lit / σφάγιο. Γίνεται έλεγχος της σωστής λειτουργίας του μηχανήματος, αφού είναι η τελική πλύση του σφάγιου πριν την ψύξη.

Ακολουθεί ο δεύτερος ποιοτικός έλεγχος του σφάγιου ώστε να οδηγηθεί καθαρό στην ψύξη.

Επίσης στο σημείο αυτό γίνεται καταμέτρηση των ελαττωμάτων στο σώμα του σφάγιου ώστε να η γίνει ποιοτική κατάταξη του (Α΄ και Β΄ ποιότητα).

Χώρος ψύξης (A6. & A7.)

Υδροψυξη (A6.). Σε ξεχωριστό χώρο και αφού πέσουν από την αλυσίδα μεταφοράς, τα σφάγια εισέρχονται σε δύο συνεχόμενες δεξαμενές νερού (κοχλίας A6.1.). Προωθούνται από την είσοδο προς την έξοδο των δεξαμενών με περιστρεφόμενο έλικα. Η κυκλοφορία των σφάγιων είναι κατ' αντιρροή με την κυκλοφορία του νερού. Η εκφόρτωση των σφάγιων στην είσοδο του κοχλίας γίνεται αυτόματα και ή άδεια αλυσίδα μεταφοράς επιστρέφει στο χώρο απεντέρωσης όπου εκπλένονται αυτόματα (0,1 lit νερού / ώρα).

Τα ψυκτικά μηχανήματα ρίχνουν νερό θερμοκρασίας 2°-4° C.

Η θερμοκρασία νερού στην είσοδο του κοχλίας είναι 25° C και στην έξοδο 2° C.

Το σφάγιο εισέρχεται στον κοχλίας με εσωτερική θερμοκρασία 37° C, και εξέρχεται με θερμοκρασία +2° έως +4° C.

Για να επιτευχθεί επαρκής ψύξη απαιτούνται 2,5 lit νερό/ σφάγιο.

Μετά την έξοδο από τον κοχλία τα σφάγια περνούν από περιστρεφόμενο κόσκινο (A6.2.) και μετά επανακρεμούνται χειρωνακτικά στην αλυσίδα συσκευασίας. Ακολουθεί εναέρια κυκλοφορία των σφάγιων για 5-7min (A6.3.). Οι δύο διεργασίες (κόσκινο, εναέρια κυκλοφορία) αποτελούν την φάση της αποστράγγισης του εξωγενούς νερού που προσλαμβάνεται κατά την υδρόψυξη .

Αερόψυξη (A7.). Τα σφάγια επανακρεμούνται στον εναέριο μεταφορέα της αερόψυξης, ο οποίος κινείται σε τρία επίπεδα με συνολικό μήκος 950 m. Ο χώρος ψύχεται μέσω 3 αεροψυκτήρων που είναι αναρτημένοι στην οροφή, με ψυκτικό μέσο γλυκόλη

Η θερμοκρασία του χώρου είναι $-0,5^{\circ}$ έως $+1^{\circ}$ C.

Τα σφάγια εισέρχονται με εσωτερική θερμοκρασία 37° C και εξέρχονται με θερμοκρασία $+2^{\circ}$ έως $+4^{\circ}$ C.

Ο συνολικός χρόνος της αερόψυξης είναι 110min.

Η έξοδος του σφάγιου από την ψύξη αποτελεί κρίσιμο σημείο (CCP) της όλης παραγωγικής διαδικασίας. Αν η εσωτερική θερμοκρασία του σφάγιου υπερβεί τους 4° C τότε σταματά η σφαγή και λαμβάνονται οι απαιτούμενες διορθωτικές ενέργειες.

Χώρος συσκευασίας (A8.)

1. Συσκευασία νωπών προϊόντων.

Διεργασία 1: Συσκευασία σε τελάρα (ομαδική).

α) Τα σφάγια μετά την έξοδό τους από την ψύξη περνούν από ηλεκτρονική ζυγαριά που ζυγίζει το κάθε σφάγιο και κατόπιν μέσω υπολογιστή πέφτουν σε λεκάνες ανάλογα με το βάρος τους.

Αφού πέσουν στις λεκάνες εργατικό προσωπικό δένει τα πόδια και τα τοποθετεί σε τελάρα (A8.1.).

Ακολουθεί η σήμανση του κάθε σφάγιου (A8.2.), η τοποθέτηση των τελάρων σε παλέτες και η μεταφορά τους στην συντήρηση νωπών προϊόντων θερμοκρασίας 0° έως 4° C..

Τα υδρόψυκτα σφάγια πέφτουν σε διαφορετικές λεκάνες από τα αερόψυκτα. Υπάρχουν 12 σταθμοί εκφόρτωσης για τα υδρόψυκτα και 8 για τα αερόψυκτα.

β) Τα εντόσθια, κατά την μεταφορά τους από την απεντέρωση και μέσω σωληνώσεων, πέφτουν σε λεκάνες με θερμοκρασία 4° C. Γίνεται η διαλογή από τυχόν ελαττώματα (κυρίως δυσχρωμίες), καθαρίζονται ,πλένονται και συσκευάζονται σε τελάρα (A8.3.).

γ) Τα τεμαχισμένα, αποστεωμένα, παρασκευάσματα και μεταποιημένα προϊόντα που συσκευάζονται σε τελάρα περιγράφονται στα αντίστοιχα τμήματα παραγωγής τους.

Διεργασία 2: Μηχανική συσκευασία σε δισκάκι (ατομική)

α)Τα αερόψυκτα σφάγια εκτός από την συσκευασία στα τελάρα (ομαδική) συσκευάζονται και σε δισκάκι (ατομική). Η διαδικασία αυτή γίνεται με συσκευαστικές μηχανές. Η τοποθέτηση στο δισκάκι γίνεται χειρωνακτικά και ακολουθεί το κλείσιμο με φιλμ συρρίκνωσης στις μηχανές (A8.5.).

Ακολουθεί η ζύγιση, η επισήμανση της κάθε ατομικής συσκευασίας και η τοποθέτηση σε χαρτοτελάρα. Τα προϊόντα σε παλέτες οδηγούνται στην συντήρηση νωπών.

β) Τα τεμαχισμένα (στήθος, μπούτι, φτερά, πλατάρια, λαιμοί), προϊόντα αποστέωσης (φιλέτο στήθος, φιλέτο μπούτι), εντόσθια, παρασκευάσματα (σουβλάκι, μαριναρισμένα προϊόντα με ξηρό ή υγρό μαρινάρισμα) και μεταποιημένα προϊόντα (ρολό) συσκευάζονται με τον αντίστοιχο τρόπο (A8.5.).

Υπάρχουν τρεις συσκευαστικές μηχανές που συσκευάζουν όλα τα νωπά προϊόντα.

2. Συσκευασία κατεψυγμένων προϊόντων_

α)Τα ολόκληρα σφάγια που προορίζονται για κατάψυξη μεταφέρονται σε ξεχωριστό χώρο που βρίσκεται στις ψυκτικές εγκαταστάσεις (Γ1.).

β) Τα τεμαχισμένα και αποστεωμένα προϊόντα (μπούτι, στήθος ,φτερά, φιλέτο στήθος & μπούτι), καθώς και τα εντόσθια αφού τοποθετηθούν χειρωνακτικά σε δισκάκι τοποθετούνται σε συσκευαστική μηχανή όπου γίνεται το κλείσιμο

με φιλμ. Ακολουθεί η ζύγιση, η επισήμανση της κάθε ατομικής συσκευασίας (A10.)

γ) Η ομαδική συσκευασία των τεμαχισμένων και αποστεωμένων προϊόντων γίνεται σε φιλμ (1^η συσκευασία) που μετά τοποθετείται σε χαρτοκιβώτιο (2^η συσκευασία) .

