

Α.Τ.Ε.Ι Πάτρας
Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών
Τμήμα Μηχανολογίας

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ
ΝΙΚΟΥ ΚΑΤΣΟΥΓΚΡΑΚΗ**

**ΘΕΜΑ:
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΠΥΡΓΩΝ ΨΥΞΗΣ**



**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ:
ΚΑΜΠΟΥΡΙΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

ΠΑΤΡΑ ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2003

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή	4
2. ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΕΙΣ ΤΡΕΧΟΝΤΩΝ ΣΧΕΔΙΩΝ	6
2.1 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ	6
A) Μηχανισμός Αναπαράστασης- Σχεδιασμού	6
Φυσικά σχέδια πύργων ψύξης	7
Μηχανικά σχέδια πύργων ψύξης	8
Υγροί πύργοι ψύξης	11
Ξηροί πύργοι ψύξης	13
Συνδυασμός υγρών και ξηρών πύργων ψύξης	15
Υβριδικό σχέδιο πύργου ψύξης	16
B) Γεωμετρία και ρευστή ροή	17
Υπερβολικοί πύργοι	18
Συγκλίνοντες πύργοι	19
Στρογγυλοί πύργοι	20
Πακεταρισμένοι πύργοι	21
Πύργοι με μετρητές ροής έναντι διασταυρούμενης ροής	23
2.2 Έλεγχος	25
Κατανομή ροής αέρα	26
Ποσοστό ροής ψυχρού ύδατος	28
2.3 Διατήρηση Εργοστασίου	30
Διαφυγή και κατεργασία ύδατος	31
Βασικές αρχές διαφυγής	32
Σχηματισμός κλίμακας	33
Έλεγχος διάβρωσης	34
Έλεγχος Βιολογικής αύξησης	36

2.4 Απόδοση Λειτουργίας	37
Μετρήσεις ροής αέρα	37
Μετρήσεις Ροής Νερού	38
Λειτουργία σε κρύα καιρικά φαινόμενα	39
Απευθείας μέτρηση επίστρωσης	40
Ανίχνευση φωτιάς και προστασία	41
Ακουστικός Έλεγχος	42
2.5 Υλικά κατασκευής πύργων ψύξης	46
3. Βασική ψυχομετρική θεωρία	51
3.1 Ορισμοί	51
3.2 Ανάλυση πύργων ψύξης	55
3.3 Θεωρία ψύξης	60
3.4 Σχεδιασμός πύργων Ψύξης	65
3.5 Εκτιμήσεις σχεδίου	68
3.6 Εκτιμήσεις λειτουργίας	69
4. Πύργοι ψύξης και περιβάλλον	70
4.1 Περιβαντολογικές εκτιμήσεις και ανθρώπινη υγεία	70
4.2 Περιβαντολογικές λύσεις	77
5. Παράρτημα	79
Περιεχόμενα Εικόνων	80
Εικόνες – Σχήματα	82
Λίστα Συμβόλων	104
Βιβλιογραφία	107
Δικτυακοί Τόποι	108

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία με τίτλο «Τεχνολογία και εφαρμογές πύργων ψύξης» έγινε στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας, που προβλέπεται στο πρόγραμμα σπουδών του τμήματος Μηχανολογίας του ΑΤΕΙ Πάτρας, υπό την επίβλεψη του καθηγητή Γ. Καμπουρίδη.

Αυτή η εργασία αποσκοπεί στο να κάνει μια ανασκόπηση στην θεωρία και την λειτουργία των πύργων ψύξης και παρουσιάζει τα κύρια ψυχομετρικά προβλήματα που παρουσιάζονται στον πύργο ψύξης.

