

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΟΡΩΝ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

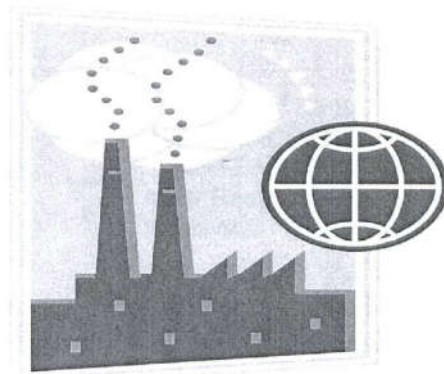
ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΤΜΟΥ

ΜΠΑΝΑΒΑ ΑΘΗΝΑ
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ. Π. Α. ΠΗΛΑΒΑΚΗΣ

ΚΟΖΑΝΗ 2004

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΟΡΩΝ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΤΜΟΥ
ΜΠΑΝΑΒΑ ΑΘΗΝΑ
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ. Π. Α. ΠΗΛΑΒΑΚΗΣ



ΚΟΖΑΝΗ 2004

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΟΡΩΝ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ : ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΤΜΟΥ

ΜΠΑΝΑΒΑ ΑΘΗΝΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ. Π. Α. ΠΗΛΛΑΒΑΚΗΣ

Α.Π.Θ. - ΤΜΗΜΑ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΟΡΩΝ
Αριθμ. Εισαγ.: 1209
Ημερομηνία: 21-9-2004

ΚΟΖΑΝΗ 2004

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.

Πρώτα απ' όλα, θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας μου, Καθηγητή κ. Πέτρο Πηλαβάκη, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της δουλειάς μου. Οι γνώσεις του και η εμπειρία του ήταν στοιχεία ιδιαίτερα σημαντικά για την επίλυση κάθε προβλήματος και την προσπέλαση κάθε δυσκολίας που προέκυψε κατά τη διάρκεια της συνεργασίας μας.

Οφείλω να ευχαριστήσω τους εργαζόμενους τόσο των Ελληνικών Πετρελαίων όσο και της Δ.Ε.Η. για την πολύ καλή συνεργασία που είχαμε. Στα πλαίσια της μελέτης πραγματοποίησα μια σειρά επισκέψεων στις προαναφερθείσες εταιρίες, για τη συλλογή στοιχείων και δεδομένων απαραίτητων για την ολοκλήρωση της μελέτης, και πάντα οι εργαζόμενοι ήταν πρόθυμοι να λύσουν κάθε απορία μου.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να αναφερθώ στην πολύτιμη βοήθεια του κ. Βασίλη Τσαχουρίδη, που εργάζεται στα Ελληνικά Πετρέλαια, για την κατάστρωση του προγράμματος που σχετίζεται με το σύστημα ατμού των Ελληνικών Πετρελαίων. Η εμπειρία του και οι γνώσεις του αποδείχτηκαν χρήσιμες και πολύτιμες.

Επιπρόσθετα η βοήθεια του καθηγητή μου και εργαζόμενου στα Ελληνικά Πετρέλαια κ. Σπύρου Κιαρτζή, ήταν εξίσου σημαντική. Ήταν ιδιαίτερα συνεργάσιμος και πρόθυμος να βοηθήσει σε κάθε δυσκολία που ανέκυπτε. Ταυτόχρονα θα ήθελα να ευχαριστήσω τους εργαζόμενους της Δ.Ε.Η. στον Α.Η.Σ. Αγίου Δημητρίου και ιδιαίτερα θα ήθελα να αναφερθώ στον κύριο Κουρκουμέλα και στον κύριο Τσανούλα.

Ευχαριστώ ολόψυχα τους φίλους μου για την ηθική υποστήριξή τους και την αμέριστη συμπαράσταση τους. Η παρουσία τους ήταν σημαντική και ξεχωριστή για την προσπέλαση όλων των δυσκολιών που ανέκυψαν κατά τη διάρκεια της φοιτητικής μου ζωής. Ευχαριστώ ιδιαίτερα όσους στάθηκαν στο πλευρό μου κατά τη διάρκεια των τελευταίων μηνών της προσπάθειάς μου για την κατανόηση τους και για την αμέριστη συμπαράσταση τους.

Πάνω απ' όλα, είμαι ευγνώμον στην οικογένεια μου για την ολόψυχη αγάπη και υποστήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια. Η παρουσία τους και η στήριξη τους ήταν αρωγοί στην προσπάθειά μου.

Αθηνά Μπανάβα.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται μελέτη σχετικά με τα συστήματα ατμού. Όπως είναι γνωστό ο ατμός παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς αποτελεί το πιο διαδεδομένο μέσο μεταφοράς θερμότητας. Το κύριο πλεονέκτημα του έναντι των άλλων στοιχείων είναι ότι η ποσότητα θερμότητας που έχει την ικανότητα να μεταφέρει είναι ιδιαίτερα μεγάλη και αρκετά μεγαλύτερη από την αντίστοιχη θερμότητα που μπορεί να μεταφέρει κάθε άλλο στοιχείο. Ο ατμός σήμερα χρησιμοποιείται ευρύτατα τόσο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας όσο σε αρκετές βιομηχανικές μονάδες όπως στη χημική βιομηχανία, στην πετροχημική βιομηχανία, στη βιομηχανία πετρελαίου, στη βιομηχανία τροφίμων και ποτών καθώς και στη φαρμακευτική βιομηχανία και αυτό για διάφορες θερμικές διεργασίες όπως θέρμανση, ξήρανση, αποστείρωση κ.λ.π. Επίσης μεγάλης σπουδαιότητας είναι η χρήση του ατμού για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Όπως είναι ευρέως γνωστό το μεγαλύτερο ποσοστό ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στην Ελλάδα προέρχεται από ατμοηλεκτρικούς σταθμούς όπου το εργαζόμενο μέσο είναι ο ατμός.

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι ο ατμός αποτελεί ένα στοιχείο που παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον και είναι άξιο μελέτης.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.	3
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:	11
ΝΕΡΟ - ΑΤΜΟΣ	11
1.1. ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.	12
1.1.1. ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΥΔΡΑΤΜΟΥ. ΥΓΡΟΣ, ΞΗΡΟΣ, ΥΠΕΡΘΕΡΜΟΣ ΑΤΜΟΣ.	15
1.2.ΤΟ ΝΕΡΟ ΩΣ ΜΕΣΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ.	18
1.2.1.ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ.	22
1.3.ΑΤΜΟΣ.	24
1.3.1.ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ.	24
1.3.2.ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΤΜΟΥ.	25
1.4.ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΤΜΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.	28
1.4.1.ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΤΜΟΛΕΒΗΤΩΝ	29
1.4.2.ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΑΤΜΟΥ	32
1.4.2.1.ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ.	32
1.4.2.2.ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΤΜΟΥ.	34
1.4.2.3.ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΑΤΜΟΥ.	34
1.4.2.4.ΠΙΕΣΗ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΑΤΜΟΥ.	35
1.4.3.ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΑΤΟΣ.	36
1.4.4.ΑΤΜΟΠΑΓΙΔΕΣ.	37
1.4.5.ΑΛΛΑ ΟΡΓΑΝΑ ΔΙΚΤΥΟΥ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΑΤΜΟΥ.	38
1.4.6.ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΑΤΜΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.	40
1.4.7.ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΤΜΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.	46
1.4.8.ΑΠΟΔΟΣΗ ΑΤΜΟΛΕΒΗΤΑ.	47

1.5.ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΤΟΥ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΥ ΜΕΣΟΥ.	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:	50
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΤΜΟΥ	50
2.1 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΛΕΒΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΚΑΥΣΙΜΩΝ.	51
2.1.1.ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΛΕΒΗΤΟΛΙΘΟΥ ΣΤΟΥΣ ΛΕΒΗΤΕΣ	51
2.1.2.ΟΞΥΓΟΝΟ ΚΑΙ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ΣΤΟΝ ΑΤΜΟ.	53
2.1.2.1.ΔΙΑΒΡΩΣΕΙΣ:	54
2.1.2.2.ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΑΕΡΙΩΝ ΣΤΙΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΕΝΑΛΛΑΓΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ:	54
2.1.3.ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΜΕ ΤΗΝ ΑΠΟΜΑΣΤΕΥΣΗ	54
2.1.4.ΠΑΡΑΣΥΡΣΗ	55
2.2.ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ	57
2.3.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	59
2.4.ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΤΟΝΩΣΗ ΑΤΜΟΥ.	60
2.4.1.ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΚΑΙ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΔΙΑΡΡΟΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΝΟΜΗ ΑΤΜΟΥ.	60
2.4.2.ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ	62
2.4.3.ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟΜΑΣΤΕΥΣΗΣ	63
2.4.4.ΕΞΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ	65
2.4.5.ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ	66
2.5.ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ	67
2.5.1.ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ	67
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:	69

ΜΕΤΡΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ 69

3.1. ΜΕΤΡΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ 70

3.1.1. ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ ΑΤΜΟΥ. 71

3.1.2. ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ 73

3.1.3. ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΑΤΩΝ. 74

3.1.4. ΓΕΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΝΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΚΥΚΛΩΜΑ ΑΤΜΟΥ. 75

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: 78

ΜΕΛΕΤΗ ΕΛ.ΠΕ. 78

4.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΛ.ΠΕ. 79

4.2. ΜΕΛΕΤΗ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ. 87

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: 97

ΜΕΛΕΤΗ Δ.Ε.Η. Α.Η.Σ. ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ 97

5.1. ΚΥΚΛΩΜΑ ΝΕΡΟΥ-ΑΤΜΟΥ ΜΟΝΑΔΟΣ 98

5.2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΘΜΟΥ ΑΠΟΔΟΣΗΣ. 111

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΛΟΓΩ ΑΚΑΥΣΤΩΝ CO_2 Q_4 116

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΛΟΓΩ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ Q_5 . 117

ΤΕΛΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΘΜΟΥ ΑΠΟΔΟΣΗΣ. 117

5.3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΘΜΟΥ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΛΕΒΗΤΑ Δ.Ε.Η. Α.Η.Σ ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ. 118

5.4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΒΑΘΜΟΥ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ. 128

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6:	130
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	130
6.1. <i>ΕΛ.ΠΕ.</i>	131
6.2. <i>Δ.Ε.Η. Α.Η.Σ. ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ.</i>	131
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	133

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία αποτελεί μια αναφορά στα συστήματα ατμού και στον τρόπο λειτουργίας τους. Εντοπίζοντας την σπουδαιότητα των συστημάτων ατμού και πιο συγκεκριμένα του ατμού ως μέσου μεταφοράς θερμότητας, πραγματοποιήσαμε μια μελέτη προσπαθώντας να κατανοήσουμε τον τρόπο και την αρχή λειτουργίας των συστημάτων ατμού.

Πιο συγκεκριμένα στο κεφάλαιο 1 γίνεται αναφορά στα θερμοδυναμικά χαρακτηριστικά του ατμού, όπου δηλαδή παρουσιάζονται κάποια βασικά και θεμελιώδη στοιχεία σχετικά με τον ατμό. Γίνεται μια συνοπτική περιγραφή των διαφορετικών φάσεων για την μετατροπή του νερού σε ατμό και παρέχονται κάποιοι βασικοί ορισμοί. Ακολουθεί μια περιγραφή της διαδικασίας για την παραγωγή του ατμού και παρέχονται στοιχεία για την κατανόηση όλης της διαδικασίας. Όπως γνωρίζουμε το εργαζόμενο μέσο στα συστήματα ατμού είναι το νερό, οπότε γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση των προβλημάτων που προκύπτουν στο δίκτυο από τη χρήση του νερού και παρέχονται κάποιοι ενδεικτικοί τρόποι αντιμετώπισης τους.

Στο κεφάλαιο 2 η μελέτη επικεντρώνεται αποκλειστικά στα συστήματα ατμού και γίνεται μια αναλυτική περιγραφή του συστήματος ατμοπαραγωγής. Πιο συγκεκριμένα παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα του ατμού ως μέσου μεταφοράς θερμότητας, οι βασικές αρχές λειτουργίας των ατμολεβητών και περιγράφεται το σύστημα διανομής ατμού από τη στιγμή μετατροπής του νερού σε ατμό μέχρι την κατανάλωση του. Για να λειτουργήσει ένα σύστημα απαιτούνται και κάποια βοηθητικά μηχανήματα, για τα οποία γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στην παρούσα μελέτη.

Επιπρόσθετα στο κεφάλαιο 2 παρουσιάζονται τα σημαντικότερα προβλήματα που προκύπτουν κατά την λειτουργία των συστημάτων ατμού και οι κυριότερες αιτίες απωλειών ατμού. Συμπερασματικά δίνονται κάποιοι τρόποι περιορισμού των απωλειών και ορισμένα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας.

Στο κεφάλαιο 4 μελετάμε το κύκλωμα ατμού των ΕΛ.ΠΕ. (Ελληνικών Πετρελαίων) στην περιοχή της Θεσσαλονίκης. Γίνεται μια αναλυτική παρουσίαση του υπάρχοντος συστήματος ατμού και έχουμε καταστρώσει ισοζύγια μάζας και ενέργειας για το εν λόγω σύστημα. Επιπρόσθετα έχουμε καταστρώσει ένα υπολογιστικό πρόγραμμα για το σύστημα ατμού που είναι ιδιαίτερα βοηθητικό

για τον υπολογισμό των μεταβαλλόμενων ροών. Μελετάμε το σύστημα ατμού κάτω από διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας και βγάζουμε ορισμένα συμπεράσματα.

Στο κεφάλαιο 5 μελετάμε το κύκλωμα ατμού της Δ.Ε.Η. του Α.Η.Σ. Αγίου Δημητρίου. Γίνεται μια συνοπτική αναφορά στο κύκλωμα νερού-ατμού της μονάδας και επικεντρώνουμε τη μελέτη μας στον υπολογισμό του βαθμού απόδοσης του λέβητα. Επιπρόσθετα πραγματοποιείται μια περιγραφή ορισμένων βοηθητικών στοιχείων που χρησιμοποιούνται αποκλειστικά στο σύστημα νερού-ατμού της Δ.Ε.Η. και συγκεκριμένα στον Α.Η.Σ. Αγίου Δημητρίου. Τελικά υπολογίζουμε τον βαθμό απόδοσης του λέβητα μέσα από μια σειρά υπολογισμών και μετρήσεων.

Για την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας πραγματοποιήθηκε μια σειρά από επισκέψεις τόσο στα ΕΛ.ΠΕ. όσο και στη Δ.Ε.Η. για την συγκέντρωση των απαραίτητων στοιχείων και την ολοκλήρωση των υπολογιστικών προγραμμάτων.

1.1. ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΑ

Η φύση των αλλαγών (αίτια) και των αποτελεσμάτων (απόδοση) των διεργασιών εξαρτάται από τον τύπο της διεργασίας. Όταν η διεργασία είναι αδιαβατική, η μεταβολή της ενέργειας του συστήματος είναι ίση με τη θερμότητα που ανταλλάσσεται με το περιβάλλον.

Η θερμότητα που ανταλλάσσεται με το περιβάλλον είναι ίση με τη μεταβολή της ενέργειας του συστήματος. Η θερμότητα που ανταλλάσσεται με το περιβάλλον είναι ίση με τη μεταβολή της ενέργειας του συστήματος. Η θερμότητα που ανταλλάσσεται με το περιβάλλον είναι ίση με τη μεταβολή της ενέργειας του συστήματος.

Είναι, για τη διεργασία, η μεταβολή της ενέργειας του συστήματος. Η θερμότητα που ανταλλάσσεται με το περιβάλλον είναι ίση με τη μεταβολή της ενέργειας του συστήματος. Η θερμότητα που ανταλλάσσεται με το περιβάλλον είναι ίση με τη μεταβολή της ενέργειας του συστήματος.

Η θερμότητα που ανταλλάσσεται με το περιβάλλον είναι ίση με τη μεταβολή της ενέργειας του συστήματος. Η θερμότητα που ανταλλάσσεται με το περιβάλλον είναι ίση με τη μεταβολή της ενέργειας του συστήματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΝΕΡΟ - ΑΤΜΟΣ

1.1. ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.

Η φάση στην οποία βρίσκεται κάθε φορά μια ποσότητα νερού (στερεά, υγρή, αέρια) καθορίζεται από την τιμή της θερμοκρασίας θ_s και της πίεσης του p_s . Έτσι για κάθε τιμή της πίεσης του νερού υπάρχει μια τιμή θερμοκρασίας με την εξής ιδιότητα:

Όταν η θερμοκρασία του νερού, με πίεση p_s διατηρείται μικρότερη από την θ_s και μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία πήξης, τότε το νερό διατηρεί την υγρή του φάση και ονομάζεται *υπόψυκτο*.

Αν θερμάνουμε το υπόψυκτο νερό, διατηρώντας την πίεση p_s σταθερή, τότε θα έλθει κάποια στιγμή, που η θερμοκρασία του θα γίνει ίση με τη θ_s ενώ το νερό θα εξακολουθεί να διατηρεί την υγρή φάση του. Το νερό στην περίπτωση αυτή το λέμε *κορεσμένο*.

Συνεχίζοντας την θέρμανση παρατηρούμε πλέον τη δημιουργία ατμού που συμβαίνει χωρίς την αύξηση της θερμοκρασίας του νερού πάνω από τη θ_s . Έτσι σιγά-σιγά και ενώ θερμαίνουμε, μετασχηματίζεται όλη η ποσότητα του νερού σε ατμό, χωρίς να αλλάξει η θερμοκρασία του. Ο ατμός σε αυτή την περίπτωση ονομάζεται *κορεσμένος ατμός*. Οποιαδήποτε κατάσταση ανάμεσα στο κορεσμένο νερό και στον κορεσμένο ατμό ονομάζεται *υγρός ατμός*.

Ωστε, *υγρός ατμός*, είναι η κατάσταση συνύπαρξης των δυο φάσεων δηλαδή κορεσμένου νερού και ατμού στον ίδιο χώρο. Αν συνεχίσουμε να θερμαίνουμε τον κορεσμένο ατμό, διατηρώντας πάντα σταθερή την πίεση του, θα παρατηρήσουμε αύξηση της θερμοκρασίας του. Ο ατμός θα ονομαστεί πλέον *υπέρθερμος*. Η ποσότητα θερμότητας που απαιτείται για να μετασχηματισθεί μια ορισμένη ποσότητα κορεσμένου νερού σε κορεσμένο ατμό αυτής της πίεσης, ονομάζεται *λανθάνουσα θερμότητα ατμοποίησης*. Δηλαδή η λανθάνουσα θερμότητα είναι η απαιτούμενη θερμότητα για την ατμοποίηση του νερού ανά μονάδα μάζας αυτού, και είναι σημαντικά μεγαλύτερη από τη θερμότητα που απαιτείται για τη θέρμανση του νερού μέχρι το σημείο βρασμού του. Περαιτέρω πρόσδοση θερμότητας έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας και ενθαλπίας του ατμού και το χαρακτηρισμό του ως υπέρθερμο.

Η θερμοκρασία βρασμού καθώς και οι απαιτούμενες ποσότητες θερμότητας για προθέρμανση, ατμοποίηση και υπερθέρμανση του εργαζόμενου μέσου, εξαρτώνται άμεσα από την πίεση λειτουργίας (σχήμα 1.1). Η αύξηση της

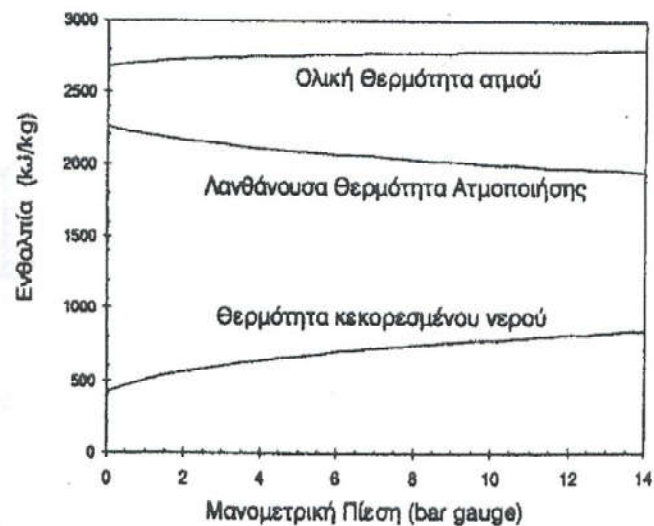
πίεσης έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας βρασμού και την ταυτόχρονη μείωση της απαιτούμενης λανθάνουσας θερμότητας ατμοποίησης. Παράλληλα, η αύξηση της πίεσης συνοδεύεται από μείωση του ειδικού όγκου του ατμού και κατά συνέπεια απαιτούνται σωληνώσεις μικρότερων διαστάσεων για τη μεταφορά και διανομή ατμού.

Οι πιο πάνω παρατηρήσεις για την επίδραση της πίεσης στον παραγόμενο ατμό κάνουν προφανείς τους λόγους για τους οποίους στα σύγχρονα δίκτυα ατμού χρησιμοποιείται ατμός σε υψηλή πίεση. Συνοπτικά, με την αύξηση της πίεσης επιτυγχάνονται τα εξής:

- Ο παραγόμενος ατμός έχει σημαντικά μεγαλύτερη θερμοκρασία γεγονός που αυξάνει τη "χρησιμότητα" του ως μέσο θέρμανσης.
- Η αύξηση της πυκνότητας του ατμού εξασφαλίζει μεγαλύτερη μεταφερόμενη θερμική ενέργεια παρά τη μείωση της λανθάνουσας θερμότητας ατμοποίησης του.

Οι απαιτούμενες σωληνώσεις για τη μεταφορά και διανομή του είναι σημαντικά μικρότερες.

Η ενέργεια που περιέχεται στον ατμό είναι το άθροισμα της αισθητής θερμότητας του νερού και της λανθάνουσας θερμότητας ατμοποίησης (σχήμα 1.1). Σε θερμικές χρήσεις του ατμού η λανθάνουσα θερμότητα είναι η πλέον σημαντική καθώς επιτελεί το κύριο έργο της μετάδοσης θερμότητας. Η αισθητή θερμότητα του νερού είναι ανακτήσιμη θερμότητα.

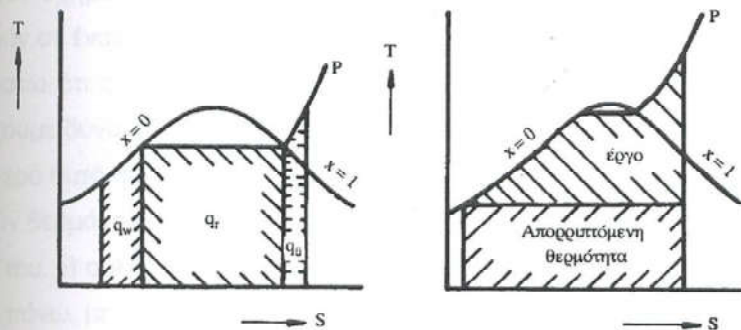


ΣΧΗΜΑ 1.1: Διάγραμμα πίεσης-ενθαλπίας ατμού.

Ο ατμός ως μέσο μεταφοράς και απόδοσης θερμότητας, χρησιμοποιείται συνήθως σε κεκορεσμένη ξηρή μορφή με σκοπό την εκμετάλλευση κυρίως της λανθάνουσας θερμότητας του.

Ο ατμός είναι νερό σε αέρια φάση. Η μετάβαση του από την υγρή στην αέρια φάση επιτυγχάνεται με την πρόσδοση σε αυτόν του απαιτούμενου ποσού θερμότητας. Η ακολουθούμενη πορεία του εργαζόμενου μέσου (νερού) μπορεί εν συντομία να περιγραφεί από το σχήμα 1.2. Η προσδιδόμενη ενέργεια στο αρχικά υπόψυκτο νερό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του μέχρι του σημείου βρασμού του οπότε και χαρακτηρίζεται ως κεκορεσμένο νερό (σημείο Α). Συνεχίζοντας την πρόσδοση θερμότητας λαμβάνει πλέον χώρα ισοθερμοκρασιακά η ατμοποίησή του με τελικό αποτέλεσμα τη δημιουργία κεκορεσμένου ατμού (σημείο Β). Αν ο παραγόμενος ατμός περιέχει ακόμα κάποια ποσότητα νερού, τότε υπάρχει σε ισορροπία κεκορεσμένο νερό με κεκορεσμένο ατμό και το μίγμα χαρακτηρίζεται ως υγρός ατμός.

Στο σχήμα 1.2 παριστάνεται ποιοτικά σε διάγραμμα T-S οι θερμοδυναμικές χαρακτηριστικές του νερού και οι φάσεις του.



ΣΧΗΜΑ 1.2: Διάγραμμα T-S.

Όπου

Q_w : είναι η θερμότητα που απαιτείται για να φτάσει το υπόψυκτο νερό, θερμοκρασίας T_1 , στη θερμοκρασία κορεσμού T_s .

Q_r : είναι η λανθάνουσα θερμότητα ατμοποίησης.

Q_u : είναι η θερμότητα που χρειάζεται για να υπερθερμανθεί ο κορεσμένος ατμός μέχρι θερμοκρασία T (θερμότητα υπερθέρμανσης).

Η επί της % περιεκτικότητα του υγρού ατμού σε κεκορεσμένο ατμό ονομάζεται ξηρότητα x .

1.1.1. ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΥΔΡΑΤΜΟΥ. ΥΓΡΟΣ, ΞΗΡΟΣ, ΥΠΕΡΘΕΡΜΟΣ ΑΤΜΟΣ.

Η θερμοκρασία ατμοποίησης του ύδατος όπως και κάθε υγρού εξαρτάται από την πίεση. Σε τυπική ατμοσφαιρική πίεση $1,033 \text{ kg / cm}^2$ το νερό, ως γνωστόν, βράζει στους 100°C . Η τιμή της θερμοκρασίας αυτής ανέρχεται ή κατέρχεται, εφ' όσον η πίεση, στην οποία βρίσκεται το νερό είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη της ατμοσφαιρικής.

Για κάθε λοιπόν τιμή πίεσεως υπάρχει μία καθορισμένη θερμοκρασία, η οποία ονομάζεται *θερμοκρασία βρασμού* ή *θερμοκρασία ατμοποίησης* ή *θερμοκρασία κορεσμού*.

Γενικά, όταν ένα υγρό ευρίσκεται σε θερμοκρασία βρασμού, λέμε ότι είναι σε κατάσταση κορεσμού.

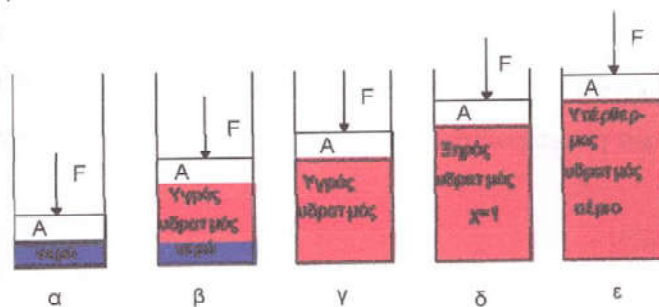
¹ Στην μηχανολογία το βάρος μετριέται σε kg ή lb (λίμπρες) και ανάλογα η πίεση μετριέται σε kg / m^2 ή lb / ft^2 .

Στο σχήμα 1.3 βλέπουμε την παράγωγή ατμού σε συνθήκες που επικρατούν σε έναν λέβητα .

Έστω ότι εντός κυλίνδρου με έμβολο επιφάνειας A , πάνω από το οποίο εφαρμόζουμε δύναμη F , υπάρχει ποσότητα νερού 1kg αρχικής θερμοκρασίας 0°C . Το νερό αυτό θα βρίσκεται υπό πίεση.

Εάν θερμάνουμε το νερό θα ανέλθει η θερμοκρασία του και θα αυξηθεί λίγο ο όγκος του. Η αύξηση αυτή του όγκου θα υποχρεώσει το έμβολο να μετακινηθεί προς τα πάνω, με αποτέλεσμα την παραγωγή μηχανικού έργου.

Το έργο όμως αυτό δεν είναι παρά μικρό κλάσμα της θερμότητας που χορηγείται στο νερό, για να ανέλθει στη θερμοκρασία βρασμού και για αυτό δε λαμβάνεται υπ' όψιν.



ΣΧΗΜΑ 1.3: Παραγωγή ατμού σε ένα λέβητα.

Υγρός υδρατμός.

Έστω ότι στην πίεση P_1 αντιστοιχεί θερμοκρασία βρασμού T_1 .

Όταν το νερό αποκτήσει την θερμοκρασία αυτή (σχήμα 1.3, α) αρχίζει να ατμοποιείται (εάν εξακολουθεί η θέρμανση υπό σταθερή πίεση), ενώ δεν μεταβάλλεται η θερμοκρασία του. Αποτέλεσμα της ατμοποίησης είναι η αύξηση του όγκου και επομένως και η προς τα πάνω μετακίνηση του εμβόλου (σχήμα 1.3,β).

Εφ' όσον το νερό δεν έχει εξατμισθεί πλήρως, ο παραγόμενος ατμός είναι υγρός και περιέχει εν αιώρηση μικρά σταγονίδια νερού.

Ξηρός υδρατμός

Στο γ του σχήματος 1.3 έχουμε υγρό υδρατμό και εφ' όσον εξακολουθούμε να θερμαίνουμε, τότε υπό σταθερή θερμοκρασία θα ατμοποιηθούν ένα προς ένα όλα τα εν αιώρηση σταγονίδια και ο υδρατμός θα μετατραπεί σε ξηρό.

Στο δ έχουμε κατάσταση ξηρού υδρατμού. Στο ξηρό υδρατμό :

- a) Δεν υπάρχει κανένα σταγονίδιο νερού.
- b) Ο βαθμός ξηρότητας του είναι $X=1$.
- c) Η θερμοκρασία του είναι η ίδια με αυτή του κορεσμού.

Υπέρθερμος υδρατμός

Εφ' όσον εξακολουθεί η θέρμανση, ο ξηρός υδρατμός μετατρέπεται σε υπέρθερμο (αέρια κατάσταση). Η θερμοκρασία δηλαδή αυξάνει πάνω από την θερμοκρασία κορεσμού (σχήμα 1.3,ε). Οι φάσεις α, β λαμβάνουν χώρα εντός του καυστήρα και των ατμογόνων αυλών του λέβητα, ενώ οι φάσεις γ, δ, ε λαμβάνουν χώρα εντός του υπερθερμαντήρα .

Στην πράξη δεν υφίσταται ξηρός υδρατμός, αλλά υγρός ή υπέρθερμος. Ο ξηρός υδρατμός είναι μία μεταβατική φάση του υδρατμού από υγρό σε υπέρθερμο, από θερμοκρασία $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ σε θερμοκρασία ατμοποίησης T_1 , η οποία εξαρτάται από την πίεση. Η τιμή του p σε τυπική ατμοσφαιρική πίεση είναι 100 kcal / kg .

1.2. ΤΟ ΝΕΡΟ ΩΣ ΜΕΣΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ.

Το νερό είναι ιδανικό μέσο μεταφοράς θερμότητας καθώς συγκεντρώνει όλες τις επιθυμητές ιδιότητες όπως: μικρό κόστος, μη τοξικότητα, ελάχιστες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, καλή χημική σταθερότητα, ασφάλεια και καλές θερμοφυσικές ιδιότητες. Γι ' αυτό και χρησιμοποιείται ευρύτατα για ψύξη και θέρμανση στην περιοχή 0 έως 100°C. Υδατικά διαλύματα γλυκόλης ή άλλων αλκοολών δίνουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί σε θερμοκρασίες κάτω των 0°C. Εξασφαλίζουν επίσης το σύστημα από παγοποίηση του νερού σε περίπτωση διακοπής λειτουργίας. Το νερό ως υγρό υπό πίεση χρησιμοποιείται επίσης σε θερμοκρασίες άνω των 100 °C. Όσο όμως αυξάνει η θερμοκρασία αυξάνει η πίεση και επομένως το κόστος του εξοπλισμού (εναλλακτών, σωληνώσεων κλπ.). Νερό υπό πίεση χρησιμοποιείται έως περίπου 180°C που αντιστοιχεί σε πίεση 10 bar.

Το ίδιο πρόβλημα των υψηλών πιέσεων ισχύει βεβαίως και για τον υδρατμό. Άνω των 250°C η πίεση κορεσμού αυξάνει υπερβολικά ενώ παράλληλα ελαττώνεται πολύ η διαφορά ενθαλπίας κατά τη συμπύκνωση με συνέπεια να απαιτείται αυξημένη κυκλοφορία ατμού για να αποδοθεί δεδομένο φορτίο.

Το νερό έχει κάποια χαρακτηριστικά που δημιουργούν προβλήματα κατά τη χρήση του ως μέσου μεταφοράς θερμότητας, όπως ο σχηματισμός πάγου, η διάβρωση και οι αποθέσεις:

- **ΔΙΑΒΡΩΣΗ:**

Το νερό λόγω της αγωγιμότητάς του διαβρώνει τα μέταλλα και ιδιαίτερα το σίδηρο. Χαλκός, αλουμίνιο και ανοξείδωτος χάλυβας σχηματίζουν προστατευτικό στρώμα οξειδίου που παρεμποδίζει περαιτέρω διάβρωση.

Η διαβρωτική δράση του νερού εξαρτάται από τους εξής παράγοντες.:

- > **PH:**

Το PH είναι το κυριότερο και απλούστερο μέσο ελέγχου της διάβρωσης. Όξινα διαλύματα, ιδιαίτερα όταν υπάρχει οξυγόνο, διαλύουν το προστατευτικό στρώμα οξειδίου που σχηματίζεται στην επιφάνεια του μετάλλου επιταχύνοντας την αντίδραση οξείδωσης. Για τον περιορισμό της διαβρωτικής δράσης το PH του νερού διατηρείται συνήθως σε επίπεδα άνω του 6.5.

Εκτός όμως από την επίδραση στη διάβρωση, το ΡΗ επιδρά και στο σχηματισμό των αποθέσεων και μάλιστα προς την αντίθετη κατεύθυνση. Έτσι όταν το νερό περιέχει άλατα (κυρίως ασβεστίου) η αύξηση του ΡΗ υποβοηθάει το σχηματισμό αποθέσεων που ελαττώνουν το ρυθμό μεταφοράς θερμότητας. Για το λόγο αυτό πρέπει να βρεθεί η βέλτιστη τιμή ΡΗ που ελαχιστοποιεί τις δυσμενείς επιπτώσεις τόσο της διάβρωσης όσο και των αποθέσεων. Η επιλογή εξαρτάται από παράγοντες όπως: το υλικό κατασκευής μηχανημάτων και δικτύου, τη χρήση (ψύξη ή θέρμανση, ανοιχτό ή κλειστό σύστημα κλπ) και την κατεργασία του νερού.

➤ Θερμοκρασία.

Η θερμοκρασία δρα με δύο αντίθετους τρόπους στο ρυθμό της διάβρωσης. Με την αύξηση της θερμοκρασίας αφ' ενός μεν ελαττώνεται η διαλυτότητα του οξυγόνου (και παρεμποδίζεται η διαβρωτική δράση) αφετέρου δε αυξάνει η κινητικότητα των ιόντων και υποβοηθείται τόσο η διάχυση όσο και οι αντιδράσεις οξειδωσης.

Για το λόγο αυτό, αν μεν το σύστημα είναι ανοιχτό ώστε να είναι δυνατή η απομάκρυνση του οξυγόνου που εκλύεται με την αύξηση της θερμοκρασίας, η διαβρωτική δράση παρουσιάζει μέγιστο γύρω στους 80°C. Αν όμως το σύστημα είναι κλειστό και το οξυγόνο δεν μπορεί να απομακρυνθεί, η διαβρωτικότητα αυξάνει περίπου γραμμικά με τη θερμοκρασία.

➤ Διαλυμένα αέρια.

O₂: Αναφέρθηκε ήδη η δυσμενής επίδραση του O₂ στη διάβρωση του σιδήρου. Στο χαλκό και το αλουμίνιο αντίθετα η παρουσία του O₂ υποβοηθάει στη δημιουργία του προστατευτικού στρώματος σκληρού οξειδίου (Cu₂O, Al₂O₃). Το ίδιο συμβαίνει και στον ανοξειδωτο χάλυβα όπου παρουσία O₂ σχηματίζεται προστατευτικό στρώμα γ-Fe₂O₃, ενώ απουσία O₂ ο χάλυβας προστατεύεται από στρώμα μαγνητίτη (Fe₃O₄).

CO₂: Το διοξείδιο του άνθρακα κατεβάζει το ΡΗ του νερού και αυξάνει τη διαβρωτική του δράση. Το διοξείδιο διαλύεται στο νερό από τον ατμοσφαιρικό αέρα αλλά κατά κύριο λόγο δημιουργείται, κυρίως στον ατμό, από διάσπαση των όξινων ανθρακικών αλάτων με τη θέρμανση. Ως εκ τούτου το πρόβλημα εμφανίζεται εντονότερο στα συμπυκνώματα ατμού.

Cl₂: Το χλώριο εν διαλύσει δημιουργεί υποχλωριώδες οξύ το οποίο επίσης κατεβάζει το ΡΗ.

➤ Διαλυμένα άλατα.

Εν γένει η αύξηση της συγκέντρωσης, ιόντων αυξάνει την αγωγιμότητα του νερού επιτείνοντας τη δημιουργία γαλβανικών ρευμάτων και τη διάβρωση. Παράλληλα όμως η παρουσία κάποιων ιόντων όπως ασβεστίου και μαγνησίου επιβραδύνουν την αντίδραση. Έτσι π.χ. για το ίδιο ΡΗ μαλακό νερό με μικρή περιεκτικότητα σε ασβέστιο είναι πιο διαβρωτικό από σκληρό νερό που έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε ασβέστιο. Το πρόβλημα είναι ότι για να αποφύγουμε τις αποθέσεις αναγκαζόμαστε να κατεβάσουμε το ΡΗ του νερού με μεγάλη περιεκτικότητα σε ασβέστιο.,

Οι αποθέσεις ανθρακικών αλάτων υποβοηθούν τη διάβρωση, αντίθετα οι αποθέσεις πυριτικών και θειούχων ενώσεων δημιουργούν σκληρό αδιαπέραστο στρώμα που προστατεύει το μέταλλο. Εν γένει η επίδραση των διαλυμένων αλάτων είναι πολύπλοκη καθώς τα διάφορα ιόντα επιδρούν σε διαφορετικές φάσεις της διαδικασίας διάβρωσης.

➤ Μηχανική καταπόνηση.