Τα προϊόντα είτε μεταφέρονται στο τούνελ κατάψυξης των ψυκτικών εγκαταστάσεων (Γ3), είτε τοποθετούνται στο τούνελ κατάψυξης του σφαγείου (A16), για να ακολουθήσει η διαδικασία κατάψυξης. Το κλείσιμο και η επισήμανση της δεύτερης συσκευασίας γίνεται στις ψυκτικές εγκαταστάσεις (Γ2.).

Χώρος τεμαχισμού (A9.)

Διεργασία 1: Τεμαχισμός-συσκευασία

Τα σφάγια αφού περάσουν από ηλεκτρονική ζύγιση που είναι πάνω στην αλυσίδα μεταφοράς, πέφτουν σε ξεχωριστό ψυχώμενο χώρο θερμοκρασίας 8°-10° C. Εργατικό προσωπικό κρεμάει τα σφάγια σε αλυσίδα και ακολουθεί ο τεμαχισμός τους καθώς διέρχονται από μια σειρά μηχανημάτων (A9.1.). Πρώτα γίνεται χειρωνακτικά η αφαίρεση του λίπους, ακολουθούν κοπή λαιμού, φτερών ,στήθους, πλατάρι, και μπούτια.

Τα τεμάχια μπούτι, στήθος και φτερά πέφτουν σε ξεχωριστές ταινίες και συσκευάζονται χειρωνακτικά είτε :α) σε τελάρα ή χαρτοτελάρα με σελοφάν και επικόλληση ετικέτας με την επισήμανση (A9.2.), β) σε δισκάκι το οποίο θα τοποθετηθεί σε τελάρα και θα οδηγηθεί στις αντίστοιχες συσκευαστικές μηχανές νωπών και κατεψυγμένων προϊόντων (A8.5. και A10.) .

Τα πλατάρια και οι λαιμοί πέφτουν κατευθείαν σε τελάρα και οδηγούνται στην συντήρηση νωπών.

Διεργασία 2: Διαλογή κατά βάρος (A9.3.)

Για όσα τεμάχια απαιτείται διαλογή κατά βάρος τοποθετούνται χειρωνακτικά στο αντίστοιχο μηχάνημα και πέφτουν σε τελάρα ζυγισμένα.

Χώρος αποστέωσης (A12.)

Διεργασία1: Χειρωνακτική αποστέωση (A12.1.)

Πραγματοποιείται χειρωνακτική αποστέωση του ολόκληρου σφάγιου σε τραπέζι αποστέωσης. Σε ξεχωριστό τραπέζι πραγματοποιείται χειρωνακτική αποστέωση του μπουτιού και το παραγόμενο προϊόν είναι φιλέτο μπούτι . Συσκευάζονται επί τόπου σε τελάρα και τοποθετείται επιφανειακά σελλοφάν για την επισήμανσή τους. Αμέσως μετά τα τελάρα οδηγούνται σε συντήρηση νωπών.

Τα αποστεωμένα κόκαλα από το σφάγιο τοποθετούνται σε τελάρα και αποθηκεύονται σε συντήρηση νωπών. Την ίδια μέρα και αφού η θερμοκρασία τους κατέβει στους 2°C, θα οδηγηθούν σε ειδικό μηχάνημα όπου σε ανάμιξη με άλλα προϊόντα θα παραχθεί μηχανικώς διαχωρισμένο κρέας (Μ.Δ.Κ.).

Τα αποστεωμένα κόκαλα από το μπούτι τοποθετούνται σε τελάρα για να οδηγηθούν στο εργοστάσιο υποπροϊόντων . Δεν χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του Μ.Δ.Κ.

Διεργασία 2: Μηχανική αποστέωση (A12.2.)

Σε ημιαυτόματη μηχανή πραγματοποιείται η αποστέωση του στήθους. Το παραγόμενο προϊόν, φιλέτο στήθος, συσκευάζεται επί τόπου σε τελάρα και τοποθετείται επιφανειακά σελλοφάν για την επισήμανσή του. Αμέσως μετά τα τελάρα οδηγείται σε συντήρηση νωπών.

Τα αποστεωμένα κόκαλα από το στήθος θα χρησιμοποιηθούν την ίδια μέρα ως πρώτη ύλη για την παραγωγή του Μ.Δ.Κ.

Χώρος παρασκευασμάτων & μεταποιημένων (A13.)

Τμήμα 1. Παραγωγή ρολού και σουβλάκι (A13.3 και A13.4.)

Το αποστεωμένο ολόκληρο κρέας, μετά την διεργασία της βαρέλας όπου μαρινάρεται, τοποθετείται σε τραπέζι και γεμίζεται χειρωνακτικά με τυρί, ζαμπόν και μπείκον. Αμέσως μετά οδηγείται για μηχανική συσκευασία σε δισκάκι και ακολούθως είτε:

α) θα τοποθετηθεί σε χαρτοτελάρο στο τμήμα συσκευασίας και θα αποθηκευτεί σε συντήρηση νωπών,

β) θα οδηγηθεί στις ψυκτικές εγκαταστάσεις όπου θα τοποθετηθεί σε χαρτοκιβώτιο και θα ακολουθήσει την διαδικασία της κατάψυξης. Σε ξεχωριστό τραπέζι φιλέτο στήθος, φιλέτο μπούτι και πιπεριά, χειρωνακτικά περνάνε σε καλαμάκι και παράγεται το χειροποίητο σουβλάκι. Στον ίδιο χώρο παράγεται και σουβλάκι μηχανής (σουβλακομηχανή).

Τμήμα 2. Παραγωγή γύρου (A13.2.)

Το αποστεωμένο ολόκληρο κρέας, μετά την διεργασία της βαρέλας όπου μαρινάρεται, περνάει σε χάρτινο σωλήνα, τυλίγεται με φιλμ και ακολουθεί την διαδικασία της κατάψυξης.

Στον ίδιο χώρο βρίσκεται και η μηχανή μάλαξης του κρέατος (βαρέλα), όπου το κρέας μαζί με μπαχαρικά, νερό και βοηθητικές ύλες μαρινάρεται και συγχρόνως τρυφεροποιείται (A13.1.).

Σημειώνεται ότι, το ρολό και ο γύρος ανήκουν στην κατηγορία των μεταποιημένων προϊόντων.

Χώρος παραγωγής μηχανικά διαχωρισμένου κρέατος (A11.)

Τα προϊόντα του τεμαχισμού (λαιμοί, πλατάρια, φτερά) καθώς και τα προϊόντα από την αποστέωση (κόκαλα σφάγιου και στήθους), αμέσως μετά την παραγωγή τους τοποθετούνται σε τελάρα και κατευθείαν αποθηκεύονται σε συντήρηση νωπών θερμοκρασίας 0° έως 2° C. Θα παραμείνουν μέχρι να αποκτήσουν την θερμοκρασία των 2° C και την ίδια μέρα θα οδηγηθούν στην μηχανή διαχωρισμού και θα παραχθεί το Μ.Δ.Κ.

Ακολούθως συσκευάζεται σε τελάρα και τυλίγεται με φιλμ. Αμέσως τοποθετείται στο τούνελ κατάψυξης (A16.), όπου για περίπου 6 ώρες και σε θερμοκρασία -40° C, θα κατέλθει η θερμοκρασία του στους - 18° C και θα ολοκληρωθεί η κατάψυξη.

Οδηγείται στις ψυκτικές εγκαταστάσεις, συσκευάζεται σε χαρτοκιβώτιο και αποθηκεύεται σε συντήρηση κατεψυγμένων θερμοκρασίας -18° C.

Χώρος αποθήκευσης και ζύγισης νωπών προϊόντων (A15. και A18.)

Όλα τα νωπά σφάγια, τεμαχισμένα προϊόντα και παρασκευάσματα μετά την συσκευασία τους αποθηκεύονται αμέσως στις συντηρήσεις νωπών θερμοκρασίας 2° έως 4° C. Υπάρχουν πέντε συντηρήσεις νωπών (A15.1,15.2,15.3,15.4,15.5.)