Η εργασία αυτή αποτελείται από πέντε ενότητες. Στην πρώτη ενότητα γίνεται μια σύντομη αναφορά στους πύργους ψύξης. Στη δεύτερη ενότητα γίνεται μια αναθεώρηση των τρεχόντων πύργων ψύξης, η οποία περιλαμβάνει την ταξινόμηση, τον έλεγχο, την διατήρηση, την απόδοση λειτουργίας και την κατασκευή των πύργων ψύξης. Η τρίτη ενότητα περιλαμβάνει την βασική ψυχομετρική θεωρία. Στην τέταρτη ενότητα γίνεται αναφορά στην επίδραση των πύργων ψύξης στο περιβάλλον και στην ανθρώπινη υγεία και προτείνονται διάφορες περιβαντολλογικές λύσεις. Τέλος στην πέμπτη ενότητα παρατίθενται εικόνες, σχήματα, λίστα συμβόλων, βιβλιογραφία και δικτυακοί τόποι που συντελούν στην τεκμηρίωση και κατανόηση αυτής της εργασίας.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι πύργοι ψύξης είναι ευρέως χρησιμοποιούμενοι στη βιομηχανία αφού αποτελούν ένα πολύ σημαντικό μέρος πολλών εγκαταστάσεων και επιτρέπουν στις επιχειρήσεις να διαχειρίζονται την θερμότητα από το κυκλοφορούμενο ύδωρ. Επιπλέον χρησιμοποιούνται σχετικά ανέξοδα και αξιόπιστα για τη μεταφορά θερμότητας από το ψυχώμενο ύδωρ. Όλοι οι πύργοι ψύξης λειτουργούν από τα ποσά της θερμότητας που ελευθερώνονται κατά την εξάτμιση ενός μικρού ποσού ύδατος, το οποίο διανέμεται εκ νέου μέσω της μονάδας. Η πηγή ύδατος χρησιμοποιείται για να ξαναγεμίσει το ύδωρ που χάνεται κατά την εξάτμιση. Το θερμό ύδωρ στέλνεται πίσω στον πύργο ψύξης από τους εναλλάκτες θερμότητας. Το ύδωρ βγαίνει από τον πύργο ψύξης και στέλνεται πίσω στους εναλλάκτες θερμότητας ή σε άλλες μονάδες για περαιτέρω ψύξη. Η θερμότητα που ελευθερώνεται καλείται λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης.

Η εξάτμιση ως μέσο ψυχωμένου νερού χρησιμοποιείται στην πληρέστερη έκτασή της στο πύργο ψύξης που σχεδιάζεται για να εκθέσει τη μέγιστη παροδική επιφάνεια ύδατος στη μέγιστη ροή του περιβαλλοντικού αέρα για τη μακρύτερη πιθανή χρονική περίοδο.

Η ατμόσφαιρα από την οποία ένας πύργος ψύξης ανεφοδιάζεται με αέρα έχει τις απείρως μεταβλητές ψυχομετρικές ιδιότητες, και ο πύργος αντιδρά θερμικά ή φυσικά σε κάθε μια από αυτές τις ιδιότητες. Ο πύργος επιταχύνει τον αέρα, τον περνά μέσω ενός λαβυρίνθου της δομής, γεμίζει και ζεσταίνει αυτόν, τον διαποτίζει με υγρασία, τον συμπιέζει και αποκρίνεται σε όλες τις θερμικές και αεροδυναμικές επιδράσεις. Τελικά, οι πύργοι ψύξης επιστρέφουν το ρεύμα του αέρα στην κοντινή

ατμόσφαιρα με την ένθερμη πρόθεση ώστε οι ατμοσφαιρικοί άνεμοι να μην βρουν τρόπο να επανεισαχθούν πίσω στον πύργο.

Το ψυκτικό αποτέλεσμα από έναν πύργο ψύξης επιτυγχάνεται περνώντας το ζεστό από μια επιφάνεια που του δίνει μια μεγάλη περιοχή έκθεσης. Ο αέρας οδηγείται κατά μήκος του μπλοκ στην αντίθετη κατεύθυνση της ροής του νερού και προκαλεί εξάτμιση, παίρνοντας θερμότητα από το ίδιο το νερό, που με αυτόν τον τρόπο αναπροσαρμόζει την θερμοκρασία του. Το νερό που χάνεται λόγω εξάτμισης αναπληρώνεται διαμέσου μιας βαλβίδας πλεύσης (φλοτέρ), που καθορίζει τη στάθμη του νερού στη δεξαμενή αποθήκευσης και αποτελεί τη βάση του πύργου ψύξης.

Εν τω μεταξύ, τα σταγονίδια ύδατος που παράγονται από το σύστημα διανομής του πύργου ανταγωνίζονται με τον αέρα για το ίδιο διάστημα και, μέσω της φυσικής συγγένειας, προσπαθούν να συγχωνευτούν σε ένα κοινό ρέον ρεύμα που εκθέτει στον αέρα την ελάχιστη δυνατή περιοχή επιφάνειας.

Ο πύργος που είναι γεμισμένος με ψεκασμό, και έχει μετρητή ροής προσπαθεί να ολοκληρώσει αυτήν την βασική λειτουργία με το να σπάσει το ψυχωμένο νερό σε λεπτά σταγονίδια, με την εξασφάλιση ότι τα σταγονίδια πέφτουν μέσω ενός προκληθέντος, προς τα πάνω-κινούμενου ρεύματος αέρα.

2. ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΕΙΣ ΤΡΕΧΟΝΤΩΝ ΣΧΕΔΙΩΝ

2.1 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

Οι πύργοι ψύξης μπορούν να ταξινομηθούν ως προς :

- A) τον μηχανισμό σχεδίων
- B) τη γεωμετρία και τη ρευστή ρύθμιση ροής

A) Μηχανισμός Αναπαράστασης- Σχεδιασμού

Οι πύργοι ψύξης μπορούν να ταξινομηθούν από το μηχανισμό σχεδίων όπως παρακάτω:

- Ø Φυσικό σχέδιο
- Ø Μηχανικό σχέδιο
- Ø Υγροί πύργοι ψύξης
- Ø Ξηροί πύργοι ψύξης
- Ø Υγροί και ξηροί πύργοι ψύξης συνδυασμού
- Ø Υβριδικό σχέδιο

- Φυσικά σχέδια πύργων ψύξης

Τα φυσικά σχέδια πύργων ψύξης έχουν χρησιμοποιηθεί πολύ συχνά τα προηγούμενα έτη για τις εφαρμογές βαριών φορτίων. Η γενική ρύθμιση πύργων ψύξης των φυσικών σχεδίων παρουσιάζεται στην εικόνα 1.

Οι φυσικοί πύργοι ψύξης δεν χρησιμοποιούν κανέναν μηχανικό ανεμιστήρα για να δημιουργήσουν τη ροή αέρα διαμέσου του πύργου και ο αέρας προέρχεται από μια φυσική ροή επαγωγής που παρέχεται από έναν ψεκασμό με πίεση.

Τα φυσικά σχέδια πύργων ψύξης χρησιμοποιούν τις πολύ μεγάλες καπνοδόχους για να εισαγάγουν τον αέρα. Το μέγεθος τους είναι περίπου 500 FT ύψος και 400 FT η διάμετρος στη βάση, ανάλογα με τη διαφορική πίεση μεταξύ του κρύου εξωτερικού αέρα και του καυτού υγρού αέρα στο εσωτερικό του πύργου. Λόγω του τεράστιου μεγέθους αυτοί οι πύργοι χρησιμοποιούνται γενικά για ρυθμούς ροής ύδατος επάνω από 200.000 GAL/l. Συνήθως αυτοί οι τύποι πύργων χρησιμοποιούνται μόνο από σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος. Ο φυσικός πύργος ψύξης έχει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα:

Μειονεκτήματα

- Ø Μεγάλες κατασκευές
- Ø Η δυνατότητα ψύξης εξαρτάται από την περιβαλλοντική συνθήκη αέρα και τα περιβαλλοντικά καιρικά αποτελέσματα.

Πλεονεκτήματα

- Ø Λιγότερη συντήρηση και διατήρηση που απαιτούνται.
- Ø Χαμηλότερες τρέχουσες δαπάνες για την κατασκευή και την εργασία

- Μηχανικά σχέδια πύργων ψύξης

Οι μηχανικοί πύργοι ψύξης είναι χρησιμοποιούμενοι ευρέως. Αυτοί οι πύργοι χρησιμοποιούν τους μεγάλους ανεμιστήρες για να εξαναγκάσουν τον αέρα να κυκλοφορεί διαμέσου του ύδατος. Το ύδωρ πέφτει προς τα κάτω πέρα από τις επιφάνειες γεμίματος και συντελεί στο να αυξήσει το χρόνο επαφής μεταξύ του ύδατος και του αέρα. Αυτό βοηθά στο να μεγιστοποιηθεί η μεταφορά θερμότητας μεταξύ τους.

Τα μηχανικά σχέδια πύργων ψύξης προσφέρουν τον έλεγχο των ποσοστών ψύξης στη διάμετρο των ανεμιστήρων και την ταχύτητα λειτουργίας τους.

Τα μηχανικά σχέδια πύργων ψύξης αντιπροσωπεύουν μια λογική μετάβαση, δεδομένου ότι υπάρχουν πλεονεκτήματα στη χρήση τους που υπερβαίνουν όλων των άλλων εκτός από πολύ ειδικές συνθήκες.

Στα μηχανικά σχέδια πύργων ψύξης ο αέρας παρέχεται με καθέναν από τους δύο τρόπους που παρουσιάζονται στην εικόνα 2. Εάν ο αέρας είναι απορροφημένος μέσα στον πύργο από έναν ανεμιστήρα στην κορυφή μέσω κινητών γριλιών στο κατώτατο σημείο, τότε επιφέρει το σχέδιο.