Η μηχανική καταπόνηση του μετάλλου επιτείνει εν γένει τη διάβρωση. Το ίδιο συμβαίνει και με τη μηχανική φθορά των επιφανειών (erosion) που προκαλείται από πρόσκρουση σωματιδίων ή/και σταγόνων σε περιοχές όπου υπάρχει έντονα τυρβώδης ροή. Ένα είδος μηχανικής φθοράς είναι και η σπηλαιώση που εμφανίζεται στην αναρρόφηση των αντλιών και οφείλεται στο σχηματισμό και την καταστροφή φυσαλίδων ατμού σε υγρό που βρίσκεται κοντά σε συνθήκες κορεσμού καθώς μεταβάλλεται η πίεση. Τα σημεία που έχουν προσβληθεί υφίστανται ευκολότερα διάβρωση.

Το πρόβλημα της διάβρωσης αντιμετωπίζεται με διαφορετικές προσεγγίσεις και συγκεκριμένα:

1. Χρήση υλικών που είναι ανθεκτικά σε διάβρωση
2. Χρήση προστατευτικών επιστρωμάτων (π.χ. χρώματα, ρητίνες κλπ.)
3. Καθοδική προστασία
4. Κατεργασία του νερού

• ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ.

Οι αποθέσεις που δημιουργούνται στους εναλλάκτες παρουσιάζουν πρόσθετη αντίσταση μειώνοντας το ρυθμό μεταφοράς θερμότητας, επομένως και την απόδοση του εναλλάκτη. Παράλληλα αποφράσσουν τους αυλούς με

αποτέλεσμα να απαιτείται μεγαλύτερη ισχύς στις αντλίες κυκλοφορίας του νερού. Οι αποθέσεις δημιουργούνται:

1. Από στερεά αιωρήματα
2. Από άλατα που υπάρχουν αρχικά εν διαλύσει και φθάνουν σε κορεσμένη κατάσταση κατά τη λειτουργία (π.χ. λόγω θέρμανσης, ψύξης ή εξάτμισης).
3. Από ουσίες που διαλύονται ή δημιουργούνται λόγω αντιδράσεων κατά τη λειτουργία (π.χ. άλατα σιδήρου από διάβρωση).

Χημικές αποθέσεις (scale) από σκληρά αδιάλυτα άλατα ή /και οξειδία μετάλλων δημιουργούνται στις επιφάνειες εναλλαγής και σε μικρότερο βαθμό στις σωληνώσεις κυκλοφορίας του νερού. Το είδος, η θέση και ο ρυθμός σχηματισμού των αποθέσεων εξαρτάται από παράγοντες όπως η ποιότητα του νερού, το Ph, η θερμοκρασία και οι συνθήκες ροής. Οι χημικές αποθέσεις εμπίπτουν σε τρεις κατηγορίες:

- Ανθρακικά άλατα
- Θειούχα και θειικά άλατα
- Οξείδιο του πυριτίου και πυριτικά άλατα

Το πιο κοινό είδος είναι οι αποθέσεις ανθρακικού ασβεστίου από τη διάσπαση του όξινου ανθρακικού ασβεστίου με τη θέρμανση. Το CaCO_3 αποτίθεται κατά προτίμηση στις θερμές επιφάνειες. Οι χημικές αποθέσεις παρεμποδίζονται με την προσθήκη οξέως (θειικό, υδροχλωρικό) ή άλλων παρεμποδιστών κυρίως φωσφορικών ενώσεων.

Εκτός των χημικών αποθέσεων στις επιφάνειες των εναλλακτών, ιδίως στα σημεία όπου η ταχύτητα ροής είναι μικρή, αποτίθενται αδιάλυτα υλικά που βρίσκονται στο νερό ως αιωρήματα.

Ένα ακόμη είδος αποθέσεων είναι οι βιολογικές αποθέσεις που εμφανίζονται στο νερό ψύξης όπου οι ήπιες θερμοκρασίες (30 έως 50°C) είναι ιδανικές για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών.

Τα μέτρα που λαμβάνονται για την αντιμετώπιση του προβλήματος των αποθέσεων εμπίπτουν σε τρεις κατηγορίες:

I. Προληπτικά μέτρα για την αποφυγή δημιουργίας αποθέσεων. Σε αυτά περιλαμβάνεται η κατεργασία του νερού για την απομάκρυνση των ουσιών που σχηματίζουν αποθέσεις, η προσθήκη χημικών παρεμποδιστών, ο έλεγχος του PH κλπ.

II. Έλεγχος των αποθέσεων κατά τη διάρκεια της διεργασίας, όπως π.χ. με πρόβλεψη δεξαμενών διαύγασης και κατακάθησης, με χρήση φίλτρων, με συνεχή ροή, επαρκή ταχύτητα ροής κλπ.

III. Καθαρισμός των αποθέσεων μετά το σχηματισμό τους.

Πιο συγκεκριμένα το πρόβλημα των αποθέσεων αντιμετωπίζεται:

1. Με την κατεργασία του νερού για την απομάκρυνση των αδιάλυτων και διαλυτών ουσιών.

2. Με τη ρύθμιση του PH ή και τη χρήση ειδικών ουσιών που παρεμποδίζουν τις επικαθίσεις στις επιφάνειες.

3 Με τον κατάλληλο σχεδιασμό του εξοπλισμού και ειδικότερα:

A) Η ταχύτητα ροής στους εναλλάκτες πρέπει να είναι αρκετά μεγάλη ώστε να αποφεύγεται η επικαθιση των αποθέσεων.

B) Πρέπει να είναι εύκολος ο καθαρισμός του εξοπλισμού με μηχανικά ή χημικά μέσα .

1.2.1. ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ.

Η κατεργασία του νερού αποβλέπει στην ελαχιστοποίηση τόσο της διαβρωτικής δράσης όσο και των αποθέσεων. Η διαδικασία κατεργασίας που επιλέγεται εξαρτάται αφ' ενός μεν από την ποιότητα του διαθέσιμου νερού και αφ' ετέρου από τις απαιτήσεις της συγκεκριμένης χρήσης. Οι δύο συνηθέστερες χρήσεις στη χημική βιομηχανία είναι το νερό τροφοδοσίας λεβήτων και το νερό ψύξης. Αυστηρότερες είναι οι προδιαγραφές για το νερό τροφοδοσίας λεβήτων όπου, λόγω της συνεχούς απομάκρυνσης του καθαρού νερού με την εξάτμιση, αυξάνει η περιεκτικότητα του υγρού που απομένει σε άλατα.

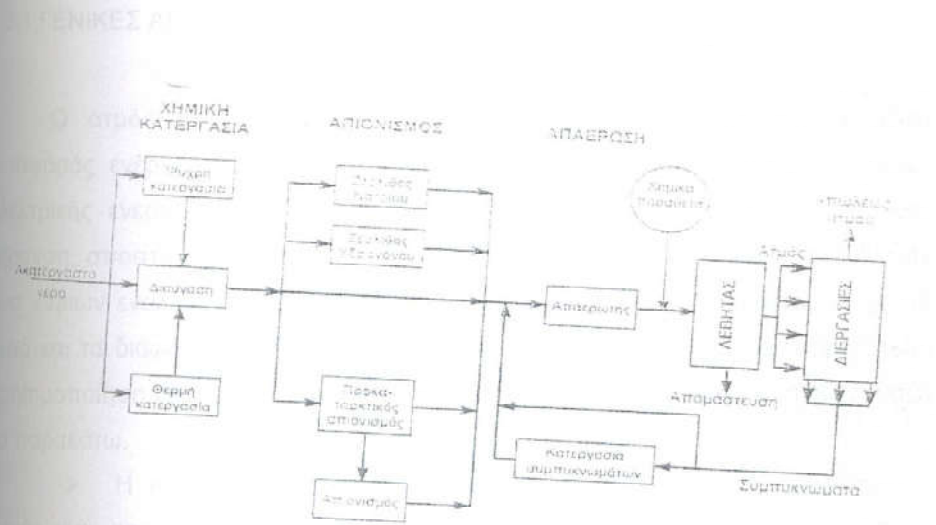
Η διαδικασία κατεργασίας του νερού περιλαμβάνει:

- Την απομάκρυνση των στερεών αιωρημάτων (διήθηση)
- Την απομάκρυνση των διαλυτών αλάτων που μετατρέπονται σε αδιάλυτα κατά τη χρήση δημιουργώντας αποθέσεις (αποσκλήρυνση)
- Την απομάκρυνση των αερίων
- Την ρύθμιση του PH και την προσθήκη ειδικών ουσιών που επιβαρύνουν τη διάβρωση και παρεμποδίζουν τις αποθέσεις.

Η κύρια φάση της κατεργασίας είναι η απομάκρυνση των διαλυμένων αλάτων και κυρίως του όξινου ανθρακικού ασβεστίου. Η απομάκρυνση των διαλυμένων αλάτων γίνεται:

- Με χημική κατεργασία.
- Με εναλλαγή ιόντων.
- Με απαέρωση.
- Με προσθήκη βελτιωτικών.

Στο σχήμα 1.4 φαίνεται η σειρά των διαφόρων διαδικασιών κατεργασίας του νερού συμπλήρωσης τροφοδοσίας του λέβητα.



ΣΧΗΜΑ 1.4: Εναλλακτικές διαδικασίες κατεργασίας νερού τροφοδοσίας λέβητα.

1.3.ΑΤΜΟΣ.

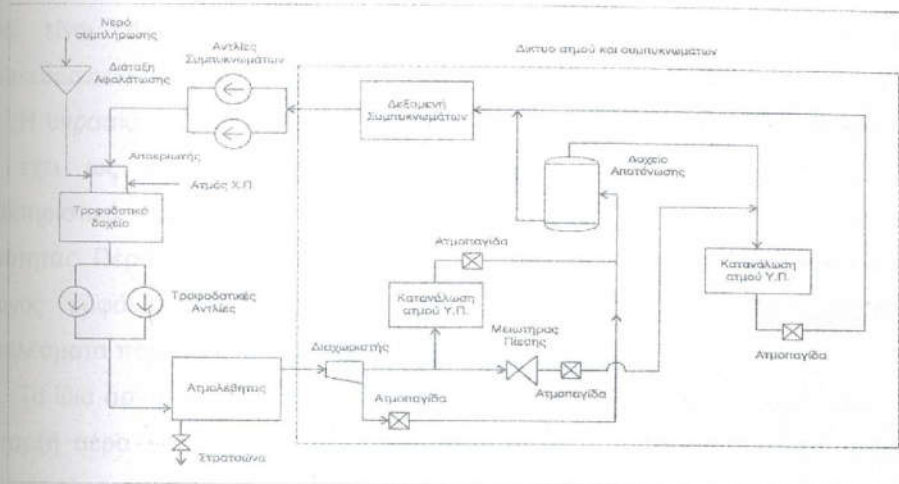
Ο ατμός είναι το πιο διαδεδομένο μέσο μεταφοράς θερμότητας στην περιοχή 50 έως 250°C. Υπέρθερμος ατμός θερμοκρασίας έως 600°C και πίεσης έως 300 atm χρησιμοποιείται για την παραγωγή ισχύος σε ατμοστρόβιλους. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα της θέρμανσης με ατμό είναι ο υψηλός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας που επιτυγχάνεται κατά τη συμπύκνωση. Αυτό σημαίνει σχετικά μικρή επιφάνεια εναλλαγής άρα και μικρό κόστος επένδυσης.

1.3.1.ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ.

Ο ατμός αποτελεί σήμερα ένα από τα πλέον διαδεδομένα μέσα μεταφοράς ενέργειας και χρησιμοποιείται ευρύτατα τόσο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας όσο και σε διάφορες θερμικές διεργασίες (θέρμανση, ξήρανση, αποστείρωση, κτλ). Τα βασικά πλεονεκτήματα του έναντι των άλλων δυο κύριων εναλλακτικών φορέων μεταφοράς θερμότητας που είναι το ζεστό νερό και τα διάφορα θερμικά λάδια, οδηγούν συνεχώς σε όλο και μεγαλύτερη χρησιμοποίησή του. Ως τέτοια πλεονεκτήματα μπορούν σύντομα να αναφερθούν τα παρακάτω.

- Η ποσότητα θερμότητας που έχει την ικανότητα να μεταφέρει ο ατμός είναι αρκετά μεγάλη, με αποτέλεσμα το δίκτυο μεταφοράς να έχει πολύ μικρότερες διαστάσεις. Το γεγονός αυτό συνεπάγεται σημαντικά μικρότερο κόστος κτήσης αλλά και λειτουργίας λόγω των μικρότερων θερμικών απωλειών.
- Το δίκτυο μεταφοράς ατμού είναι σημαντικά ελαφρύτερο λόγω της μικρότερης τιμής της πυκνότητας του ατμού, με αποτέλεσμα να απαιτείται απλούστερη στήριξη.
- Η ικανότητα μετάδοσης θερμότητας του ατμού, που εκφράζεται από τον συντελεστή μετάδοσης θερμότητας με μεταφορά είναι σημαντικά μεγαλύτερη με αποτέλεσμα να απαιτείται μικρότερη επιφάνεια συναλλαγής για τη μεταφορά του ίδιου ποσού θερμότητας.
- Λόγω της υψηλής συνήθως πίεσης λειτουργίας στα δίκτυα ατμού, δεν απαιτείται αντλία κυκλοφορίας ατμού, αφού η πτώση πίεσης υπερνικάτε από τη διαθέσιμη πίεση.

Ο ατμός παράγεται στον ατμολέβητα με τη βοήθεια μιας πηγής θερμότητας και διανέμεται με κατάλληλα διαμορφωμένο δίκτυο στα σημεία κατανάλωσης, όπως δείχνει το σχήμα 1.5.



ΣΧΗΜΑ 1.5: Μονογραμμικό διάγραμμα παραγωγής-διανομής ατμού.

Η αποδοτική λειτουργία της όλης εγκατάστασης προϋποθέτει τον ακριβή καθορισμό των αναγκών σε θερμότητα κάτω από διάφορες απαιτήσεις φορτίου και την επιλογή των κατάλληλων συσκευών για την παραγωγή της θερμότητας αυτής. Ανεξάρτητα από την πηγή ενέργειας, η αποδοτική πρόσδοση της μεταφερόμενης από τον ατμό θερμότητας σε επιφάνεια συναλλαγής εξαρτάται άμεσα από την ποιότητα του ατμού καθώς και από το σχεδιασμό του δικτύου διανομής. Η σχεδίαση και η διαμόρφωση του δικτύου πρέπει να εξασφαλίζει την καλύτερη δυνατή διαχείριση τόσο του ατμού όσο και των παραγόμενων από αυτών συμπυκνωμάτων.

1.3.2. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΤΜΟΥ.

Με τον όρο "ατμός καλής ποιότητας" εννοείται ατμός απαλλαγμένος από υγρασία και αέρα καθώς και από άλλα αέρια που είναι δυνατόν να είναι διαλυμένα σε αυτόν. Η παρουσία τόσο της υγρασίας όσο και των διάφορων αερίων έχει ως κύριο αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση της μετάδοσης θερμότητας.

Η υγρασία στο δίκτυο ατμού είναι δυνατόν να δημιουργηθεί από συμπύκνωση ατμού λόγω θερμικών απωλειών κατά τη διαδρομή του στο κύκλωμα καθώς και από την αποβολή της λανθάνουσας θερμότητας. Παράλληλα, ο παραγόμενος ατμός είναι συνήθως πολύ υγρός αφού σταγονίδια νερού είναι δυνατό να παρασυρθούν από αυτόν λόγω διάφορων κατασκευαστικών και λειτουργικών παραγόντων.

Η υγρασία που περιέχεται στον ατμό ή δημιουργείται από συμπύκνωση του, έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός στρώματος υγρού με χαρακτηριστικό γνώρισμα σημαντικά μικρότερο συντελεστή μετάδοσης θερμότητας. Πέραν αυτού ένα άλλο πρόβλημα που μπορεί να προκύψει είναι ο κίνδυνος εμφάνισης υδραυλικού πλήγματος με όλα τα καταστρεπτικά αποτελέσματα που συνεπάγεται κάτι τέτοιο.

Τα ίδια αρνητικά αποτελέσματα στη μετάδοση θερμότητας δημιουργεί και η ύπαρξη αέρα και διάφορων άλλων αερίων στον ατμό. Η ύπαρξη αερίων οφείλεται τόσο σε αέρα που είναι δυνατό να υπάρχει εγκλωβισμένος στο δίκτυο όσο και σε αέρια ή διάφορα άλλα αέρια που είναι διαλυμένα στο τροφοδοτικό νερό και με τη θέρμανση του ελευθερώνονται και παρασύρονται από τον ατμό στο δίκτυο διανομής. Παράλληλα, ορισμένες χημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα κατά την επεξεργασία αποσκλήρυνσης του νερού είναι δυνατό να οδηγήσουν στη δημιουργία διάφορων αερίων όπως το διοξείδιο του άνθρακα.

Το στρώμα του αέρα που τελικά δημιουργείται στις επιφάνειες συναλλαγής προβάλλει πολύ μεγαλύτερη αντίσταση στη μετάδοση θερμότητας σε σχέση με το στρώμα υγρασίας, αφού ως γνωστό ο αέρας αποτελεί ένα από τα καλύτερα μονωτικά υλικά.

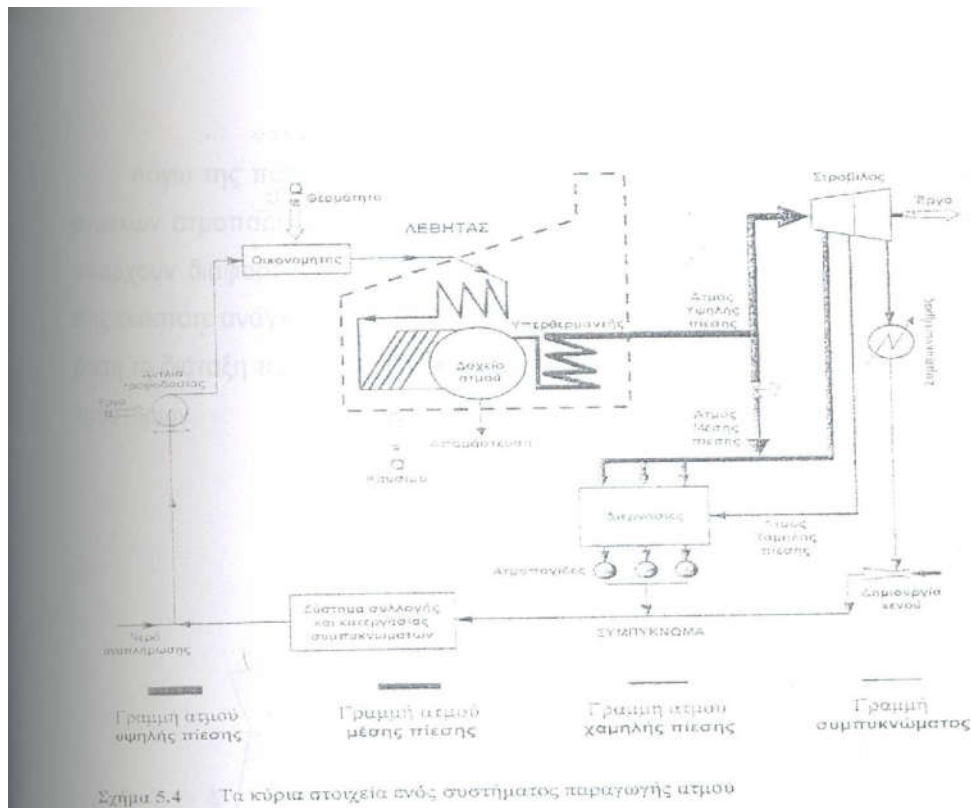
Η ύπαρξη αέρα και γενικά διάφορων αερίων στον ατμό οδηγεί επίσης και στη μείωση της θερμοκρασίας του με αποτέλεσμα να υπάρχει τελικά μικρότερη θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ του ατμού και του προς θέρμανση μέσου και κατά συνέπεια και μικρότερη μεταφορά θερμότητας. Η μείωση της θερμοκρασίας οφείλεται στο γεγονός ότι η θερμοκρασία του μίγματος ατμού-αερίων είναι πλέον ίση με τη θερμοκρασία βρασμού που αντιστοιχεί στην μερική πίεση του ατμού στο μίγμα. Σύμφωνα με τον νόμο του Dalton, η πίεση του ατμού είναι πλέον μικρότερη από την πίεση λειτουργίας της εγκατάστασης και κατά συνέπεια η θερμοκρασία βρασμού του μίγματος μειώνεται. Η μείωση της θερμοκρασίας είναι δυνατό να έχει επιπλέον δυσμενείς επιπτώσεις σε βιομηχανικές ή άλλες

διεργασίες οι οποίες απαιτούν καθορισμένη θερμοκρασία για την πραγματοποίησή τους.



1.4.ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΤΜΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.

Στο σχήμα 1.6 φαίνονται τα κυριότερα στοιχεία του συστήματος παραγωγής, διακίνησης και χρήσης ατμού μιας τυπικής χημικής βιομηχανίας με σύστημα συμπαραγωγής θερμότητας και έργου. Ατμός υψηλής πίεσης παράγεται στο λέβητα υπερθερμαίνεται και οδηγείται είτε σε στρόβιλους για την παραγωγή έργου είτε απ' ευθείας στις διεργασίες. Οι θερμικές ανάγκες των διεργασιών καλύπτονται κατά το πλείστον από ατμό μέσης ή/και χαμηλής πίεσης του παραλαμβάνεται από το στρόβιλο πριν ολοκληρωθεί η εκτόνωση. Ο στρόβιλος που αποβάλλει ατμό σε πίεση μεγαλύτερη της ατμοσφαιρικής λέγεται στρόβιλος αντίθληψης (back pressure turbine). Αν οι ανάγκες σε έργο είναι μεγάλες σε σχέση με τις θερμικές, ο ατμός εκτονώνεται πλήρως στο στρόβιλο και η έξοδος οδηγείται σε συμπυκνωτήρα όπου υγροποιείται σε πίεση μικρότερη της ατμοσφαιρικής (ατμοστρόβιλος συμπύκνωσης). Ο ατμός που διανέμεται στις διεργασίες συμπύκνωσης σε θερμαντήρες διάφορων τύπων (εξατμιστήρες, αναβραστήρες, εναλλάκτες κλπ.) αποδίδοντας τη θερμότητά του, το συμπύκνωμα διαχωρίζεται στις ατμοπαγίδες και επανατροφοδοτείται, μετά από κάποια κατεργασία, στο λέβητα.



ΣΧΗΜΑ 1.6: Τα κύρια στοιχεία ενός συστήματος ατμού.

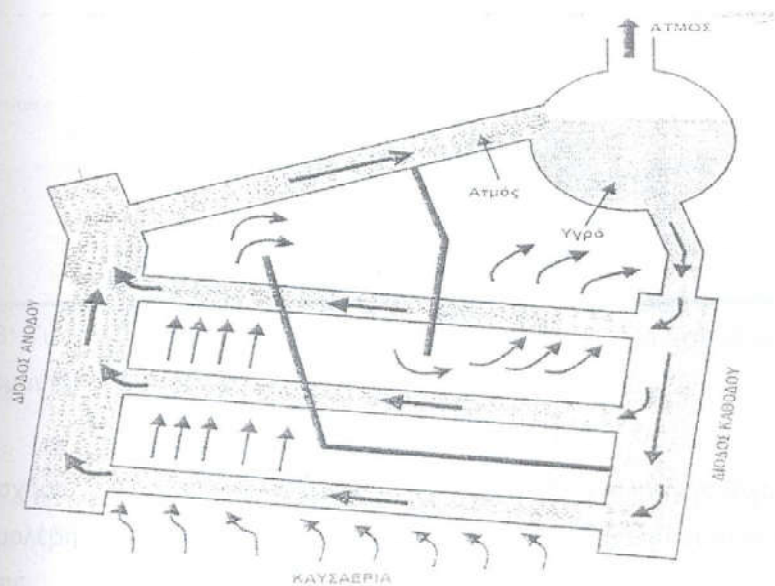
1.4.1. ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΤΜΟΛΕΒΗΤΩΝ

Ο ατμολέβητας είναι ουσιαστικά ένας θερμαντήρας στον οποίο το τροφοδοτούμενο προς θέρμανση ρευστό είναι νερό υψηλής πίεσης το οποίο ατμοποιείται. Ο ατμολέβητας επομένως λειτουργεί ως ένας εναλλάκτης όπου η θερμότητα μεταφέρεται από τα προϊόντα της καύσης στο εξαμιζόμενο νερό.

Οι ατμολέβητες διακρίνονται σε ατμολέβητες πυροσωλήνων (fired tube boilers), όπου τα καυσαέρια κυκλοφορούν μέσα σε σωλήνες που περιβάλλονται από το νερό, και σε ατμολέβητες υδροσωλήνων (water tube boilers), όπου το νερό κυκλοφορεί μέσα στους σωλήνες. Η δεύτερη κατηγορία είναι η πιο διαδεδομένη, ιδίως για τους μεγάλους σύγχρονους λέβητες που λειτουργούν σε υψηλή πίεση.

Ως προς τον τρόπο κυκλοφορίας του νερού μέσα στους αυλούς οι ατμολέβητες υδροσωλήνων διακρίνονται σε ατμολέβητες φυσικής κυκλοφορίας, ατμολέβητες βεβιασμένης κυκλοφορίας και ατμολέβητες μιας διάδου (ohse through boilers).

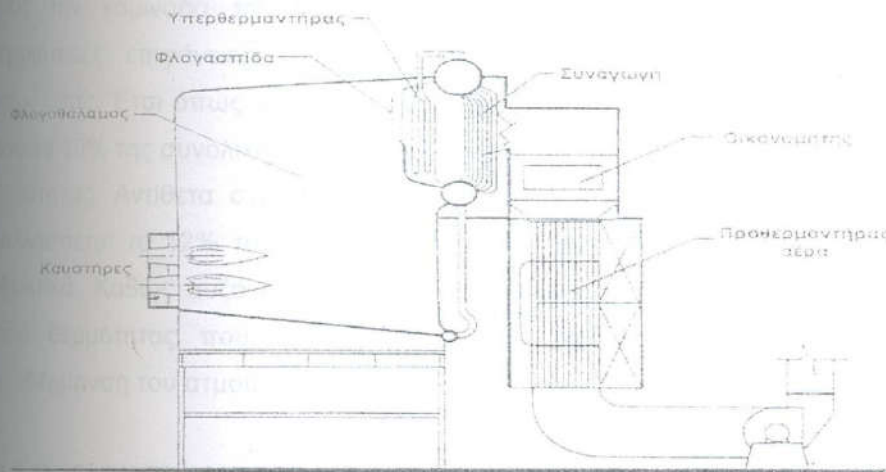
Λόγω της ποικιλίας των απαιτήσεων τόσο σε ότι αφορά την κάλυψη των αναγκών ατμοπαραγωγής όσο και ως προς το καύσιμο που χρησιμοποιείται, υπάρχουν διάφοροι τύποι λεβήτων ο σχεδιασμός των οποίων ανταποκρίνεται στις εκάστοτε ανάγκες. Έτσι οι ατμολέβητες μπορούν επίσης να ταξινομηθούν με βάση τη διάταξη των υδροσωλήνων, το είδος του καυσίμου ή και τη διάταξη των καυστήρων.



ΣΧΗΜΑ 1.7: Αρχή λειτουργίας ατμολέβητα φυσικής κυκλοφορίας.

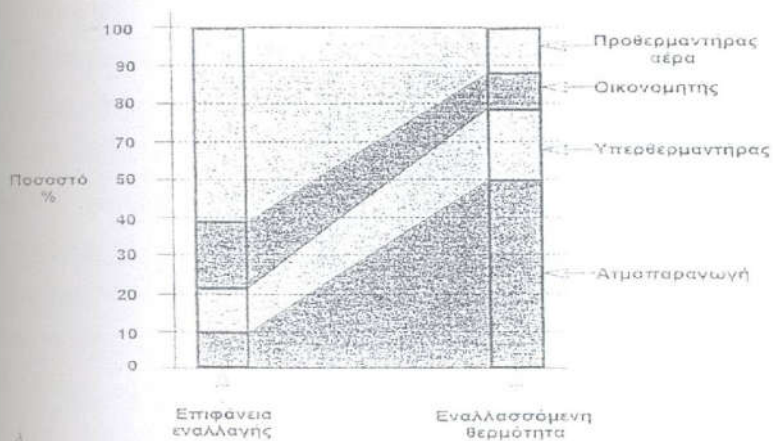
Στο σχήμα 1.7 φαίνεται η αρχή λειτουργίας ατμολέβητα φυσικής κυκλοφορίας με ένα τύμπανο. Στη δίοδο καθόδου που βρίσκεται πιο μακριά από την περιοχή καύσης κυκλοφορεί το νερό στην υγρή φάση. Το νερό κατανέμεται στους κεκλιμένους αυλούς όπου γίνεται η ατμοποίηση και το διφασικό μείγμα ατμού / νερού επιστρέφει στο τύμπανο μέσω της δίοδου ανόδου. Η κυκλοφορία προκαλείται από τη διαφορά πυκνότητας υγρού / ατμού. Όσο αυξάνεται η πίεση και πλησιάζει το κρίσιμο σημείο, η διαφορά πυκνότητας γίνεται μικρότερη. Για το λόγο αυτό, στους ατμολέβητες που λειτουργούν σε υψηλές πιέσεις η κυκλοφορία είναι βεβιασμένη, εξασφαλίζεται δηλαδή με κυκλοφορητές. Το τύμπανο ατμού λειτουργεί ως δοχείο διαχωρισμού υγρού / ατμού. Σε κάθε δίοδο από τους αυλούς δεν εξατμίζεται περισσότερο από το 35% του υγρού ώστε να διατηρείται

υψηλός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας με συναγωγή στο εσωτερικό των αυλών.



ΣΧΗΜΑ 1.8: Τυπική διάταξη επιφανειών εναλλαγής θερμότητας σε ατμολέβητα με υπερθερμαντήρα, οικονομητή και προθερμαντήρα αέρα.

Στο σχήμα 1.8 φαίνεται η διάταξη των επιφανειών εναλλαγής θερμότητας σε ένα ατμολέβητα με προθέρμανση νερού τροφοδοσίας(οικονομητή) και του αέρα καύσης.



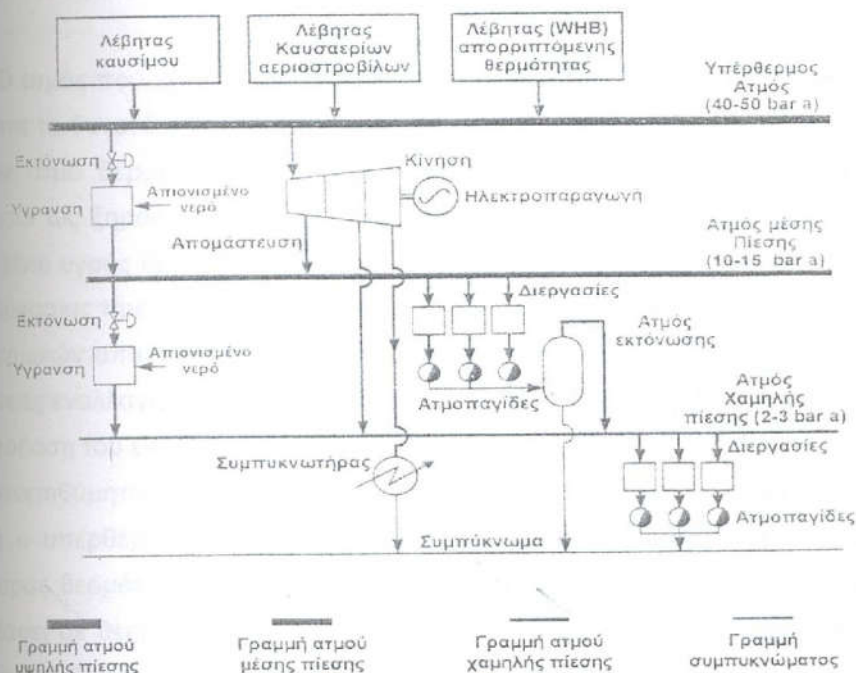
ΣΧΗΜΑ 1.9: Σχέση επιφανειών εναλλαγής και μεταφερόμενης θερμότητας για την ατμοποίηση, την υπερθέρμανση ατμού, την προθέρμανση του νερού τροφοδοσίας και την προθέρμανση του αέρα σε τυπική διάταξη παραγωγής ατμού.

Στο σχήμα 1.9 φαίνεται η σχέση των επιφανειών που διατίθενται για την εξάτμιση, την υπερθέρμανση, την προθέρμανση του νερού και την προθέρμανση του αέρα καύσης. Καθώς προχωρούν τα καυσαέρια από το θάλαμο καύσης προς την καμινάδα πέφτει η θερμοκρασία τους, επομένως απαιτούνται μεγαλύτερες επιφάνειες εναλλαγής για τη μεταφορά μικρότερων ποσών θερμότητας. Έτσι όπως φαίνεται στο σχήμα 1.9 για την ατμοποίηση απαιτείται μόνο το 10% της συνολικής επιφάνειας εναλλαγής ενώ απορροφάται το 50% της θερμότητας. Αντίθετα στον προθερμαντήρα αέρα με το 60% της επιφάνειας εναλλάσσεται το 12% του θερμικού φορτίου. Βεβαίως τα νούμερα αυτά είναι ενδεικτικά. Καθώς αυξάνεται η πίεση λειτουργίας του λέβητα ελαττώνεται το ποσό θερμότητας που απαιτείται για την προθέρμανση του νερού και υπερθέρμανση του ατμού.

1.4.2. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΑΤΜΟΥ

1.4.2.1. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ.

Στο σχήμα 1.10 φαίνεται ένα τυπικό διάγραμμα διανομής ατμού μιας χημικής βιομηχανίας με ολοκληρωμένο ενεργειακό σύστημα συμπαραγωγής.



ΣΧΗΜΑ 1.10: Τυπικό διάγραμμα διανομής ατμού.

Υπέρθερμος ατμός υψηλής πίεσης παράγεται είτε από λέβητες καυσίμου, είτε από λέβητες καυσαερίων αεροστροβίλων είτε από λέβητες που χρησιμοποιούν θερμότητα που απορρίπτεται από άλλες διεργασίες, κυρίως καυσαέρια κλιβάνων. Ο υπέρθερμος ατμός χρησιμοποιείται για κίνηση και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η γραμμή ατμού μέσης πίεσης τροφοδοτείται είτε από ατμό που προέρχεται από απομάστευση αμοστροβίλου είτε από λέβητα (συνήθως λέβητα απορριπτόμενης θερμότητας) και τροφοδοτεί τις διεργασίες. Το συμπύκνωμα των διεργασιών συλλέγεται μετά τις ατμοπαγίδες, εκτονώνεται σε χαμηλή πίεση και ο ατμός τροφοδοτεί τη γραμμή χαμηλής πίεσης. Η γραμμή χαμηλής πίεσης τροφοδοτείται επίσης από την έξοδο αμοστροβίλων αντίθληψης.

Για γρήγορη αποκατάσταση της πίεσης στις γραμμές ατμού στην επιθυμητή τιμή υπάρχει επίσης η δυνατότητα εκτόνωσης ατμού μέσω ρυθμιστικής βαλβίδας.

Ο σχεδιασμός του συστήματος ατμού και η επιλογή των πιέσεων γίνεται με βάση τις ανάγκες των διεργασιών λαμβάνοντας υπόψη τις παρακάτω βασικές αρχές.

1.4.2.2.ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΤΜΟΥ.

Ο ατμός που χρησιμοποιείται για την παραγωγή έργου είναι επιθυμητό να έχει κατά το δυνατό υψηλότερη θερμοκρασία και πίεση. Δεν ισχύει όμως το ίδιο για τον ατμό θέρμανσης. Ο ατμός θέρμανσης είναι ιδανικό να φτάνει στη διεργασία ως ξηρός κορεσμένος δηλαδή με ποιότητα κοντά στο $\chi=1$. Όταν ο ατμός είναι υγρός έχει εξαντληθεί ένα μέρος της δυνατότητας του για θέρμανση της διεργασίας πρέπει επομένως να προσαχθεί περισσότερος ατμός για κάλυψη των θερμικών απαιτήσεων. Επιπλέον η παρουσία συμπυκνώματος επάνω στις επιφάνειες εναλλαγής ελαττώνουν το συντελεστή μεταφοράς θερμότητας άρα και την απόδοση του εναλλάκτη.

Ανεπιθύμητη είναι και η παρουσία υπέρθερμου ατμού σε ένα εναλλάκτη, επειδή ο υπέρθερμος ατμός έχει περίπου 100 φορές μικρότερο συντελεστή μεταφοράς θερμότητας από τον συμπυκνούμενο ατμό. Έτσι, έως ότου ψυχθεί και φθάσει σε θερμοκρασία κορεσμού «αχρηστεύει» ένα μέρος της επιφάνειας εναλλαγής. Επειδή κατά την εκτόνωση κορεσμένου ατμού μέσω βαλβίδας παράγεται υπέρθερμος ατμός χαμηλότερης πίεσης πρέπει να αποφεύγεται η τροφοδοσία της διεργασίας με ατμό πολύ υψηλότερης πίεσης από την απαιτούμενη.

1.4.2.3.ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΑΤΜΟΥ.

Οι σωληνώσεις διανομής ατμού είναι σημαντικός παράγων κόστους μιας βιομηχανικής εγκατάστασης γι' αυτό δίδεται προσοχή στο βέλτιστο σχεδιασμό. Ένα ιδανικό σύστημα διανομής ατμού θα πρέπει να μεταφέρει τον ατμό από τη μικρότερη διαδρομή, στο μικρότερης διαμέτρου σωλήνα, με την ελάχιστη απώλεια θερμότητας και την ελάχιστη πτώση πίεσης που επιτρέπουν οι ειδικές συνθήκες της εγκατάστασης. Αυτός είναι ο γενικός κανόνας που πρέπει να έχει υπόψη του κανείς όταν σχεδιάζει ή ελέγχει ένα σύστημα διανομής με στόχο την εξοικονόμηση καυσίμων. Ορισμένοι από τους παράγοντες αυτούς είναι αντίθετοι μεταξύ τους και από αυτό ακριβώς απορρέει η έννοια της βελτιστοποίησης του συστήματος διανομής ατμού. Όσο μικρότερη είναι η διάμετρος του σωλήνα π.χ. τόσο μεγαλύτερη είναι η πτώση πίεσης και η βέλτιστη διάμετρος είναι εκείνη που

δίνει το ελάχιστο συνολικό κόστος. Επίσης όσο μεγαλύτερη είναι η πίεση του ατμού τόσο περισσότερος ατμός μεταφέρεται από σωλήνα δεδομένης διαμέτρου αλλά συγχρόνως τόσο ανθεκτικότερα πρέπει να είναι τα τοιχώματα. Επιπλέον, επειδή η θερμοκρασία του είναι υψηλότερη αυξάνουν οι θερμικές απώλειες.