Ακολουθεί η ζύγιση και η εξαγωγή των παραγγελιών (A18.).

Χώρος φόρτωσης - μεταφοράς νωπών & κατεψυγμένων προϊόντων (A19.)

Μετά την ζύγιση τα προϊόντα φορτώνονται σε φορτηγά ψυγεία θερμοκρασίας 2° έως 4° C. Σε αυτή την θερμοκρασία θα γίνει και η μεταφορά τους στην αγορά.

Χώρος κατάψυξης προϊόντων (Γ.)

Στις ψυκτικές εγκαταστάσεις του σφαγείου, που βρίσκονται σε ξεχωριστό κτίριο, κατά περιόδους, γίνεται η συσκευασία του ολόκληρου σφάγιου σε δύο μηχανές συσκευασίας καθώς και η ομαδική συσκευασία του σε χαρτοκιβώτιο που τυλίγεται με φιλμ (Γ1.).

Τα χαρτοκιβώτια τοποθετούνται σε βαγόνια, που αποθηκεύονται προσωρινά σε θάλαμο θερμοκρασίας 0°-4° C, μέχρι να γίνει το ανάλογο φορτίο για κατάψυξη (Γ2). Μετά μπαίνουν στο τούνελ κατάψυξης στους -40° C για περίπου 6-8 ώρες, αναλόγως το φορτίο. Τα προϊόντα εξέρχονται με θερμοκρασία -18° C (Γ3.).

Με την έξοδό τους από το τούνελ τα χαρτοκιβώτια θα δεθούν, και θα γίνει η σήμανση της εξωτερικής συσκευασίας (Γ2.).

Χώρος αποθήκευσης- φόρτωσης κατεψυγμένων προϊόντων .

Τα χαρτοκιβώτια τοποθετημένα σε παλέτες και αποθηκεύονται στις συντηρήσεις κατεψυγμένων με θερμοκρασία -18° C. Σε αυτή την θερμοκρασία θα γίνει και η μεταφορά τους στην αγορά.

Υπάρχουν πέντε συντηρήσεις κατεψυγμένων προϊόντων (Γ4.1,Γ4.2,Γ4.3,Γ4.4, Γ4.5.).

Σε όλη την παραγωγική διαδικασία εφαρμόζεται σύστημα διαχείρισης ασφάλειας των προϊόντων (HACCP) κατά το πρότυπο ISO-22000. Με τα έντυπα της ημερήσιας παραγωγής και των δελτίων καταγραφής ποιοτικού ελέγχου σε όλα τα στάδια παραγωγής, διασφαλίζεται η ιχνηλασιμότητα των προϊόντων.

4.1.2 Δυναμικότητα Παραγωγής

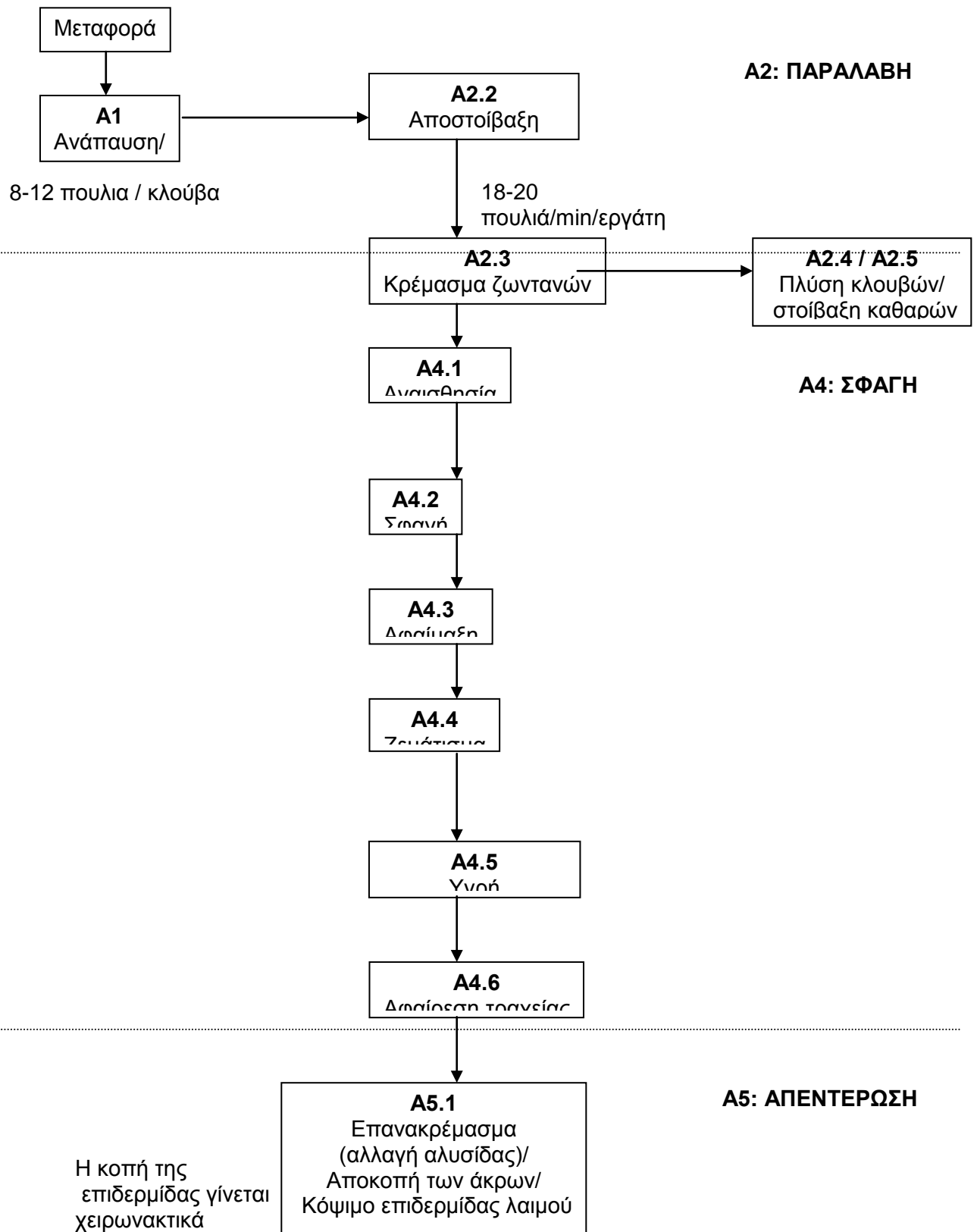
Υπάρχουν δύο γραμμές παραγωγής που η κάθε μία είναι επαρκής ώστε να σφάζει 4000 σφάγια/ ώρα.