Όλοι οι μηχανικοί πύργοι πρέπει να είναι διατεταγμένοι με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε ο αέρας απαλλαγής να διασκορπίζεται ελεύθερα χωρίς την αναδιανομή του μέσω του πύργου, και έτσι ώστε οι αεραγωγοί εισαγωγής να μην είναι περιορισμένοι. Οι πύργοι ψύξης πρέπει να βρεθούν όσο το δυνατόν πλησιέστερα στα συστήματα ψύξης, αλλά δεν πρέπει ποτέ να βρεθούν κάτω από αυτά γιατί όταν διακόπτεται το σύστημα λειτουργίας επιτρέπεται στο ύδωρ των συμπυκνωτών να στραγγίξει από το σύστημα μέσω της λεκάνης των πύργων.

Εάν ο αέρας εξαναγκάζεται από έναν ανεμιστήρα στο κατώτατο σημείο και εκκενώνεται στην κορυφή, τότε αυτό είναι ένα εξαναγκασμένο σχέδιο.

Στον τύπο εξαναγκασμένου-σχεδίου ο αέρας εισάγεται μέσω ενός κυκλικού ανοίγματος ανεμιστήρων σχετικά μεγάλου και μη αποτελεσματικού ύψους και ο όγκος του πύργου ισοδυναμεί με το σημείο εισαγωγής του αέρα στο κενό. Η διανομή αέρα είναι σχετικά φτωχή, δεδομένου ότι ο αέρας πρέπει να κάνει 90 στροφές στην υψηλή ταχύτητα. Στους σχεδιασμένους πύργους ψύξης ο αέρας μπορεί να εισαχθεί κατά μήκος ενός ή περισσότερων ολόκληρων τμημάτων του τοιχώματος και κατά συνέπεια το ύψος του πύργου που απαιτείται για την είσοδο αέρα είναι πολύ μικρό.

Στους πύργους τύπου εξαναγκασμένου-σχεδίου ο αέρας απαλλάσσεται με χαμηλή ταχύτητα από ένα μεγάλο άνοιγμα στην κορυφή του πύργου. Υπό αυτούς τους όρους ο αέρας εισάγεται με μικρή ταχύτητα και τείνει να εγκατασταθεί στην πορεία του ρεύματος εισαγωγής, των ανεμιστήρων.

Ο τύπος πύργου εξαναγκασμένου σχεδίου, που παρουσιάζεται στην εικόνα 3, εντοπίζει στη δομή των πύργων τον ανεμιστήρα, τη λεκάνη, και τη διοχέτευση με σωλήνες. Ο ανεμιστήρας είναι τοποθετημένος στη βάση και αναγκάζει τον αέρα να κινηθεί από το κατώτερο σημείο προς την κορυφή του πύργου με μικρή ταχύτητα. Με βάση αυτό το πρότυπο, ο χειριστής βρίσκεται στη βάση. Ο δομικός χάλυβας και η ξύλινη διαμόρφωση καλύπτεται με την ξυλεπένδυση που είναι κατασκευασμένη από αργίλιο, γαλβανισμένο χάλυβα, ή πίνακες τσιμέντου αμιάντων.

Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας, ο αέρας που παράγουν οι ανεμιστήρες είναι σε μια χαμηλή ταχύτητα οριζόντια μέσω της συσκευασίας και έπειτα γίνεται κάθετος ενάντια στην προς τα κάτω ροή του ύδατος που εμφανίζεται από κάθε πλευρά του ανεμιστήρα. Εξαιτίας της κλίσης το νερό που βρίσκεται στην κορυφή του πύργου αφαιρείται καθώς

παρασύρεται από τον αέρα. Η δόνηση και ο θόρυβος είναι ελάχιστοι δεδομένου ότι ο περιστρεφόμενος εξοπλισμός στηρίζεται σε ένα στερεό υπόστρωμα. Οι ανεμιστήρες επεξεργάζονται συνήθως τον ξηρό αέρα και με αυτό τον τρόπο περιορίζονται σε μεγάλο βαθμό τα προβλήματα διάβρωσης και συμπύκνωσης του ύδατος.