Η διατομή του σωλήνα όμως δεν επιλέγεται με μόνο κριτήριο τη βέλτιστη πτώση πίεσης. Κατ' αρχή η ταχύτητα του ατμού στους αγωγούς δεν πρέπει να υπερβαίνει κάποια όρια, ιδιαίτερα όταν υπάρχει συμπύκνωμα μαζί με τον ατμό. Επιπλέον, συνήθως στις σωληνώσεις ατμού πρέπει να υπάρχει υπερεπάρκεια πίεσης η οποία στραγγαλίζεται μέσω μιας βαλβίδας που τοποθετείται στην είσοδο του τροφοδοτούμενου μηχανήματος. Η πτώση πίεσης στους σωλήνες δεν πρέπει να υποκαθιστά τη δράση της βαλβίδας. Η βαλβίδα τοποθετείται για την ευχερή ρύθμιση της ροής. Για να ανταποκριθεί σ' αυτό το ρόλο πρέπει να υπάρχει διαθέσιμη πίεση για τη βαλβίδα. Αν η πτώση πίεσης λόγω τριβών στις σωληνώσεις είναι πολύ μεγάλη σε σχέση με την πτώση πίεσης της βαλβίδας περιορίζεται η ρυθμιστική ικανότητα της βαλβίδας. Το άνοιγμα της βαλβίδας πολύ λίγο θα επηρεάζει τη ροή επειδή η αύξηση της ταχύτητας προκαλεί αύξηση των τριβών στις σωληνώσεις και εξουδετερώνει την ελάττωση των τριβών μέσω της βαλβίδας.

1.4.2.4. ΠΙΕΣΗ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΑΤΜΟΥ.

Με βάση οικονομικά κριτήρια, είναι εν γένει προτιμότερη η παραγωγή και διανομή του ατμού σε υψηλή πίεση, ώστε η διατομή των σωλήνων να είναι μικρή και η μεταφερόμενη ενέργεια και εξέργεια μεγάλη. Οι διεργασίες όμως έχουν διάφορες απαιτήσεις. Ο ατμός που τροφοδοτείται σε μια διεργασία θα πρέπει να είναι κατά το δυνατόν χαμηλότερης πίεσης επειδή:

- (α) Ο ατμός χαμηλής πίεσης έχει μικρότερο κόστος
- (β) Όσο χαμηλότερη είναι η πίεση τόσο περισσότερη ενέργεια εκλύεται κατά την υγροποίηση (ανά kg ατμού) άρα απαιτείται μικρότερη ποσότητα ατμού για δεδομένο φορτίο.
- (γ) Αποφεύγεται υπερθέρμανση του θερμαινόμενου υλικού δεδομένου ότι ατμός χαμηλής πίεσης έχει και μικρότερη θερμοκρασία.

Σε μεγάλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις επιλέγονται συνήθως τρία επίπεδα πίεσης, όπως στο σχήμα 1.11.

Ατμός υψηλής πίεσης:

συνήθως υπέρθερμος 40-50 bar, χρησιμοποιείται ως επί το πλείστον για κίνηση μηχανημάτων όπως συμπιεστές, ατμοστρόβιλους ηλεκτροπαραγωγής κλπ.

Ατμός μέσης πίεσης συνήθως 10 έως 15 bar, είναι κατά κύριο λόγο ο ατμός που χρησιμοποιείται στις διεργασίες σε διάφορες χρήσεις για κίνηση, έκπλυση, καθαρισμό, απομάκρυνση αερίων ή αέρα (purging), καθώς και για θέρμανση διεργασιών, δοχείων αποθήκευσης, γραμμών μεταφοράς (tracing) κλπ.

Ατμός χαμηλής πίεσης: μικρότερης των 5 bar, παράγεται στην έξοδο στροβίλων αντίθλιψης καθώς και ως ατμός εκτόνωσης συμπυκνωμάτων. Λόγω του μεγάλου ειδικού όγκου η διάμετρος των σωλήνων είναι μεγάλη και το κόστος διανομής υψηλό. Γι' αυτό αποφεύγεται η μεταφορά του σε μεγάλες αποστάσεις. Στο λεβητοστάσιο παράγεται ατμός χαμηλής πίεσης (συνήθως 2 bar απόλυτη) από την έξοδο ατμοστρόβιλων που χρησιμοποιούνται για κίνηση των αντλιών και ανεμιστήρων που απαιτούνται για την ατμοπαραγωγή. Ο ατμός αυτός χρησιμοποιείται επιτόπου για την απαερίωση και προθέρμανση του νερού τροφοδοσίας του λέβητα.

1.4.3. ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΑΤΟΣ.

Συμπύκνωμα εμφανίζεται στους σωλήνες μεταφοράς ατμού λόγω των θερμικών απωλειών καθώς και κατά την εκκίνηση. Το συμπύκνωμα έχει πολύ μεγαλύτερη πυκνότητα από τον ατμό και καθώς συμπαρασύρεται πέφτει με ορμή σε βαλβίδες, γωνιές και λοιπά εξαρτήματα δημιουργώντας κρουστικό κύμα που είναι καταστροφικό για τις εγκαταστάσεις καθώς διαβρώνει τα τοιχώματα και καταπονεί τα μηχανήματα. Για το λόγο αυτό είναι πολύ σημαντική η αποφυγή δημιουργίας ή η απομάκρυνση του συμπυκνώματος και συγκεκριμένα:

(α) Ο ατμός που τροφοδοτείται στο δίκτυο πρέπει να είναι ελαφρά υπέρθερμος ή τουλάχιστον να μην περιέχει υγρασία.

(β) Οι γραμμές ατμού πρέπει να μονώνονται.

(γ) Οι γραμμές ατμού πρέπει να τοποθετούνται υπό κλίση ώστε το συμπύκνωμα να συλλέγεται και να απομακρύνεται από το κατώτερο σημείο. Είναι προτιμότερο η κλίση να είναι κατά την κατεύθυνση της ροής ώστε να μην παρεμποδίζεται η ροή του συμπυκνώματος από τη ροή του ατμού. Βεβαίως σε

μεγάλες αποστάσεις αυτό δεν είναι δυνατόν και οι κλίσεις εναλλάσσονται Όταν η ροή του συμπυκνώματος είναι αντίθετη με τη ροή ατμού επιλέγεται μεγαλύτερη κλίση.

(δ) Οι διακλαδώσεις συνδέονται πάντα στο άνω μέρος της κύριας γραμμής διανομής ώστε να μη γεμίζουν με συμπύκνωμα. Η βαλβίδα απομόνωσης τοποθετείται κοντά στο σημείο λήψης.

(ε) Η ταχύτητα του ατμού δεν πρέπει να υπερβαίνει κάποια όρια που κυμαίνονται από 15 m/s για υγρό ατμό έως 45 m/s για υπέρθερμο ατμό.

1.4.4.ΑΤΜΟΠΑΓΙΔΕΣ.

Ατμοπαγίδα είναι η διάταξη που απομακρύνει αυτόματα το συμπύκνωμα χωρίς να επιτρέπει τη διαφυγή ατμού. Ατμοπαγίδες τοποθετούνται:

(α) Σε όλα τα σημεία του δικτύου όπου συλλέγεται συμπύκνωμα όπως στο κάτω μέρος κατακόρυφου σωλήνα διανομής ατμού και σε όλους τους θύλακες συλλογής συμπυκνώματος.

(β) Στην έξοδο των εναλλακτών. Η απομάκρυνση του συμπυκνώματος είναι κρίσιμη για την καλή λειτουργία του εναλλάκτη. Η κάλυψη μέρους της επιφάνειας εναλλαγής με συμπύκνωμα εμποδίζει την επαφή με τον ατμό και ελαττώνει την απόδοση.

Ανάλογα με την αρχή λειτουργίας τους οι ατμοπαγίδες κατατάσσονται σε: Μηχανικές με πλωτήρα ή όχι: Η λειτουργία τους βασίζεται στη διαφορά πυκνότητας ατμού / συμπυκνώματος. Ο πλωτήρας τοποθετείται σε δοχείο όπου συλλέγεται το συμπύκνωμα και καθώς ανεβαίνει η στάθμη ανοίγει τη βαλβίδα εξόδου. Το ανοιχτό δοχείο κρατάει ανοιχτή τη βαλβίδα όσο είναι γεμάτο με συμπύκνωμα και ανεβαίνει κλείνοντας τη βαλβίδα όταν το συμπύκνωμα αντικατασταθεί με ατμό.

Θερμοστατικές: με διμεταλλικό θερμομέτρο ή φουσούνα. Η λειτουργία τους βασίζεται στη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ ατμού /συμπυκνώματος. Ανοίγουν όταν η θερμοκρασία του συμπυκνώματος πέσει, λόγω απωλειών θερμότητας, κάτω από τη θερμοκρασία συμπύκνωσης του ατμού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχει κάποια χρονική καθυστέρηση στην απομάκρυνση του συμπυκνώματος.

θερμοδυναμικές: Βασίζονται στην επιτάχυνση με αντίστοιχη πτώση πίεσης κατά τη ροή μέσω στενώματος. Σε μια θερμοδυναμική ατμοπαγίδα με δίσκο η είσοδος και έξοδος καλύπτονται από τον ίδιο δίσκο. Το υπόψυκτο υγρό που έχει μικρή ταχύτητα ανασηκώνει το δίσκο και βγαίνει. Όταν όμως έρθει ατμός ή συμπύκνωμα κορεσμένο που με την εκτόνωση ατμοποιείται, η ταχύτητα είναι μεγάλη και δημιουργείται υποπίεση στο πίσω μέρος του δίσκου που κλείνει το άνοιγμα.

Ακροφύσια εκκένωσης: Χρησιμοποιούνται, όπως και οι ατμοπαγίδες, για την απομάκρυνση του συμπυκνώματος αλλά δεν είναι βαλβίδες και δεν έχουν κινούμενα μέρη. Είναι απλά ένας δίσκος με μικρή οπή (0.5 με 5 mm) που τοποθετείται στο σωλήνα εκκένωσης συμπυκνώματος στα χαμηλότερα σημεία του δικτύου. Το συμπύκνωμα ρέει συνεχώς μέσω της οπής. Όταν δεν υπάρχει συμπύκνωμα ρέει και ατμός αλλά λόγω της εκτόνωσης η ταχύτητα είναι μεγάλη και η ροή του ατμού μικρή. Είναι κατάλληλα για συνεχή παραγωγή συμπυκνώματος οπότε με κατάλληλη επιλογή της διαμέτρου της οπής οι απώλειες του ατμού μπορούν να περιοριστούν.

Στις περισσότερες ατμοπαγίδες απομακρύνονται και τα μη συμπυκνούμενα αέρια. Στις μηχανικές και θερμοδυναμικές τα αέρια συλλέγονται στο άνω μέρος και απομακρύνονται μέσω εξαερισμού που ενεργοποιείται από τον ίδιο μηχανισμό (πλωτήρα ή θερμόμετρο) που ενεργοποιεί τη βαλβίδα απομάκρυνσης του συμπυκνώματος. Ένας διαδεδομένος τύπος ατμοπαγίδας είναι ο συνδυασμός πλωτήρα για την απομάκρυνση του συμπυκνώματος και θερμοστάτη για την απομάκρυνση των αερίων.

Η συντήρηση πρέπει να πραγματοποιείται ανά τακτά χρονικά διαστήματα και να επεκτείνεται σε όλα τα τμήματα της εγκατάστασης, τόσο από πλευράς του εργαζόμενου μέσου, όσο και από πλευράς του φορέα μετάδοσης θερμότητας (καυσαέρια).

1.4.5. ΑΛΛΑ ΟΡΓΑΝΑ ΔΙΚΤΥΟΥ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΑΤΜΟΥ.

Βαλβίδες: Τα όργανα ελέγχου της ροής κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες:

- Διακόπτες ροής, όπως δικλείδες, συρταρωτές βαλβίδες και κρουνοί.
- Ρυθμιστικά, όπως μειωτήρες πίεσης και ρυθμιστικές βαλβίδες.

➤ Ασφαλιστικά, όπως βαλβίδες αντεπιστροφής και ασφαλιστικές δικλείδες.

Αφυγραντές ατμού: Οι ατμοπαγίδες απομακρύνουν το συμπύκνωμα, που έχει μαζευτεί στα χαμηλότερα σημεία του δικτύου. Κατά τη μεταφορά ατμού όμως, ιδίως όταν οι σωληνώσεις δεν είναι μονωμένες, δημιουργούνται μικρές σταγόνες που παραμένουν αιωρούμενες μαζί με τον ατμό. Όπως ήδη αναφέρθηκε, η υγρασία αυτή είναι ανεπιθύμητη στο δίκτυο μεταφοράς επειδή οι σταγόνες προσκρούουν με μεγάλη ταχύτητα στα τοιχώματα των σωληνώσεων και εξαρτημάτων. Είναι επίσης ανεπιθύμητη στις διατάξεις εναλλαγής επειδή περιορίζει την απόδοσή τους. Οι αφυγραντές είναι απλές διατάξεις όπου ο ατμός αναγκάζεται να αλλάξει κατεύθυνση, οπότε οι σταγόνες, λόγω της μεγαλύτερης ορμής τους, δεν μπορούν να ακολουθήσουν τη διαδρομή, προσκρούουν στα τοιχώματα όπου αποτίθενται, συγκεντρώνονται σε μορφή υγρού συμπυκνώματος και απομακρύνονται. Συνήθως είναι ένα δοχείο όπου η ταχύτητα του ατμού ελαττώνεται ενώ στη ροή παρεμβάλλεται μια πλάκα όπου προσκρούει ο ατμός και αποθέτει τις σταγόνες. Το συμπύκνωμα συλλέγεται και απομακρύνεται από το κάτω μέρος του δοχείου.

Εξαερωτές: Όταν διακόπτεται η λειτουργία στο δίκτυο πρέπει να αποκαθίσταται ατμοσφαιρική πίεση με την είσοδο αέρα ώστε να μη δημιουργηθεί υποπίεση λόγω συμπύκνωσης του υδρατμού. Με την επανάληψη λειτουργίας πρέπει να απομακρυνθεί ο αέρας ο οποίος, όπως ήδη αναφέρθηκε, εμποδίζει την ομαλή λειτουργία των εναλλακτών. Οι εξαερωτές είναι συνήθως απλές θερμοστατικές βαλβίδες. Φέρουν ένα μεταλλικό στέλεχος το οποίο όταν βρίσκεται σε επαφή με ατμό διαστέλλεται και κλείνει την έξοδο, ενώ κατά την εκκίνηση ή κατά τη διακοπή λειτουργίας η βαλβίδα παραμένει ανοιχτή. Διατάξεις εξαερισμού τοποθετούνται στα ανώτερα σημεία των γραμμών μεταφοράς ατμού και συμπυκνώματος, στους εναλλάκτες, στις ατμοπαγίδες κλπ.

Φίλτρα: Ο ατμός συμπαρασύρει στερεές ακαθαρσίες όπως σκουριές και άλατα που κάθονται στις έδρες των βαλβίδων και δεν τις αφήνουν να κλείσουν. Προβλήματα αποθέσεων δημιουργούνται και σε άλλα όργανα και μηχανήματα. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται φίλτρα που τοποθετούνται πριν από κάθε συσκευή που χρειάζεται προστασία.

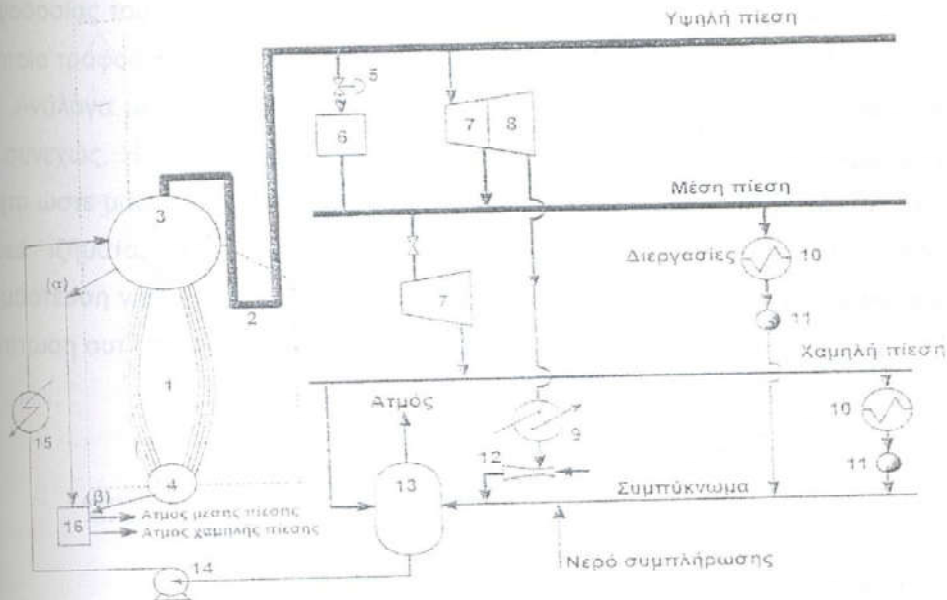
1.4.6. ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΑΤΜΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.

Οι αυλοί ατμοποίησης, ο υπερθερμαντήρας, ο οικονομητής και ο προθερμαντήρας αέρα είναι διατάξεις εναλλαγής που αξιοποιούν τη θερμότητα των καυσαερίων. Σε ένα σύστημα ατμοπαραγωγής υπάρχουν όμως μερικά ακόμη βοηθητικά μηχανήματα για την διακίνηση των υλικών και την εύρυθμη λειτουργία της εγκατάστασης.

Στο σχήμα 1.11 φαίνεται σχηματικά το κύκλωμα υγρού / ατμού μιας μονάδας ατμοπαραγωγής. Οι κυριότερες διατάξεις που υποστηρίζουν τη λειτουργία του λέβητα είναι:



Σχ. 1.11 Το κύκλωμα υγρού / ατμού μιας μονάδας ατμοπαραγωγής. Η απεικόνιση αφορά στην εξωτερική δομή και λειτουργία των μηχανημάτων.



ΣΧΗΜΑ 1.11: Το κύκλωμα νερού / ατμού συστήματος ατμοπαραγωγής.

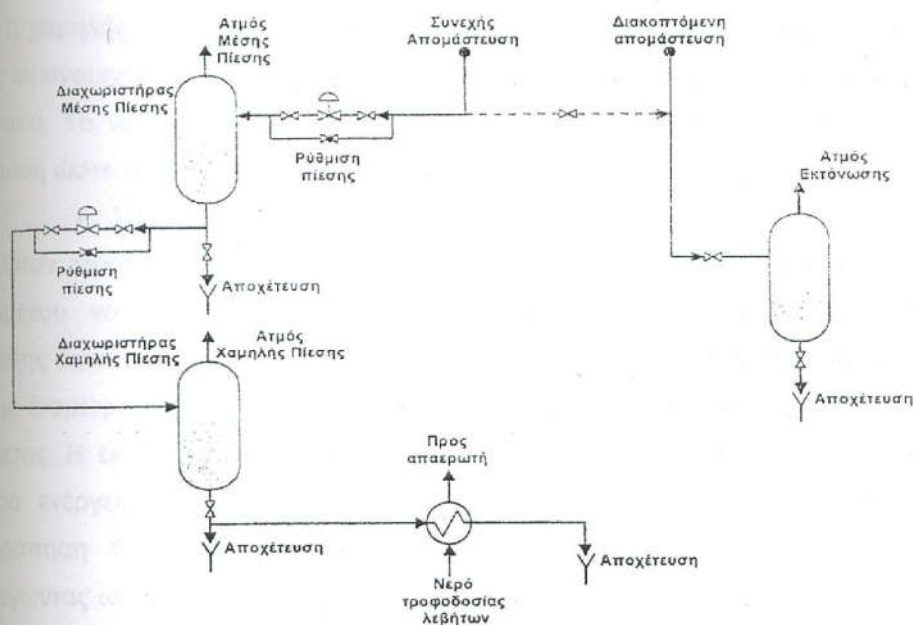
- | | |
|--------------------------------|---------------------------|
| 1. Λέβητας –Αυλοί εξάτμισης. | 9. Συμπυκνωτήρας. |
| 2. Υπερθερμαντήρας. | 10. Θερμαντήρες. |
| 3. Τύμπανο ατμού. | 11. Ατμοπαγίδες. |
| 4. Τύμπανο λάσπης. | 12. Αντλία κενού. |
| 5. Βαλβίδα (Μειωτήρας πίεσης). | 13. Απαερωτής. |
| 6. Υγραντής. | 14. Αντλία τροφοδοσίας. |
| 7. Στρόβιλοι αντίθληψης. | 15. Προθερμαντήρας νερού. |
| 8. Στρόβιλος συμπύκνωσης. | 16. Σύστημα απομάστευσης. |

➤ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΠΟΜΑΣΤΕΥΣΗΣ

Απομάστευση (στρατσώνα) του λέβητα, είναι η απομάκρυνση νερού από το λέβητα. Η απομάστευση είναι αναγκαία διότι, παρά την κατεργασία του το νερό τροφοδοσίας του λέβητα περιέχει μικρές ποσότητες διαλυμένων αλάτων, τα οποία κατά την εξάτμιση παραμένουν στην υγρή φάση και η συγκέντρωσή τους αυξάνεται διαρκώς. Με την απομάστευση απομακρύνεται μια ποσότητα από τα διαλυμένα άλατα όπως επίσης και τα στερεά που βρίσκονται "εν αιωρήσει" στο νερό του λέβητα.

Η απομάστευση εκφράζεται ως ποσοστό επί τοις εκατό του νερού τροφοδοσίας του λέβητα. Έτσι απομάστευση 5% σημαίνει ότι 5% του νερού, με το οποίο τροφοδοτείται ο λέβητας, απομακρύνεται με την απομάστευση.

Ανάλογα με το μέγεθος του λέβητα, το νερό απομαστεύεται είτε περιοδικά είτε συνεχώς. Η ασυνεχής απομάστευση γίνεται από το κατώτερο σημείο του λέβητα ώστε μαζί με το νερό και τα εν διαλύσει άλατα να απομακρύνονται και τα στερεά ιζήματα. Μετά την εκτόνωση το νερό απορρίπτεται. Η συνεχής απομάστευση γίνεται από το τύμπανο ατμού και η ενέργεια του νερού είναι στην περίπτωση αυτή εκμεταλλεύσιμη. Ένα τέτοιο σύστημα φαίνεται στο σχήμα 1.12.



ΣΧΗΜΑ 1.12: Σύστημα απομάστευσης ατμολέβητα υψηλής πίεσης.

➤ ΑΠΑΕΡΩΤΗΣ

Όπου γίνεται η απομάκρυνση των αερίων (κυρίως οξυγόνο και διοξείδιο του άνθρακα) από το νερό τροφοδοσίας πριν την εισαγωγή του στο λέβητα. Στο δοχείο απαέρωσης το νερό έρχεται σε απ' ευθείας επαφή με ατμό χαμηλής πίεσης. Για την αύξηση της επιφάνειας επαφής το δοχείο φέρει δίσκους ή γίνεται ψεκασμός του νερού σε λεπτές σταγόνες. Ο ατμός συμπυκνώνεται ανεβάζοντας τη θερμοκρασία του νερού κοντά στο σημείο βρασμού οπότε τα εν διαλύσει αέρια απομακρύνονται και εξέρχονται από την κορυφή του δοχείου. Το

απαερωμένο νερό εξέρχεται από τον πυθμένα και συγκεντρώνεται σε δοχείο από όπου αντλείται με την αντλία τροφοδοσίας του λέβητα.

➤ ΥΓΡΑΝΤΗΣ

Ο υγραντής ή αποϋπερθερμαντής (desuperheater) είναι δοχείο όπου νερό ψεκάζεται στον υπέρθερμο ατμό για τον έλεγχο της θερμοκρασίας του. Μια τέτοια διάταξη χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της θερμοκρασίας εξόδου από τον υπερθερμαντήρα του λέβητα. Χρησιμοποιείται επίσης και μετά την εκτόνωση ατμού μέσω βαλβίδας. Ο ατμός που εισέρχεται σε ένα εναλλάκτη πρέπει να είναι κοντά στην κατάσταση κορεσμού. Κατά την εκτόνωση όμως του ατμού μέσω βαλβίδας από κορεσμένο ατμό υψηλής πίεσης προκύπτει υπέρθερμος ατμός μέσης ή χαμηλής πίεσης. Ο ατμός αυτός εύκολα γίνεται κορεσμένος της ίδιας πίεσης αν αναμιχθεί με νερό το οποίο εξατμίζεται κατεβάζοντας τη θερμοκρασία του ατμού. Το νερό αυτό πρέπει φυσικά να έχει υποστεί αποσκλήρυνση και απαέρωση ώστε να μην υποβιβάζει την ποιότητα του ατμού

➤ ΣΙΓΑΣΤΗΡΕΣ

Όταν ατμός υψηλής ή μέσης πίεσης εκτονώνεται σε ατμοσφαιρική πίεση προκειμένου να αφηθεί στο περιβάλλον, τοποθετείται μετά τη βαλβίδα εκτόνωσης σιγαστήρας. Ο σιγαστήρας (silencer) είναι ένας κύλινδρος ή σωλήνας μεγάλης διαμέτρου κατάλληλα διευθετημένος για την απόσβεση του θορύβου εκτόνωσης. Η εκτόνωση του ατμού χωρίς παραγωγή έργου συνιστά βεβαίως απώλεια ενέργειας, εντούτοις οι διατάξεις αυτές χρησιμοποιούνται για την εξισορρόπηση της πίεσης του δικτύου ατμού μέσης και υψηλής πίεσης λειτουργώντας ως ασφαλιστικές δικλείδες. Για την εξισορρόπηση της πίεσης του δικτύου χαμηλής πίεσης προβλέπεται μερικές φορές και η χρήση συμπυκνωτήρα πλεονάζοντος ατμού (spill over condenser). Εν γένει οι διατάξεις αυτές βελτιώνουν την ευελιξία του κυκλώματος ατμού.

➤ ΥΠΕΡΘΕΡΜΑΝΤΗΡΕΣ

Ο υπερθερμαντήρας έχει σκοπό την αύξηση της θερμοκρασίας του κορεσμένου ατμού και τοποθετείται μετά το σύστημα ατμοποίησης. Αποτελείται από ένα ή περισσότερα τμήματα (σερπαντίνες σωλήνων), που τοποθετούνται σε διαφορετικά σημεία, στη ροή των καυσαερίων. Μεταξύ των τμημάτων του υπερθερμαντήρα τοποθετούνται ψύκτες ατμού για την ρύθμιση της θερμοκρασίας του.

Ανάλογα με την περιοχή τοποθέτησης του υπερθερμαντήρα και τον τρόπο μετάδοσης θερμότητας, διακρίνονται υπερθερμαντήρες ακτινοβολίας ή επαφής μεταφοράς.

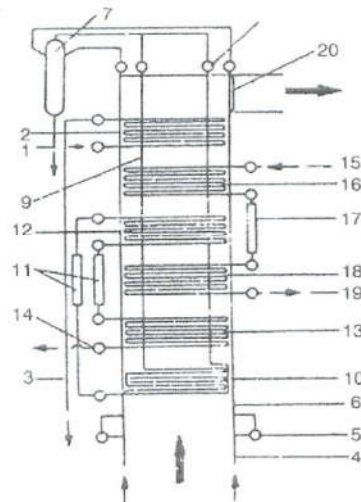
➤ ΑΝΑΘΕΡΜΑΝΤΗΡΕΣ

Ο αναθερμαντής του ατμού είναι μια επιφάνεια συναλλαγής θερμότητας, που χρησιμεύει για την αναθέρμανση του ατμού μετά την μερική του αποτόνωση, στο τμήμα υψηλής πίεσης του αμοστροβίλου. Η κατασκευή του αναθερμαντή -μορφολογικά -είναι ίδια μ'αυτή του υπερθερμαντήρα. Η αύξηση της θερμοκρασίας του ατμού γίνεται συνήθως μέχρι τη θερμοκρασία που έχει αυτός, κατά την έξοδό του από τον υπερθερμαντήρα. Και εδώ, είναι απαραίτητη ρύθμιση της θερμοκρασίας του ατμού, που γίνεται με διάφορες μεθόδους, π.χ. ψεκασμό νερού, επαναφορά ψυχρών καυσαερίων, εναλλάκτη θερμότητας, κ.λ.π.

➤ ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΤΗΡΑΣ ΝΕΡΟΥ

Ο προθερμαντήρας νερού ή οικονομητήρας (ECO) προθερμαίνει το νερό τροφοδοσίας του αμοστροβίλου, πριν αυτό οδηγηθεί στο σύστημα αμμοποίησης. Η θερμότητα που φέρουν ακόμα τα καυσαέρια τα οποία έχουν προσφέρει ήδη θερμότητα στις επιφάνειες του συστήματος αμμοποίησης, υπερθερμαντήρα και αναθερμαντήρα, αξιοποιείται για την θέρμανση του τροφοτικού νερού, μέχρις θερμοκρασίας μικρότερης κατά 30-50 °C της θερμοκρασίας κορεσμού που αντιστοιχεί στην πίεση λειτουργίας.

1. Είσοδος τροφοδοτικού νερού.
2. Προθερμαντήρας νερού (ECO).
3. Σωλήνας καθόδου προς εστία
4. Σωληνοτόιχωμα εστίας.
5. Ενδιάμεσος συλλέκτης.
6. Κατακόρυφοι σωλήνες ατμοποίησης..
7. Διαχωριστικό δοχείο νερού-ατμού.
8. Συλλέκτης σωλήνων συγκράτησης.
9. Σωλήνες συγκράτησης σερπαντίνων.
10. βαθμίδα υπερθερμαντήρα.
11. Τελική Πρώτη βαθμίδα υπερθερμαντήρα.
12. Ψύκτης ατμού.
13. Δεύτερη βαθμίδα υπερθερμαντήρα.
14. Εξόδος υπέρθερμου ατμού.
15. Είσοδος αναθερμαντή.
16. Πρώτη βαθμίδα αναθερμαντή.
17. Ψύκτης ατμού αναθερμαντή.
18. Τελική βαθμίδα αναθερμαντή.
19. Έξοχος ανάθερμου.
20. Έξοδος καυσαερίων.



ΣΧΗΜΑ 1.13. Διάταξη επιφανειών επαφής μεταφοράς σε εξαναγκασμένης ροής

➤ ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΤΗΡΕΣ ΑΕΡΑ ΚΑΥΣΗΣ

Η χρησιμοποίηση των προθερμαντήρων αέρα καύσης βελτιώνει τον βαθμό απόδοσης του ατμοπαραγωγού, μειώνοντας την θερμοκρασία εξόδου των καυσαερίων και, επίσης, συμβάλλει σημαντικά στην καλύτερη και ταχύτερη διεργασία της καύσης, ιδιαίτερα όταν τα καύσιμα έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία. Η τελική θερμοκρασία εξόδου των καυσαερίων από τον προθερμαντήρα αέρα εξαρτάται από την θερμοκρασία δρόσου των καυσαερίων και δεν πρέπει ποτέ να είναι ίση ή μικρότερη απ' αυτήν. Όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα του καυσίμου σε θείο, τόσο υψηλότερο είναι το σημείο δρόσου των καυσαερίων. Υπάρχουν διάφορων ειδών προθερμαντήρες αέρα, π.χ. προθερμαντήρες με πλάκες, περιστρεφόμενοι προθερμαντήρες, ή προθερμαντήρες αέρα με σωλήνες.

► ΑΝΤΛΙΕΣ ΚΑΙ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΕΣ

Είναι οι δύο κατηγορίες μηχανημάτων που χρησιμοποιούνται κατά την ατμοπαραγωγή για την τροφοδότηση του συστήματος με τα απαραίτητα υλικά: νερό, καύσιμο και αέρα. Συνήθως λαμβάνουν κίνηση από τον ατμό είτε με παλινδρομικό μηχανισμό είτε με φυγοκεντρικό μέσω στροβίλου. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στην εγκατάσταση αντλιών που διακινούν νερό κοντά στην κατάσταση κορεσμού. Πρέπει να τοποθετούνται χαμηλά ώστε να υπάρχει πρόσθετη πίεση που δεν επιτρέπει την εξάτμιση και εξασφαλίζει το απαραίτητο ύψος αναρρόφησης.

1.4.7. ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΤΜΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.

Είναι απαραίτητο να εξασφαλίζεται η συνεχής και ασφαλής τροφοδοσία της βιομηχανικής εγκατάστασης με ατμό. Ο σχεδιασμός όλου του συστήματος παραγωγής και διανομής ατμού έχει αυτό το στόχο, με την πρόβλεψη των απαιτούμενων συστημάτων ασφαλείας, εφεδρικών μηχανημάτων και βαλβίδων κ.λ.π. Πιο συγκεκριμένα προβλέπεται:

► Η πλεονάζουσα ισχύς

Προκειμένου να εξασφαλιστεί η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών ακόμα και σε έκτακτες περιπτώσεις, η εγκατεστημένη ισχύς του λεβητοστασίου υπερβαίνει τις κανονικές απαιτήσεις της εγκατάστασης που εξυπηρετεί. Ο λόγος της εγκατεστημένης προς την απαιτούμενη ισχύ λέγεται λόγος εφεδρείας (reserve ratio) και συνήθως λαμβάνεται σε νέες εγκαταστάσεις δηλαδή υπάρχει πλεονάζουσα ισχύς 30% πάνω από αυτή που υπολογίζεται με βάση τις ανάγκες της εγκατάστασης. Συχνά προβλέπεται η εγκατάσταση εφεδρικού λέβητα με όλα τα μηχανήματα τροφοδοσίας, ασφαλιστικά κλπ. Ο εφεδρικός λέβητας δίδει την πλεονάζουσα ισχύ και συγχρόνως εξασφαλίζει την παροχή ατμού στα κρίσιμα φορτία σε έκτακτες περιπτώσεις βλάβης της κύριας εγκατάστασης.

► Εφεδρικά μηχανήματα

Για να εξασφαλιστεί η συνεχής και ασφαλής λειτουργία της εγκατάστασης ατμοπαραγωγής προβλέπονται εφεδρικά μηχανήματα στα κρίσιμα σημεία. Η αντλία τροφοδοσίας του λέβητα είναι κρίσιμη για την ασφάλεια και λειτουργία γι' αυτό υπάρχει πάντοτε εφεδρική με αυτόματο μηχανισμό εκκίνησης.

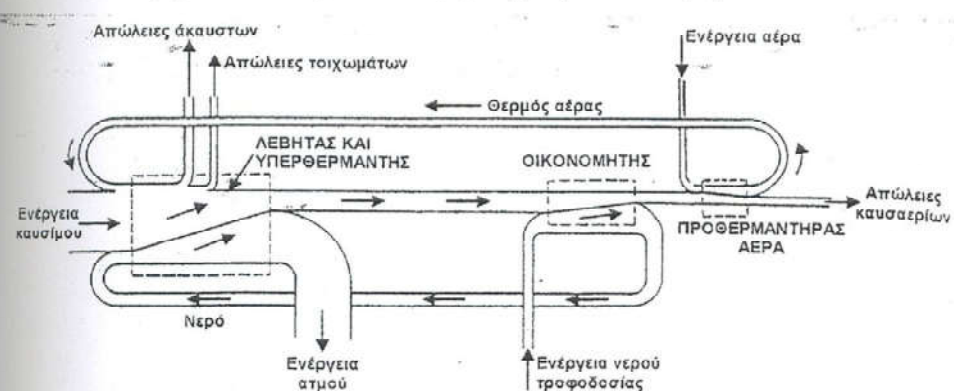
Εγκαθίστανται π.χ. δυο αντλίες με το 100% των απαιτήσεων ή τρεις αντλίες με το 50% των απαιτήσεων η κάθε μία. Μια συνηθισμένη πρακτική είναι επίσης η τοποθέτηση παράλληλων κλάδων ώστε να είναι δυνατή η επισκευή ή συντήρηση εν λειτουργία.

► Μηχανισμός απόρριψης φορτίων

Είναι απαραίτητο η πίεση στο δίκτυο διανομής ατμού να διατηρείται στα επιθυμητά επίπεδα. Αυτό εξασφαλίζεται εντός των δυνατοτήτων ατμοπαραγωγής του λέβητα με σύστημα ρύθμισης που επεμβαίνει στην παροχή καυσίμου. Όταν όμως η ατμοπαραγωγική ικανότητα δεν επαρκεί για την κάλυψη όλων των αναγκών είναι απαραίτητο να αποκοπούν πρώτα τα φορτία που δεν προκαλούν δυσχέρειες στη λειτουργία των υπόλοιπων συστημάτων. Τελευταία παραμένουν συνδεδεμένα τα βοηθητικά μηχανήματα του λεβητοστασίου (απαερωτής, αντλίες, ανεμιστήρες)

1.4.8. ΑΠΟΔΟΣΗ ΑΤΜΟΛΕΒΗΤΑ.

Στον ατμολέβητα η χημική ενέργεια του καυσίμου μετατρέπεται με την καύση σε θερμική ενέργεια, που παραλαμβάνεται από τον ατμό για να μεταφερθεί και να χρησιμοποιηθεί σε άλλα σημεία των εγκαταστάσεων. Ως βαθμός απόδοσης ορίζεται ο λόγος της θερμικής ενέργειας που παραλαμβάνει ο ατμός προς την ενέργεια που αποδίδει το καύσιμο. Συνήθως η ενέργεια του καυσίμου υπολογίζεται από την κατώτερη θερμογόνο δύναμη.



ΣΧΗΜΑ 1.14: Διάγραμμα ροής ενέργειας ατμολέβητα με οικονομητή και προθερμαντήρα αέρα.

Στο σχήμα 1.14 φαίνεται ένα χαρακτηριστικό διάγραμμα ροής ενέργειας ατμολέβητα με οικονομική και προθερμαντήρα αέρα.

Οι προσπάθειες για τη βελτίωση της λειτουργίας ενός ατμολέβητα στη μεγιστοποίηση του ποσοστού της θερμικής ενέργειας που παραλαμβάνει ο ατμός και παράλληλα στην κατά το δυνατό μικρότερη υποβάθμιση της ενέργειας με τον περιορισμό της αντιστρεψιμότητας της διεργασίας.

1.5. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΤΟΥ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΥ ΜΕΣΟΥ.

Οι ατμοπαραγωγοί χωρίζονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

- Ατμοπαραγωγοί με φυσική κυκλοφορία.
- Ατμοπαραγωγοί με τεχνητή κυκλοφορία.
- Ατμοπαραγωγοί εξαναγκασμένης ροής.