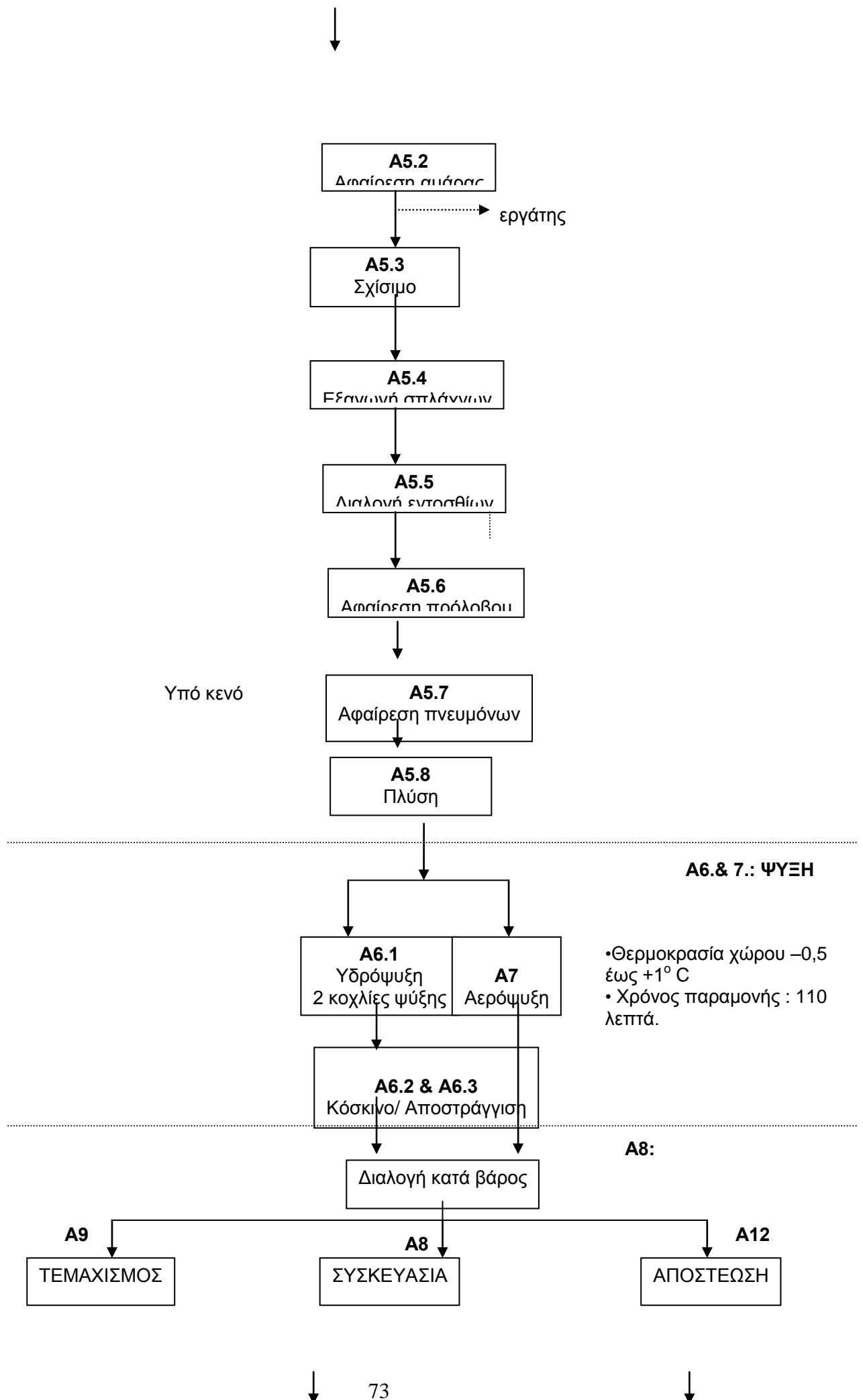
Υπάρχουν τέσσερις συντηρήσεις νωπών προϊόντων συνολικής επιφάνειας 740τ.μ. Σε αυτή την επιφάνεια, με κάλυψη 85% και με στοίβαξη σε ντάνες 5τελάρων ,μπορούν να αποθηκευθούν 10.500 τελάρα σφάγιων ή τεμαχίων.

Οι πέντε συντηρήσεις κατεψυγμένων μπορούν να αποθηκεύσουν 5000 τόνους κρέατος. Το τούνελ κατάψυξης που βρίσκεται στο χώρο του σφαγείου έχει χωρητικότητα 50βαγόνια ή 35τόνους κρέας. Το τούνελ κατάψυξης που βρίσκεται στο χώρο των ψυκτικών εγκαταστάσεων έχει χωρητικότητα 70βαγόνια ή 45τόνους κρέας.

Ο τεμαχισμός έχει δυναμικότητα 4000σφάγια/ώρα.

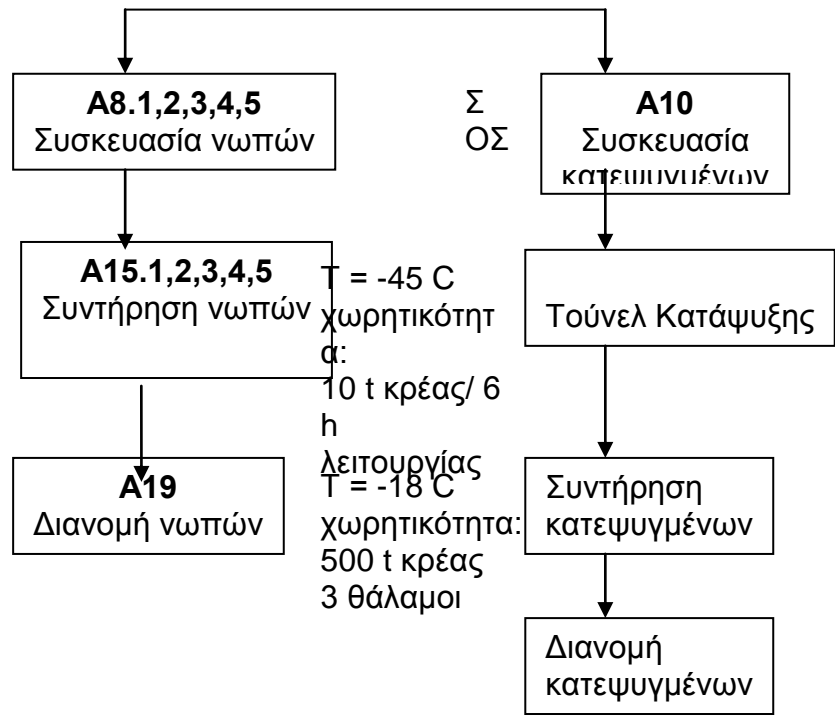
4.1.3 Αναλυτικό διάγραμμα ροής - Συνθήκες Παραγωγής