Επιπλέον ο φρέσκος αέρας εισαγωγής μολύνεται μερικώς διαποτισμένος με αέρα που έχει περάσει ήδη μέσω του πύργου από πριν. Αυτό είναι γνωστό σαν επανακυκλοφορία και μειώνει την ικανότητα απόδοσης της ψύξης του πύργου. Σε αυτόν τον τύπο πύργου ο αέρας ελευθερώνεται μέσω του ανεμιστήρα σε μια υψηλή ταχύτητα έτσι ώστε οδηγείται επάνω στα φυσικά ρεύματα αέρα που τον αποτρέπουν από την τακτοποίηση στον αεραγωγό εισαγωγής. Σε αυτό το είδος πύργων οι συνολικές απαιτήσεις ανεμιστήρας-δύναμης είναι μεγαλύτερες επειδή η πτώση πίεσης είναι στην πλευρά εισαγωγής του ανεμιστήρα.

Στα μηχανικά σχέδια πύργων ψύξης εκτός από τον τύπο πύργου ψύξης εξαναγκασμένου σχεδίου υπάρχει και ο τύπος πύργου ψύξης προκληθέντος σχεδίου.

Ο τύπος πύργου ψύξης προκληθέντος σχεδίου, που παρουσιάζεται στην εικόνα 4 , εντοπίζει στη δομή των πύργων έναν ή περισσότερους ανεμιστήρες, στην κορυφή του πύργου, οι οποίοι σύρουν τον αέρα προς τα πάνω ενάντια στην προς τα κάτω ροή του ύδατος που περνά γύρω από την ξύλινη συσκευασία. Δεδομένου ότι η ροή αέρος είναι αντίθετα προς τη ροή του νερού, το πιο δροσερό ύδωρ στο κατώτατο σημείο είναι σε επαφή με τον ξηρότερο αέρα ενώ το θερμότερο ύδωρ στην κορυφή είναι σε επαφή με τον υγρό αέρα, με συνέπεια την αυξανόμενη αποδοτικότητα μεταφοράς θερμότητας.

- Υγροί πύργοι ψύξης

Το ψυκτικό υγρό του συμπυκνωτή θα οδηγηθεί στον πύργο ψύξης όπου θα αποδώσει την θερμότητά του στον ατμοσφαιρικό αέρα και θα επανέλθει κρύο στο συμπυκνωτή για να συνεχίσει την συμπύκνωση του ατμού.

Αν το νερό ψύξης αφηθεί στον πύργο με καταιονισμό (πάνω σε πλάκες σε διαφορετικά επίπεδα) και έτσι να έλθει σε επαφή με τον αέρα ο οποίος θα εισχωρήσει από τη βάση του πύργου, τότε ομιλούμε για υγρό πύργο ψύξης.

Το ζεστό νερό που θα μπει στον πύργο θα έλθει σε επαφή με τον αέρα ο οποίος έχει κάποια σχετική υγρασία και θερμοκρασία μικρότερη του νερού. Ο αέρας θα θερμανθεί και θα δεσμεύσει ένα μικρό μέρος θερμότητας από το νερό. Ο αέρας στην υψηλότερη θερμοκρασία που θα βρεθεί έχει τάση να κορεσθεί από ατμό, γεγονός που δημιουργεί εξάτμιση στο νερό. Αυτή η εξάτμιση θα πάρει θα πάρει θερμότητα και θα ψύξει το υπόλοιπο νερό. Εδώ βασικά οφείλεται η ψύξη του νερού. Συγχρόνως δε η έντονη ροή του αέρα θα συμπαρασύρει και τα μικρά σταγονίδια του νερού. Έτσι το νερό που οδηγούμε στον πύργο για ψύξη θα υποστεί μια μεγάλη απώλεια που θα πρέπει να συμπληρωθεί με φρέσκο νερό.

Οι ατμοί που θα φύγουν από τον πύργο ψύξης στο περιβάλλον είναι τόσοι πολλοί που επηρεάζουν τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής.

Παράδειγμα τεχνικών στοιχείων πύργου ψύξης.

Επιφάνεια δεξαμενής: $49,3 \text{ m} \times 34,5 \text{ m} = 1700 \text{ m}^2$

Πυκνότητα καταιονισμού: $5.5 \text{ t} / \text{m}^2 \cdot \text{h}$

Ύψος εισαγωγής νερού από την δεξαμενή: 7.5 m

Ύψος πύργου πάνω από την εισαγωγή νερού: 38.5 m

Ύψος επιφανειών συνδιαλλαγής θερμότητας: 5.7 m

Συνολικό ύψος πύργου: 46 m

Επιφάνεια εισαγωγής αέρα: 280 m²

Επιφάνεια στομίου εξόδου: 706 m²

Αγωγός θερμού νερού: 4 σωλήνες 650mm

(Το ύψος των πύργων μπορεί να φτάσει τα 180 m και η διάμετρος τα 120 m)