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ
ΑΠΟΧΕΤΗΣΗΣ

- Αποχέτιση
- Αποχέτιση
- Αποχέτιση
- Αποχέτιση
- Αποχέτιση

Ποσοστά
Αποχέτισης

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Αποχέτισης

Αποχέτιση
Αποχέτιση
Αποχέτιση
Αποχέτιση
Αποχέτιση
Αποχέτιση
Αποχέτιση
Αποχέτιση
Αποχέτιση
Αποχέτιση

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΤΜΟΥ



2.1 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΛΕΒΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΚΑΥΣΙΜΩΝ.

Οι επιπτώσεις από την κακή επεξεργασία του νερού τροφοδοσίας του λέβητα, μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις κύριες κατηγορίες.

- Απόθεση λεβητολίθου.
- Ύπαρξη οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα στον ατμό.
- Ανάγκη αυξημένης απομάστευσης (στρατσώνας).
- Συμπαρασυρμός.

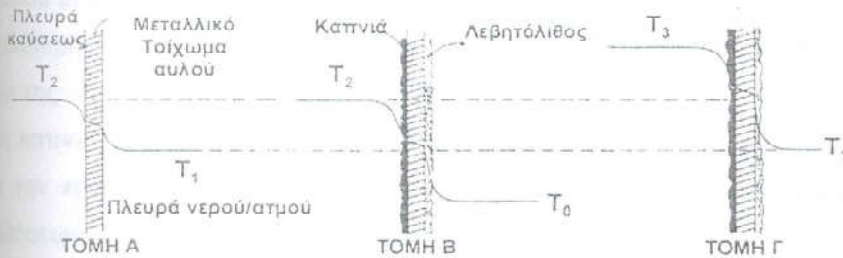
Όπως θα δούμε και οι τέσσερις αυτές κατηγορίες έχουν άμεση ή έμμεση σχέση με την εξοικονόμηση ενέργειας στην παραγωγή ή χρήση ατμού.

2.1.1.ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΛΕΒΗΤΟΛΙΘΟΥ ΣΤΟΥΣ ΛΕΒΗΤΕΣ

Η ατελής επεξεργασία του νερού τροφοδοσίας, έχει ως άμεσο αποτέλεσμα τη δημιουργία λεβητολίθου στο λέβητα, Ως λεβητόλιθος χαρακτηρίζονται γενικά όλα τα αδιάλυτα σώματα που επικάθονται στα τοιχώματα του λέβητα κατά τη λειτουργία του. Τα κυριότερα από αυτά είναι ανθρακικό ασβέστιο, θειικό ασβέστιο, πυριτικό ασβέστιο, πυριτικό μαγνήσιο, υδροξείδιο του μαγνησίου και ανθρακικό μαγνήσιο.

Όλοι οι τύποι λεβητολίθων έχουν πολύ μικρή θερμική αγωγιμότητα. Η δημιουργία λοιπόν λεβητολίθου ισοδυναμεί με την τοποθέτηση ενός στρώματος μόνωσης στην επιφάνεια των αυλών. Η θερμομόνωση που προκαλούν οι λεβητόλιθοι εξαρτάται από το πάχος, από τη χημική σύνθεση και από τη φυσική τους κατάσταση (λεπτοκρυσταλλικός, χονδροκρυσταλλικός κλπ). Θερμομόνωση προκαλεί επίσης και η καπνιά που αποβάλλεται από την πλευρά της καύσης.

ΑΝΟΔΟΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ
ΛΟΓΩ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΛΕΒΗΤΟΛΙΘΟΥ ΚΑΙ ΚΑΠΝΙΑΣ



ΣΧΗΜΑ 2.1: Άνοδος της θερμοκρασίας των τοιχωμάτων και των καυσαερίων λόγω αποθέσεων λεβητόλιθου και καπνιάς.

Οι αποθέσεις πάνω στους αυλούς, λόγω της θερμομόνωσης την οποία παρεμβάλουν στην μεταφορά της θερμότητας, έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας των καυσαερίων και επομένως μεγαλύτερες θερμικές απώλειες με τα καυσαέρια. Παράλληλα πέφτει και η δυναμικότητα της εγκατάστασης δεδομένου ότι ελαττώνεται ο ρυθμός μεταφοράς θερμότητας από τα καυσαέρια στο νερό.

Στο σχήμα 2.1 εξηγείται η άνοδος της θερμοκρασίας των καυσαερίων λόγω των αποθέσεων στους αυλούς του λέβητα. Όταν το μέταλλο είναι καθαρό, όπως στην τομή Α, το μεταλλικό τοίχωμα έχει από την πλευρά των καυσαερίων θερμοκρασία T_2 και από την πλευρά του νερού / ατμού θερμοκρασία T_1 . Η διαφορά θερμοκρασίας από T_2 σε T_1 οφείλεται στην αντίσταση που παρεμβάλλεται στην αγωγή της θερμότητας μέσα από το μέταλλο και στη και στη μεταφορά της θερμότητας από τα καυσαέρια προς το μέταλλο και από το μέταλλο προς το νερό / ατμό.

Όταν σχηματιστεί λεβητόλιθος από την πλευρά του νερού η καπνιά από την πλευρά των καυσαερίων ή και τα δυο μαζί (όπως φαίνεται στο σχήμα 9 τομή Β) λόγω της πρόσθετης θερμικής αντίστασης που παρεμβάλλεται, θα έπρεπε, αν η θερμοκρασία των καυσαερίων T_2 παραμένει η ίδια, η θερμοκρασία του νερού να είναι T_0 , (μικρότερη από T_1). Στην πραγματικότητα όμως η θερμοκρασία του νερού δεν μπορεί να αλλάξει, γιατί αυτή είναι η θερμοκρασία λειτουργίας του λέβητα και ορίζεται από την πίεση της λειτουργίας του. Όταν πέσει παρεμβαίνει το σύστημα ρύθμισης που αυξάνει την παροχή καυσίμου. Για

να είναι λοιπόν η θερμοκρασία του νερού ίδια όπως και στην περίπτωση του καθαρού μετάλλου, δηλαδή T_1 , πρέπει η θερμοκρασία των καυσαερίων να είναι μεγαλύτερη T_3 (τομή Γ), ώστε να μην ελαττωθεί η μεταφερόμενη θερμότητα λόγω της πρόσθετης θερμικής αντίστασης που παρεμβάλλουν ο λεβητόλιθος και η καπνιά. Το πόσο μεγαλύτερη θα είναι η θερμοκρασία των καυσαερίων T_3 από την κανονική θερμοκρασία T_2 εξαρτάται από το πάχος και τη φύση των αποθέσεων.

Η ποσότητα της θερμότητας που χάνεται με τα καυσαέρια στην ατμόσφαιρα εξαρτάται φυσικά εκτός από την αυξημένη θερμοκρασία T_3 και από την ποσότητα των καυσαερίων δηλαδή από την περίσσεια του αέρα.

Για να μειωθούν λοιπόν οι απώλειες θερμότητας με τα καυσαέρια, πρέπει οι επιφάνειες των αυλών και από την πλευρά του νερού και από την πλευρά των καυσαερίων να διατηρούνται καθαρές.

Ο λεβητόλιθος ειδικότερα, εκτός από την καθημερινή οικονομική ζημιά που προκαλεί με την απώλεια θερμότητας με τα καυσαέρια, είναι δυνατό να δημιουργήσει και σοβαρές μηχανικές ζημιές στο λέβητα.

Στη βιβλιογραφία αναφέρονται περιπτώσεις εκρήξεως και πλήρους καταστροφής του λέβητα, από το λεβητόλιθο. Αυτό οφείλεται στις υψηλές θερμοκρασίες που φτάνουν τα μεταλλικά τοιχώματα των αυλών όταν υπάρχει λεβητόλιθος. Η θερμοκρασία αυτή για μεγάλο πάχος λεβητολίθου μπορεί να ξεπεράσει τη μέγιστη επιτρεπτή θερμοκρασία του μετάλλου. Το φαινόμενο αυτό είναι εντονότερο σε λέβητες μεγάλης πίεσης λειτουργίας.

2.1.2. ΟΞΥΓΟΝΟ ΚΑΙ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ΣΤΟΝ ΑΤΜΟ.

Η ύπαρξη οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα στον ατμό, που είναι αποτέλεσμα της κακής επεξεργασίας του νερού τροφοδοσίας έχει δυο συνέπειες:

- Διαβρώσεις.
- Δημιουργία στρώματος αερίων στις επιφάνειες εναλλαγής θερμότητας.

Αυτά και τα δυο είναι δυνατό να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην κατανάλωση καυσίμου.

2.1.2.1. ΔΙΑΒΡΩΣΕΙΣ:

Διαβρώσεις στο λέβητα, τις σωληνώσεις ατμού, τις σωληνώσεις συμπυκνωμάτων και τα μηχανήματα που χρησιμοποιούν ατμό, προκαλούνται από το οξυγόνο και το διοξείδιο του άνθρακα.

Το οξυγόνο μπαίνει στο λέβητα με το νερό τροφοδοσίας, όταν το σύστημα απαέρωσης δεν λειτουργεί ικανοποιητικά, και το διοξείδιο το άνθρακα δημιουργείται στο λέβητα κατά τη διάσπαση των ανθρακικών αλάτων που επίσης μπαίνουν στο λέβητα με το νερό τροφοδοσίας, όταν το σύστημα αποσκλήρυνσης δεν λειτουργεί καλά.

Εκτός από τον παράγοντα ασφαλείας του προσωπικού και των εγκαταστάσεων, οι διαβρώσεις αυτές έχουν πολλές φορές σημαντική επίπτωση στα έξοδα συντήρησης και στην παραγωγικότητα λόγω συχνών σταματημάτων.

2.1.2.2. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΑΕΡΙΩΝ ΣΤΙΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΕΝΑΛΛΑΓΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ:

Όπως ήδη αναφέρθηκε, η ατελής απαέρωση και αποσκλήρυνση του νερού τροφοδοσίας του λέβητα έχει ως αποτέλεσμα την ύπαρξη οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα στο λέβητα. Και στα δυο αυτά αέρια, ακολουθούν τον ατμό στους θερμαντήρες όπου εκτός από τις διαβρώσεις που προκαλούν, δημιουργούν επίσης ένα στρώμα αερίου, το οποίο παρεμβάλλει αντίσταση στη μεταφορά θερμότητας. Συσώρευση των αερίων αυτών σε μανδύες θέρμανσης ή εναλλάκτες που χρησιμοποιούν ατμό προκαλεί επίσης μείωση της θερμοκρασίας υγροποίησης του ατμού (λόγω της μικρότερης μερικής πίεσης) με αντίστοιχη μείωση του ρυθμού μεταφοράς θερμότητας.

2.1.3. ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΜΕ ΤΗΝ ΑΠΟΜΑΣΤΕΥΣΗ

Οι θερμικές απώλειες με την απομάστευση, που φυσιολογικά έχει ένας λέβητας με καλή κατεργασία του νερού τροφοδοσίας, δεν είναι μεγάλες. Αλλά πολλές φορές πλημμελής κατεργασία του νερού τροφοδοσίας, οδηγεί στην ανάγκη αυξημένης απομάστευσης με σημαντικές απώλειες νερού και θερμότητας.

2.1.4. ΠΑΡΑΣΥΡΣΗ

Στην περίπτωση που η κατεργασία του νερού τροφοδοσίας λεβήτων είναι πλημμελής, μπορεί να προκαλείται αφρισμός στο λέβητα με αποτέλεσμα να παρασύρονται σταγόνες που εξατμίζονται αφήνοντας άλατα στον ατμό. Τα άλατα αυτά προκαλούν διαβρώσεις αλλά κυρίως αποβάλλονται στα πτερύγια των ατμοστροβίλων δημιουργώντας λειτουργικά προβλήματα.

Ο αφρισμός είναι εντονότερος σε περιόδους αυξημένης ατμοπαραγωγής. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίδεται στην απομάκρυνση λιπαντικών ουσιών από τα συλλεγόμενα συμπυκνώματα ατμού τα οποία επανατροφοδοτούνται στο λέβητα.

2.2.ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

Οι απαιτήσεις συντήρησης εξαρτώνται άμεσα από τις συνθήκες λειτουργίας της εγκατάστασης καθώς και από

- Την ποιότητα του τροφοδοτικού νερού.
- Την ποιότητας καύσης.

Καλής ποιότητας νερό τροφοδοσίας αυξάνει τη διαθεσιμότητα της εγκατάστασης μειώνοντας τη διάβρωση των διαφόρων τμημάτων καθώς και τις επικαθίσεις αλάτων σε αυτά.

Η συνεχής ή περιοδική παρακολούθηση της ποιότητας του νερού , που μπορεί να πραγματοποιηθεί με την μέτρηση κάποιων χαρακτηριστικών δεικτών, παρέχει τη δυνατότητα προσθήκης όλων των απαραίτητων χημικών ενώσεων στις απαιτούμενες ποσότητες για την επεξεργασία του. Στην πράξη όμως αναπόφευκτα παρατηρείται τόσο επικαθιση αλάτων όσο και διάβρωση στις επιφάνειες.

Ο καθαρισμός του κυκλώματος από τις αποθέσεις αλάτων και κυρίως ανθρακικού ασβεστίου, μπορεί να πραγματοποιηθεί με πλύσιμο αυτού με κατάλληλο διάλυμα οξέος. Στην πράξη, συνήθως, συνήθως χρησιμοποιείται αραιό διάλυμα υδροχλωρικού οξέως (5-6%) με την προσθήκη σε αυτό κατάλληλου αδρανοποιητή οξέως για την προστασία των μεταλλικών επιφανειών. Η απόπλυση εκτελείται με τη βοήθεια αντλίας ανθεκτικής σε οξέα μόνο στο τμήμα που χρειάζεται καθαρισμό απομονώνοντας τα άλλα τμήματα και ειδικότερα αυτά που είναι ευαίσθητα στη δράση οξέων. Για καλό καθαρισμό, η αντλία πρέπει να εξασφαλίζει ταχύτητα διαλύματος στο κύκλωμα 0.8-1.2 m/s και συνεχή ανακυκλοφορία για 6 έως 12 ώρες. Μετά το πέρας του καθαρισμού με οξύ απαιτείται ξέπλυμα του τμήματος με διάλυμα καυστικής σόδας.

Όταν ο ατμοπαραγωγός πρόκειται να σταματήσει την λειτουργία του για αρκετό χρονικό διάστημα, απαιτείται η προστασία του από διαβρώσεις. Στην πράξη, ακολουθούνται δύο διαφορετικές μέθοδοι συντήρησης ανάλογα με το αν ο ατμολέβητας θα παραμείνει γεμάτος με νερό ή όχι:

- Υγρή συντήρηση. όπου ο ατμολέβητας παραμένει πληρωμένος με νερό. Σε μία τέτοια περίπτωση απαιτείται η πλήρωση του με επεξεργασμένο νερό αυξημένης αλκαλικότητας λαμβάνοντας όλα τα

μέτρα για πλήρη στεγανότητά του και προστασία από παγετό ή υψηλές θερμοκρασίες.

- Ξηρή συντήρηση. Όπου ο ατμολέβητας παραμένει χωρίς νερό. Στην περίπτωση αυτή πρέπει να αδειάσει πλήρως από το νερό αλλά και από τυχόν υγρασία η οποία απομακρύνεται με τη βοήθεια κατάλληλων χημικών ενώσεων. Μετά τον καθαρισμό του ο ατμολέβητας πρέπει να κλείσει αεροστεγώς αφήνοντας μέσα σε αυτόν δοχείο με CaCl_2 καθ'όλη τη διάρκεια της διακοπής λειτουργίας.

Παραρτήματα

Προσοχές

Εγκατάσταση

Επιμέλεια του

Κατασκευαστή

Προς εκτός

Ευρωπαϊκή Ένωση

ΕΝΕΡΓΕΙΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ

2.3.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα παραπάνω είναι προφανές ότι η σωστή επεξεργασία του νερού τροφοδοσίας λεβήτων, αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την εξοικονόμηση καυσίμου. Το είδος της κατεργασίας του νερού εξαρτάται από την πίεση του λέβητα και τη χημική ανάλυση του ακατέργαστου νερού. Η εκλογή της κατάλληλης μεθόδου επεξεργασίας αποτελεί το πρώτο βήμα, που είναι όμως απαραίτητο να ακολουθείται από τη σωστή εφαρμογή της για ικανοποιητικά αποτελέσματα. Η ποιότητα του νερού τροφοδοσίας θα πρέπει να εξασφαλίζεται με περιοδικές αναλύσεις τόσο του ακατέργαστου όσο και του κατεργασμένου νερού. Ένα συνηθισμένο και αρκετά επικίνδυνο φαινόμενο είναι η αλλαγή της συστάσεως του νερού παρόλο που προέρχεται από την ίδια πηγή. Το φαινόμενο αυτό προκαλεί δυσάρεστες εκπλήξεις και σε πολλές περιπτώσεις σοβαρές ζημιές, εκτός από τη μείωση του βαθμού απόδοσης του λέβητα για μεγάλα χρονικά διαστήματα.

2.4. ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΤΩΝΩΣΗ ΑΤΜΟΥ.

Όπως αναφέρθηκε στα προηγούμενα, στις διεργασίες επιδιώκουμε την τροφοδότηση ατμού με τη μικρότερη δυνατή πίεση. Ο λέβητας όμως λειτουργεί σε σταθερή πίεση η οποία καθορίζεται από τη διεργασία που απαιτεί την υψηλότερη θερμοκρασία στο εργοστάσιο όπως και από τις ανάγκες για παραγωγή έργου. Για τη μείωση της πίεσης από την πίεση παραγωγής του λέβητα στην οικονομικότερη πίεση διανομής και χρήσης του ατμού χρησιμοποιούνται μειωτήρες πίεσης ατμού (βαλβίδες εκτόνωσης). Κατά την εκτόνωση παράγεται ατμός ίσης ενθαλπίας, υπέρθερμος ή με μικρότερο ποσοστό υγρασίας, υπάρχουν όμως αναπόφευκτα απώλεια εξέργειας.

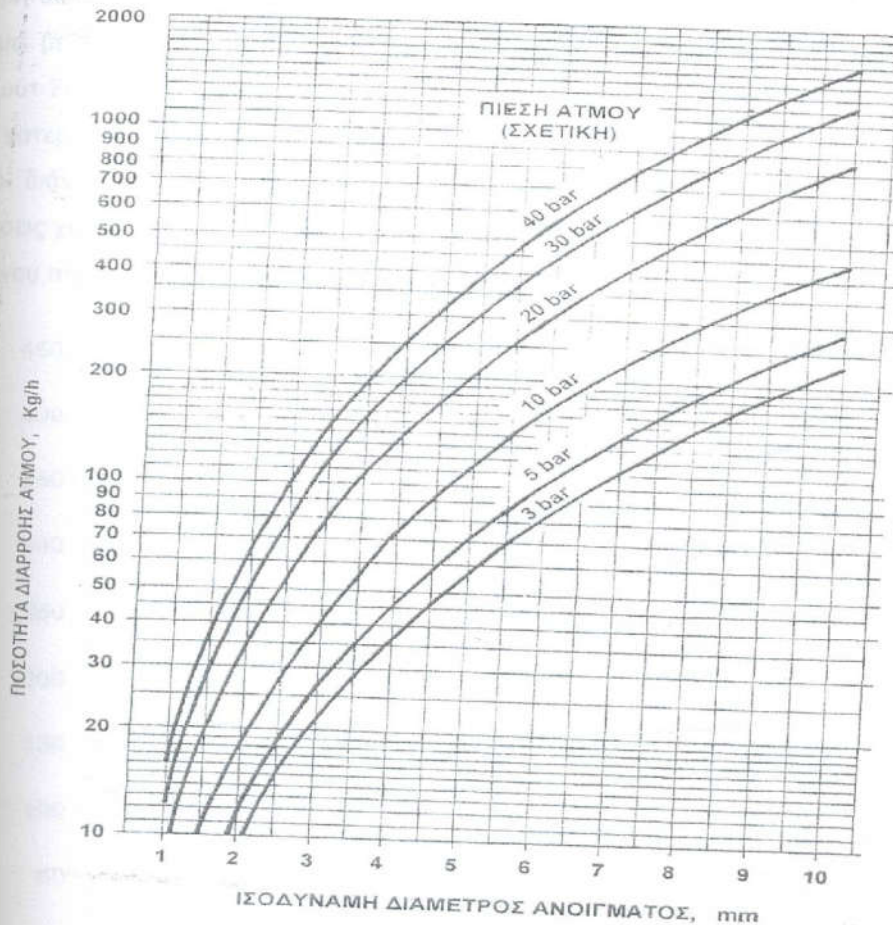
Η εκτόνωση λοιπόν του ατμού από υψηλότερη σε χαμηλότερη πίεση πρέπει να αποφεύγεται γιατί αυτό αναπόφευκτα οδηγεί σε απώλεια χρήσιμου έργου. Όταν η εκτόνωση είναι απαραίτητη θα πρέπει να διερευνάται η δυνατότητα εκτόνωσης με σύγχρονη εκμετάλλευση του έργου πίεσης που μπορεί να δώσει ο ατμός και σαν τελευταία λύση να αποφασίζεται η εγκατάσταση βαλβίδας εκτόνωσης. Η εκτόνωση του ατμού μέσω ενός ατμοστρόβιλου με σύγχρονη παραγωγή μηχανικού έργου (που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε για παραγωγή ηλεκτρισμού είτε για κίνηση) αποτελεί την άριστη λύση. Αυτό δεν είναι πάντα εύκολο ιδίως σε μικρές βιομηχανίες. Γιατί, τις περισσότερες φορές, ούτε πρακτική είναι η εγκατάσταση ατμοστρόβιλου όπου χρειάζεται μείωση της πίεσης του ατμού, ούτε και οικονομικά σκόπιμη λόγω του υψηλού αρχικού κόστους της επένδυσης. Σε μεγαλύτερες εγκαταστάσεις όμως, μπορεί με τον τρόπο αυτό να επιτευχθεί σημαντική οικονομία.

2.4.1. ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΚΑΙ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΔΙΑΡΡΟΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΝΟΜΗ ΑΤΜΟΥ.

Οι απώλειες από διαρροές ατμού ή θερμότητας κατά τη μεταφορά του ατμού από τον ατμολέβητα προς τα σημεία καταναλώσεώς του, θεωρούνται συνήθως μικρές αλλά η αλήθεια είναι πως σε εγκαταστάσεις με κακή συντήρηση μπορεί να αντιπροσωπεύουν σημαντικά ποσά καυσίμου.

Το διάγραμμα του σχήματος 2.3 δίνει την ποσότητα του ατμού που

διαφεύγει από άνοιγμα γνωστής ισοδύναμης διαμέτρου.



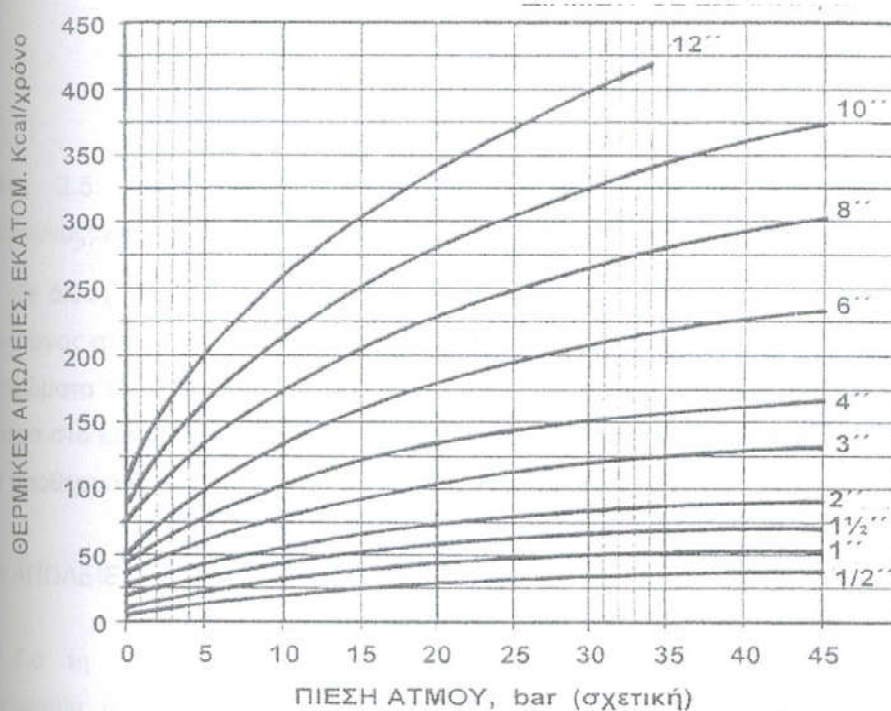
ΣΧΗΜΑ 2.3: Εκτίμηση της ποσότητας ατμού που διαφεύγει από σπή δεδομένης διατομής.

Σε μια βιομηχανική εγκατάσταση τα σημεία που συχνότερα παρατηρούνται διαρροές ατμού είναι:

- Κακή στεγανοποίηση συνδέσεων.
- Ασφαλιστικές δικλίδες των ατμολεβητών.
- Καταστραμμένες φλάντζες σωληνώσεων ή στυπιοθλίπτες βανών.
- Ατμοπαγίδες που δεν λειτουργούν σωστά.
- Σταματημένα μηχανήματα που οι βάνες απομονώσεως τους έχουν διαρροή κ.λ.π.

Αν όλες οι διαρροές αυτές δίνουν αθροιστικά μια ισοδύναμη διάμετρο ανοίγματος έστω 5 χιλιοστά και χρησιμοποιείται ατμός πίεσεως 20bar, οι συνολικές απώλειες ατμού, όπως φαίνεται από το διάγραμμα του σχήματος 17 είναι περίπου 210Kg την ώρα. Αυτό για 7500 ώρες λειτουργίας το χρόνο ισοδυναμεί με 110 τόνους μαζούτ το χρόνο (απόδοση λέβητα 85%) αξίας (με τιμή μαζούτ 200 Ευρώ / τόνο) 22.000 Ευρώ περίπου, χωρίς να υπολογιστεί η αξία του κατεργασμένου νερού που χάνεται.

Το διάγραμμα του σχήματος 2.4 δίνει τις θερμικές απώλειες από σωληνώσεις χωρίς μόνωση, για μήκος 10 μέτρα, με παραμέτρους την πίεση του κορεσμένου ατμού και τη διατομή του σωλήνα.

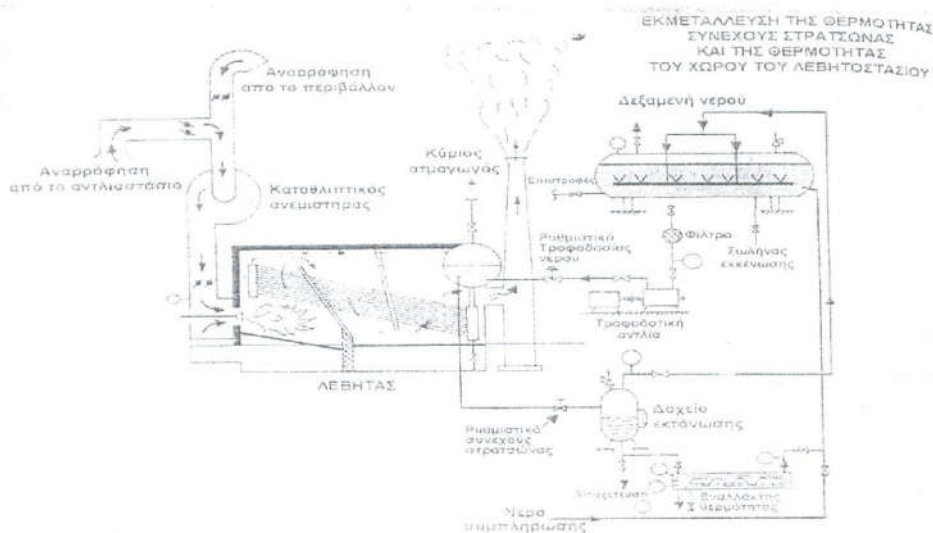


ΣΧΗΜΑ 2.4: Θερμικές απώλειες από σωλήνα χωρίς μόνωση μήκους 10 μέτρων.

2.4.2. ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ

Οι απώλειες από τα τοιχώματα μπορούν εύκολα να περιοριστούν με την κατάλληλη μόνωση. Ένας τρόπος αξιοποίησης μέρους της θερμότητας που χάνεται από τα τοιχώματα παρουσιάζεται στο σχήμα 2.5. Η διάταξη αυτή μπορεί να εφαρμοστεί όταν ο λέβητας είναι εγκατεστημένος σε ένα κλειστό χώρο, οπότε

ο αέρας που τροφοδοτείται στο λέβητα προέρχεται από τον ίδιο χώρο, όπου έχει υποστεί κάποια προθέρμανση.



ΣΧΗΜΑ 2.5: Εκμετάλλευση της θερμότητας συνεχούς απομάστευσης (στρατσώνας) και της θερμότητας του χώρου του λεβητολίθου.

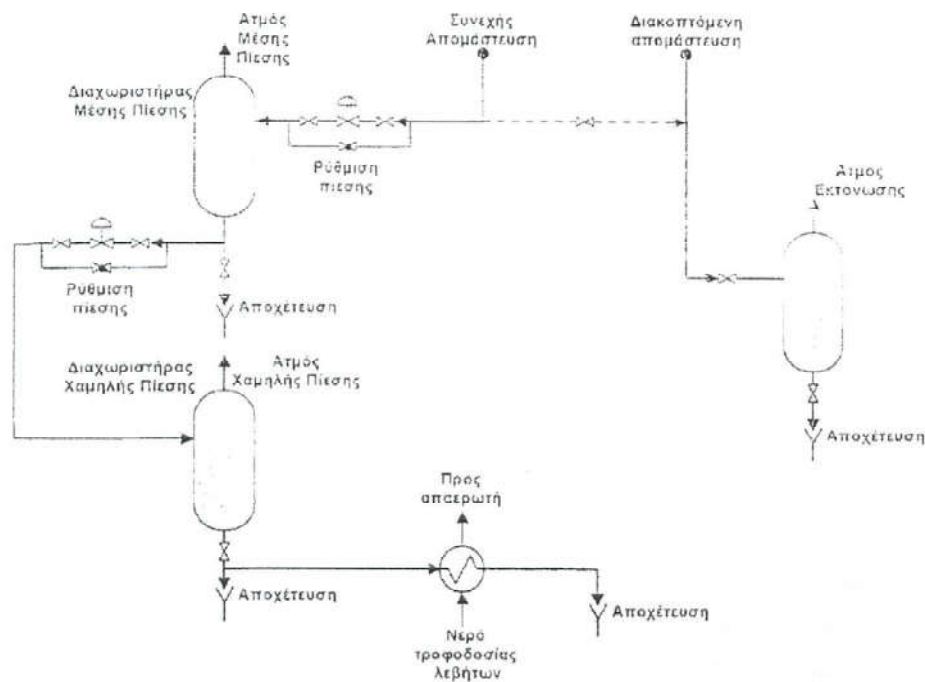
Σε άλλες περιπτώσεις είναι δυνατό να εγκατασταθεί γύρω από το λέβητα ένα κέλυφος από λαμαρίνα τοποθετημένη σε απόσταση μερικών εκατοστών από τα τοιχώματα του λέβητα. Ο αέρας που τροφοδοτείται στον ατμολέβητα περνάει ανάμεσα στο κέλυφος και στα εξωτερικά τοιχώματα του λέβητα και με τον τρόπο αυτό προθερμαίνεται.

2.4.3. ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟΜΑΣΤΕΥΣΗΣ

Για τη μείωση της απομάστευσης βασική σημασία έχει η σωστή επεξεργασία του νερού τροφοδοσίας του λέβητα. Η επεξεργασία του νερού επηρεάζει με πολλούς τρόπους το βαθμό αποδόσεως του λέβητα, γι' αυτό και εξετάζεται ιδιαίτερα παρακάτω.

Σε μεγάλες μονάδες ατμοπαραγωγής όπου ο λέβητας λειτουργεί σε υψηλή πίεση συμφέρει η εκμετάλλευση της ενέργειας του νερού απομάστευσης. Το νερό αυτό είναι κορεσμένο στην πίεση λειτουργίας του λέβητα, έχει συνεπώς σημαντική ενέργεια που αξιοποιείται με εκτόνωση και χρήση του ατμού, συνήθως μέσα στο ίδιο το λεβητοστάσιο.

Στο σχήμα 2.5 φαίνεται η εγκατάσταση ενός συστήματος για την ανάκτηση μέρους της θερμότητας της στρατσώνας με προθέρμανση του νερού τροφοδοσίας του λέβητα. Η εκτόνωση του συμπυκνώματος γίνεται σε πίεση λίγο πάνω από την ατμοσφαιρική. Ο ατμός χρησιμοποιείται για την απαέρωση και προθέρμανση του νερού τροφοδοσίας ενώ το υγρό οδηγείται σε εναλλάκτη όπου αποβάλλει θερμότητα προθερμαίνοντας επίσης το νερό τροφοδοσίας.



ΣΧΗΜΑ 2.6: Σύστημα απομάστευσης ατμολέβητα υψηλής πίεσης.

Στο σχήμα 2.6 φαίνεται παρόμοια διάταξη εκμετάλλευσης ενέργειας του νερού απομάστευσης σε ένα λέβητα υψηλής πίεσης. Εδώ η εκτόνωση γίνεται σε δυο στάδια. Στον πρώτο διαχωρισμό παράγεται ατμός μέσης πίεσης ο οποίος χρησιμοποιείται είτε για κίνηση των μηχανημάτων του λεβητοστασίου είτε για την προθέρμανση του νερού τροφοδοσίας του λέβητα. Το υγρό από τον πρώτο διαχωριστήρα εκτονώνεται περαιτέρω στο διαχωριστήρα χαμηλής πίεσης, ο ατμός χαμηλής πίεσης, όπως και στο σύστημα του σχήματος 5,10 χρησιμοποιείται στον απαερωτή ενώ το συμπύκνωμα οδηγείται σε εναλλάκτη για την προθέρμανση του νερού τροφοδοσίας του απαερωτή.

2.4.4.ΕΞΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ

Με τους τρόπους που αναφέραμε μπορούμε να μειώσουμε τις θερμικές απώλειες από το λέβητα προς το περιβάλλον, όχι όμως και τις απώλειες εξέργειας που οφείλονται στις αναντιστρεπτότητας. Για τη βελτίωση της εξεργειακής απόδοσης θα πρέπει να περιοριστούν οι αναντιστρεπτότητες της αντίδρασης καύσης και της διεργασίας μεταφοράς θερμότητας.

Η αναντιστρεπτότητα της αντίδρασης περιορίζεται όσο αυξάνεται η θερμοκρασία της φλόγας. Αυτό επιτυγχάνεται:

- Με τον περιορισμό της περίσσειας αέρα καύσης.
- Με προθέρμανση του αέρα ή και του καυσίμου.
- Με χρήση καθαρού οξυγόνου ή αέρα εμπλουτισμένο σε οξυγόνο.

Σημειώνεται ότι η αύξηση της θερμοκρασίας της φλόγας συνοδεύεται εν γένει από την αύξηση της ρύπανσης λόγω παραγωγής κατά την καύση οξειδίων του αζώτου (NO_x). Το μειονέκτημα αυτό όμως μπορεί να αντιμετωπιστεί με τη χρήση ειδικών καυστήρων χαμηλών εκπομπών NO_x

Η αναντιστρεπτότητα στη μεταφορά θερμότητας περιορίζεται με αύξηση της θερμοκρασίας του ρευστού που παραλαμβάνει θερμότητα δηλαδή του ατμού, Καλύτερη εξεργειακή απόδοση έχουμε επομένως όσο αυξάνει η πίεση άρα και η θερμοκρασία του παραγόμενου ατμού. Η παραγωγή υπέρθερμου ατμού βελτιώνει επίσης την εξεργειακή απόδοση. Αν στο λέβητα παράγεται ατμός χαμηλής πίεσης η εξεργειακή απόδοση θα είναι αναγκαστικά χαμηλή.

Με την αύξηση της θερμοκρασίας της φλόγας δεν επιτυγχάνεται συνολική βελτίωση της εξεργειακής απόδοσης επειδή επιτυγχάνεται μεν ελάττωση της αναντιστρεπτότητας της αντίδρασης αλλά παράλληλα αυξάνει η αναντιστρεπτότητα μεταφοράς θερμότητας. Αυτό όμως είναι σημαντικό για το κόστος της εγκατάστασης επειδή όσο αυξάνει η διαφορά θερμοκρασίας καυσαερίων-νερού ελαττώνεται η απαιτούμενη επιφάνεια εναλλαγής των αυλών, άρα και το κόστος επένδυσης.

Σύμφωνα με τα παραπάνω καλή εξεργειακή απόδοση επιτυγχάνεται μόνο με την παραγωγή υπέρθερμου ατμού υψηλής πίεσης. Ο ατμός αυτός χρησιμοποιείται ως επί το πλείστον σε πρώτη φάση για κίνηση και παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Ατμός χαμηλής και μέσης πίεσης για τις θερμικές ανάγκες

της βιομηχανίας μπορεί να παραχθεί με καλή εξεργειακή απόδοση από την εκτόνωση του ατμού υψηλής πίεσης σε στροβίλους αντίθλιψης όπου η εκτόνωση γίνεται σε πίεση υψηλότερη της ατμοσφαιρικής. Συστήματα αυτής της μορφής έχουν πλέον επικρατήσει στις μεγάλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Αναλυτικότερα τα συστήματα συμπαραγωγής θερμότητας και έργου.

2.4.5. ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ

Οι θερμικές απώλειες με τα καυσαέρια είναι πολύ μεγαλύτερες από τις απώλειες με τη στρατσώνα ή από τα τοιχώματα του λέβητα. Για τη μείωση των απωλειών με τα καυσαέρια και τη βελτίωση του θερμικού βαθμού απόδοσης του ατμολέβητα ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο της καύσης. Η βελτιστοποίηση της περίσσειας του αέρα καύσης θα πρέπει να αποτελέσει και τη βασική επιδίωξη.

2.5.ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

Όπως αναφέρθηκε ήδη οι βασικές αιτίες απωλειών θερμότητας από τον ατμολέβητα είναι τα καυσαέρια, το νερό της στρατσώνας και οι απώλειες από τα τοιχώματα, ενώ οι μεγαλύτερες απώλειες εξέργειας εντοπίζονται στις αντιστρεπτότητες της καύσεως και της μεταφοράς θερμότητας.