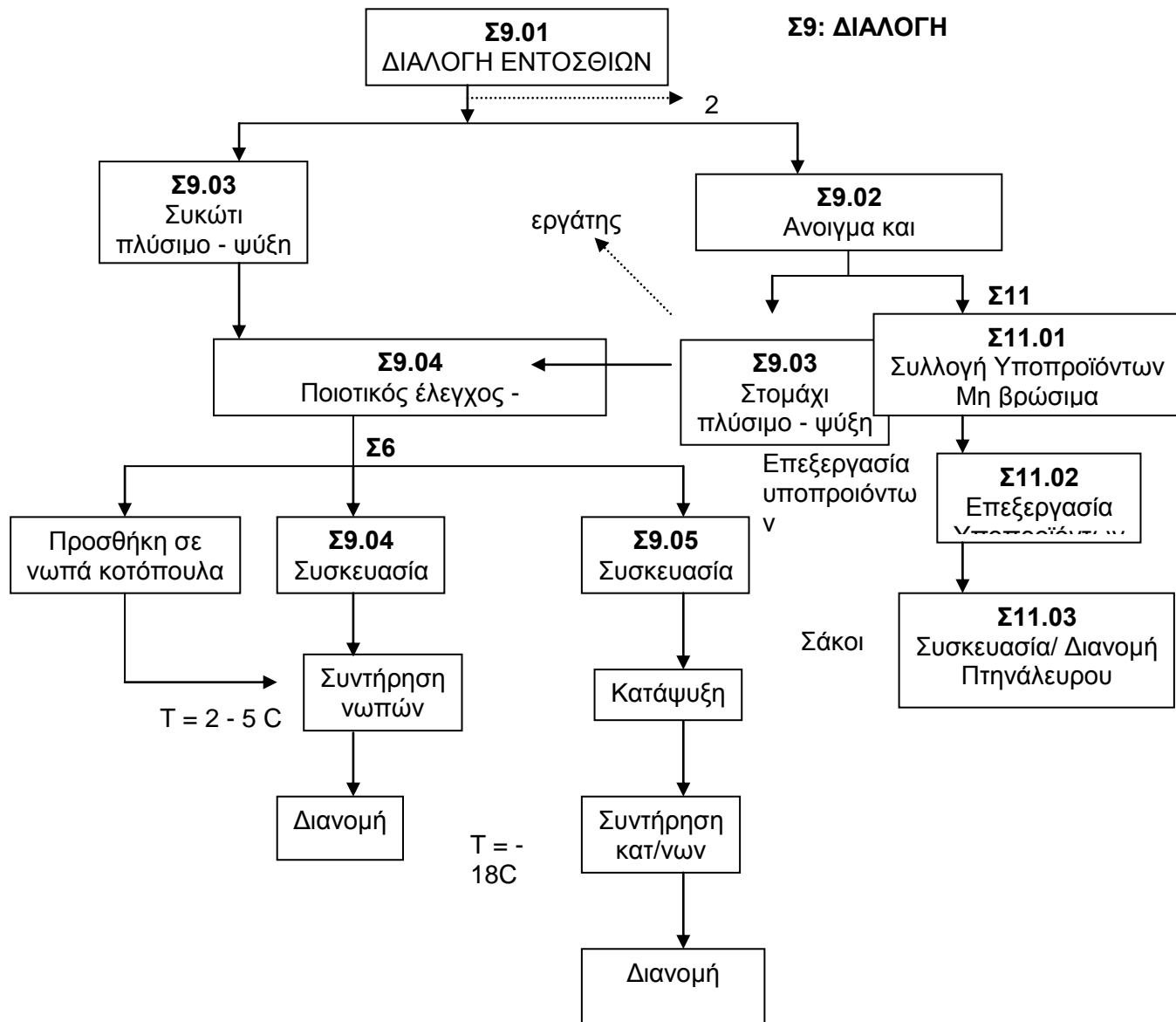


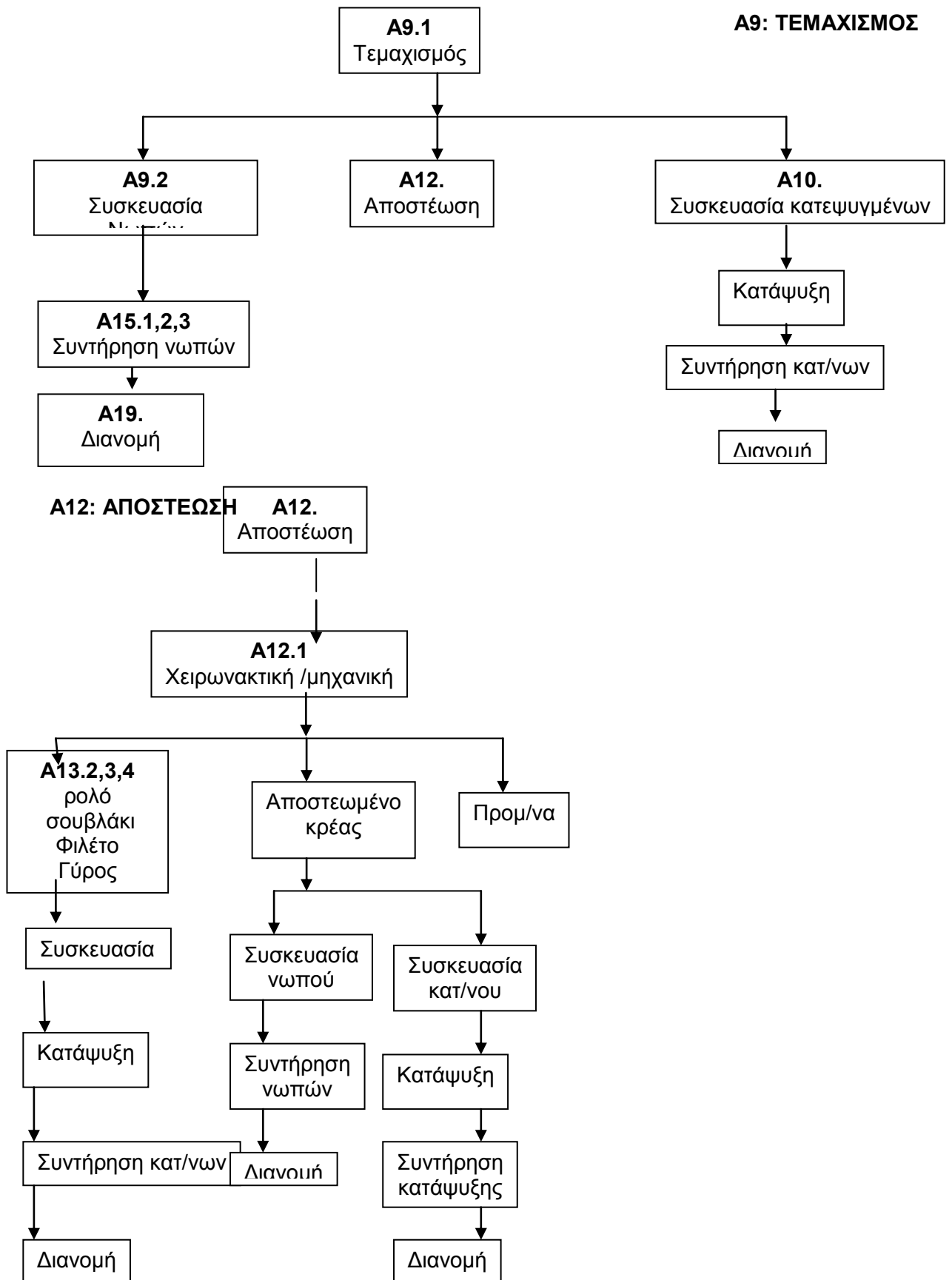




A8: ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ







4.2 Παρουσίαση μηχανημάτων σφαγής και ανάπτυξη προγράμματος συντήρησης.

➤ 4.2.1 Vent Cutter MK3

Η μηχανή αυτή αρχικά τοποθετείται στην γραμμή της απεντέρωσης πριν το μηχάνημα του σχισίματος. Εφαρμόζεται για την αυτόματη αποκοπή των οστών, τοποθετώντας τες πάνω από την πλάτη των πτηνών για να αποφευχθεί η μόλυνση. Τα πτηνά μεταφέρονται στο μηχάνημα με το πίσω μέρος τους στο κέντρο και το στήθος τους γυρισμένο προς τα έξω. Το vent cutter mk3 είναι μια καρουζέλ μηχανή που οδηγείται από εναέριο μεταφορέα.



Εικόνα No.3 – Vent Cutter MK3

Συντήρηση για το μηχάνημα vent cutter mk3 (8ώρες λειτουργίας/ημέρα)

	Ημερησίως	Εβδομαδιαίως	Μηνιαίως	Εξαμήνου	Ετησίως	Παρατηρήσεις
Οπτικός έλεγχος της μηχανής για καταστροφές ή σπασμένα κομμάτια	έλεγχος					
Έλεγχος για θαμπές λεπίδες	έλεγχος					
Έλεγχος για σπασμένα ελατήρια		έλεγχος				
Συρόμενες ράβδοι: έλεγχος για την ομαλή πάνω και κάτω κίνηση		έλεγχος				
Καθαρισμός συρόμενων ραβδών		έλεγχος				
Έλεγχος για φραγμένα ακροφύσια ψεκασμού νερού		έλεγχος				
Κίνηση στους τροχούς			έλεγχος			
γρύλοι			έλεγχος			
Camguides			έλεγχος			
ρουλεμάν				έλεγχος		Αντικατάσταση μετά από 15000 ώρες χρήσης

➤ 4.2.2 Auto Opener Horizontal Cut

Το συγκεκριμένο μηχάνημα κάνει μια εγκάρσια τομή μέσω του κοιλιακού δέρματος, πριν την αφαίρεση των σπλάχνων επιτρέποντας έτσι το κοιλιακό λίπος να διατηρείται για την εμφάνιση των πτηνών. Η μηχανή εφαρμόζεται σε πτηνά βάρους 1000gr και 2500gr.