Σε ατμοηλεκτρικούς σταθμούς οι πύργοι ψύξης έχουν σχήμα μονοκελύφιου υπερβολοειδούς εκ περιστροφής. Τόσο ο ζεστός αέρας στον πύργο, όσο και οι υδρατμοί έχουν μικρότερη πυκνότητα του εξωτερικού ατμοσφαιρικού αέρα, πράγμα που δημιουργεί ένα φυσικό ελκυσμό. Στο λαιμό του πύργου έχουμε τη μεγαλύτερη ταχύτητα και τη μικρότερη πίεση. Η διεύρυνση της εξόδου θα επιφέρει μια αύξηση της πίεσης που θα διώξει αέρα και ατμούς στο περιβάλλον.

- Ξηροί Πύργοι Ψύξης

Οι ξηροί πύργοι ψύξης (εικόνα 5) περιφέρουν πολλές από τις παγίδες εξατμιστικού σχεδίου, περιορίζουν τη διαφυγή τους στους ποταμούς και τις λίμνες, δεν χάνουν το ύδωρ μέσω της εξάτμισης ή με άλλους τρόπους, και δεν δημιουργούν συνθήκες θολώματος ή παγώματος.

Στην περίπτωση που το νερό δεν καταιονιστεί αλλά θα περάσει από σωληνώσεις – χωρίς να έλθει άμεσα σε επαφή με τον αέρα – τότε μιλάμε για τον ξηρό πύργο ψύξης.

Σε αυτόν τον τύπο πύργων ψύξης το νερό περνά μέσα από σωληνώσεις και δεν έρχεται σε επαφή με τον αέρα ψύξης. Η απόδοση είναι πολύ μικρότερη του υγρού πύργου και η κυκλοφορία του αέρα εξαναγκασμένη.

Οι ξηροί πύργοι είναι ακριβότεροι να διατηρηθούν από τους εξατμιστικούς πύργους αφού απαιτούν τις δαπανηρές χημικές πρόσθετες ουσίες και τον περιοδικό καθαρισμό προκειμένου να αποφευχθεί η διάβρωση και το λέρωμα, που συνδέονται με το ύδωρ.

Άλλα πλεονεκτήματα περιλαμβάνουν:

- Ø Την απαίτηση για τις όχι μεγάλες τοπικές παροχές νερού που επεξεργάζεται η εγκατάσταση και μπορεί επίσης να είναι κοντά στις πηγές καυσίμων ώστε να κερδίζονται οι δαπάνες μεταφορών, ή κοντά στα κέντρα διανομής φορτίων εγκαταστάσεων που κόβουν τις δαπάνες μετάδοσης.
- Ø Διευκόλυνση των υπάρχουσών εγκαταστάσεων χωρίς ικανοποιητικό ύδωρ να προσαρμόζουν εξατμιστικές ψυχόμενες μονάδες και έτσι να επεκτείνονται.

Ø Είναι πολύ εύκολο να ληφθεί μια άδεια επειδή ο ξηρός πύργος δεν αποτελεί μια σοβαρή απειλή για το περιβάλλον.

Δυστυχώς όλα αυτά τα πλεονεκτήματα μπορούν να ακυρωθούν αν εστιάσουμε ένα μεγάλο μειονέκτημα του ξηρού πύργου ο οποίος δεν είναι τόσο θερμικά αποδοτικός όπως ο εξατμιστικός αντίστοιχός του. Για να πραγματοποιήσει μια συγκρίσιμη εργασία ο ξηρός πύργος είναι ακριβότερος κατά τη λειτουργία του. Για να γίνει σύγκριση πρέπει να αναφερθούν οι συνολικές δαπάνες των εγκαταστάσεων των ξηρών έναντι των υγρών συστημάτων.

Ένα άμεσο-ξηρό σύστημα για παράδειγμα δεν απαιτεί μια διοχέτευση με σωλήνες και τις αντλίες ύδατος κυκλοφορίας συμπυκνωτών επιφάνειας ή ένα σύστημα για τη διαφυγή. Επίσης αφού το ξηρό σύστημα είναι εξαρτώμενο από τον ξηρό βολβό θερμοκρασίας που είναι λιγότερο κυκλικό από τον υγρό βολβό, το σχέδιο φορτίων πρέπει να εξεταστεί για ολόκληρο το έτος για την παραγωγή συγκρίσεων. Παραδείγματος χάριν, όσον αφορά τη λειτουργία στροβίλων ατμού, μερικές μονάδες θα λειτουργήσουν στην εκτιμημένη ικανότητα με την πίσω πίεση τόσο υψηλή όπως 350 mm Hg απόλυτα. Κατά τη θερινή θερμοκρασία των 32-37 C και ειδικών πιέσεων των 135 mm Hg, η άμεση απώλεια της ικανότητας των συμπυκνωτών δεν είναι ένας σημαντικός παράγοντας.