2.5.1.ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ

Πλην του περιορισμού της μάζας του αέρα καύσης, εξοικονόμηση επιτυγχάνεται και με την εκμετάλλευση της θερμότητας των καυσαερίων ώστε να οδηγούνται στην καμινάδα σε κατά το δυνατόν χαμηλή θερμοκρασία. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως η θερμότητα των καυσαερίων χρησιμοποιείται συνήθως στη διεργασία της ατμοπαραγωγής για την προθέρμανση του νερού τροφοδοσίας και του αέρα καύσης. Η ελάχιστη θερμοκρασία των καυσαερίων αμέσως πριν από την καμινάδα καθορίζεται μετά από τεχνικοοικονομική ανάλυση λαμβάνοντας υπόψη τους εξής περιορισμούς:

➤ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ ΥΔΡΑΤΜΩΝ.

Η θερμοκρασία δεν πρέπει να πλησιάζει το σημείο δρόσου των καυσαερίων. Αυτό έχει ως κίνδυνο της απόθεσης υγρασίας πάνω στις ψυχρές επιφάνειες εναλλαγής όπου, λόγω του διαλυμένου διοξειδίου του άνθρακα, προκαλείται διάβρωση. Επισημαίνεται ότι η θερμοκρασία της επιφάνειας εναλλαγής είναι σημαντικά χαμηλότερη από τη θερμοκρασία της κύριας μάζας των καυσαερίων. Το πρόβλημα είναι εντονότερο όταν η περιεκτικότητα σε θείο του καυσίμου είναι υψηλή οπότε πλην του διοξειδίου του θείου σχηματίζονται και μικρά ποσά τριοξειδίου του θείου. Το SO_3 σχηματίζει στο συμπύκνωμα θειικό οξύ το οποίο εκτός του ότι είναι πολύ διαβρωτικό ανεβάζει σημαντικά το σημείο δρόσου υποβοηθώντας τη συμπύκνωση υδρατμών ακόμη και σε σχετικά υψηλή θερμοκρασία. Για το λόγο αυτό όταν χρησιμοποιούνται στερεά καύσιμα με μεγάλη περιεκτικότητα σε θείο η ελάχιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία των καυσαερίων είναι σχετικά υψηλή. Αντίθετα με τα αέρια καύσιμα είναι δυνατή πληρέστερη εκμετάλλευση της θερμότητας των καυσαερίων.

➤ ΕΛΚΥΣΜΟΣ.

Όταν ο καυστήρας είναι φυσικής κυκλοφορίας τα καυσαέρια πρέπει να

διατηρούν κατά την είσοδο τους στην καμινάδα αρκετά υψηλή θερμοκρασία ώστε να υπάρχει το απαιτούμενο κενό για την εισαγωγή του αέρα καύσης. Σε κάθε περίπτωση ο φυσικός ελκυσμός δεν επαρκεί όταν χρησιμοποιούνται διατάξεις ανάκτησης της θερμότητας των καυσαερίων όπως ο προθερμαντήρας αέρα. Έτσι όταν γίνεται ανάκτηση της θερμότητας των καυσαερίων χρησιμοποιείται ανεμιστήρας για την προσαγωγή του αέρα καύσης ή/και την απομάκρυνση των καυσαερίων οπότε και ο περιορισμός αυτός δεν υφίσταται.

➤ **ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΕΝΑΛΛΑΓΗΣ.**

Τα καυσαέρια, λόγω της μικρής τους πυκνότητας, έχουν μικρό συντελεστή μεταφοράς θερμότητας με συναγωγή. Για το λόγο αυτό η επιφάνεια εναλλαγής που απαιτείται για την ανάκτηση της θερμότητάς τους αυξάνει υπερβολικά καθώς ελαττώνεται η θερμοκρασία τους και περιορίζεται η διαφορά θερμοκρασίας στον εναλλάκτη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:
ΜΕΤΡΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

3.1. ΜΕΤΡΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη στο σχεδιασμό της εγκατάστασης ατμού.

Η μείωση του κόστους λειτουργίας της εγκατάστασης επιτυγχάνεται σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό με την καλύτερη δυνατή εκμετάλλευση τόσο της θερμότητας που εκλύεται από το μέσο θέρμανσης όσο και της μεταφερόμενης θερμότητας από το εργαζόμενο μέσο. Η εξοικονόμηση ενέργειας ξεκινάει πολύ απλά με την τοποθέτηση της απαραίτητης μόνωσης σε όλα τα τμήματα που μεταφέρουν ατμό και συμπυκνώματα, καθώς επίσης και με το συνεχή έλεγχο της κανονικής λειτουργίας χωρίς διαφυγές, των ατμοπαγίδων και των λοιπών εξαρτημάτων. Πριν όμως από κάθε προσπάθεια μείωσης του ενεργειακού κόστους με πολύπλοκα μέτρα και διατάξεις, πρέπει να γίνει επακριβής προσδιορισμός της κατάστασης της βιομηχανικής μονάδας, από την άποψη των θέσεων όπου καταναλώνεται ενέργεια και των ποσοτήτων της ενέργειας αυτής.

Ο προσδιορισμός των ενεργειακών καταναλώσεων επιτυγχάνεται με:

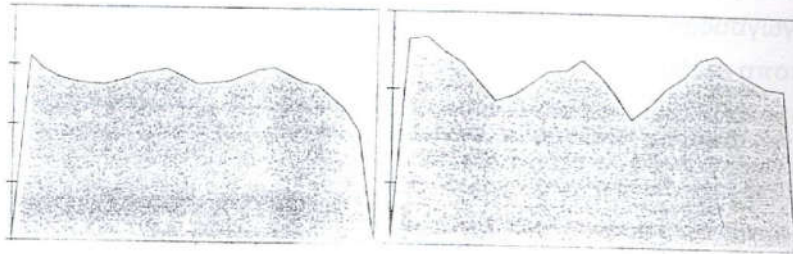
- Μέτρηση των καταναλώσεων των διαφόρων μορφών ενέργειας και εξάρτηση αυτών από την παραγωγή.
- Προσδιορισμός της συμπεριφοράς των διαφόρων συστημάτων παραγωγής ή ακόμα και μεμονωμένων μηχανημάτων κατά τη λειτουργία.

Πραγματική βοήθεια για μια τέτοια αξιολόγηση προσφέρουν :

- Η εξέταση της ενεργειακής συμπεριφοράς των μηχανών και εγκαταστάσεων, π.χ. οι χρονικές καταναλώσεις, η κατάσταση λειτουργίας, η χρονική χρησιμοποίηση θερμικών μηχανών, βαθμός φόρτισης των μηχανών, οι ταυτοχρονισμοί κ.λ.π.
- Η δημιουργία, διατήρηση και αξιολόγηση πρωτοκόλλων μετρήσεων, με τη βοήθεια των οποίων θα σχηματιστούν διαγράμματα ροής ενέργειας και παραγωγής στα εκάστοτε χρονικά διαστήματα.

Τα διαγράμματα αυτά επιτρέπουν τη διαπίστωση της παραγωγής και της κατανάλωσης ηλεκτρικής ή θερμικής ενέργειας, δίνοντας ταυτόχρονα τη δυνατότητα διαπίστωσης ενδεχόμενων πρόσθετων απωλειών που δημιουργήθηκαν κατά το χρονικό διάστημα της παρατήρησης ή ακόμα της

αντιοικονομικότητας ενός είδους της παραγωγής που θα αποδειχτεί μεγάλος καταναλωτής ενέργειας.



ΣΧΗΜΑ 3.1: Διάγραμμα καταναλώσεων ατμού.

Τα διαγράμματα αυτά επιτρέπουν τη διαπίστωση της παραγωγής και της κατανάλωσης ηλεκτρικής ή θερμικής ενέργειας, δίνοντας τη δυνατότητα διαπίστωσης ενδεχομένων πρόσθετων απωλειών που δημιουργήθηκαν κατά το χρονικό διάστημα παρατήρησης ή ακόμα της αντιοικονομικότητας ενός είδους της παραγωγής που θα αποδειχτεί μεγάλος καταναλωτής ενέργειας.

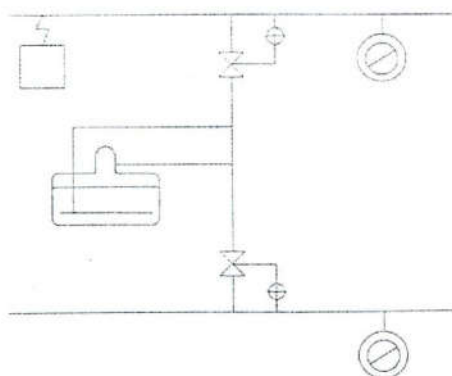
Προϋπόθεση για τη δημιουργία των προαναφερθέν γραμμάτων τόσο της παραγωγής όσο και της κατανάλωσης είναι η διάθεση των κατάλληλων οργάνων μέτρησης. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονισθεί ότι δεν είναι απαραίτητη η τοποθέτηση οργάνων μεγάλης ακρίβειας, που είναι δαπανηρά, περισσότερο πολύπλοκα και ευπαθή, αλλά αρκούν όργανα μέτρησης και εγγραφής διαφόρων μεγεθών με ακρίβεια περίπου που 0.1-0.5 %. Η τοποθέτηση οργάνων μέτρησης σε κάθε τμήμα του εργοστασίου επιτρέπει την ορθή κατανομή του ενεργειακού κόστους στο παραγόμενο προϊόν και ακόμα, στην περίπτωση που μια μηχανή παράγει προϊόντα διαφορετικού είδους και ποιότητας, τον προσδιορισμό του ασύμφουρου προϊόντος που με το κόστος του θα επιβαρύνει όλα τα υπόλοιπα προϊόντα της μηχανής ή της επιχείρησης.

3.1.1. ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ ΑΤΜΟΥ.

Υπάρχει εξάρτηση του βαθμού απόδοσης από το φορτίο του ατμοπαραγωγού, οπότε είναι προφανής η προσπάθεια και η επιθυμία διατήρησης της ατμοπαραγωγής σε σταθερό φορτίο. Σε μεγάλο αριθμό

βιομηχανιών παρουσιάζονται αιχμές ζήτησης του ατμού οφειλόμενες σε περιοδικό ταυτοχρονισμό της κατανάλωσης ή διακοπές επί μέρους διεργασιών.

Η φόρτιση του ταμιευτήρα επιτυγχάνεται με προσαγωγή ατμού μεγαλύτερης πίεσης από επιθυμητή πίεση ατμού. Ως μέσο αποταμίευσης χρησιμοποιείται νερό.



ΣΧΗΜΑ 3.2: Τοποθέτηση του ταμιευτήρα ατμού στο κύκλωμα.

Εάν η ανάγκη σε ατμό χαμηλής πίεσης είναι συνεχής ενώ οι ανάγκες σε ατμό υψηλής πίεσης μεταβάλλονται, τότε ο επιλεγμένος ατμός δεν προσλαμβάνεται από το δίκτυο χαμηλής πίεσης και την τροφοδότηση την αναλαμβάνει ο ταμιευτήρας.

Με τον τρόπο αυτό λειτουργίας προκύπτει σημαντική οικονομία αφού:

- Ο ατμοπαραγωγός εργάζεται με τον καλύτερο βαθμό απόδοσης του, χωρίς αυξομείωση της ζήτησης ατμού που έχει σαν αποτέλεσμα την συνεχή μεταβολή της σχέσης καυσίμου αέρα.
- Αποφεύγεται η τοποθέτηση δεύτερου ατμοπαραγωγού για την κάλυψη των αιχμών ζήτησης.
- Υπάρχει ταμιευμένος ατμός χαμηλής πίεσης ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί αμέσως

Η ακριβής γνώση της χρονικής ζήτησης ατμού είναι απαραίτητο στοιχείο για τη μελέτη της οικονομικής λειτουργίας μιας τέτοιας εγκατάστασης. Μια θερμική μηχανή ή ένα ολόκληρο εργοστάσιο μπορούν να ταξινομηθούν σε μία από τις τρεις περιπτώσεις :

1. Ομοιόμορφη κατανάλωση ατμού χωρίς διακοπή της παροχής του. Τέτοιες περιπτώσεις παρουσιάζονται όταν μία μηχανή ή ομάδες μηχανών εργάζονται συνεχώς κατά τη διάρκεια μιας βάρδιας.

2. Όταν η θερμική μηχανή ή μηχανές εργάζονται μόνο για ορισμένα χρονικά διαστήματα στη διάρκεια μιας βάρδιας.

3. Όταν δεν είναι δυνατός ο προσδιορισμός των καταναλώσεων του ατμού. Το μέγεθος της ζήτησης ατμού καθορίζεται τότε από το πλήθος των διαφόρων μηχανών, τον ταυτοχρονισμό και τη συχνότητα διακοπής της λειτουργίας.

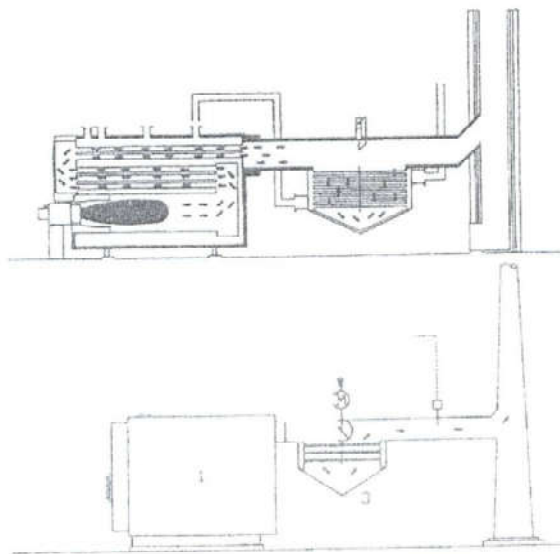
Πριν ληφθεί η απόφαση για την τοποθέτηση και προσδιορισμό των διαστάσεων ενός ταμειυτήρα ατμού πρέπει να εξετάζονται τα διαγράμματα παροχής του ατμού πολλών μηνών για να διαπιστωθούν ενδεχόμενες ομοιομορφίες της εγκατάστασης, που θα επιτρέψουν το χρονικό προσδιορισμό των αναγκών της βιομηχανίας σε ατμό και ενδεχόμενη χρονική μετάθεση της λειτουργίας ορισμένων μηχανών.

3.1.2. ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ

Η μεγαλύτερη απώλεια σε έναν ατμοπαραγωγό είναι η απώλεια καυσαερίων. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι ανάκτησης της διαθέσιμης θερμότητας του καυσαερίου με συνηθέστερο την προθέρμανση του τροφοδοτικού νερού και του αέρα καύσης. Με την εκμετάλλευση μέρους της θερμότητας των καυσαερίων επιτυγχάνεται:

- Μείωση της κατανάλωσης καυσίμου, αφού το τροφοδοτικό νερό εισέρχεται πλέον προθερμασμένο στον ατμοπαραγωγό, με αποτέλεσμα να μην απαιτείται κατανάλωση ενέργειας για την προθέρμανση του.
- Μείωση της κατανάλωσης καυσίμου, αφού με την προθέρμανση του αέρα επιτυγχάνεται καλύτερες συνθήκες καύσης του καυσίμου και παράλληλα αυξάνεται η διαθέσιμη θερμότητα των καυσαερίων στο θάλαμο καύσης.
- Αύξηση του βαθμού απόδοσης του ατμοπαραγωγού αφού επιτυγχάνεται τελικά σημαντική μείωση των απωλειών καυσαερίου.

Η ανάκτηση θερμότητας με τον τρόπο αυτό προϋποθέτει τη διαμόρφωση κατάλληλων επιφανειών συναλλαγής στη διαδρομή των καυσαερίων. Οι επιφάνειες συναλλαγής είναι δυνατόν να τοποθετηθούν και εκτός του ατμοπαραγωγού, γεγονός που δίνει τη δυνατότητα εκμετάλλευσης της θερμότητας των καυσαερίων ακόμα και σε είδη εγκατεστημένες μονάδες.



ΣΧΗΜΑ 3.3.Ενδεικτική τοποθέτηση εξοικονομητήρα μεταξύ λέβητα και καπνοδόχου.

1.Λέβητας, 2.Καυστήρας, 3.Εξοικονομητήρας, 4. θερμοστάτης 5. Πίνακας καυστήρα, 6. Σερβοκινητήρας κλαπέτου, 7. Θερμοστοιχείο, 8. Ρυθμιστής Εξοικονομητήρα, 9. Ειδοποιητής βλάβης, 10. Μεταφορά οριακών σημάτων, 11. Είσοδος νερού τροφοδοσίας λέβητα, 12. Έξοδος ατμού.

3.1.3.ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΑΤΩΝ.

Η θερμότητα που περιέχουν τα συμπυκνώματα φτάνει το 20-25% της θερμότητας που αρχικά προσδίδεται στον ατμό. Η συλλογή των συμπυκνωμάτων δεν εξοικονομεί μόνο νερό τροφοδοσίας του λέβητα αλλά και θερμότητα. Ο ατμός που παράγεται κατά την εκτόνωση συμπυκνωμάτων μεγάλης πίεσης προς χαμηλότερη πίεση αποτελεί ένα οικονομικό μέσο

θέρμανσης.

Ο πιο αποτελεσματικός τρόπος αξιοποίησης των συμπυκνωμάτων τις περισσότερες φορές είναι η επιστροφή τους στο δοχείο του νερού τροφοδοσίας του λέβητα. Με τον τρόπο αυτό αξιοποιείται και το ίδιο το νερό και η θερμότητα του, προθερμαίνοντας το νερό τροφοδοσίας. Βέβαια αν τα συμπυκνώματα έχουν προσμίξεις, όπως λάδια ή σκουριές, θα πρέπει να γίνεται πρώτα καθαρισμός τους.

3.1.4. ΓΕΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΝΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΚΥΚΛΩΜΑ ΑΤΜΟΥ.

Όσα αναφέρθηκαν μέχρι τώρα για την εξοικονόμηση ενέργειας σε κυκλώματα ατμού συνοψίζονται στο σχήμα 3.4.

Βασική προϋπόθεση σ' ένα τέτοιο πρόγραμμα είναι να γνωρίζουμε που καταναλώνεται ατμός και σε ποιες ποσότητες. Χρειάζεται δηλαδή ένα πλήρες ισοζύγιο ατμού. Για το σκοπό αυτό θα πρέπει να κατασκευαστεί πρώτα ένα διάγραμμα διανομής και καταναλώσεως ατμού, και μ' αυτό σαν βάση να γίνει το ισοζύγιο του ατμού.



ΣΧΗΜΑ 3.4: Βασικές αρχές προγράμματος εξοικονόμησης ατμού.

Το διάγραμμα θα πρέπει να περιλαμβάνει το λέβητα τις γραμμές διανομής ατμού, τις βαλβίδες μείωσης της πίεσης, τα κύρια μηχανήματα συλλογής και επιστροφής συμπυκνωμάτων προς το λέβητα κλπ. Ένα τέτοιο διάγραμμα είναι πολύ πιθανό να φέρει στο φως τμήματα σωληνώσεων που τροφοδοτούνται με ατμό χωρίς να χρησιμοποιούνται πια, διακλαδώσεις ατμού άχρηστες ουσιαστικά που απλώς επιμηκύνουν τις σωληνώσεις διανομής, κλπ.

Κατά τον αρχικό αυτό έλεγχο θα πρέπει να γίνει συστηματικός υπολογισμός των ροών ατμού, των διατομών των σωληνώσεων και των τριβών. Σε ορισμένες διαδρομές ίσως είναι αναγκαίο να τοποθετηθεί μια δεύτερη γραμμή παράλληλα με την πρώτη ή ορισμένα τμήματα σωληνώσεων να αφαιρεθούν τελείως. Με την τοποθέτηση μανόμετρων μπορούν να μετρηθούν πιέσεις σε ορισμένα κρίσιμα σημεία και η διαφορά πίεσης να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο ροών και αντιστρόφως. Οι μέγιστες και οι ελάχιστες ροές θα πρέπει να ληφθούν υπόψη στους υπολογισμούς. Οι καταναλώσεις ατμού που υπολογίζονται θα πρέπει να συγκριθούν με αυτές που αναφέρει ο κατασκευαστής για τα διάφορα μηχανήματα. ,

Οι μονώσεις των σωλήνων και μηχανημάτων που χρησιμοποιούν ατμό θα πρέπει να ελεγχθούν και να ενισχυθούν αν αυτό κρίνεται σκόπιμο.

Ένα πρόγραμμα περιοδικού ελέγχου και συντήρησης όλων των ατμοπαγίδων μπορεί να εξοικονομήσει σημαντικά ποσά καυσίμου. Ατμός εκτόνωσης που διαφεύγει στην ατμόσφαιρα πρέπει να αξιοποιηθεί.

Βεβαίως η μεγαλύτερη βαρύτητα του προγράμματος πρέπει να δοθεί στη βελτίωση του βαθμού απόδοσης του ατμολέβητα. Όπως ήδη αναφέρθηκε 2-3% αύξηση του βαθμού απόδοσης του ατμολέβητα μπορεί να εξοικονομήσει περισσότερο καύσιμο απ' ό,τι είναι δυνατό να εξοικονομηθεί σ' όλο το υπόλοιπο κύκλωμα ατμού.

Σ' όλη αυτή την προσπάθεια δεν θα πρέπει να παραγνωρίζεται ο ρόλος του προσωπικού. Η ενημέρωση του προσωπικού σχετικά με το κόστος του ατμού, την επιβάρυνση του κόστους του τελικού προϊόντος από τα έξοδα ατμοπαραγωγής, την ουσιαστική αξία που έχει ένα πρόγραμμα εξοικονομήσεως ατμού και τα αναμενόμενα απ' αυτό οικονομικά αποτελέσματα, όχι μόνο θα βοηθήσει το πρόγραμμα αλλά μπορεί να παίξει αποφασιστικό ρόλο στην επιτυχία ή αποτυχία του.

Τέλος, το να πάρουμε ορισμένα μέτρα δίνοντας μερικές εντολές δεν αρκεί. Η εξοικονόμηση ενέργειας είναι μια συνεχής διαδικασία. Πρέπει σε ορισμένα χρονικά διαστήματα και με βάση κάποιο πρόγραμμα να γίνεται παρακολούθηση των καταναλώσεων και σύγκρισή τους με γνωστές τυπικές καταναλώσεις για ανάλογες εργασίες. Το πρόγραμμα εξοικονόμησης ενέργειας πρέπει να είναι ευέλικτο και να προσαρμόζεται ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας του εργοστασίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:
ΜΕΛΕΤΗ ΕΛ.ΠΕ.



4.1.ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΛ.ΠΕ.

Στην παρούσα εργασία μελετήσαμε το σύστημα ατμού των Ελληνικών Πετρελαίων στην περιοχή της Θεσσαλονίκης. Η εν λόγω εταιρεία είναι μια από τις μεγαλύτερες βιομηχανίες της Βορείου Ελλάδος.

Ο ατμός που παράγεται χρησιμοποιείται για ιδιοκατανάλωση άλλα και ένα μεγάλο μέρος του τροφοδοτεί τις γειτονικές βιομηχανίες όπως τη χημική και τη χαλυβουργική βιομηχανία.

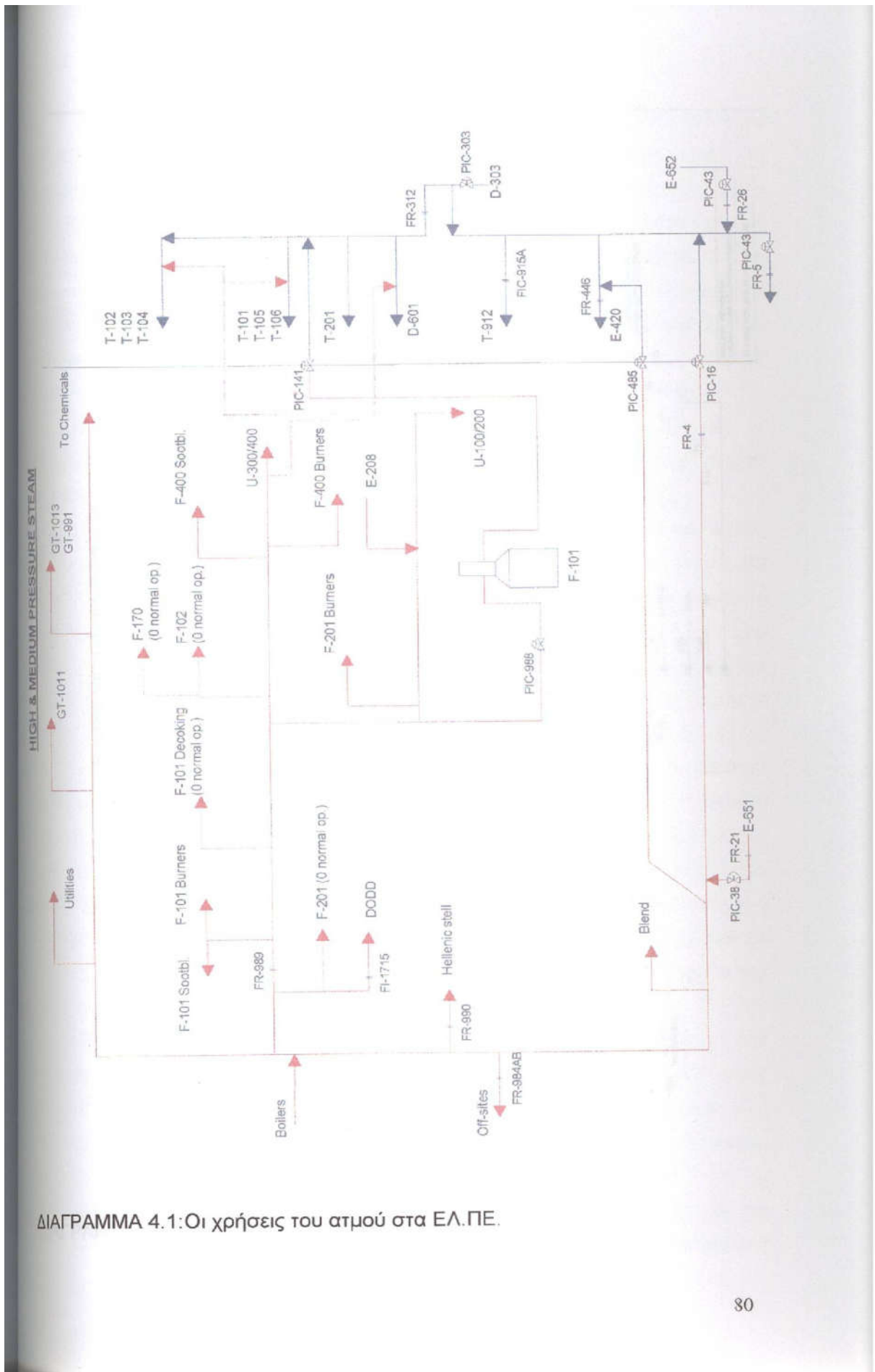
Πιο συγκεκριμένα στα Ελληνικά Πετρέλαια ο ατμός χρησιμοποιείται ως μέσο θέρμανσης τόσο για τις διαδικασίες διύλισης όσο και σαν μέσο θέρμανσης των κτιρίων.

Χρησιμοποιείται επίσης για τη θέρμανση των δεξαμενών όπου συγκεντρώνονται η άσφαλτος, προϊόν διύλισης, και βοηθάει στη διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας έτσι ώστε το υλικό να διατηρεί τη φυσική του κατάσταση και να μην παγώνει, γεγονός που θα καθιστούσε το προϊόν άχρηστο. Παράλληλα χρησιμοποιείται για τη θέρμανση των γραμμών μεταφοράς του μαζούτ όπου παίζει σημαντικό ρόλο για τη διατήρηση της θερμοκρασίας στα επιθυμητά επίπεδα. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, οι ανάγκες για θέρμανση είναι μεγαλύτερες, η χρήση του ατμού συντελεί ώστε να καλυφθούν αυτές οι ανάγκες.

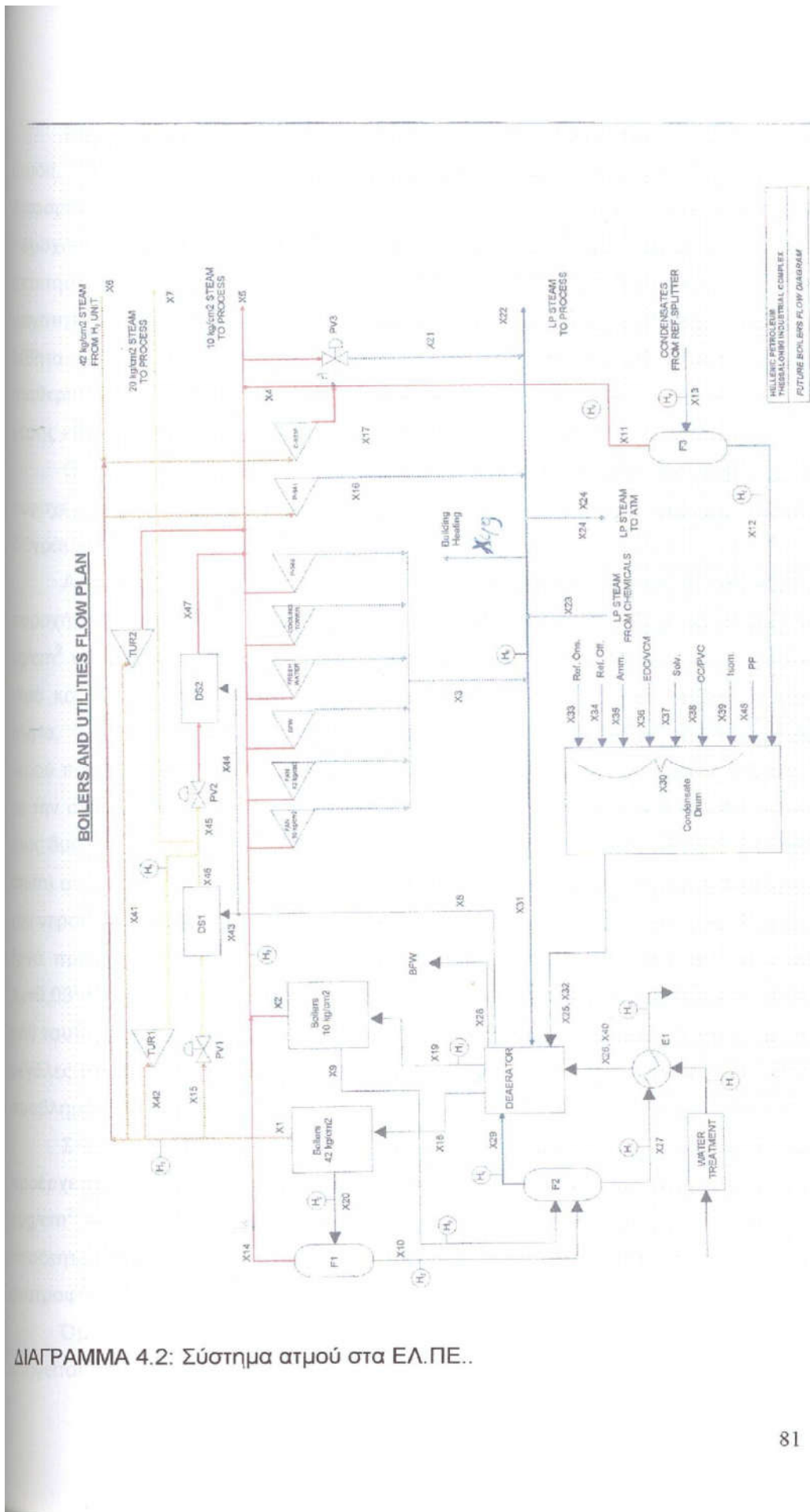
Επιπρόσθετα, η χρήση του είναι βοηθητική για τον καθαρισμό των αυλών του φούρνου από επικαθίσεις. Τόσο στο φούρνο όπου πραγματοποιείται όλη η διαδικασία της παραγωγής του ατμού όσο και στις σωληνώσεις μεταφοράς, έχει παρατηρηθεί ότι μέσα σε ένα χρονικό διάστημα λειτουργίας, αυξάνονται οι επικαθίσεις, ιδίως του κωκ, γεγονός που προκαλεί προβλήματα για την ομαλή λειτουργία του συστήματος. Είναι απαραίτητη η απομάκρυνση των επικαθίσεων και ο ατμός βοηθάει προς αυτή την κατεύθυνση προκαλώντας θερμικό σοκ και έτσι διασπάται το στρώμα του κωκ σε μικρότερα κομμάτια και απομακρύνεται.

Τέλος ο ατμός είναι χρήσιμος και κατά τη διαδικασία της καύσης στους φούρνους. Ο ατμός τροφοδοτείται στο φούρνο μαζί με το μαζούτ, βοηθώντας στην πιο αποδοτική καύση του.

Πιο αναλυτικά στο διάγραμμα 4.1 απεικονίζονται οι διάφορες χρήσεις του ατμού.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.1: Οι χρήσεις του ατμού στα ΕΛ.ΠΕ.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.2: Σύστημα ατμού στα ΕΛ.ΠΕ..

Στο διάγραμμα 4.2 παρουσιάζεται όσο πιο απλά γίνεται το σύστημα ατμού. Για τη διαδικασία της παραγωγής χρησιμοποιούνται δυο λέβητες διαφορετικής ικανότητας όπου ο ένας λειτουργεί με σταθερή παροχή ενώ η παροχή του δεύτερου μεταβάλλεται και αυξομειώνεται ανάλογα με τις απαιτήσεις. Ο πρώτος λέβητας των 42kg/cm^2 , που ονομάζω λέβητα 1, έχει ικανότητα παραγωγής ατμού X_1 ενώ ο άλλος των 10kg/cm^2 που ονομάζω λέβητα 2, έχει ικανότητα παραγωγής X_2 . Η παροχή X_2 τού λέβητα 2 είναι σταθερή ενώ η παροχή του λέβητα 1 αυξομειώνεται. Παράγεται ατμός υψηλής, μέσης και χαμηλής πίεσης 42 kg/cm^2 , 10kg/cm^2 και $1,5\text{kg/cm}^2$ αντίστοιχα.

Ο απαερωτής (deaerator) τροφοδοτεί με νερό τους δυο λέβητες με παροχές X_{18} προς τον πρώτο λέβητα και X_{19} προς τον δεύτερο (βλέπε διάγραμμα 4.2).

Από τον λέβητα 1 παράγεται υπέρθερμος ατμός 42 kg/cm^2 και 420°C παροχής X_1 ενώ από το δεύτερο λέβητα παράγεται υπέρθερμος ατμός 10 kg/cm^2 και 220°C παροχής X_2 . Στους δυο λέβητες το εργαζόμενο μέσο είναι το νερό και όπως είναι φυσικό εμφανίζεται το πρόβλημα των επικαθίσεων από άλατα. Τα άλατα αυτά απομακρύνονται από τους λέβητες με μια ποσότητα νερού που είναι συγκεκριμένη κάθε φορά και ίση με το 3% της αρχικής παροχής με την οποία τροφοδοτείται ο λέβητας. Οι ποσότητες αυτές είναι X_{20} και X_9 για τους δυο λέβητες αντίστοιχα και οδηγούνται προς δυο συσκευές F1 και F2 (flash drum) αντίστοιχα. Με αυτό τον τρόπο απομακρύνονται τα άλατα και η ποσότητα του νερού επιστρέφει ως ατμός με παροχή X_{29} στον απαερωτή και τροφοδοτείται ξανά προς τους λέβητες. Πιο συγκεκριμένα $X_{20}=0,03*X_{18}$, για τον λέβητα 1 και $X_9=0,03*X_{19}$ για το λέβητα 2. Με αυτό τον τρόπο γίνεται εξοικονόμηση του νερού ενώ ταυτόχρονα απομακρύνονται τα άλατα από τους δυο λέβητες, άλατα που σε μεγάλες συγκεντρώσεις θα δημιουργήσουν προβλήματα επικαθίσεων και τελικά προβλήματα λειτουργίας.

Στο F1 εισάγεται ποσότητα νερού με παροχής X_{20} , ποσότητα που προέρχεται από το λέβητα 1, και απομακρύνεται από τη μια μεριά ατμός 10g/cm^2 και 182°C με παροχή X_{14} και από την άλλη νερό με παροχή X_{10} , ποσότητα που οδηγείται προς τον απαερωτή (deaerator) μέσω του F2 για να ανατροφοδοτηθεί προς τους λέβητες.

Όμοια από το λέβητα 2 απομακρύνεται ποσότητα παροχής X_9 και οδηγείται προς τον F2 όπου εκεί πραγματοποιείται η διαδικασία απομάκρυνσης

των αλάτων. Από τον F2 απομακρύνεται από την μια μεριά ποσότητα ατμού $1,5\text{kg}/\text{cm}^2$ και 120°C με παροχή X_{29} που οδηγείται προς τον απαερωτή και από την άλλη μεριά ποσότητα νερού $1,5\text{kg}/\text{cm}^2$ και 120°C με παροχή X_{27} προς το περιβάλλον.

Από το λέβητα 1 όπως προαναφέρθηκε παράγεται υπέρθερμος ατμός $42\text{kg}/\text{cm}^2$ και 420°C παροχής X_1 ο οποίος τροφοδοτεί αφενός τις δυο τουρμπίνες και αφετέρου τους αποθερμαντές. Οι δυο τουρμπίνες TUR1 και TUR2 τροφοδοτούνται με ατμό υψηλής πίεσης παροχής X_{42} και X_{41} αντίστοιχα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας η οποία καλύπτει ένα μέρος των αναγκών του εργοστασίου σε ηλεκτρική ενέργεια. Ένα άλλο μέρος της ποσότητας του υπέρθερμου ατμού οδηγείται προς τους δυο αποθερμαντές DS1 και DS2, με παροχή X_{15} και X_{45} αντίστοιχα, όπου σκοπός των δυο αυτών συσκευών είναι να μειώσουν την θερμοκρασία για την αποφυγή τυχόν προβλημάτων. Έτσι ο ατμός υψηλής πίεσης μετατρέπεται σε ατμό μέσης πίεσης. Μέρος του ατμού πίεσης $42\text{kg}/\text{cm}^2$ προέρχεται από την μονάδα υδρογόνου με παροχή X_6 . Μια εκτόνωση του ατμού υψηλής πίεσης δίνει ατμό $20\text{ kg}/\text{cm}^2$ με παροχή X_7 προς το εργοστάσιο. Τέλος μια ποσότητα του ατμού τροφοδοτεί δυο βοηθητικές συσκευές λειτουργίας του συστήματος P-941 και C-921F. Συνοπτικά ο ατμός υψηλής πίεσης που παράγεται από το λέβητα 1 χρησιμοποιείται από τις δυο τουρμπίνες για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας η υπόλοιπη ποσότητα εκτονώνεται αφενός προς ατμό πίεσης $20\text{ kg}/\text{cm}^2$ και αφετέρου προς ατμό μέσης πίεσης $10\text{ kg}/\text{cm}^2$.