Εικόνα No.4 – Auto Opener Horizontal Cut

Συντήρηση του Horizontal Cut Opener (8ώρες λειτουργίας/ημέρα)

	Ημερησίως	Εβδομαδιαίως	Μηνιαίως	Εξαμήνου	Ετησίως	Παρατηρήσεις
Δαχτυλίδια, ελατηρια, μηχανισμοί και οδηγοί	έλεγχος					
cardan joints			έλεγχος			
Οδοντοτοί τροχοί			έλεγχος			
Τροχός αλυσίδας/ εναέριος μεταφορέας			έλεγχος			
Γρύλοι			έλεγχος			
Τροχοί			έλεγχος			
Ρουλεμάν				έλεγχος		Να αντικαθιστούν ται κάθε 15000 ώρες χρήσης

Λίπανση: λιπαίνουμε τα ρουλεμάν με texacco FM grease no2 ή με κάποιο παρόμοιο κάθε 160 ώρες χρήσης και τις συρόμενες ράβδους καθημερινά με texacco wor90 ή με κάποιο παρόμοιο. Σημειώνουμε πως και οι δυο αυτοί μέθοδοι λίπανσης είναι εγκεκριμένοι για τα τρόφιμα

➤ 4.2.3 Auto Eviscerator Model

Το auto eviscerator προσφέρει υψηλή απόδοση και αξιοπιστία στον εκσπλαχνισμό των πτηνών σε ταχύτητα μεγαλύτερη από 12000 bph. Είναι σχεδιασμένο να αποβάλει τα εσωτερικά όργανα με μια απαλή κίνηση. Το μηχάνημα αυτό χρησιμοποιείται για τον αυτόματο εξπλαχνισμό των εντέρων με το βάρος τους να κυμαίνεται από 1000gr έως 2500gr. Η μηχανή διατίθεται με αποστάσεις 6” και 8” και σε διάφορα μεγέθη ανάλογα με τις απαιτήσεις της χωριστικότητας.



Εικόνα No.5 – Auto eviscerator model

Συντήρηση του eniscerator model (8ώρες λειτουργίας/ημέρα)

	Ημερησίως	Εβδομαδιαίως	Μηνιαίως	Εξαμήνου	Ετησίως	Παρατηρήσεις
Δαχτυλίδια, μηχανισμοί και οδηγοί	έλεγχος					
Ελατήρια σπιράλ	έλεγχος					
Άλλα ελατήρια		έλεγχος				
Τροχός αλυσίδας/ εναέριος μεταφορέας			έλεγχος			
Γρύλοι			έλεγχος			
Τροχοί			έλεγχος			
Ρουλεμάν				έλεγχος		Να αντικαθιστούνται κάθε 15000 ώρες χρήσης

Λίπανση: λιπαίνουμε τα ρουλεμάν κατα διαστήματα με texacco FM grease no2 ή με κάποιο παρόμοιο κάθε 160 ώρες χρήσης και τις μπάρες καθημερινά με texacco wor90 ή με κάποιο παρόμοιο. Σημειώνουμε πως και οι δυο αυτοί μέθοδοι λίπανσης είναι εγκεκριμένοι για τα τρόφιμα.

➤ 4.2.4 Automatic Cropper model NSC

Είναι μια μοναδική πατενταρισμένη μηχανή, εισέρχεται στο πτηνό μέσα από την κοιλότητα του σώματος, καθαρίζει οτιδήποτε έχει να κάνει με το λαιμό του πτηνού συμπεριλαμβανομένου και των αεραγωγών του, αυτοκαθαρίζεται και στη συνέχεια αποσύρει το πτηνό. Η μηχανή τοποθετείται μετά την απεντέρωση και το μηχάνημα κατασκευάζεται σε διάφορα μεγέθη ανάλογα την χωρητικότητα.



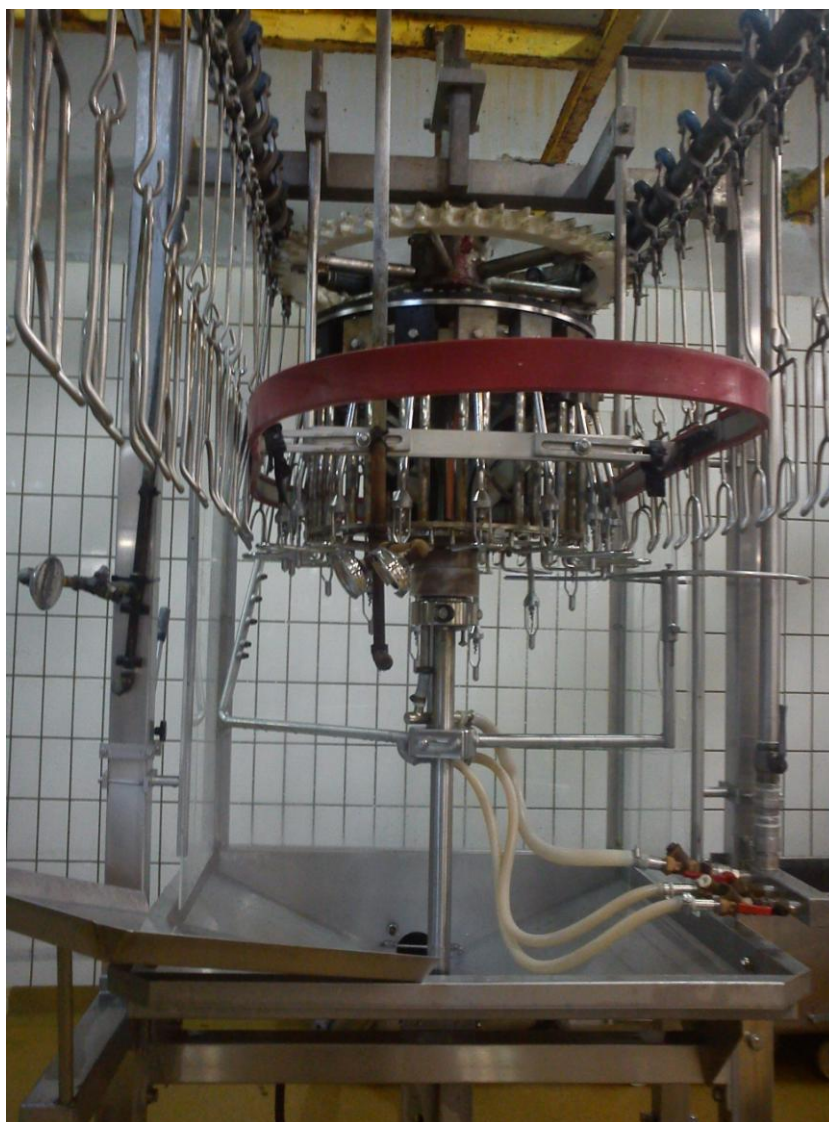
Εικόνα No.6 – Automatic Cropper

Συντήρηση του automatic cropper (8ώρες λειτουργίας/ημέρα)

	Ημερησίως	Εβδομαδιαίως	Μηνιαίως	Εξαμήνου	Ετησίως	Παρατηρήσεις
Δαχτυλίδια, ελατηρια, μηχανισμοί και οδηγοί	έλεγχος					
Ελατήρια στο οδοντωτό τμήμα		έλεγχος				
Οδηγός για το οδοντωτό τμήμα		έλεγχος				
Τροχοί αλυσίδων μεταφοράς			έλεγχος			
Γρύλοι			έλεγχος			
Τροχοί			έλεγχος			
Καθαρισμός σωλήνων		έλεγχος				
Ρουλεμάν						Να αντικαθιστούνται κάθε 5000 ώρες χρήσης

➤ **4.2.5 Inside/outside washer model I/O WA**

Το μηχάνημα αυτό χρησιμοποιείται για αυτόματο εσωτερικό και εξωτερικό καθαρισμό των πτηνών με απεντερωμένο βάρος να κυμαίνεται απο 800gr εως και 2500gr. Η μηχανή αυτή τοποθετείται στο τέλος της γραμμής της απεντέρωσης. Το μηχάνημα κι αυτό κατασκευάζεται σε διάφορα μεγέθη αναλόγως την χωρητικότητα.