Πιο πρόσφατα, η ξηρή ψύξη στον τύπο του –άμεσου αέρα ψύξης- συμπυκνωτή έχει κερδίσει την εύνοια ως μηχανισμός θερμότητας-απόρριψης.

- Συνδυασμός υγρών και ξηρών πύργων ψύξης

Ο συνδυασμός εξατμιζόμενων και ξηρών πύργων ψύξης σε ένα κύκλωμα είναι μια τεχνική που μπαίνει στη χρήση πριν από πολλά έτη.

Στον εξατμιστικό τύπο πύργου ψύξης η ψύξη πραγματοποιείται από την εξάτμιση που συντελείται όταν ο αέρας και το νερό έρχονται σε επαφή.

Ως εκ τούτου η μεταφορά θερμότητας ψύχει τη συνολική μάζα του ύδατος.

Το σχετικά υψηλό κόστος είναι ένας άλλος παράγοντας και ο έλεγχος του συνδυασμού για να ικανοποιήσει ποικίλο όρο φορτίων μπορεί να είναι λεπτός.

Υπάρχουν διάφορες παραλλαγές των υγρών και ξηρών συστημάτων ψύξης αλλά μόνο 4 είναι σε κοινή χρήση (εικόνα 6):

- A) Έμμεσος υβριδισμός
- B) Έμμεσος με χωριστό υγρό και ξηρό
- C) Έμμεσος με διασπασμένο το συμπυκνωτή
- D) Κατευθείαν ξηρός και υγρός υβριδισμός

Οι παραλλαγές αυτές δημιουργούν έναν άλλο τύπο πύργου ψύξης, τον υβριδικό.

- Υβριδικό σχέδιο πύργου ψύξης

Το υβριδικό σχέδιο πύργου ψύξης κάνει χρήση των μηχανικών ανεμιστήρων για να αυξήσει τη ροή αέρος. Αναφέρεται επίσης ότι χρησιμοποιούνται και οι βοηθητικοί ανεμιστήρες των φυσικών σχεδίων πύργων ψύξης. Αυτού του τύπου πύργοι ψύξης ελαχιστοποιούν την ιπποδύναμη που απαιτείται για τη μετακίνηση αέρα, μειώνοντας έτσι το κόστος των δαπανών. Επίσης είναι ιδιαίτερα κατάλληλοι για μεγάλα φορτία. Το υβριδικό σχέδιο απεικονίζεται στην εικόνα 7.

B) Γεωμετρία και ρευστή ροή

Οι πύργοι ψύξης μπορούν να ταξινομηθούν από τη γεωμετρία και τη ρύθμιση της ροής ως εξής:

Ø Υπερβολικοί πύργοι

Ø Συγκλίνοντες πύργοι

Ø Στρογγυλοί πύργοι

Ø Πακεταρισμένοι πύργοι

Ø Πύργοι με μετρητές ροής έναντι διασταυρούμενης ροής

- Υπερβολικοί Πύργοι

Ο υπερβολικός πύργος (εικόνα 8) είχε μια πολύ καλή φήμη στο παρελθόν. Μερικοί φόβοι σχετικά με την περιβαλλοντική μόλυνση δεν έχουν εξακριβωθεί.

Εντούτοις σε πολλές περιπτώσεις οι ιδιοκτήτες έπρεπε να τους κατασκευάσουν μακριά από τα προάστια πόλεων για να αποφύγουν την κριτική. Χαρακτηριστικά το ύψος ενός υπερβολικού πύργου είναι 150 μ και η διάμετρος άνω των 70 μ στη βάση.