Ατμός $10\text{kg}/\text{cm}^2$ και 220°C παράγεται από το λέβητα 2 και τροφοδοτεί βοηθητικές συσκευές λειτουργίας του συστήματος όπως FAN 1, FAN 2, BFW, FRESH WATER, COOLING TOWER, P-940. Η ποσότητα αυτή του ατμού που τροφοδοτεί τις εν λόγω συσκευές είναι σταθερή και γνωστή.

Ο ατμός υψηλής πίεσης ($42\text{kg}/\text{cm}^2$ και 420°C) καθώς και ο ατμός μέσης πίεσης ($10\text{ kg}/\text{cm}^2$ και 220°C) αποσυμπιέζονται σε ατμό χαμηλής πίεσης $1,5\text{ kg}/\text{cm}^2$ και 120°C με παροχές X_{16} και X_{21} αντίστοιχα. Ποσότητα του ατμού χαμηλής πίεσης χρησιμοποιείται για την θέρμανση του κτιρίου με παροχή X_{49} , ενώ μια ποσότητα ατμού με παροχή X_{24} οδηγείται προς την ατμόσφαιρα. Ποσότητες ατμού, $1,5\text{kg}/\text{cm}^2$ και 120°C , προστίθεται στο σύστημα από το εργοστάσιο χημικών με παροχή X_{23} και από τις διεργασίες της μονάδας με παροχή X_3 .

Στο τέλος της διεργασίας όλες οι ποσότητες των συμπυκνωμάτων συλλέγονται στο δοχείο των συμπυκνωμάτων (condensate drum) όπου η συνολική παροχή όλων των συμπυκνωμάτων είναι X_{30} .

Τελικά στον απαερωτή (deaerator) οδηγείται ατμός $1,5\text{kg/cm}^2$ και 120°C , με παροχή X_{31} , και προστίθεται η ποσότητα των συμπυκνωμάτων με παροχή X_{25} και μια ποσότητα καθαρού νερού με παροχή X_{26} (για να συμπληρωθούν έτσι οι ποσότητες νερού που χάθηκαν κατά την διεργασία). Τελικά ο απαερωτής τροφοδοτεί τους δυο λέβητες με νερό.

Στον πίνακα 4.1 παρουσιάζονται οι διάφορες μεταβλητές που χρησιμοποιούνται στο διάγραμμα 4.2, μαζί με μια συνοπτική περιγραφή

ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	ΜΟΝΑΔΕΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
X1	kg/h	Παραγωγή ατμού 42 kg/cm^2 .
X2	kg/h	Παραγωγή ατμού 10 kg/cm^2 .
X3	kg/h	Ατμός 10kg/cm^2 που εκτονώνεται σε ατμό σε ατμό $1,5\text{kg/cm}^2$.
X4	kg/h	Ατμός 10 kg/cm^2 που προέρχεται από C-421F και F-3.
X5	kg/h	Ατμός 10 kg/cm^2 προς τις μονάδες.
X6	kg/h	Ατμός 42 kg/cm^2 από την μονάδα H_2 .
X7	kg/h	Ατμός 20 kg/cm^2 προς τις μονάδες.
X8	kg/h	BFW προς τους δυο απούποθερμαντές.
X9	kg/h	Blowdown λέβητα 10 kg/cm^2 .
X10	kg/h	Υγρό 10 kg/cm^2 από F-1 .
X11	kg/h	Ατμός 10 kg/cm^2 από F-3.
X12	kg/h	Υγρό από F-3.
X13	kg/h	Συμπυκνώματα από REF. SPLITTER.
X14	kg/h	Ατμός 10 kg/cm^2 από F-1.
X15	kg/h	Ατμός 42 kg/cm^2 προς απούποθερμαντή 1.
X16	kg/h	Ατμός από P-941 $1,5\text{ kg/cm}^2$.
X17	kg/h	Ατμός 10 kg/cm^2 από C-921F.
X18	kg/h	BFW από απαερωτή προς λέβητα 42kg/cm^2 .
X19	kg/h	BFW από απαερωτή προς λέβητα 10kg/cm^2 .

X20	kg/h	Blowdown λέβητα 42 kg/cm ² .
X21	kg/h	Ατμός 10 kg/cm ² προς 1.5 kg/cm ² .
X22	kg/h	Ατμός 1,5 kg/cm ² προς τις μονάδες.
X23	kg/h	Ατμός 1,5 kg/cm ² από χημικά.
X24	kg/h	Ατμός 1,5 kg/cm ² προς ατμόσφαιρα.
X25	kg/h	Υγρό από δοχείο συμπυκνωμάτων προς απαερωτή.
X26	kg/h	Υγρό από εναλλάκτη προς απαερωτή.
X27	kg/h	Υγρό από F-2 προς απαερωτή.
X28	kg/h	BFW προς τις μονάδες.
X29	kg/h	Ατμός 1,5 kg/cm ² προς απαερωτή.
X30	kg/h	Σύνολο των συμπυκνωμάτων.
X31	kg/h	Ατμός 1,5 kg/cm ² προς απαερωτή.
X32	kJ/kg	Ενθαλπία υγρού.
X33	kg/h	Συμπυκνώματα.
X34	kg/h	Συμπυκνώματα.
X35	kg/h	Συμπυκνώματα.
X36	kg/h	Συμπυκνώματα.
X37	kg/h	Συμπυκνώματα.
X38	kg/h	Συμπυκνώματα.
X39	kg/h	Συμπυκνώματα.
X40	kJ/kg	Ενθαλπία υγρού από εναλλάκτη.
X41	kg/h	Ατμός 42 kg/cm ² προς TUR 2.
X42	kg/h	Ατμός 42 kg/cm ² προς TUR 1.
X43	kg/h	BFW από αποϋπερθερμαντή 1.
X44	kg/h	BFW από αποϋπερθερμαντή 2.
X45	kg/h	Ατμός 20 kg/cm ² προς αποϋπερθερμαντή 2.
X46	kg/h	Ατμός 20 kg/cm ² από αποϋπερθερμαντή 1.
X47	kg/h	Ατμός 20 kg/cm ² από αποϋπερθερμαντή 2.
X48	kg/h	Συμπυκνώματα.
X49	kg/h	Ατμός 1,5 kg/cm ² προς θέρμανση κτιρίου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1: Περιγραφή μεταβλητών συστήματος ατμού:παροχές μάζας και ενθαλπίες.

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω και αν λάβουμε υπόψη μας ισοζύγια μάζας και ενέργειας προκύπτουν οι εξισώσεις του πίνακα 4.2 που εμπεριέχουν τις προαναφερθείσες μεταβλητές.

ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ:
$X_{19}=X_9+X_2$
$X_{20}=0,03 \cdot X_{18}$
$X_{18}=X_{20}+X_1$
$X_1=X_6+X_{15}+X_{41}+X_{42}+X_{16}+X_{17}$
$X_{14}=X_{20}-X_{10}$
$X_{10}=1,43 \cdot X_{20}-3,6 \cdot X_{14}$
$X_{11}=X_{13}-X_{12}$
$X_{12}=1,10995 \cdot X_{13}-3,6 \cdot X_{11}$
$X_4=X_{11}+X_{17}$
$X_{27}=X_9+X_{10}-X_{29}$
$X_{29}=0,28528 \cdot X_9+0,28528 \cdot X_{10}-0,18612 \cdot X_{27}$
$X_{30}=X_{33}+X_{34}+X_{35}+X_{36}+X_{37}+X_{38}+X_{39}+X_{48}$
$X_{25}=X_{12}+X_{30}$
$X_{32}=(614,8 \cdot X_{33}+614,8 \cdot X_{34}+201,1 \cdot X_{35}+201,1 \cdot X_{36}+614,8 \cdot X_{37}+316,03 \cdot X_{38}+614,8 \cdot X_{39}+772,07 \cdot X_{12})/X_{25}$
$X_{47}=X_5+X_3+X_{21}-X_2-X_{14}-X_4-X_{41}$
$X_{44}=X_{47}-X_{45}$
$X_{45}=1,009667 \cdot X_{47}-0,17705 \cdot X_{44}$
$X_{46}=X_7+X_{45}-X_{42}$
$X_{15}=X_{46}-X_{43}$
$X_{43}=5,6482 \cdot X_{46}-6,466944 \cdot X_{15}$
$X_8=X_{43}+X_{44}$
$X_{40}=856,96-((2202,6 \cdot X_{27})/X_{26})$
$X_{24}=X_3+X_{16}+X_{21}+X_{23}-X_{22}-X_{31}$
$X_{26}=X_8+X_{18}+X_{19}+X_{28}-X_{29}-X_{25}-X_{31}$
$X_{31}=0,18612 \cdot (X_8+X_{18}+X_{19}+X_{28})-X_{29}-(1/2706,3) \cdot X_{25} \cdot X_{32} \cdot X_{26} \cdot X_{40}$
$X_{21} \cdot X_{24}=0$

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2: Εξισώσεις συστήματος ατμού.

4.2. ΜΕΛΕΤΗ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.

Η μελέτη που κάναμε για το σύστημα ατμού των Ελληνικών Πετρελαίων στηρίχτηκε σε δυο διαφορετικές περιόδους. Στην πρώτη περίοδο υποθέσαμε ότι η μονάδα λειτουργεί το καλοκαίρι, τα αντίστοιχα δεδομένα, μετρήσεις και αποτελέσματα αφορούν αυτή την περίοδο λειτουργίας και στη δεύτερη περίοδο υποθέσαμε ότι η μονάδα λειτουργεί το χειμώνα.

Στον πίνακα 4.3 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τις δυο διαφορετικές περιόδους όπου για την κάθε μια θεωρούμε 4 διαφορετικά σενάρια. Το πρώτο σενάριο αφορά την κανονική λειτουργία της μονάδας(NORM), το δεύτερο αφορά την λειτουργία της μονάδας στο μέγιστο φορτίο(MAX) και τα υπόλοιπα 2 την κατάσταση λειτουργίας σε δυο περιπτώσεις κινδύνου(EM1 και EM2). Οι δύο περιπτώσεις κινδύνου αφορούν την περίπτωση διακοπής του ρεύματος. Στην πρώτη περίπτωση θεωρούμε ότι έχουμε διακοπή του ρεύματος έως πέντε λεπτά, ενώ στη δεύτερη περίπτωση κινδύνου η διακοπή ξεπερνά τα πέντε λεπτά. Στην πρώτη περίπτωση του κινδύνου σταματούν οι παροχές του ατμού μέσα από το διυλιστήριο(π.χ. από εναλλάκτες) όποτε αυξάνεται η παροχή από τους λέβητες έτσι ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες. Στην δεύτερη περίπτωση κινδύνου η παροχή του δεύτερου λέβητα πέφτει στο μισό.

Πιο αναλυτικά κατά την κανονική λειτουργία της μονάδας έχουμε τα σενάρια SUMNORM και WINORM για την καλοκαιρινή και χειμερινή περίοδο λειτουργίας αντίστοιχα. Για την περίπτωση που η μονάδα λειτουργεί στο μέγιστο φορτίο έχουμε τα σενάρια SUMAX και WIMAX για την καλοκαιρινή και χειμερινή περίοδο λειτουργίας αντίστοιχα. Στην περίπτωση του κινδύνου 1 έχουμε τα σενάρια SUEM1 και WIEM1 για την καλοκαιρινή και χειμερινή περίοδο λειτουργίας αντίστοιχα. Στην περίπτωση του κινδύνου 2 έχουμε τα σενάρια SUEM2 και WIEM2 για την καλοκαιρινή και χειμερινή περίοδο λειτουργίας αντίστοιχα.

	SUMNORM	SUMAX	SUEM1	SUEM2	WINORM	WIMAX	WIEMI	WIEM2
	19,14	38,67	33,89	40,78	30,63	55,26	41,68	47,13
	60,00	60,00	60,00	30,00	60,00	60,00	60,00	30,00
	11,50	11,50	34,30	32,70	11,50	11,50	32,70	32,70
	0,45	0,45	5,12	4,89	0,45	0,45	5,12	4,89
	61,80	79,70	60,60	34,90	73,00	95,50	71,40	48,40
	-6,00	-6,00	-6,00	-2,00	-6,00	-6,00	-6,00	-2,00
	13,00	15,00	8,00	8,50	13,00	15,00	8,00	2,50
	3,86	7,30	5,63	6,14	5,88	10,22	7,00	7,26
	1,86	1,86	1,86	0,93	1,86	1,86	1,86	0,93
	0,49	1,00	0,87	1,05	0,79	1,43	1,08	1,22
	0,25	0,25	0,25	0,02	0,25	0,25	0,25	0,02
	5,75	5,75	5,75	0,48	5,75	5,75	5,75	0,48
	6,00	6,00	6,00	0,50	6,00	6,00	6,00	0,50
	0,10	0,20	0,17	0,21	0,16	0,28	0,21	0,24
	21,89	41,42	31,97	34,86	33,38	58,01	39,76	41,21
	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05
	0,20	0,20	4,87	4,87	0,20	0,20	4,87	4,87
	19,73	39,87	34,94	42,04	31,58	56,97	42,97	48,59
	61,86	61,86	61,86	30,93	61,86	61,86	61,86	30,93
	0,59	1,20	1,05	1,26	0,95	1,71	1,29	1,46
	0,00	3,17	0,00	0,00	2,37	6,96	0,00	0,00
	2,40	2,40	2,40	8,40	2,40	2,40	2,40	8,40
	5,10	6,70	5,60	4,90	5,10	6,70	5,60	4,90
	0,56	0,00	23,41	16,18	0,00	0,00	19,19	14,30
	68,15	69,05	37,05	7,78	72,25	73,75	39,15	12,08
	83,92	111,51	101,01	85,32	92,22	124,48	107,17	88,28
	2,06	2,51	2,40	1,74	2,32	2,88	2,57	1,88
	83,60	93,90	53,10	30,30	83,60	93,90	53,10	30,30
	0,29	0,35	0,33	0,24	0,32	0,40	0,36	0,26
	62,40	63,30	31,30	7,30	66,50	68,00	33,40	11,60
	16,69	22,02	17,14	16,07	18,12	24,31	18,26	16,45
	484,73	486,42	639,19	624,48	490,39	492,92	634,72	610,76
	7,20	7,20	7,20	2,50	8,20	8,20	8,20	5,00
	3,80	3,80	0,50	3,80	5,00	5,30	0,50	5,30
	16,00	16,00	0,00	0,00	16,30	16,30	0,30	0,30
	4,00	4,00	0,00	0,00	4,00	4,00	0,00	0,00
	1,00	1,10	0,00	0,00	1,80	2,20	0,00	0,00
	5,00	5,00	0,00	0,00	5,00	5,00	0,00	0,00
	19,40	20,20	17,60	0,50	20,20	21,00	18,40	0,50
	73,46	72,57	73,10	71,69	73,71	72,85	73,22	72,09
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	3,86	7,30	5,63	6,14	5,88	10,22	7,00	7,26
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	12,75	33,72	29,60	32,50	26,26	53,22	38,76	45,97
	25,75	48,72	37,60	41,00	39,26	68,22	46,76	48,47
	12,75	33,72	29,60	32,50	26,26	53,22	38,76	45,97
	6,00	6,00	6,00	0,50	6,00	6,00	6,00	0,50
	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	1,50	1,50	1,50

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3: Αποτελέσματα υπολογισμών για τα διάφορα σενάρια.

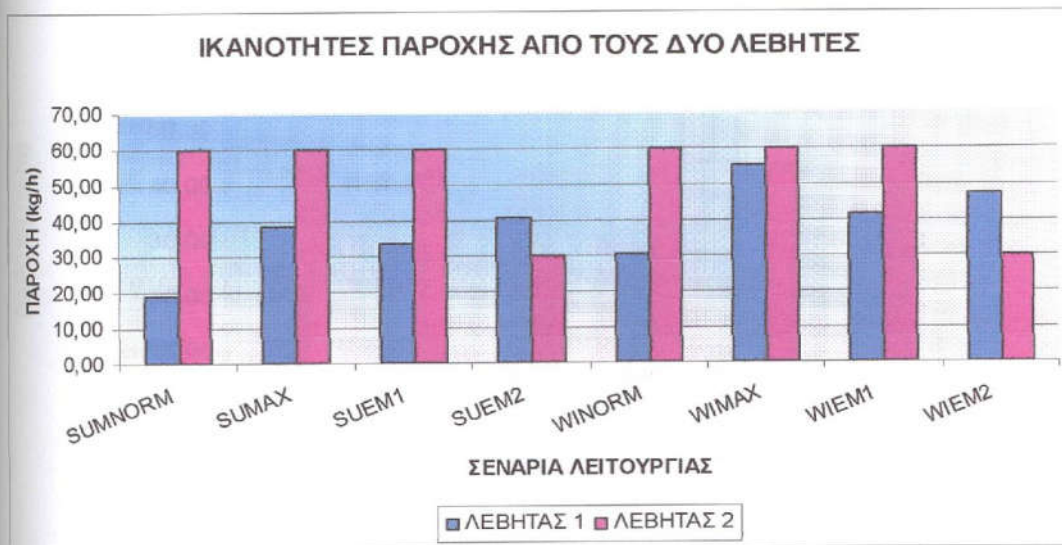
Στο διάγραμμα 4.3 φαίνεται η μεταβολή της παραγωγής ατμού του λέβητα 1 για τα διαφορετικά σενάρια που εξετάσαμε



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.3: Μεταβολή παροχής X_1 λέβητα 1 για τα διάφορα σενάρια.

Παρατηρούμε από το διάγραμμα 4.3 ότι κατά την χειμερινή περίοδο η παροχή του λέβητα είναι μεγαλύτερη σε όλες τις περιπτώσεις, εξέλιξη που την περιμέναμε και κρίνεται απόλυτα φυσιολογική. Αρκεί να αναφέρουμε ότι την χειμερινή περίοδο αυξάνονται οι ανάγκες για θέρμανση του χώρου και υπάρχει μεγαλύτερη θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ ατμού και περιβάλλοντος από ότι την καλοκαιρινή περίοδο.

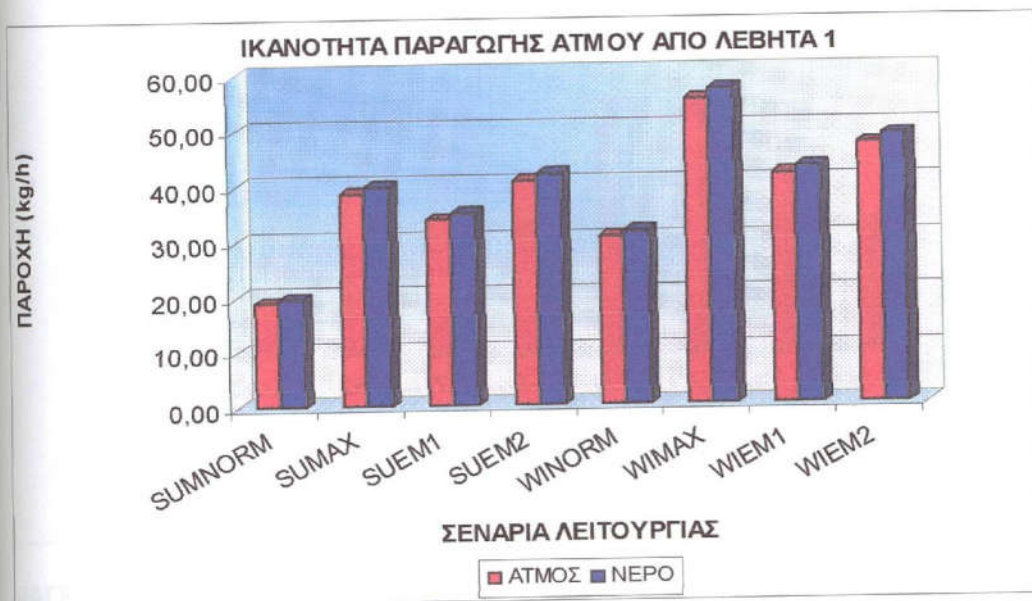
Στο διάγραμμα 4.4 παρουσιάζεται η μεταβολή της παραγωγής ατμού του λέβητα 1 ώστε να καλυφθούν οι απαιτήσεις της βιομηχανίας σε συνάρτηση με την παραγωγή του λέβητα 2 για τα διάφορα σενάρια λειτουργίας της μονάδας.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.4: Μεταβολή παροχών από τους δυο λέβητες X_1 και X_2 .

Στο διάγραμμα 4.4 παρατηρούμε όπως είναι φυσικό μια αύξηση στην παροχή του λέβητα 1 κατά τη χειμερινή περίοδο, γεγονός που είναι φυσιολογικό λαμβάνοντας υπόψη την αύξηση της ζήτησης το χειμώνα σε συνδυασμό με την σταθερή παροχή του λέβητα 2. Αξίζει να σημειωθεί επίσης ότι κατά τη διάρκεια λειτουργίας στην κατάσταση κινδύνου 2, και μόνο κατά τη διάρκεια αυτής της κατάστασης τόσο το χειμώνα όσο και το καλοκαίρι, η παροχή του λέβητα 1 ξεπερνά την παροχή του λέβητα 2 έτσι ώστε να καλυφθούν οι απαιτήσεις της μονάδας.

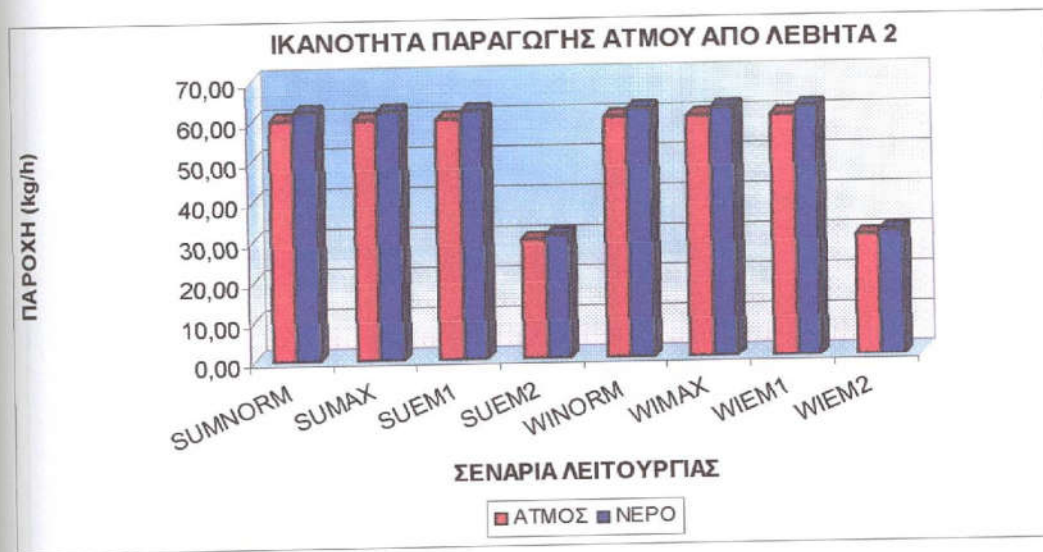
Στο διάγραμμα 4.5 επικεντρώνουμε την μελέτη μας στο λέβητα 1 και πιο συγκεκριμένα εξετάζουμε πόσο νερό παρέχεται στο λέβητα 1 από τον απαερωτή και πόσο ατμός τελικά παράγεται από τον ίδιο λέβητα. Με το διάγραμμα αυτό μπορούμε να μελετήσουμε κατά πόσο λειτουργεί σωστά ο λέβητας και πόσο αποδοτικός είναι.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.5: Σχέση παροχής ατμού -κατανάλωσης νερού για λέβητα 1, Χ₁ και Χ₁₈.

Η απόκλιση, μεταξύ νερού που καταναλώνεται και ατμού που παράγεται, είναι μικρή, πρακτικά ανεπαίσθητη, και οφείλεται στο γεγονός ότι ποσότητα νερού αφαιρείται από το λέβητα, όπως προαναφέραμε, με σκοπό την απομάκρυνση των αλάτων και των επικαθίσεων.

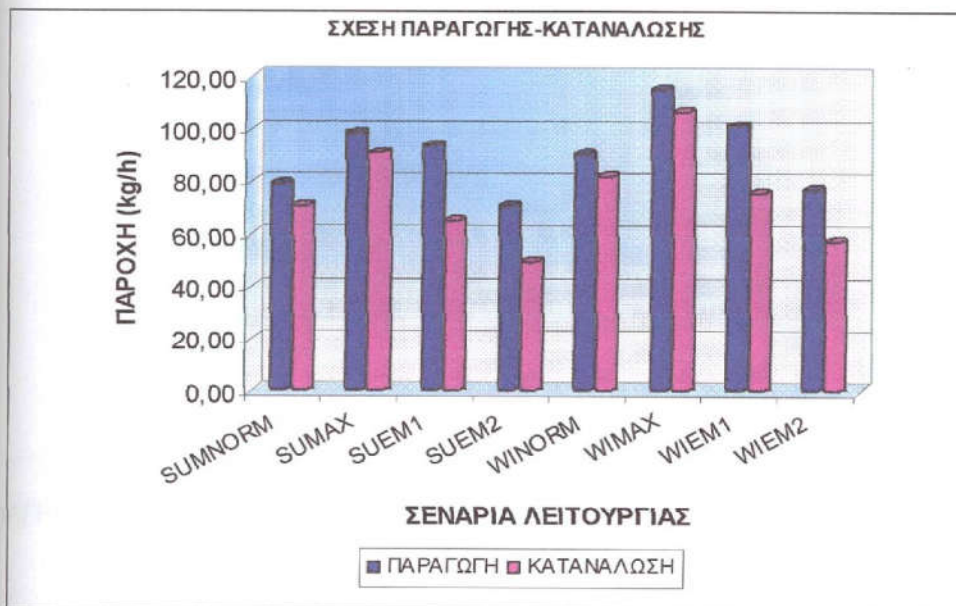
Στο διάγραμμα 4.6 επαναλαμβάνουμε την ίδια διαδικασία για το δεύτερο λέβητα εξετάζουμε δηλαδή τη σχέση παροχής νερού και παραγωγής ατμού.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.6: Σχέση παροχής ατμού - κατανάλωσης νερού για λέβητα 2, X_2 - X_{19} .

Στο διάγραμμα 4.6 παρατηρούμε μια μικρή απόκλιση η οποία όπως εξηγήσαμε και στην περίπτωση του λέβητα 1 οφείλεται στο ότι μια ποσότητα υγρού αφαιρείται από το λέβητα.

Στο διάγραμμα 4.7 παριστάνεται γραφικά η μεταβολή της παραγωγής του ατμού από τους δυο λέβητες σε σχέση με την κατανάλωση ατμού από το εργοστάσιο για τη διαδικασία διύλισης.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.7: Σχέση παραγωγής-κατανάλωσης.

Από το διάγραμμα 4.7 παρατηρούμε ότι κατά τη διάρκεια του χειμώνα έχουμε αυξημένη όχι μόνο παραγωγή αλλά και ζήτηση. Η ζήτηση είναι μεγαλύτερη λόγω των μεγαλύτερων αναγκών σε θερμότητα. Η αυξημένη ζήτηση συνεπάγεται αύξηση της παραγωγής έτσι ώστε να καλυφθούν οι απαιτήσεις της μονάδας.

Οι αποκλίσεις που παρατηρούμε είναι μεγάλες και οφείλονται στο γεγονός ότι ατμός υψηλής πίεσης προστίθεται στο σύστημα από την μονάδα υδρογόνου.

Ταυτόχρονα μέρος των αποκλίσεων που παρατηρούμε οφείλονται στο γεγονός ότι μέρος του ατμού χρησιμοποιείται σε διάφορες βοηθητικές λειτουργίες όπως π.χ. ποσότητες ατμού τροφοδοτούν δυο τουρμπίνες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. (βλέπε διάγραμμα 4.1).

Στο διάγραμμα 4.8 παρατηρούμε πως μεταβάλλεται η κατανάλωση του ατμού σε σχέση με την περίοδο και την κατάσταση λειτουργίας της μονάδας.

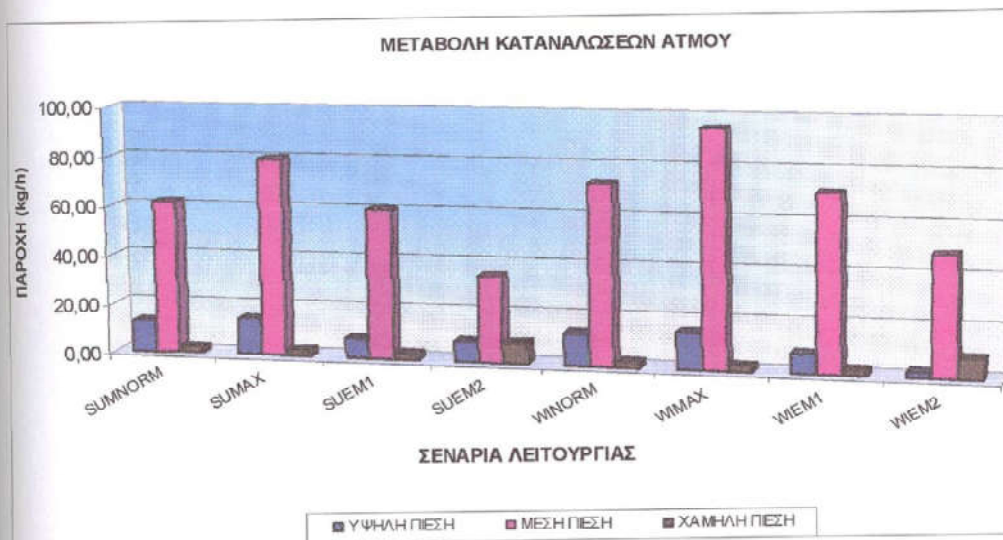


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.8: Διακύμανση κατανάλωσης ατμού $X_5+X_7+X_{22}$.

Στο διάγραμμα 4.8 παρατηρείται μέγιστη κατανάλωση ατμού στην περίπτωση που περιμέναμε, δηλαδή όταν η μονάδα λειτουργεί στο μέγιστο φορτίο της τόσο το καλοκαίρι όσο και το χειμώνα. Στις περιπτώσεις που μελετάμε τις καταστάσεις κινδύνου, η κατανάλωση του ατμού μειώνεται και η μεγαλύτερη μείωση παρουσιάζεται στην δεύτερη περίπτωση κινδύνου. Η εξέλιξη αυτή είναι απολύτως φυσιολογική καθώς στις περιπτώσεις κινδύνου παρουσιάζεται κάποιο πρόβλημα, μειώνεται η ικανότητα παραγωγής από τους δυο λέβητες με αποτέλεσμα να παρατηρούμε αυτή τη διακύμανση στην παροχή. Αξίζει να σημειωθεί ότι στην κατάσταση κινδύνου 2, που μελετήσαμε, η παροχή του λέβητα 2 μειώνεται στο μισό, σε σύγκριση με τις άλλες περιπτώσεις, γεγονός που δικαιολογεί πλήρως την τόσο μεγάλη μείωση που παρατηρούμε στο διάγραμμα 4.6. Επιπρόσθετα στο διάγραμμα 4.6 παρατηρούμε τη διαφορά στην κατανάλωση ατμού για τις δυο περιόδους, χειμώνα-καλοκαίρι, και διαπιστώνουμε μια ελαφρώς αυξημένη κατανάλωση ατμού κατά την χειμερινή περίοδο γεγονός που εξηγείται λόγω των αυξημένων θερμικών αναγκών.

Από τους δυο λέβητες παράγεται ατμός υψηλής και μέσης και επί πλέον το σύστημα μας δίνει ατμό χαμηλής πίεσης. Το μεγαλύτερο μέρος αυτού του ατμού χρησιμοποιείται για να καλύψει τις ανάγκες της βιομηχανίας ενώ ένα μικρότερο μέρος χρησιμοποιείται ως βοηθητικό στοιχείο στο σύστημα παραγωγής ατμού. Οπότε ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η μελέτη των διακυμάνσεων των καταναλώσεων του ατμού για τα διαφορετικά σενάρια

λειτουργίας που μελετήσαμε. Στο διάγραμμα 4.9 απεικονίζονται οι διακυμάνσεις των καταναλώσεων του ατμού υψηλής, μέσης και χαμηλής πίεσης.

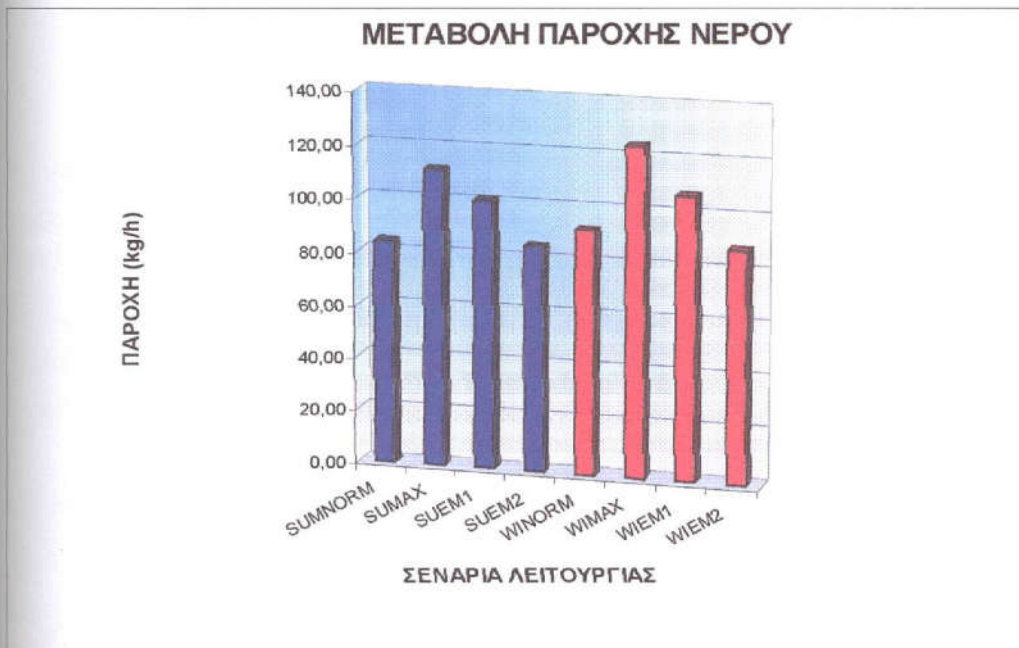


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.9: Μεταβολή καταναλώσεων ατμού υψηλής X_6 , μέσης X_5 και χαμηλής πίεσης X_{22} .

Από το διάγραμμα 4.9 παρατηρούμε ότι οι ποσότητες τού ατμού μέσης πίεσης που παράγονται από το σύστημα ατμού είναι αρκετά μεγαλύτερες σε σύγκριση με τις ποσότητες ατμού υψηλής και χαμηλής πίεσης.

Σύμφωνα με τα παραπάνω η καμπύλη μεταβολής του ατμού μέσης πίεσης παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Οι μέγιστες τιμές παρουσιάζονται την περίοδο μέγιστης λειτουργίας της μονάδας το χειμώνα καθώς οι απαιτήσεις την περίοδο αυτή όπως προαναφέραμε είναι μέγιστες. Αντίθετα οι ελάχιστες τιμές παρουσιάζονται στην κατάσταση κινδύνου 2 την καλοκαιρινή περίοδο με επόμενο ελάχιστο την κατάσταση κινδύνου 2 το χειμώνα.

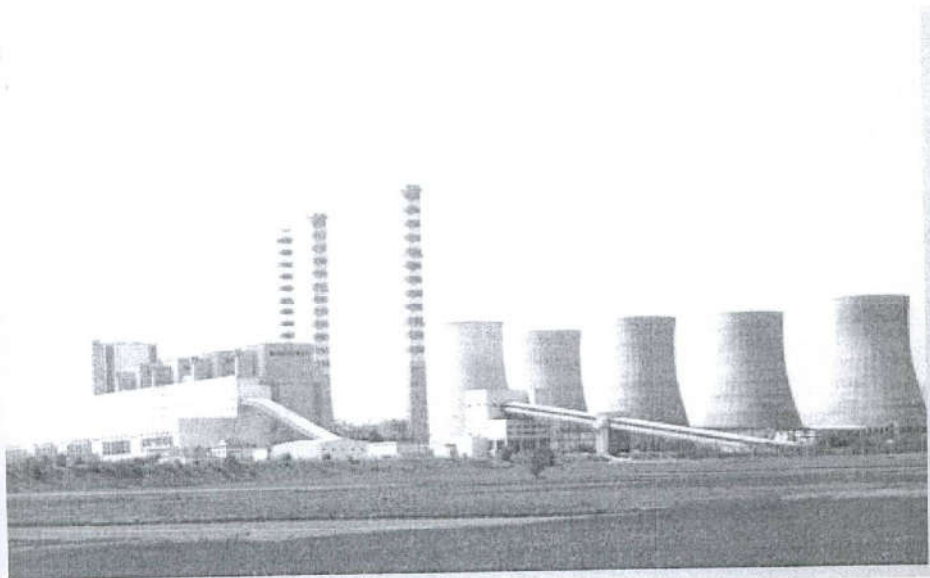
Στο διάγραμμα 4.10 εξετάζουμε την μεταβολή στην τροφοδοσία του καθαρού νερού προς τον απαερωτή με παροχή X_{26} . Σύμφωνα με όσα είπαμε οι δυο λέβητες τροφοδοτούνται με νερό από τον απαερωτή στον οποίο συλλέγονται οι ποσότητες του νερού και ατμού που προκύπτουν στο τέλος του κύκλου της διεργασίας. Για να καλύψουμε τις απώλειες του συστήματος προσθέτουμε καθαρή ποσότητα νερού.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4.10: Μεταβολή παροχής νερού στον απαερωτή, $X_{25}+X_{26}+X_{27}$.

Από το διάγραμμα 4.10 παρατηρούμε ότι οι μεγαλύτερες ανάγκες σε καθαρό νερό παρατηρούνται κατά την περίοδο της μέγιστης λειτουργίας του εργοστασίου ενώ η ελάχιστη κατά το σενάριο λειτουργίας του δεύτερου κινδύνου. Αξίζει να αναφέρουμε επίσης ότι κατά την χειμερινή περίοδο οι παροχές του νερού είναι αυξημένες σε σχέση με τις αντίστοιχες παροχές κατά τη θερινή περίοδο εξέλιξη που την περιμέναμε καθώς όπως προαναφέραμε οι απαιτήσεις σε ατμό είναι αυξημένες αυτή την περίοδο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5:
ΜΕΛΕΤΗ Δ.Ε.Η. Α.Η.Σ. ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ



5.1.ΚΥΚΛΩΜΑ ΝΕΡΟΥ-ΑΤΜΟΥ ΜΟΝΑΔΟΣ

Στο κεφάλαιο 5, μελετάμε το κύκλωμα νερού-ατμού στον Α.Η.Σ Αγίου Δημητρίου και ιδιαίτερα επικεντρωνόμαστε στον υπολογισμό του βαθμού απόδοσης του λέβητα.