Εικόνα No.7 – Inside/Outside washer

Συντήρηση του Inside/outside washer (8ώρες λειτουργίας/ημέρα)

	Ημερησίως	Εβδομαδιαίως	Μηνιαίως	Εξαμήνου	Ετησίως	Παρατηρήσεις
Δαχτυλίδια, ελατηρια, μηχανισμοί και οδηγοί	έλεγχος					
Chain wheel for overhead conveyor			έλεγχος			
Γρύλοι			έλεγχος			
Τροχοί			έλεγχος			
Διανομέας νερού		έλεγχος				
Ρουλεμάν						Να αντικαθιστούνται κάθε 5000 ώρες χρήσης

Λίπανση: λιπαίνουμε τα ρουλεμάν κατα διαστήματα με texacco FM grease no2 ή με κάποιο παρόμοιο κάθε 160 ώρες χρήσης και τις μπάρες καθημερινά με texacco wor90 ή με κάποιο παρόμοιο. Σημειώνουμε πως και οι δυο αυτοί μέθοδοι λίπανσης είναι εγκεκριμένοι για τα τρόφιμα.

➤ 4.2.6 Tunnel Picker Electric Lincomatic

Είναι μια μηχανή που έχει ως σκοπό να αφαιρεί τα φτερά από τα πτηνά. Η συγκεκριμένη μηχανή μπορεί να χειριστεί όλα τα είδη των πουλερικών και εξαιρετικά μεγάλο αριθμό αυτών. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κλιμάκωση των πουλερικών τόσο σε χαμηλές όσο και σε υψηλές θερμοκρασίες. Το μηχάνημα αυτό τοποθετείται μετά τον ζεματιστή.



Εικόνα No.7 – Tunnel Picker Electric lincomatic

Συντήρηση του Tunnel Picker Electric Lincomatic
(8ώρες λειτουργίας/ημέρα)

	Ημερησίως	Εβδομαδιαίως	Μηνιαίως	Εξαμήνου	Ετησίως	Παρατηρήσεις
Λειτουργίες	έλεγχος					
Λίπανση		Χ				
Ρουλεμάν			έλεγχος		Έλεγχος ξανά αν κριθεί απαραίτητο	
Οδοντωτοί τροχοί		Έλεγχος ξανά αν κριθεί απαραίτητο				
Picking fingers		Έλεγχος ξανά αν κριθεί απαραίτητο				*
Picking row supports			έλεγχος			
Άξονες τηλεσκοπίου			έλεγχος			
Υδραυλικό σύστημα			έλεγχος			Έλεγχος στα λάδια και την στάθμη αυτών
Κουρτίνες				έλεγχος		
Καθαρισμός	Χ					

* :ελέγχουμε τα picking fingers κάθε 40 ώρες χρήσης,με ένα έστω μικρό σπάσιμο θα πρέπει να αντικαθίστανται αλλιώς θα σπάσει. Για την αντικατάσταση τ picking fingers ελέγχουμε την τρύπα του δίσκου οτι δεν είναι οβάλ,σε περίπτωση που είναι οβάλ μπορούμε να αλλάξουμε το finger δίσκο αλλιώς το picking fingers θα γυρίσει προς την τρύπα και έτσι θα σπάσει.

➤ 4.2.7 Turbo Scaldler

Είναι ένα μηχάνημα που έχει ως σκοπό το ζεμάτισμα των πτηνών σε συγκεκριμένη θερμοκρασία (52 C). Περιλαμβάνει διπλή υπερχείληση η οποία εξασφαλίζει τη συνεχή και ομοιόμορφη επίδραση για το ζεμάτισμα και στις δυο πλευρές του πτηνού. Είναι κατασκευασμένο για να προσθέτει τομές με ιδιαίτερη ευελιξία στην εγκατάσταση του σε κάθε σημείο μαθήματος του πτηνού.



Εικόνα No.8 – Turbo Scaldler

Συντηρηση Turbo Scaldler (8ώρες λειτουργιας/ημέρα)

	Ημερησίως	Εβδομαδιαίως	Μηνιαίως	Εξαμήνου	Ετησίως	Παρατηρήσεις
Λειτουργίες	έλεγχος					
Ηλεκτρολογικά-Συρματόσχοινα				έλεγχος	Αλλαγή	
Λαστιχάκια Τσιμούχες			Έλεγχος αλλαγή αν κριθεί απαραίτητο			
Ρουλεμάν				έλεγχος	Αλλαγή	
Αισθητήρια Θερμοκρασίας			έλεγχος			
Καθαρισμός	X		λάδια			

➤ 4.2.8 Auto Transfer Machine

Σχεδιασμένο να εξαλείφει την επίπονη και δαπανηρή εργασία από χέρι σε χέρι τη μεταφορά των πουλιών από τη μια γραμμή στην άλλη. Είναι διατεθημένο να μεταφέρει το πτηνό από την γραμμή σφαγής του μέχρι και την γραμμή απεντέρωσης του.



Εικόνα No.9 – Auto Transfer Machine

Συντήρηση του Auto Transfer Machine (8ώρες λειτουργίας/ημέρα)

Τα ρολά και τα ρουλεμάν της μηχανής πρέπει να γρασσώνονται με γράσσο μια φορά την εβδομάδα

Επίσης και ο συμπλέκτης πρέπει να γρασσάρεται μια φορά την εβδομάδα

Η λεπίδα του κόφτη ποδιού πρέπει να ελέγχεται κάθε μέρα και αν είναι απαραίτητο να ακονίζεται ή να αντικαθίστανται

Αν κριθεί απαραίτητο σε ιδιαίτερες περιπτώσεις για γρασσάρισμα συνίσταται να χρησιμοποιηθεί φυτικό έλαιο.

Στις μηνιαίες επιθεωρήσεις του μηχανήματος τα ρουλεμάν και τα κινητά μέρη της μηχανής πρέπει να ελέγχονται. Αν έχουν φθαρεί φυσικά και αντικαθίστανται.

Και τέλος ο καθημερινός καθαρισμός κρίνεται απαραίτητος για να διασφαλίσει τη σωστή λειτουργία της μηχανής.

➤ **4.2.9 Automatic final control machine**

Σκοπός της συγκεκριμένης μηχανής είναι αν αφαιρεί και να αποβάλλει τα πνευμονια και ότι άλλα τυχόν υπολείμματα έχουν μείνει στο εσωτερικό του πτηνού. Είναι διαφορετικό από τα άλλα μηχανήματα όσο αναφορά την λειτουργία του. Οι ειδικές του συσκευές του επιτρέπουν τη δημιουργία κενού και το βοηθά να προχωρά προς τα κάτω όταν το αγκιστρο του είναι άδειο. Επίσης είναι σχετικά αθόρυβο και είναι κατασκευασμένο εξ'ολοκλήρου από ανοξείδωτο χάλυβα.



Εικόνα No.10 – Automatic final control machine

Συντήρηση του Automatic final control machine (8ώρες λειτουργίας/ημέρα)

Κάθε 40 ώρες όλες οι θηλές γρασαρίσματος πρέπει να λιπαίνονται με γράσο για ρουλεμάν το οποίο βέβαια απορροφά το νερό

Μία φορά την εβδομάδα όλα τα αυτολιπαινόμενα δαχτυλίδια ελέγχονται και αν κριθεί απαραίτητο αλλάζονται

Το περιστρεφόμενο μαχαίρι ελέγχεται καθημερινά και αν χρειαστεί ακονίζεται
Και τέλος ο καθημερινός καθαρισμός κρίνεται απαραίτητος για να διασφαλίσει την ικανοποιητική λειτουργία της μηχανής

➤ **4.2.10 Killing machine**

Σκοπός της συγκεκριμένης μηχανής είναι η κοπή της δεξιάς και της αριστερής αρτηρίας της καρωτίδας. Η μηχανή αυτή αποτελείται από δύο περιστροφικά μαχαίρια και τοποθετείται κατά σειρά μετά την αναισθησία των πτηνών.