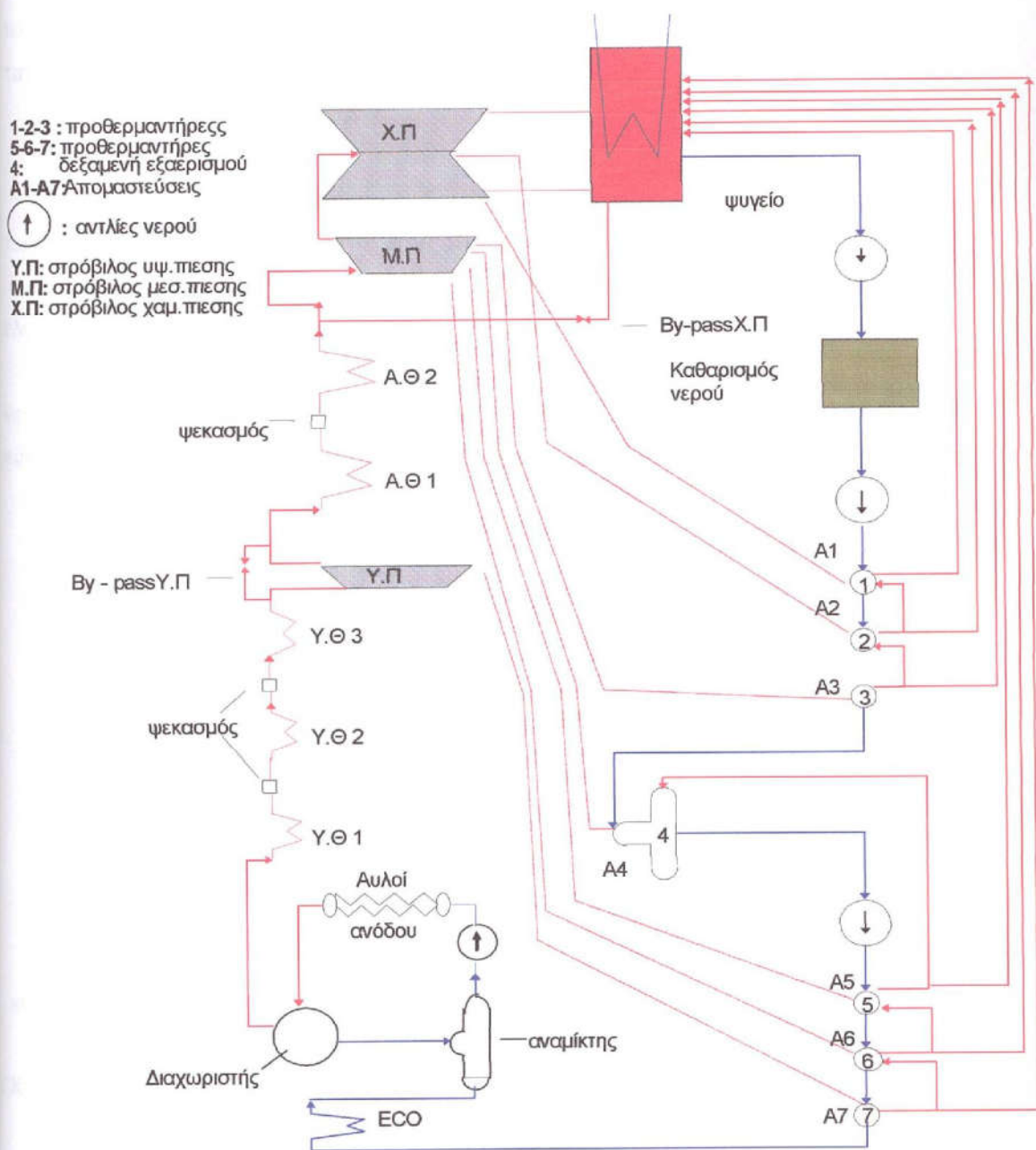
Ο Α.Η.Σ. Αγίου Δημητρίου είναι μια από τις μεγαλύτερες μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που βρίσκεται στην περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας. Αποτελείται από πέντε μονάδες ατμοστρόβιλων με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 1595 MW.

Το κύκλωμα νερού-ατμού περιγράφει την πορεία του ατμού αφότου βγει από τον λέβητα, την εκτόνωση του στον στρόβιλο, την υγροποίησή του και την επιστροφή του στον λέβητα .

Τα κύρια μέρη του κυκλώματος αυτού είναι :

- Ο λέβητας με τα εξαρτήματά του
- Οι ατμοστρόβιλοι υψηλής ,μέσης και χαμηλής πίεσης.
- Το ψυγείο.
- Τη δεξαμενή εξαερισμού (storage).
- Οι προθερμαντές.
- Το σύστημα καθαρισμού του νερού (χημείο).

Στο διάγραμμα 5.1 γίνεται μια απλή παρουσίαση του κυκλώματος νερού-ατμού του Α.Η.Σ. Αγίου Δημητρίου με τα κύρια μέρη του.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.1: Κύκλωμα νερού-ατμού του Α.Η.Σ. Αγίου Δημητρίου.

➤ ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ

Ο ατμοσρόβιλος είναι θερμική μηχανή που μετατρέπει την ενέργεια του ατμού σε ωφέλιμο έργο. Στην απλή μορφή του ο ατμοσρόβιλος αποτελείται από έναν άξονα, πάνω στον οποίο προσαρμόζονται ένας ή περισσότεροι τροχοί με

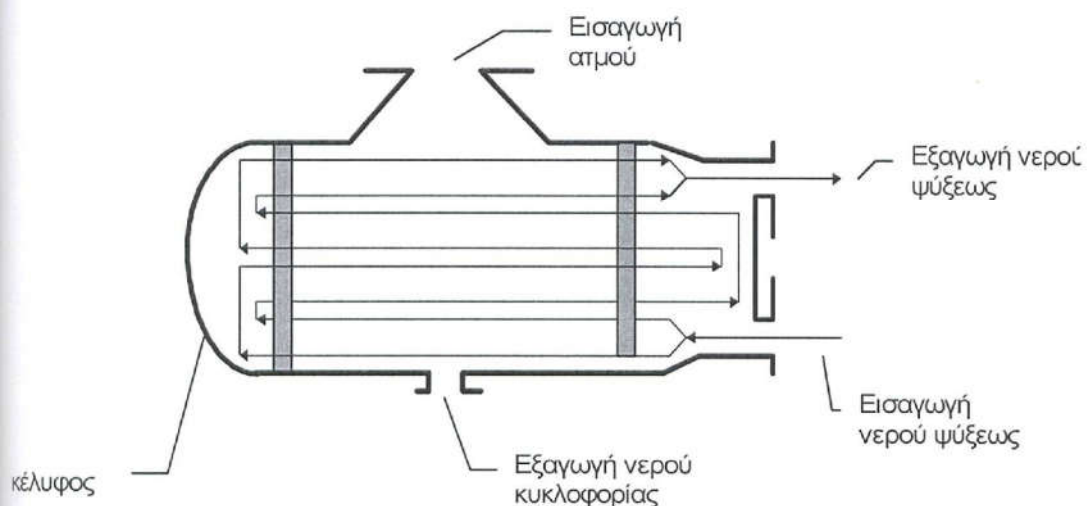
πτερύγια. Πάνω στα πτερύγια του στροβίλου χτυπά ο ατμός, ο οποίος, λόγω της ταχύτητας του προκαλεί την περιστροφή του άξονα.

➤ ΨΥΓΕΙΟ

Σκοπός του ψυγείου είναι η δημιουργία του κενού από τη συμπύκνωση των εξατμίσεων και η μετατροπή τους πάλι σε τροφοδοτικό νερό.

Με τη δημιουργία του κενού αυξάνει η απόδοση του στροβίλου και ελαττώνεται αντιστοίχως η κατανάλωση σε καύσιμο .

Ένα ψυγείο αποτελείται από αυλούς ,μέσα στους οποίους κυκλοφορεί νερό ψύξεως, ποταμίσιο, πηγαίο ή θαλασσινό. Στο εξωτερικό των αυλών κυκλοφορούν οι εξατμίσεις, οι οποίες έτσι ψύχονται και συμπυκνώνονται σε νερό



ΣΧΗΜΑ 5.1: Ψυγείο με 4 διαδρομές.

➤ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΥ

Έχει σκοπό να εξαερίζει το τροφοδοτικό νερό πριν μπει στο λέβητα. Ονομάζεται επίσης και θερμοδοχείο. Στο σχήμα 5.2 βλέπουμε μια δεξαμενή εξαερισμού.

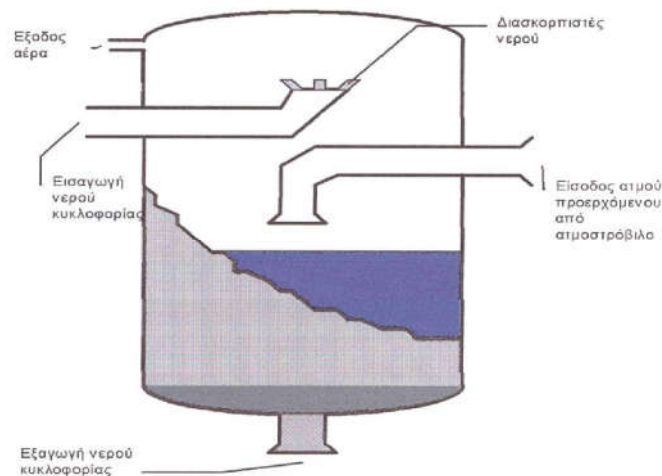
Το συμπύκνωμα περνά πρώτα από το ψυγείο εξαερισμού και κατόπιν από ακροφύσια τα οποία διασκορπίζουν το νερό σε λεπτότατα σταγονίδια. Αυτά

λόγω του βάρους τους πέφτουν στο κάτω μέρος του κωνικού συλλέκτη, περνώντας από διάτρητα ελάσματα.

Από το κέντρο του κωνικού συλλέκτη περνά ο ατμός που προέρχεται από απομάστευση από τον κύριο στρόβιλο . Ο ατμός με την βοήθεια εκχυτήρα συμπαρασύρει το νερό που μαζεύεται και αναμιγνύεται με αυτό .

Το νερό έρχεται έτσι σε θερμοκρασία βρασμού και απαλλάσσεται τελείως από τον αέρα. Το νερό αυτό καταλήγει στο κάτω μέρος της δεξαμενής .Από εκεί αναρροφάται προς την είσοδο του λέβητα.

Τα αέρια του νερού μαζί με ποσότητα υγρασίας συγκεντρώνονται στο ψηλότερο σημείο της δεξαμενής όπου η υγρασία συμπυκνώνεται ενώ τα αέρια που δεν συμπυκνώθηκαν οδηγούνται προς την ατμόσφαιρα .



ΣΧΗΜΑ 5.2: Δεξαμενή εξαερισμού.

➤ ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΤΗΡΕΣ ΝΕΡΟΥ ΜΕ ΑΤΜΟ

Οι προθερμαντήρες νερού (βλέπε διάγραμμα 5.1) έχουν σαν σκοπό να προθερμαίνουν το νερό πριν μπει στον λέβητα . Αυτό μας εξασφαλίζει μεγαλύτερη απόδοση στην εγκατάσταση μας. Η προθέρμανση γίνεται με ατμό ο οποίος έρχεται από τους ατμοστρόβιλους. Οι απομαστεύσεις αυτές του ατμού αφού δώσουν ένα μέρος της θερμοκρασίας τους μετατρέπονται σε νερό, το οποίο στην συνέχεια πηγαίνει στο ψυγείο .

➤ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

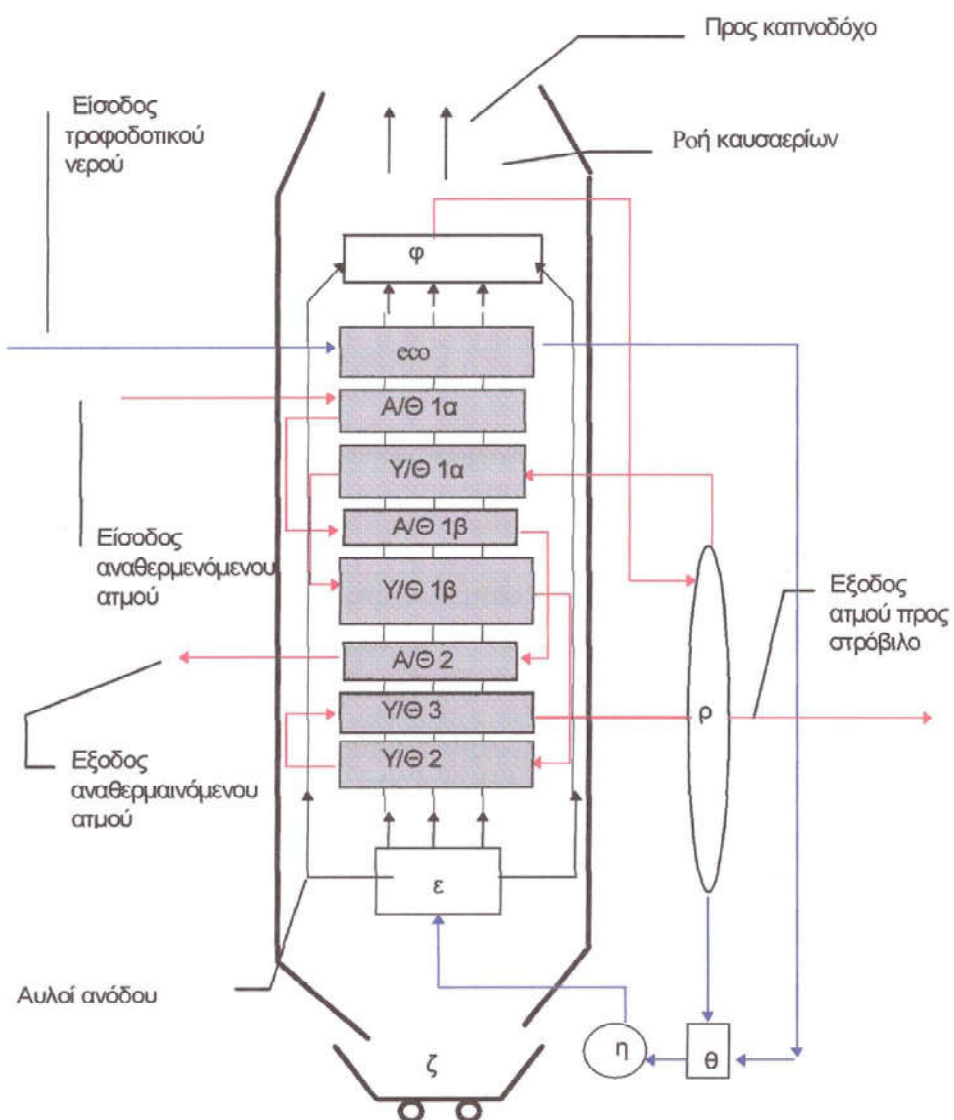
Το νερό πριν τη χρήση του οδηγείται στο σύστημα καθαρισμού του νερού (βλέπε διάγραμμα 5.1) όπου με σύστημα φίλτρων το νερό καθαρίζεται από ξένες προσμείξεις.

➤ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ BY-PASS

Τα κυκλώματα by-pass (βλέπε διάγραμμα 5.1) χρησιμεύουν για παράκαμψη της πορείας του ατμού, από το κυρίως κύκλωμα, όταν η πίεση σ' αυτό είναι πολύ μεγάλη ή όταν θέλουμε να θέσουμε κάποιον ατμοστρόβιλο εκτός λειτουργίας.

➤ ΛΕΒΗΤΑΣ

Στο διάγραμμα 5.2 παρουσιάζεται ένας από τους πέντε λέβητες του Α.Η.Σ. Αγίου Δημητρίου σε τομή. Η μονάδα του λέβητα χωρίζεται στα βασικά και στα δευτερεύοντα μέρη.



— : αυλοί νερού	— : αυλοί ατμού
ΒΑΣΙΚΗ ΜΕΡΗ ΛΕΒΗΤΑ	ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΑ ΜΕΡΗ ΛΕΒΗΤΑ
εσο: Οικονομητήρας	ρ: διαχωριστής ατμού -νερού
ε: εστία καύσεως	θ: δοχείο αναμείξεως
Υ/Θ: υπερθερμαντήρες	η: αντλία τροφοδοσίας
Α/Θ: Αναθερμαντήρες	φ: συλλέκτης αυλών ανόδου τροφοδοσίας
	ζ: τεφρο λεκάνη

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.2: Τομή λέβητα ατμοηλεκτρικού σταθμού Α.Η.Σ. Αγίου Δημητρίου.

ΒΑΣΙΚΑ ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΛΕΒΗΤΑ:

Τα βασικά μέρη που αποτελούν ένα λέβητα είναι:

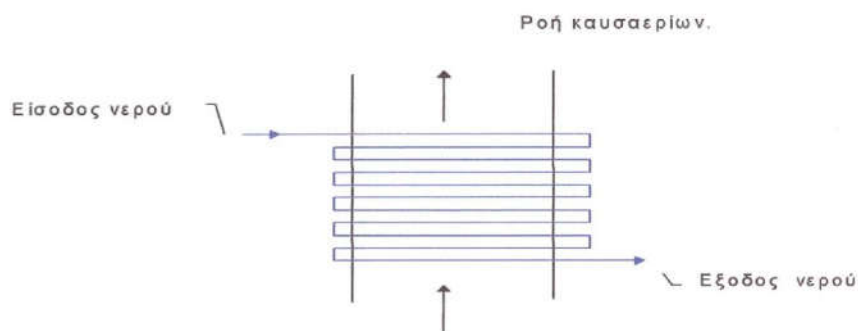
- Ο οικονομητήρας.
- Η εστία καύσεως
- Οι υπερθερμαντήρες
- Οι αναθερμαντήρες

➔ ΟΙΚΟΝΟΜΗΤΗΡΑΣ

Οι οικονομητήρες έχουν σαν αντικειμενικό σκοπό την προθέρμανση του νερού τροφοδότησης των λεβήτων με εκμετάλλευση των καυσαερίων και ανταλλαγή θερμότητας .

Βρίσκονται τοποθετημένοι στο τελευταίο τμήμα του λέβητα και μέσα στην ροή των καυσαερίων, εκμεταλλεύονται τη θερμότητα τους και με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται οικονομία καυσίμου.

Ο οικονομητήρας αποτελείται από ένα πλήθος γυμνών ή πτερυγιοφόρων αυλών (σωλήνων) στους οποίους ρέει παράλληλα ή αντίθετα με την φορά των καυσαερίων το νερό που μπαίνει στον λέβητα. Στον οικονομητήρα το νερό πλησιάζει την θερμοκρασία ατμοποίησης και κατόπιν θα μπει στο σύστημα ατμοποίησης του λέβητα .



ΣΧΗΜΑ 5.3: Οικονομητήρας.

➔ ΕΣΤΙΑ ΚΑΥΣΗΣ

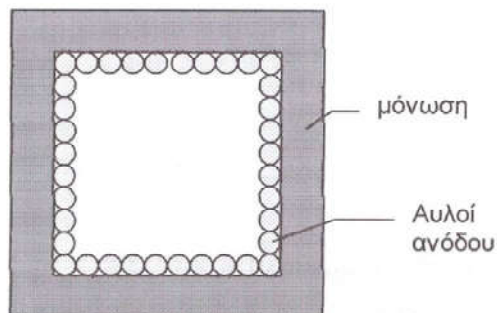
Η εστία καύσης είναι το κυριότερο μέρος του λέβητα. Μέσα στον χώρο που σχηματίζει, αναπτύσσεται η φλόγα της καύσης και συντελούνται οι

κυριότερες εναλλαγές θερμότητας που είναι απαραίτητες για την παραγωγή του ατμού. Αυτές οι εναλλαγές της θερμότητας πραγματοποιούνται κυρίως με ακτινοβολία. Η επιδίωξη είναι η εστία καύσης και οι καυστήρες να έχουν την κατάλληλη διάταξη ώστε η θερμότητα που απελευθερώνεται κατά την καύση να διαχέεται ομοιόμορφα.

Μ' αυτόν τον τρόπο γίνεται καλή εκμετάλλευση του όγκου της εστίας καύσης και αποφεύγεται να σχηματίζονται πολύ θερμές ζώνες, της τάξης των 150.000-300.000 kcal/m³.

Το χαμηλότερο μέρος της εστίας καύσης οφείλει να επιτρέπει την αφαίρεση της τέφρας. Σχηματίζεται ένα είδος χοάνης, τεφροδοχείο, από όπου η κονιορτώδης τέφρα εκβάλετε με μηχανικό ή υδραυλικό τρόπο ή με πίεση αέρα.

Η εστία καύσης δεν είναι ουσιαστικά ένα ξεχωριστό τμήμα του λέβητα απλά θεωρείται ξεχωριστό διότι εκεί συντελείται η καύση. Τα πλευρικά τοιχώματα της αλλά και ολόκληρου του λέβητα αποτελούνται από μια επένδυση με αυλούς ατμοποίησης και αποτελούν ένα μεγάλο μέρος της ατμοπαραγωγού δέσμης (βλέπε σχήμα 5.4). Αυτοί οι αυλοί φτάνουν μέχρι το πάνω άκρο του λέβητα και ονομάζονται αυλοί ανόδου. Η έξοδος των θερμών καυσαερίων γίνεται συνήθως από ένα άνοιγμα που προβλέπεται στο πάνω μέρος της πίσω πλευράς του φλογοθαλάμου.



ΣΧΗΜΑ 5.4: Τομή λέβητα.

➔ ΥΠΕΡΘΕΡΜΑΝΤΗΡΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΘΕΡΜΑΝΤΗΡΕΣ

Οι υπερθερμαντήρες και οι αναθερμαντήρες αποτελούνται από σύστημα αυλών εσωτερικά των οποίων κυκλοφορεί ο ατμός. Σκοπός της ύπαρξης των υπερθερμαντήρων είναι η μετατροπή του κεκορεσμένου ατμού σε υπέρθερμο ατμό με περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας με σταθερή πίεση. Ο κεκορεσμένος ατμός μετά από τον ατμοθάλαμο διέρχεται μέσα από τους αυλούς των υπερθερμαντήρων όπου αρχικά εξατμίζεται η υγρασία που υπάρχει σ' αυτόν μέχρις ότου γίνει ξηρός. Με την απόκτηση όμως μεγαλύτερης θερμοκρασίας τελικά μετατρέπεται σε υπέρθερμο ατμό.

Οι αναθερμαντήρες είναι και αυτοί συσκευές όπως και οι υπερθερμαντήρες αλλά μέσα από τους αυλούς τους διέρχεται ατμός που έχει υποστεί μια πρώτη εκτόνωση στο στρόβιλο.

Σκοπός των αναθερμαντήρων είναι η ανύψωση της θερμοκρασίας του ατμού για δεύτερη φορά με σταθερή πίεση.

Υπάρχουν όμως κάποια όρια υπερθέρμανσης που δεν πρέπει να ξεπεραστούν γιατί :

- 1) Εάν η θερμοκρασία είναι πολύ υψηλή κινδυνεύει η αντοχή των μετάλλων.
- 2) Όταν η θερμοκρασία του ατμού φτάνει στους 550 °C περίπου υπάρχει η τάση να αποχωρίζεται από τον ατμό μια ποσότητα οξυγόνου, το οποίο οξειδώνει τις μεταλλικές επιφάνειες.

Η θερμοκρασία του υπέρθερμου ατμού ρυθμίζεται σε μια επιθυμητή τιμή με διάφορους τρόπους όπως:

- i. Με την ανάμειξη υπέρθερμου ατμού με κεκορεσμένο ατμό.
- ii. Με τη ρύθμιση της παροχής των καυσαερίων που προσβάλλουν τον υπερθερμαντήρα.
- iii. Με την ψύξη του υπέρθερμου ατμού σε εναλλάκτες θερμότητας όπου θερμαίνεται αντίστοιχα κεκορεσμένος ατμός ή τροφοδοτικό νερό.
- iv. Με τον ψεκασμό κατάλληλης ποσότητας τροφοδοτικού νερού μέσα στην μάζα του υπέρθερμου ατμού.

ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΑ ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΛΕΒΗΤΑ

Τα δευτερεύοντα τμήματα του λέβητα αποτελούνται από :

- Τον διαχωριστή νερού-ατμού.
- Το δοχείο αναμείξεως .
- Την αντλία τροφοδοσίας.
- Τον συλλέκτη αυλών ανόδου

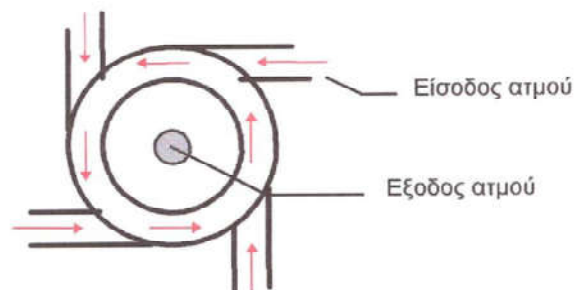
• ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΣ ΝΕΡΟΥ-ΑΤΜΟΥ

Ο διαχωριστής νερού-ατμού αποτελεί μια δεξαμενή μέσα στην οποία συνυπάρχουν το νερό και ο κεκορεσμένος ατμός του λέβητα. Από το γεγονός αυτό η θερμοκρασία του νερού είναι ίδια με την θερμοκρασία του κεκορεσμένου ατμού .

Η δουλειά του διαχωριστή είναι να διαχωρίσει τον ατμό από το νερό, ακόμα και από τα μικρότερα σταγονίδια νερού που υπάρχουν σε αυτόν γιατί περιέχουν άλατα τα οποία εναποτίθενται στον υπερθερμαντήρα.

Η λειτουργία του διαχωριστή στηρίζεται στην φυγοκέντρωση. Ο ατμός μπαίνοντας μέσα στον διαχωριστή αναγκάζεται να κινηθεί κυκλικά με μεγάλη ταχύτητα, έτσι τα σταγονίδια του νερού φεύγουν απ' αυτόν και πέφτουν στο κάτω μέρος του διαχωριστή. Από 'κει θα επιστρέψουν στους αυλούς με το νερό του οικονομητήρα για να ξαναμπούν στον φλογοθάλαμο (σχήμα 5.5).

Η στάθμη του νερού στον διαχωριστή θα πρέπει να διατηρείται σταθερή. Αυτό ρυθμίζεται από τον οικονομητήρα. Ανάλογα με την στάθμη του νερού μέσα στον διαχωριστή ρυθμίζουμε την ροή στους αυλούς που προέρχονται από τον οικονομητήρα. Εάν η στάθμη είναι χαμηλή τροφοδοτούμε την εστία με περισσότερο νερό, ενώ αν είναι υψηλή με λιγότερο .



ΣΧΗΜΑ 5.5: Τομή διαχωριστή ατμού-νερού.

→ ΔΟΧΕΙΟ ΑΝΑΜΙΞΕΩΣ

Το δοχείο αναμίξεως έχει σαν σκοπό να αναμιγνύει το νερό από τον οικονομητήρα με το νερό το προερχόμενο από τον διαχωριστή.

→ ΑΝΤΛΙΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ

Σκοπός της αντλίας τροφοδοσίας είναι να εξασφαλίσει την ροή νερού προς την εστία .

Οι λέβητες που χρησιμοποιούν αντλίες τροφοδοσίας ονομάζονται λέβητες τεχνητής κυκλοφορίας .

Υπάρχουν όμως και λέβητες φυσικής κυκλοφορίας. Η λειτουργία τους οφείλεται στην διαφορά βάρους του νερού του οικονομητήρα από το μίγμα νερού-ατμού που βγαίνει από την εστία.

Επειδή το νερό που βρίσκεται μέσα στους θερμαινόμενους αυλούς ανέρχεται οι αυλοί αυτοί ονομάζονται αυλοί ανόδου. Ενώ στους άλλους το νερό κατέρχεται και ονομάζονται αυλοί καθόδου.

Η κυκλοφορία του νερού γίνεται με τον εξής τρόπο .

Με την θέρμανση των αυλών ανόδου ατμοποιείται ένα μέρος του νερού έτσι ώστε μέσα στους αυλούς να υπάρχει μίγμα νερού και υδρατμών. Το ειδικό βάρος του μίγματος είναι μικρότερο του ειδικού βάρους του νερού. Το βάρος του νερού που περιέχεται στους αυλούς καθόδου είναι μεγαλύτερο , πράγμα που προκαλεί την διαταραχή της ισορροπίας του συστήματος.

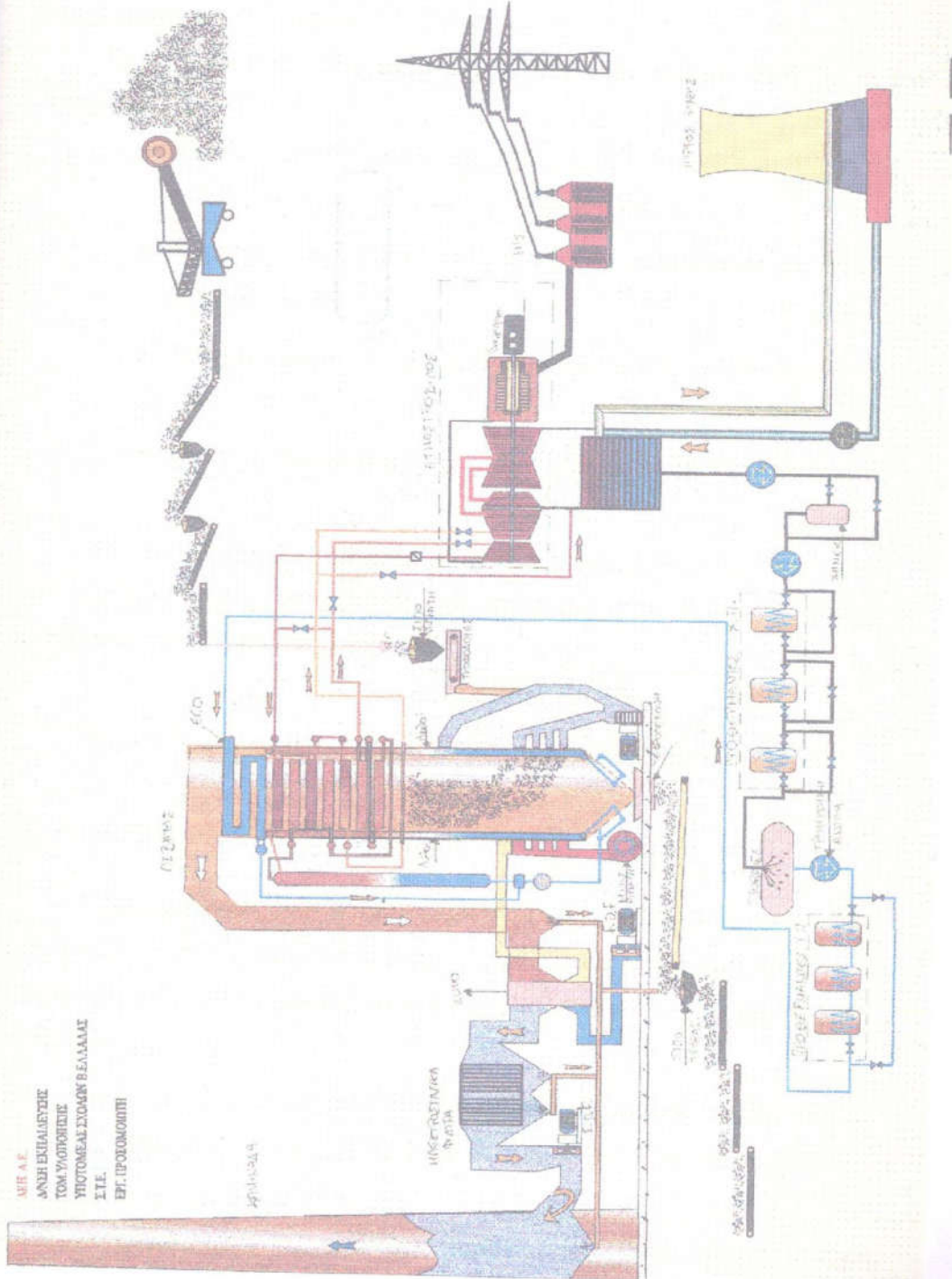
Το νερό των αυλών καθόδου ωθεί το ελαφρότερο μίγμα νερού-ατμού των αυλών ανόδου προς τα άνω. Το μίγμα εισέρχεται μ' αυτόν τον τρόπο στον διαχωριστή και ο μιν ατμός εξέρχεται από το άνω μέρος αυτού το δε νερό πέφτει στο κάτω μέρος του διαχωριστή για να εισέλθει εκ νέου στους αυλούς καθόδου. Με τον τρόπο αυτόν υπάρχει μια συνεχής κυκλοφορία του νερού, η ταχύτητα της οποίας εξαρτάται από τη θερμότητα του θαλάμου καύσης.

Όσο μεγαλύτερο είναι το ποσό της προσδιδόμενης θερμότητας τόσο περισσότερο νερό εξατμίζεται και συνεπώς το μίγμα νερό-υδρατμοί μέσα στους αυλούς ανόδου εμπλουτίζεται σε υδρατμούς. Κατ' ακολουθία αυξάνει η ροή του νερού μέσα στους αυλούς καθόδου. Οι αυλοί καθόδου είναι διαφορετικής διαμέτρου από τους αυλούς ανόδου και φυσικά διαφορετικού αριθμού. Είναι λοιπόν μεγάλης διαμέτρου και μικρού αριθμού.

- ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ ΑΥΛΩΝ ΑΝΟΔΟΥ

Ο συλλέκτης αυλών ανόδου είναι ένα δοχείο όπου ενώνονται οι αυλοί ανόδου προτού βγουν από τον λέβητα και οδηγηθούν στον διαχωριστή .

Στο διάγραμμα 5.3 παρουσιάζονται τα κύρια μέρη λειτουργίας της μονάδας του Α.Η.Σ Αγίου Δημητρίου.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5.3: Μονάδα Α.Η.Σ. Αγίου Δημητρίου.

5.2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΘΜΟΥ ΑΠΟΔΟΣΗΣ.

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιάσουμε τη μέθοδο υπολογισμού του βαθμού απόδοσης του λέβητα.

Το σύνολο των ενεργειακών απωλειών στον λέβητα οφείλεται στα παρακάτω αίτια :

- ➔ Απώλειες λόγω άκαυστων στην υγρή και ιπτάμενη τέφρα τις οποίες καλούμε q_1 % και q_2 % αντίστοιχα .
- ➔ Απώλειες λόγω θερμοκρασίας εξόδου καυσαερίων τις οποίες καλούμε q_3 %.
- ➔ Απώλειες λόγω μη τέλειας καύσης του λιγνίτη, παρουσία CO, τις οποίες καλούμε q_4 %.
- ➔ Απώλειες θερμότητας λόγω ακτινοβολίας τις οποίες καλούμε q_5 %.

Εάν τα παραπάνω ποσοστά απωλειών υπολογισθούν επί τοις εκατό της εκμεταλλεύσιμης θερμότητας του καύσιμου τότε ο ολικός βαθμός αποδόσεως του λέβητα θα είναι:

$$\eta_{\text{λεβητ.}} = 100 - (q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5) \% \quad (1)$$

Ακολουθούν οι μέθοδοι υπολογισμού των ενεργειακών απωλειών.

Υπολογισμός απωλειών λόγω ακαύστων στην τέφρα q_1 και q_2 .

Αρχικά ορίζουμε αυθαίρετα μια τιμή του βαθμού απόδοσης έστω η % και μετά με τη μέθοδο των επαναλήψεων συγκλίνουμε σε μια τιμή. Κατά την διάρκεια των δοκιμών μετρούμε το ποσό της παραγόμενης υγρής τέφρας και έστω αυτό $G_{U.T}$ kg.

Από τις αναλύσεις των λαμβανομένων δειγμάτων υγρής τέφρας έχουμε το ποσοστό άκαυστων σε ξηρό δείγμα, έστω C_1 % και το ποσοστό υγρασίας αυτής έστω W %.

Το ολικό βάρος της ανά ώρα παραγόμενης υγρής τέφρας σε ξηρή κατάσταση θα είναι:

$$G = G_{U.T} \frac{100 - W}{H \cdot 100} \text{ kg.} \quad (2)$$

όπου:

H: Η διάρκεια των μετρήσεων σε ώρες.

Από την παραχθείσα από τον λέβητα ενέργειας "E" (για χρόνο δοκιμής μιας ώρας) του υποθετικού βαθμού απόδοσης "η" (στον τελικό βαθμό καταλήγω μετά από μια σειρά επαναλήψεων έως ότου να συγκλίνουν οι τιμές) και της κατώτερης θερμογόνου δυνάμεως του λιγνίτη "Q" υπολογίζουμε την καταναλωμένη ποσότητα λιγνίτη "B" και από αυτήν το ολικό ποσό τέφρας "Γ" ως εξής :

$$B = \frac{E \cdot 100}{Q \cdot \eta} \text{ kg/h.} \quad (3)$$

$$\Gamma = \frac{A \cdot B}{100} = \frac{A \cdot E \cdot 100}{100 \cdot Q \cdot \eta} \text{ kg/h.} \quad (4)$$

E: Παραχθείσα από τον λέβητα ωφέλιμη ενέργεια για δοκιμή διάρκειας μιας ώρας σε kcal/h.

A: Ποσοστό τέφρας στον λιγνίτη %.

Η παροχή ωφέλιμης ενέργειας Q_N είναι ολόκληρο το ποσό ενέργειας, το οποίο μεταφέρεται μέσα στον ατμοπαραγωγό στο νερό ή στον ατμό .

Το ποσό της θερμότητας του νερού που αφαιρεί τα άλατα, προστίθεται στην παροχή της ωφέλιμης θερμότητας, σε περίπτωση που δεν ισχύει κάτι άλλο. Το ποσό της ωφέλιμης ενέργειας δίνεται από τον τύπο :

$$Q_N = m_{Y0} \cdot (h_{Y0} - h_{TN}) + m_{\Psi,Y0} \cdot (h_{TN} - h_{\Psi,Y0}) + m_{A01} \cdot (h_{A012} - h_{A011}) + \\ + m_{\Psi,A01} \cdot (h_{A012} - h_{\Psi,A01}) + m_{A02} \cdot (h_{A022} - h_{A021}) + m_{\Psi,A02} \cdot (h_{A022} - h_{\Psi,A02}) + \\ + m_{AB} \cdot (h_{AB} - h_{TN})$$

Όπου:

m_{Y0} : Η παροχή μάζας υπέρθερμου ατμού με ψεκασμούς .

m_{A01}, m_{A02} : Η παροχή μάζας ανάθερμου ατμού στην είσοδο I και II (βλέπε διάγραμμα 5.2) του αναθερμαντή.

$m_{\Psi,Y0}$: Η παροχή μάζας νερού ψεκασμού στον υπέρθερμο ατμό .

$m_{\Psi,A01}, m_{\Psi,A02}$: Η παροχή μάζας , νερού ψεκασμού στον ανάθερμο ατμό I και II (βλέπε διάγραμμα 5.2)

m_{AB} : Η παροχή μάζας του νερού που αφαιρεί τα άλατα καθ' όλη την διάρκεια της δοκιμής .

h_{TN} : Η ενθαλπία του νερού τροφοδοσίας.

$h_{Y\theta}$: Η ενθαλπία του υπέρθερμου ατμού .

$h_{\Psi,Y\theta}$: Η ενθαλπία εισόδου του νερού ψεκασμού στον υπέρθερμο ατμό .

h_{AB} : Η ενθαλπία του νερού που αφαιρεί τα άλατα.

$h_{A\theta 12}, h_{A\theta 22}$: Η ενθαλπία εξόδου του ανάθερμου ατμού I και II (βλέπε διάγραμμα 5.2)

$h_{A\theta 11}, h_{A\theta 21}$: Η ενθαλπία εισόδου του ανάθερμου ατμού I και II (βλέπε διάγραμμα 5.2)

$h_{\Psi,A\theta 1}, h_{\Psi,A\theta 2}$: Η ενθαλπία εισόδου του νερού ψεκασμού στον ανάθερμο ατμό I και II (βλέπε διάγραμμα 5.2)

Το καθαρό ποσό τέφρας G' στην λεκάνη κατόπιν αφαιρέσεως της υγρασίας και των ακαύστων είναι :

$$G' = G \frac{100 - C_1}{100} \text{ kg/h.} \quad (5)$$

Και το ποσοστό της τέφρας λεκάνης επί του συνόλου της περιεχόμενης στον λιγνίτη τέφρας g θα είναι:

$$g = \frac{G'}{\Gamma} \cdot 100 \% \quad (6)$$

Κατ' ακολουθία το ποσοστό της ιπτάμενης τέφρας i θα είναι :

$$i = 100 - g\% \quad (7)$$

Απώλειες q_1 λόγω ακαύστων υγρής τέφρας.

Ποσοστό ακαύστων, επί συνολικής ποσότητας τέφρας , ευρισκόμενο στην υγρή τέφρα:

$$\frac{g \cdot C_1}{100 - C_1} \%$$

Ποσοστό ακαύστων στην υγρή τέφρα επί συνολικού καταναλισκόμενου λιγνίτη:

$$\frac{g \cdot C_1}{100 - C_1} \cdot \frac{A}{100} \%$$

Ποσοστό απωλειών λόγω ακαύστων στην υγρή τέφρα q_1 :

$$q_1 = \frac{g \cdot C_1}{100 - C_1} \cdot \frac{A}{100} \cdot \frac{Q_1}{Q} \%$$

Επειδή Q_1 είναι η θερμογόνος δύναμη των ακαύστων στην υγρή τέφρα

$$Q_1 = \frac{Q_{UT}}{C_1} \cdot 100 \text{ kcal/kg έχω}$$

$$q_1 = \frac{g \cdot A}{100 - C_1} \cdot \frac{Q_{UT}}{Q} \%. \quad (8)$$

Q_{UT} : Η ανώτερη θερμογόνος δύναμη σε ξηρή κατάσταση της υγρής τέφρας.

Q : Κατώτερη θερμογόνος δύναμη φυσικού λιγνίτη.

A : Το ποσοστό τέφρας στον φυσικό λιγνίτη.

Απώλειες q_2 λόγω ακαύστων στην ιπτάμενη τέφρα:

Όπως παραπάνω υπολογίζουμε το ποσοστό ακαύστων στην ιπτάμενη τέφρα επί καταναλισκόμενου φυσικού λιγνίτη

$$\frac{i \cdot C_2}{100 - C_2} \cdot \frac{A}{100} \%$$

Επειδή το άκαυστο στην ιπτάμενη τέφρα παρουσιάζεται σχεδόν υπό μορφή καθαρού άνθρακα, ως θερμογόνος δύναμη του καυσίμου της ιπτάμενης τέφρας λαμβάνουμε την θερμογόνο δύναμη του άνθρακα 8130 Kcal/kg.

Έτσι έχουμε:

$$q_2 = \frac{i \cdot C_2}{100 - C_2} \cdot \frac{A}{100} \cdot \frac{8130}{Q} \%. \quad (9)$$

Υπολογισμός απωλειών λόγω θερμοκρασίας καυσαερίων q_3 .

$$q_3 = \frac{H_2 - H_1}{Q} \cdot 100 \%. \quad (10)$$

Όπου:

H_2 : Η ενθαλπία της ποσότητας καυσαερίων, μετά τους προθερμαντές αέρα (LUVO), αντίστοιχη προς 1 kg καυσίμου.

H_1 : Η ενθαλπία αέρα προς τους προθερμαντές αέρα.

Q: Κατώτερη θερμογόνος δύναμη λιγνίτη.

$$H_2 = V_K \cdot C_K \cdot t_K \quad (11)$$

Όπου:

V_K : Ο παραγόμενος όγκος καυσαερίων από καύση 1 kg καυσίμου .

C_K : Η ειδική θερμότητα των καυσαερίων .

t_K : Ο μέσος όρος των μετρούμενων θερμοκρασιών και μετά τους προθερμαντές αέρα

$$H_1 = \alpha \cdot V_\alpha \cdot C_\alpha \cdot t_\alpha \quad (12)$$

Όπου:

V_α : Ο θεωρητικά απαιτούμενος αέρας καύσεως για την καύση 1 kg καυσίμου .

α : Η περίσσεια αέρα.

C_α & t_α : Η ειδική θερμότητα και θερμοκρασία αντίστοιχα του αέρα πριν τους προθερμαντές αέρα και όπου: $C_\alpha = 1,002 \text{ kcal/m}^3 \text{ }^\circ\text{C}$

Ο θεωρητικά απαιτούμενος αέρας καύσεως λιγνίτη δίνεται από τον τύπο :

$$100 \cdot V_\alpha = 8,89(C - C') + 26,7(H - \frac{O}{8}) + 3,33 \cdot S \quad \cdot \text{m}^3/\text{kg} . \quad (13)$$

Όπου C, H, O και S είναι η εκατοστιαία περιεκτικότητα του καυσίμου σε άνθρακα, υδρογόνο, οξυγόνο και θείο αντίστοιχα .

Επίσης λαμβάνουμε υπόψη ότι C' είναι η εκατοστιαία ποσότητα άκαυστου άνθρακα στην τέφρα και δίνεται από τον τύπο :

$$C' = \frac{g \cdot C_1}{100 - C_1} \cdot \frac{A}{100} + \frac{i \cdot C_2}{100 - C_2} \cdot \frac{A}{100} \quad \% \quad (14)$$

Η περίσσεια αέρα είναι :

$$\alpha = \frac{CO_{2MAX}}{CO_2} \quad (15)$$

Όπου CO_{2MAX} η μέγιστη περιεκτικότητα των καυσαερίων σε CO_2 η οποία στην περίπτωση τέλει καύσης με τον θεωρητικό αέρα είναι :

$$CO_{2MAX} = \frac{1,867 \cdot (C - C')}{V_{\Xi\Xi}} \quad \% \quad (16)$$

Η περιεκτικότητα των καυσαερίων σε CO₂ βρίσκεται από τον τύπο:

$$\frac{21 - O_2}{21} \cdot 20 = CO_2 \quad (17)$$

Όπου:

O₂: Η περιεκτικότητα των καυσαερίων σε οξυγόνο .

Ο τύπος όμως αυτός ισχύει μόνο για καύσιμο λιγνίτη .

Η ποσότητα των παραγόμενων καυσαερίων σε ξηρή κατάσταση V_{ΞΚ} η οποία προέρχεται από την καύση 1kg άνθρακα δίνεται από τον τύπο :

$$100 \cdot V_{\Xi K} = 8,89 \cdot (C - C') + 21,1 \cdot (H - \frac{O}{8}) + 3,33 \cdot S + 0,796 \cdot N \quad m^3/kg \quad (18)$$

Και η υπεισερχόμενη στον τύπο (11) πραγματική ποσότητα καυσαερίων V_Κ έχει ως εξής :

$$100 \cdot V_K = 100 \cdot V_{\Xi K} + 11,19 \cdot H + 1,244 \cdot W + V_{\alpha}(\alpha - 1) \cdot 100 \quad m^3/kg \quad (19)$$

Όπου V_{ΞΚ}, V_α και α λαμβάνουν τις δεδομένες από τους τύπους (18), (13) και (15) τιμές αντίστοιχα .

Επίσης είναι H & W η περιεκτικότητα του καυσίμου σε υδρογόνο και υγρασία .

Η ειδική θερμότητα των καυσαερίων λιγνίτη στην περιοχή των 200 °C λαμβάνεται προσεγγιστικά σαν

$$C_p = 0,345 \quad kcal / m^3 \cdot ^\circ C. \quad (20)$$

Η ειδική θερμότητα των καυσαερίων μπορεί να υπολογιστεί ακριβέστερα βάσει των στοιχείων της ποιοτικής αναλύσεως αυτών % κατ' όγκο:

$$C_p = 0,316 \cdot (N + O + CO) + 0,426 \cdot (CO_2 + SO_2) + 0,375 \cdot H_2O \quad kcal / m^3 \cdot ^\circ C. \quad (21)$$

Υπολογισμός απωλειών λόγω ακαύστων CO q₄

Εάν x % είναι η περιεκτικότητα των καυσαερίων σε CO θερμογόνου δύναμης 3040 kcal/m³. Η ολική απώλεια θερμότητας λόγω CO θα είναι :

$$Q_u = V_K \cdot B \cdot \frac{(100 - q_1 - q_2)}{100} \cdot \frac{x}{100} \cdot 3,040 \text{ kcal.} \quad (22)$$

Και το ποσοστό απωλειών:

$$q_4 = \frac{Q_u}{Q \cdot B} \cdot 100 \% = \frac{V_K \cdot (100 - q_1 - q_2) \cdot x \cdot 3,040}{100 \cdot Q} \% \quad (23)$$

Εάν το ποσοστό περιεκτικότητα των καυσαερίων x % σε CO δίνεται επί ξηρών καυσαερίων τότε στον τύπο (20) πρέπει να αντικατασταθεί το V_K από το μέγεθος V_K' .

$$V_K' = V_{\Xi K} + V_a \cdot (\alpha - 1). \quad (24)$$

Απώλειες λόγω ακτινοβολίας q_5 .

Αυτές δίνονται από πίνακες και είναι συνάρτηση της ονομαστικής και της πραγματικής αμοπαγωγής του λέβητα σε t/h .

Τελικός υπολογισμός βαθμού απόδοσης.

Από τις υπολογισμένες μερικές απώλειες q_1, q_2, q_3, q_4, q_5 και του τύπου (1) υπολογίζουμε τον βαθμό απόδοσης του λέβητα $\eta_{\lambda\epsilon\beta}$.

Βάσει του υπολογισμένου $\eta_{\lambda\epsilon\beta}$ και του τύπου (3) υπολογίζουμε εκ νέου το ολικό ποσό του καταναλωμένου καυσίμου B kg. Εάν αυτό διαφέρει λιγότερο του 2% του αρχικά υπολογισμένου τότε ο βαθμός απόδοσης που τελικά υπολογίσαμε θεωρείται ικανοποιητικός, εάν όμως

$$\left| \frac{B - B'}{B} \right| \cdot 100 > 2 \quad (25)$$

τότε επιλέγουμε ως αρχικό βαθμό απόδοσης του λέβητα τον υπολογισμένο βαθμό απόδοσης και επαναλαμβάνουμε την ίδια διαδικασία μέχρι ικανοποίησης της σχέσεως

$$\left| \frac{B - B'}{B} \right| \cdot 100 < 2. \quad (26)$$

5.3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΘΜΟΥ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΛΕΒΗΤΑ Δ.Ε.Η. Α.Η.Σ ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ.

Για τον υπολογισμό του βαθμού απόδοσης πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στη Δ.Ε.Η. απ όπου εξάγαμε τα αποτελέσματα που χρησιμοποιούμε στη συνέχεια.

Κατά την διάρκεια των μετρήσεων κάηκε ο σύνηθες λιγνίτης (ορυχείου νότιου πεδίου) και η μονάδα λειτούργησε χωρίς ιδιαίτερες απαιτήσεις.

Η μέτρηση ήταν διάρκειας 2,5 ωρών, ενώ είχε προηγηθεί 1,5 ώρα λειτουργίας της μονάδας σε σταθερή κατάσταση.

Μετρούμενα μεγέθη .

Τα μεγέθη που μετρήθηκαν ήταν τα εξής :

1. Θερμοκρασία , οξυγόνο και στατική πίεση καυσαερίων στην έξοδο των προθερμαντών αέρα και σε πλέγμα 24 σημείων .
2. Θερμοκρασία, οξυγόνο και στατική πίεση καυσαερίων στην είσοδο των προθερμαντών αέρα και σε πλέγμα 12 σημείων .
3. Θερμοκρασία και στατική πίεση αέρα καύσης στην έξοδο των προθερμαντών αέρα και σε πλέγμα 12 σημείων.
4. Θερμοκρασία και στατική πίεση αέρα καύσης στην είσοδο των προθερμαντών αέρα και σε πλέγμα 12 σημείων.
5. Παροχή υγρής τέφρας .

Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων γινόταν δειγματοληψία λιγνίτη , υγρής και ιπτάμενης τέφρας κάθε 20 λεπτά και καταγραφή των κυριότερων ενδείξεων από το ΘΘΕ (θερμικό θάλαμο ελέγχου) κάθε 30 λεπτά .

Σε όσα από τα μεγέθη έχουν ληφθεί ταυτόχρονα ενδείξεις και μετρήσεις στον υπολογισμό για μεγαλύτερη ακρίβεια λήφθηκαν οι τιμές των μετρήσεων.

ΜΕΓΕΘΟΣ	ΜΟΝΑΔΕΣ	ΜΕΤΡΗΣΗ
Φορτίο του λέβητα	MW	302,6
Ατμοπαραγωγή (παροχή υπερθέρμου ατμού)	t/h	896,2
Παροχή ψεκασμών Υ/Θ	t/h	14,12
Παροχή ψεκασμών Α/Θ	t/h	37,33
Απομάστευση 7	t/h	38,63
Κενό ψυγείου	mbar	85
Θερμοκρασία εισόδου ψυκτικού	°C	22,4
Θερμοκρασία εξόδου ψυκτικού	°C	35,5
Θερμοκρασία. συμπυκνώματος	°C	42,7
Πίεση Υ/Θ	bar	170,16
Πίεση ψυχρού Α/Θ	bar	41,2
Πίεση Α/Θ	bar	38,15
Πίεση ψεκασμού Α/Θ	bar	75
Πίεση τροφοδοσίας προ οικονομητήρα (ECO)	bar	190
Θερμοκρασία Υ/Θ	°C	526,6
Θερμοκρασία ψυχρού Α/Θ	°C	327,8
Θερμοκρασία Α/Θ	°C	540
Θερμοκρασία. ψεκασμού Α/Θ	°C	182,3
Θερμοκρασία τροφοδοσίας προ οικονομητήρα	°C	248
Συνολικός λιγνίτης	%	56,8
Συνολικός αέρας καύσης	%	54,1
Συνολικό αέρας καύσης	10 ³ m ³ /h	926,6
Θερμοκρασία. καυσ. προ προθερμαντών αέρα	°C	302,2
Θερμοκρασία. καυσ. μετά προθερμαντών αέρα	°C	170,4
Θερμοκρασία. αέρα προ προθερμαντών αέρα	°C	24,3
Θερμοκρασία. αέρα μετά προθερμαντών αέρα	°C	290,7
O ₂ καυσαερίων	%	4,98

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1: Μετρήσεις από πείραμα.

ΜΕΓΕΘΟΣ	ΜΟΝΑΔΕΣ	ΜΕΤΡΗΣΗ
Υγρασία	%	52,2
Τέφρα	%	15,0
Διοξ. Άνθρακα	%	3,8
Άνθρακας	%	18,7
Υδρογόνο	%	1,3
Θείο	%	0,4
Άζωτο	%	0,6
Οξυγόνο	%	8,0
Κ.Θ.Δ	kcal / kg	1379

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2: Μετρήσεις για το λιγνίτη.

ΜΕΓΕΘΟΣ	ΜΟΝΑΔΕΣ	ΜΕΤΡΗΣΗ
Υγρασία	%	49,8
Άκαυστα	%	27,3
Θερμογόνος	kcal /kg	1359

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3: Μετρήσεις για την υγρή τέφρα.

ΜΕΓΕΘΟΣ	ΜΟΝΑΔΕΣ	ΜΕΤΡΗΣΗ
Άκαυστα	%	3,1

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4: Μετρήσεις για την ιπτάμενη τέφρα.

ΜΕΓΕΘΟΣ	ΜΟΝΑΔΕΣ	ΜΕΤΡΗΣΗ
O ₂ καυσ. Μετά προθερμαντή αέρα AP	%	5,24
O ₂ καυσ. Μετά προθερμαντή αέρα ΔΕ	%	4,92
O ₂ καυσ. Προ προθερμαντή αέρα AP	%	4,59
O ₂ καυσ. Προ προθερμαντή αέρα ΔΕ	%	4,72
Θερμ. καυσ. Μετά προθερμαντή αέρα AP	°C	172,7
Θερμ. καυσ. Μετά προθερμαντή αέρα ΔΕ	°C	185,6
Θερμ. καυσ. Προ προθερμαντή αέρα AP	°C	316,9
Θερμ. καυσ. Προ προθερμαντή αέρα ΔΕ	°C	315,8
Θερμ. αέρα προ προθερμαντή αέρα AP	°C	16,2
Θερμ. αέρα προ προθερμαντή αέρα ΔΕ	°C	20,2
Θερμ. αέρα μετά προθερμαντή αέρα AP	°C	290,0
Θερμ. αέρα μετά προθερμαντή αέρα ΔΕ	°C	295,6
Πίεση καυσ. προ προθερμαντή αέρα AP	mbar	-9,0
Πίεση καυσ. προ προθερμαντή αέρα ΔΕ	mbar	-11,5
Πίεση καυσ. μετά προθερμαντή αέρα AP	mbar	-20,5
Πίεση καυσ. μετά προθερμαντή αέρα ΔΕ	mbar	-23,0
Πίεση αέρα προ προθερμαντή αέρα AP	mbar	13,7
Πίεση αέρα προ προθερμαντή αέρα ΔΕ	mbar	12,0
Πίεση αέρα μετά προθερμαντή αέρα AP	mbar	4,9
Πίεση αέρα μετά προθερμαντή αέρα ΔΕ	mbar	4,5
Παροχή υγρής τέφρας	t/h	5,34
Φορτίο	MW	305,5
Κατανάλωση βοηθητικών	MW	27,0

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.5: Αποτελέσματα μετρήσεων για το λέβητα.

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω παίρνουμε τα ακόλουθα αποτελέσματα:

Υπολογισμός απωλειών λόγω ακαύστων στην τέφρα.

Ορίζουμε αυθαίρετα μια τιμή απόδοσης $\eta = 85\%$.

Ποσό παραγόμενης υγρής τέφρας.

$$\frac{G_{U.T}}{H} = 5,34 \text{ t/h}$$

Ποσοστό ακαύστων στην υγρή τέφρα σε ξηρό δείγμα.

Ποσοστό άκαυστων στην υγρή τέφρα :27,3 %.

Ποσοστό υγρασίας:49,8 %.

Χ ποσοστό καθαρής τέφρας χωρίς υγρασία και χωρίς άκαυστα.

$$100 = \chi + \text{υγρασία} + \text{άκαυστα} \quad \text{άρα } \chi = 100 - 49,8 - 27,3 = 22,9 \text{ \%}.$$

Το ποσοστό ακαύστων στην υγρή τέφρα σε ξηρή κατάσταση.

$$C_1 = \frac{27,3}{27,3 + \chi} = \frac{27,3}{27,3 + 22,9} = 0,5438 = 54,38 \text{ \%} \quad (1)$$

Το ολικό βάρος της ανά ώρα παραγόμενης υγρής τέφρας σε ξηρή κατάσταση.

$$G = \frac{G_{U.T}}{H} \cdot \frac{100 - W}{100} = 5,34 \cdot \frac{100 - 49,80}{100} = 2,68 \text{ t/h} \quad (2)$$

Παραγθείσα από τον λέβητα ενέργεια.

Στην προκείμενη περίπτωση :

1. Δεν χρειάζεται να λάβουμε υπόψη το ποσό θερμότητας από την παροχή νερού για την απομάκρυνση των αλάτων καθώς κατά την διάρκεια της δοκιμής δεν είχαμε απομάκρυνση αλάτων.
2. Επειδή η ενθαλπία του νερού ψεκασμού είναι ίδια με την ενθαλπία του νερού τροφοδοσίας (έχουν την ίδια θερμοκρασία και πίεση) ο παράγοντας της θερμότητας από ψεκασμό του υπέρθερμου παραλείπεται .
3. Στην συγκεκριμένη μονάδα που γίνεται η δοκιμή έχουμε ένα μόνο στάδιο ψεκασμού Α/Θ.

Έτσι ο τύπος υπολογισμού της παραγθείσας από τον λέβητα θερμικής ενέργειας Ε γίνεται:

$$Q_N = E = m_{\gamma\theta} \cdot (h_{\gamma\theta} - h_{\text{TN}}) + m_{\Lambda\theta} \cdot (h_{\Lambda\theta 2} - h_{\Lambda\theta 1}) + m_{\Psi,\Lambda\theta} \cdot (h_{\Lambda\theta 2} - h_{\Psi,\Lambda\theta}) \quad (3)$$

Οι ενθαλπίες υπολογίζονται από το διάγραμμα Mollier και δίνονται από τον πίνακα 5.6.

	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΠΙΕΣΗ	ΕΝΘΑΛΠΙΑ
	T (°C)	P (bar)	h (kJ/kg)
TN	248	190	1078,39
Υ/Θ	526,6	170,16	3361
Α/Θ2	540	38,15	3537,7
Α/Θ1	327,8	41,2	3034,9
Ψ,Α/Θ	182,3	75	776,9

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.6: Τιμές ενθαλπιών όπως προκύπτουν από το διάγραμμα Mollier.

$$m_{\gamma\theta} = 896,20 \text{ t/h}$$

$$m_{\gamma\theta} = m_{\gamma\theta} - m_{\Lambda\text{πομ.}} = 896,20 - 38,63 = 857,57 \text{ t/h}$$

$$m_{\Psi,\Lambda\theta} = 37,33 \text{ t/h}$$

$m_{\Lambda\text{πομ.}}$: Η παροχή ποσότητας ατμού που πηγαίνει στον προθερμαντήρα νερού .

Οπότε σύμφωνα με όλα τα παραπάνω και την εξίσωση 3 προκύπτει:

$$E = 896,20 \cdot (3361 - 1078,39) + 857,57 \cdot (3537,70 - 3034,90) + 37,33 \cdot (3537,70 - 776,90) = 2579921,942 \cdot 10^3 \text{ kJ / kg} \quad (4)$$

Κατώτερη θερμογόνο δύναμη του λιγνίτη Q.

$$Q = 1379 \text{ kcal / kg} = 1379 \cdot 4,1868 \text{ kJ / kg} = 5773,59 \text{ kJ / kg} \quad (5)$$

Καταναλωθείσα ποσότητα λιγνίτη B.

$$B = \frac{E}{Q \cdot \eta} = \frac{2579921,942 \cdot 10^3}{5773,59 \cdot 0,85} = 525,7 \text{ t} \quad (6)$$

Ολικό ποσό τέφρας Γ.

$$\Gamma = \frac{A}{100} \cdot B = \frac{15}{100} \cdot 525,7 = 78,86 \text{ t.} \quad (7)$$

Καθαρό ποσό τέφρας στη λεκάνη χωρίς άκαυστα και υγρασία G'.

$$G' = G \cdot \frac{100 - C_1}{100} = 2,68 \cdot \frac{100 - 54,38}{100} = 1,22 \text{ t/h.} \quad (8)$$

Ποσοστό τέφρας λεκάνης επί του συνόλου της περιεχόμενης τέφρας του λιγνίτη g.

$$g = \frac{G'}{\Gamma} \cdot 100\% = \frac{1,22}{78,86} \cdot 100\% = 1,55\% \quad (9)$$

Ποσοστό ιπτάμενης τέφρας i.

$$i = (100 - g)\% = 100 - 1,55 = 98,45\%. \quad (10)$$

Απώλειες λόγω ακαύστων υγρής τέφρας q₁.

$$q_1 = \frac{g \cdot C_1}{100 - C_1} \cdot \frac{A}{100} \cdot \frac{Q_1}{Q} \% = 1,55 \cdot \frac{54,38}{100 - 54,38} \cdot \frac{15}{100} \cdot \frac{1359}{1379} = 0,27\%. \quad (11)$$

Απώλειες ιπτάμενης τέφρας q₂.

$$q_2 = \frac{i \cdot C_2}{100 - C_2} \cdot \frac{A}{100} \cdot \frac{8130}{Q} \% = 98,45 \cdot \frac{3,1}{100 - 3,1} \cdot \frac{15}{100} \cdot \frac{8130}{1379} = 2,79\% \quad (12)$$

Υπολογισμός απωλειών λόγω θερμοκρασίας καυσαερίων.

$$q_3 = \frac{H_2 - H_1}{Q} \cdot 100\%. \quad (13)$$

$$C_{\alpha} = 1,002 \text{ kcal / m}^3 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$C_K = 0,345 \text{ kcal / m}^3 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_\alpha = 18,20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_K = 179,15 \text{ }^\circ\text{C}$$

Η εκατοστιαία ποσότητα άκαυστου άνθρακα στην τέφρα.

$$C' = \frac{g \cdot C_1}{100 - C_1} \cdot \frac{A}{100} + \frac{i \cdot C_2}{100 - C_2} \cdot \frac{A}{100} = 0,28 + 0,47 = 0,75\% \quad (14)$$

Η ποσότητα των καυσαερίων σε ξηρή κατάσταση.

$$\begin{aligned} 100 \cdot V_{KE} &= 8,89 \cdot (C - C') + 21,1 \cdot \left(H - \frac{O}{8}\right) + 3,33 \cdot S + 0,796 \cdot N \quad \text{m}^3/\text{kg} = \\ &= 8,89 \cdot (18,70 - 0,75) + 21,1 \cdot \left(1,3 - \frac{8}{8}\right) + 3,33 \cdot 0,4 + 0,796 \cdot 0,6 = 167,7 \text{ m}^3/\text{kg} \Rightarrow \\ &\Rightarrow V_{KE} = 1,68 \text{ m}^3/\text{kg} \quad (15) \end{aligned}$$

Η μέγιστη περιεκτικότητα των καυσαερίων σε CO₂

$$CO_{2,MAX} = \frac{1,867 \cdot (18,70 - 0,75)}{1,68} \% = 19,95\% \quad (16)$$

Η πραγματική περιεκτικότητα του CO₂

$$\frac{21 - O_2}{21} \cdot 20 = CO_2 \Rightarrow CO_2 = \frac{21 - 5,08}{21} \cdot 20 = 15,16\% \quad (17)$$

Η περίσσεια αέρα α.

$$\alpha = \frac{CO_{2,MAX}}{CO_2} = \frac{19,95}{15,16} = 1,32 \quad (18)$$

Ο απαιτούμενος όγκος αέρα καύσεως .

$$100 \cdot V_{\alpha} = 8,89 \cdot (C - C') + 26,7 \cdot \left(H - \frac{O}{8}\right) + 3,33 \cdot S \quad \text{m}^3 / \text{kg} =$$
$$8,89 \cdot (18,7 - 0,75) + 26,7 \cdot (1,3 - 1) + 3,33 \cdot 0,4 \Rightarrow V_{\alpha} = 1,69 \text{ m}^3 / \text{kg} \quad (19)$$

Η πραγματική ποσότητα καυσαερίων.

$$100 \cdot V_K = 100 \cdot V_{K\Xi} + 11,19 \cdot H + 1,244 \cdot W + V_{\alpha} \cdot (\alpha - 1) \cdot 100 =$$
$$= 100 \cdot 1,68 + 11,19 \cdot 1,3 + 1,244 \cdot 52,2 + 1,69 \cdot (1,32 - 1) \cdot 100 = 301,56 \text{ m}^3 / \text{kg} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow V_K = 3,01 \text{ m}^3 / \text{kg} \quad (20)$$

Οι ενθαλπίες αέρα και καυσαερίων.

$$H_1 = \alpha \cdot V_{\alpha} \cdot C_{\alpha} \cdot t_{\alpha} = 1,32 \cdot 1,69 \cdot 1,002 \cdot 18,20 = 40,68 \text{ kcal/kg} \quad (21)$$

$$H_2 = V_K \cdot C_K \cdot t_K = 3,01 \cdot 0,345 \cdot 179,15 = 186,03 \text{ kcal/kg} \quad (22)$$

οπότε από την εξίσωση 13 έχουμε:

$$q_3 = \frac{186,03 - 40,68}{1379} \cdot 100\% = 10,54\% \quad (23)$$

$$H \text{ απώλειες λόγω άκαυστων CO είναι } q_4 = 0\% \quad (24)$$

διότι δεν μετρώ CO στα καυσαέρια (καθώς η πορεία των καυσαερίων μέχρι την έξοδο τους είναι μεγάλη οι ποσότητες CO που βρίσκονται σ' αυτά καίγονται και μετατρέπονται σε CO₂).

Οι απώλειες λόγω ακτινοβολίας είναι σταθερές για κάθε τύπο λέβητα και στην δική μας περίπτωση είναι $q_5 = 0,5\%$ (25)

Στην συνέχεια υπολογίζω τον καινούριο βαθμό απόδοσης .

$$\eta' = 100 - (q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5) = 100 - (0,27 + 2,79 + 10,54 + 0 + 0,5) = 85,9\% \quad (26)$$

Υπολογίζουμε ξανά την ποσότητα καταναλωθέντος καυσίμου.

$$B' = \frac{E}{Q \cdot \eta'} = \frac{2579921,942 \cdot 10^3}{5773,59 \cdot 0.859} = 520,20 \text{ t/h} \quad (27)$$

και υπολογίζουμε την απόκλιση

$$\left| \frac{B - B'}{B} \right| \cdot 100 = \left| \frac{525,7 - 520,2}{525,7} \right| \cdot 100 = 1,05 < 2 \quad (28)$$

Άρα ο βαθμός απόδοσης που πήρα αρχικά είναι αποδεκτός.

5.4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΒΑΘΜΟΥ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ.

α) Επί της παραχθείσας ενέργειας.

Στον επί παραχθείσας υπολογισμό παίρνουμε τον πραγματικό βαθμό απόδοσης χωρίς να λάβουμε υπ' όψιν την ενέργεια που χρειάζεται η μονάδα για δικές τις ανάγκες .

Η απόδοση $\eta_{\text{ΜΟΝΑΔΑΣ}}$ δίνεται από τον λόγο του φορτίου που παράγεται από την μονάδα προς την θερμική ενέργεια που καταναλώσαμε.

$$\eta_{\text{ΜΟΝΑΔΑΣ}} = \frac{\Phi}{B \cdot Q} = \frac{305,5}{525,7 \cdot 1379} \frac{\frac{\text{MWh}}{\text{h}}}{\frac{\text{t}}{\text{h}} \cdot \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}} = \frac{305,5 \cdot 10^3}{525,7 \cdot 1379 \cdot 10^3} \frac{\text{kWh}}{\text{kcal}} = \frac{305,5 \cdot 860}{525,7 \cdot 1379} =$$

$$0,3624 = 36,24\% \quad (29)$$

όπου Φ το φορτίο που παράγεται από την μονάδα.

β) Επί της εξαγχθείσας ενέργειας

Στην περίπτωση αυτή λαμβάνουμε υπ' όψιν την ενέργεια που καταναλώνεται από τις βοηθητικές συσκευές της μονάδας .

$$\eta_{\text{ΜΟΝΑΔΑΣ}} = \frac{\Phi - K}{B \cdot Q} = \frac{305,5 - 27}{525,7 \cdot 1379} \frac{\text{MW}}{\frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}} = \frac{305,5 - 27}{525,7 \cdot 1379} \frac{\text{kWh}}{\text{kcal}} =$$
$$= \frac{(305,5 - 27) \cdot 860}{525,7 \cdot 1379} = 0,33 = 33\% \quad (30)$$

όπου K η ενέργεια που καταναλώνουν οι βοηθητικές μονάδες.

Ο πίνακας 5.7 συμπληρώνεται με τις μετρήσεις που έγιναν κατά την δοκιμή.

A/A	ΜΕΓΕΘΟΣ	ΜΟΝΑΔΕΣ	ΜΕΤΡΗΣΗ
1	Επί παραχθείσας		
	Ειδική κατανάλωση	kJ / kwh	9935,12
	Ειδική κατανάλωση	kcal / kwh	2372,9
	Βαθμός απόδοσης μονάδας	%	36,24
2	Επί εξαχθείσας		
	Ειδική κατανάλωση	kJ / kwh	10898,3
	Ειδική κατανάλωση	kcal / kwh	2603
	Βαθμός απόδοσης μονάδας	%	33
3	Βαθμός απόδ. λέβητα	%	85,9
	Απώλειες θερμ. καυσαερ.	%	10,54
	Απώλειες ιπτ. τέφρας	%	2,79
	Απώλειες υγρής τέφρας	%	0,27
	Απώλειες ακτινοβολίας	%	0,5
4	Παροχές		
	Καυσίμου	t / h	525,7
5	Περίσσεια αέρα		1,32

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.7: Αποτελέσματα μετρήσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

6.1. ΕΛ.ΠΕ.

Στην παρούσα εργασία (κεφάλαιο 4) μελετήσαμε το σύστημα ατμού των ΕΛ.ΠΕ. (Ελληνικά Πετρέλαια) στην περιοχή της Θεσσαλονίκης.

Αρχικά κάναμε μια απλή αναφορά στο συστήματα και στις χρήσεις του ατμού. Στη συνέχεια αφού υπολογίσαμε τα ισοζύγια ενέργειας και μάζας καταστρώθηκε ένα πρόγραμμα υπολογισμού με τη βοήθεια του οποίου εξάγουμε συμπεράσματα για τη μεταβολή των παροχών κάτω από διαφορετικά σενάρια λειτουργίας. Πιο συγκεκριμένα μελετάμε τη συμπεριφορά του συστήματος τόσο για την καλοκαιρινή όσο και την χειμερινή περίοδο. Για κάθε μία από αυτές τις περιόδους θεωρούμε 4 διαφορετικά σενάρια λειτουργίας, οπότε συνολικά μελετήσαμε 8 διαφορετικές περιπτώσεις.

Από τα αποτελέσματα που βγάλαμε μπορούμε να μελετήσουμε τις διακυμάνσεις τόσο στην ικανότητα παραγωγής από τους δυο λέβητες όσο και στην κατανάλωση ατμού για τα διαφορετικά σενάρια λειτουργίας.

Τα αποτελέσματα που βγάλαμε και το πρόγραμμα που καταστρώσαμε είναι βοηθητικό για τον υπολογισμό χρησιμων μεγεθών κατά τη λειτουργία του συστήματος.

Οι υπολογισμοί έγιναν με τη βοήθεια του προγράμματος EXCEL σε VISUAL BASIC.

6.2. Δ.Ε.Η. Α.Η.Σ. ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ.

Στην παρούσα εργασία (κεφάλαιο 5) μελετήσαμε το σύστημα ατμού της Δ.Ε.Η. στον Α.Η.Σ. Αγίου Δημητρίου στην περιοχή της Κοζάνης.

Αρχικά έγινε μια αναφορά στο σύστημα ατμού και στις βοηθητικές συσκευές. Η μελέτη επικεντρώθηκε στον υπολογισμό του βαθμού απόδοσης του λέβητα. Παρουσιάστηκε στην αρχή η μέθοδος υπολογισμού του βαθμού απόδοσης του λέβητα και στη συνέχεια με τη βοήθεια του προγράμματος EXCEL υπολογίσαμε τον βαθμό απόδοσης του λέβητα.

Οι τιμές που χρησιμοποιήσαμε στους υπολογισμούς μας προέκυψαν από μία μέτρηση που έγινε στην εν λόγω μονάδα.

Η τιμή του βαθμού απόδοσης που υπολογίσαμε είναι 85.9%. Η τιμή αυτή είναι αρκετά υψηλή και βρίσκεται πολύ κοντά στην τιμή του βαθμού απόδοσης που δίνεται από την κατασκευάστρια εταιρία.

Στη συνέχεια υπολογίσαμε και το βαθμό απόδοσης της μονάδας που βρήκαμε ότι είναι 33%. Η τιμή αυτή που υπολογίσαμε είναι αρκετά υψηλή και κυμαίνεται μέσα στα επιθυμητά όρια.

Από τους υπολογισμούς και τα αποτελέσματα των μετρήσεων το μόνο μέγεθος το οποίο αποκλίνει από τα αναμενόμενα και δεν είναι ικανοποιητικό είναι τα άκαυστα και κατά συνέπεια οι απώλειες της ιπτάμενης τέφρας .

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω πρέπει να ληφθούν μέτρα για την μείωση των άκαυστων, καθώς οι αυξημένες απώλειες στην ιπτάμενη τέφρα δημιουργούν προβλήματα στις γύρω περιοχές.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Παπαγεωργίου Ν., ΑΤΜΟΠΑΡΑΓΩΓΟΙ Ι, Εκδόσεις ΣΥΜΕΩΝ, (2^η ΈΚΔΟΣΗ), 2003.
2. Καραγιαννίδης Α., ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ , Διδακτικές σημειώσεις από το μάθημα Εξοικονόμησης ενέργειας, 2002.
3. Κακάρας Ε., ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ, Εκδόσεις Fountas (2^η ΈΚΔΟΣΗ), 2003
4. Λυγερός Α., ΑΡΧΕΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ-ΚΑΥΣΗ, 1979.
5. Βίολος Α., ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΑΘΜΟΥ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΛΕΒΗΤΩΝ.
6. Βακάλης Α., ΑΤΜΟΠΑΡΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ.
7. Γεωργακώστας ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΤΜΟΥ, Σεμινάριο Κ.Α.Π.Ε, 1993.
8. Baehr H.D. , ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ- ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΘΕΜΕΛΙΩΔΗ ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ, Εκδόσεις ΓΙΑΧΟΥΔΗ-ΓΙΑΠΟΥΛΗ