Επίσης είναι σχετικά αθόρυβο και είναι κατασκευασμένο εξ'ολοκλήρου από ανοξείδωτο χάλυβα. Η μηχανή εφαρμόζεται σε πτηνά βάρους 1000gr και 2500gr.



Εικόνα No.11 – Automatic killing machine

Συντήρηση του Automatic Killing machine (8ώρες λειτουργίας/ημέρα)

Καθημερινός έλεγχος των μαχαιριών (8-10 εκατοστά) και αν χρειαστεί ακονίζονται.

Στις μηνιαίες επιθεωρήσεις του μηχανήματος γίνεται έλεγχος των ηλεκτρολογικών συστημάτων.

Και τέλος ο καθημερινός καθαρισμός κρίνεται απαραίτητος για να διασφαλίσει την ικανοποιητική λειτουργία της μηχανής.

4.3 Τελικό πρόγραμμα συντήρησης μηχανημάτων εργοστασίου «Η ΠΙΝΔΟΣ»

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΣΦΑΓΕΙΟΥ 2012

(Α' γραμμή)

Δα	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δ
μα												
									γενικό			
calder		Καθ/σμο οπών		Καθ/σμο οπών		Καθ/σμο οπών		Καθ/σμο οπών		Καθ/σμο οπών		Κ ο
nsfer						Γενικό στον άξονα σφαγής και κενρικό άξονα						
ter											Γενικό ρουλεμάν γρاناζιού, μηχανισμοί	
ener al cut		γενικό										
tor												Γ ρ
ic										Αλλαγή ρουλεμάν στη μετάδοση κίνησης αρίδας		

ic trol				γενικό								
outside								γενικό				
Picker	γενικό											
tic												

(B' γραμμή)

δα	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δε
μα												
										γενικό		
alder	Καθ/σμο οπών		Καθ/σμο οπών		Καθ/σμο οπών		Καθ/σμο οπών		Καθ/σμο οπών		Καθ/σμο οπών	
sfer							Γενικό στους τρεις άξονες					
er			γενικό									
ner l cut	γενικό											
or												
c									Γενικό, ρουλεμάν γранаζιού, πάνω κάτω μηχανής			

c rol								γενικό				
tside									Γενική συντήρηση ρουλεμάν γραναζιού, ρουλεμάν πλάκας			
icker		γενικό										
ic												

Επίλογος - Συμπεράσματα

Οι μηχανές έχουν την αρχή τους στα πιο απλά εργαλεία που πρωτοχρησιμοποίησε ο άνθρωπος: το ρόπαλο και το πέτρινο πελέκι κ.α. Χωρίζονται σε απλές που χρησιμοποιούν τη μυϊκή ενέργεια και έχουν απλή κατασκευή και σύνθετες που χρησιμοποιούν διάφορες άλλες μορφές ενέργειας και έχουν πολύπλοκη κατασκευή που σήμερα κλιμακώνονται από τα κάπως σύνθετα εργαλεία ως τους λεγόμενους ηλεκτρονικούς εγκεφάλους. Οι αρχαίοι πρόγονοι μας είχαν και απλές και σύνθετες μηχανές⁶⁵. Οι 5 απλές μηχανές που χρησιμοποίησε ο πρωτόγονος άνθρωπος είναι: ο κοχλίας, η σφήνα, ο μοχλός, η τροχαλία και ο τροχός. Η καταγωγή τους χάνετε στα βάθη του χρόνου.

Μηχανολογία είναι ο επιστημονικός και επαγγελματικός κλάδος που έχει αντικείμενο την εφαρμογή των αρχών της φυσικής για τον σχεδιασμό και κατασκευή συστημάτων κίνησης και συστημάτων παραγωγής και μεταφοράς ισχύος. Επιπρόσθετα, ο σχεδιασμός συστημάτων που δεν περιλαμβάνουν κίνηση και μεταφορά ισχύος αποτελεί αντικείμενο της μηχανολογίας όταν τα συστήματα αυτά υπόκεινται σε υψηλή πίεση ή/και υψηλή θερμοκρασία

Οι τρόποι αλλά και οι σκοποί της συντήρησης των μηχανημάτων και τα οποία χρησιμοποιούνται από μια επιχείρηση στις μέρες μας, οριοθετούνται από τις αντίστοιχες νομοθεσίες που ισχύουν και έχουν φυσικά ως σκοπό την ασφάλεια των εργαζομένων και την άρτια λειτουργία των συγκεκριμένων μηχανημάτων. Η νομοθεσία καλύπτει γενικές αρχές, ειδικές απαιτήσεις, αλλά παραμένει ελλιπής στις προβλέψεις για τον έλεγχο και την παρακολούθηση των μηχανημάτων

⁶⁵ Βαΐρης Α. (2005), *Στοιχεία Μηχανών II*, Εκδόσεις Κέδρος, Αθήνα

Βιβλιογραφία

- Θεοφάνης, Κ., (2008), “Υπάρχουν τα *Project Management Standards?*”, NetWeek.Gr Publish
- Μαντουβάκης, Π.Μ., (2003), “*Τεχνικά Χρονικά –Θεωρία και Πράξη στην Διαχείριση Έργου*”, Τομέας Προγραμματισμού & Διαχείρισης Τεχνικών Έργων
- Στεργίου, Ι., Κων., Στεργίου, Κ., Ιωαν., (2006), “*Ανυψωτικά και Μεταφορικά Μηχανήματα*”, Σύγχρονη Εκδοτική
- Στεργίου, Ι., Κων., Στεργίου, Κ., Ιωαν., (2003), “*Στοιχεία Μηχανών Ι*”, Σύγχρονη Εκδοτική
- Στεργίου, Ι., Κων., Στεργίου, Κ., Ιωαν., (2005), “*Στοιχεία Μηχανών ΙΙ*”, Σύγχρονη Εκδοτική
- Planning Ε.Π.Ε., “*Εγχειρίδιο Logistics*”, Εκδ. Παπασωτηρίου, (2006).
- Κ.Π.Παππή, “*Διοίκηση Παραγωγής*”, Εκδ. Α.Σταμούλη, Αθήνα, (2005).
- Κ.Π.Παππή, “*Προγραμματισμός Παραγωγής*”, Εκδ. Α.Σταμούλη, Αθήνα, 2006
- Σ.Δημητριάδης, Α.Μιχιώτης, “*Διοίκηση Παραγωγικών Συστημάτων – Βασικές θεωρητικές αρχές και εφαρμογές στη λήψη επιχειρηματικών αποφάσεων*”, Εκδ. ‘Κριτική’, Αθήνα, 2007.
- Βαΐρης Α. (2002), *Στοιχεία Μηχανών Ι*, Εκδόσεις Κέδρος, Αθήνα
- Βαΐρης Α. (2005), *Στοιχεία Μηχανών ΙΙ*, Εκδόσεις Κέδρος, Αθήνα
- Γραϊκούση Ι., (1983) *Στοιχεία Μηχανών*, Εκδόσεις Γιαχούλη – Γιαπούλη, Αθήνα
- Παπαδόπουλος Χρ., (2009), *Στοιχεία Μηχανών – Μεταφοράς Ισχύος*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα
- Βελαώρας Ι., (2004), *Επίτομος Στοιχείων Μηχανών*, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα
- Fineman J., (1994), *The Character of Physical Law*, Random House (Modern Library), hardcover
- Fineman J., (1996), Leighton, Sands, *The Feynman Lectures on Physics*, Addison-Wesley

- Fineman J., (1998), *World of Physics*. Online Physics encyclopedic dictionary.