Οι υπερβολικοί πύργοι είναι μόνο κατάλληλοι όταν:

- Ø Οι συνθήκες λειτουργίας προσφέρουν τη χαμηλή υγρή θερμοκρασία βολβών και υψηλή σχετική υγρασία
- Ø Υπάρχει ένας συνδυασμός χαμηλού υγρού βολβού και υψηλού σημείου εισαγωγής και εξόδου ύδατος, με ταυτόχρονη ύπαρξη θερμοκρασίας.
- Ø Απαιτούνται βαριά φορτία ύδατος

Τα μηχανικά σχέδια υπερβολικών πύργων χρησιμοποιούνται συνήθως στην Ευρώπη. Αυτό το σχέδιο έχει συνδυάσει τα καλύτερα χαρακτηριστικά γνωρίσματα φυσικών πύργων και πύργων μηχανικών σχεδίων. Η κατασκευή είναι υπερβολική στη μορφή αλλά στο μέγεθος είναι μικρότερος ο συμβατικός υπερβολικός πύργος.

Με βάση τις διαστάσεις έχουν περίπου το μισό ύψος και είναι κατά δύο τρίτα μικρότερα στη βάση. Υπάρχουν κινητοί ανεμιστήρες γύρω από τη βάση που δίνουν τον καλύτερο έλεγχο από τους φυσικούς πύργους σχεδίων και δεν καταναλώνουν τόση ενέργεια όσο οι πύργοι που στηρίζονται μόνο στο μηχανικό σχέδιο.

- Συγκλίνοντες πύργοι

Το μόνο σοβαρό πρόβλημα με τους υπερβολικούς πύργους είναι οι ισχυροί άνεμοι στην κορυφή πύργων που επηρεάζουν την κατασκευή οδηγώντας σε μια χαμηλότερη εκτέλεση και λειτουργία. Σε μια προσπάθεια να διορθωθεί αυτό, ο πύργος σχεδιάστηκε σε έναν "συγκλίνοντα πύργο" (εικόνα 9) για να αποφύγει την εισροή κρύου αέρα και την καταστροφή το σχεδίου απαλλαγής.

- Στρογγυλοί πύργοι

Το κύριο πλεονέκτημα αυτής της μορφής (εικόνα 12β) είναι η αποδοτικότερη χρήση κατάλληλου – διαθέσιμου εδάφους και η λιγότερη δύναμη ανεμιστήρων επειδή οι μειωμένες ταχύτητες εξόδων είναι δυνατόν να σωθούν διασυνδέοντας διοχέτευση με σωλήνες αποταμίευσης και ηλεκτρικά τρεξίματα.

Για να έχουμε καλύτερη θερμική απόδοση γύρω από τα σχέδια πύργων κανονίστηκε οι ανεμιστήρες να είναι πέρα από την περιοχή γεμίματος για να παρέχεται ομοιόμορφη ροή.

Ο πύργος σχεδιάζεται έτσι ώστε η ροή αέρα και νερού να μπορούν να είναι συγκεντρωμένες κατά τη διάρκεια της ροής λειτουργίας. Ένα σύστημα ελεγχόμενης ροής στις πύλες στη διανομή νερού μέσω των αγωγών νερού, επιτρέπει απομόνωση της ροής του νερού στο τμήμα του πύργου.

Η ροή του αέρα μπορεί να είναι τμηματοποιημένη από ένα σύστημα χωρισμάτων που αναδιατάσσονται από το επίπεδο γεμίματος στην κατώτερη πλευρά της οροφής.

Αυτή η τροποποίηση επιτρέπει τμήματα ανεμιστήρων να αποσύρονται από τη λειτουργία, χωρίς να υποστούμε κατά την επανείσοδο, μείωση της αποδοτικότητας της λειτουργίας.

- Πακεταρισμένοι πύργοι ψύξης

Χαρακτηριστικό γνώρισμα των πακεταρισμένων πύργων ψύξης είναι ο αυξανόμενος χρόνος επαφών ύδατος / αέρα, κατά τη διαδικασία του «γεμίματος». Το γέμισμα του συνόλου των τμημάτων του πύργου, (εικόνα 10) γίνεται με την εκτόξευση νερού και σε αυτή τη διαμόρφωση οι μπάρες που εκτοξεύουν νερά, είναι τοποθετημένες στην οριζόντια περιοχή του πύργου κάτω από τους ψεκαστήρες και επάνω από το επίπεδο της περιοχής εισαγωγής αέρα.

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την καθυστέρηση της πτώσης του νερού και την αύξηση της περιοχής επιφάνειας που εκτίθεται στον αέρα, με την προώθηση της διαδικασίας της εξάτμισης.

Οι πύργοι ψύξης στην κατασκευή τους είναι συναρμολογούμενοι και οι περισσότερες εφαρμογές είναι συνήθως κάτω από 5000 τόνους και χαρακτηριστικά έχουν εμπορικά, θεσμικά και βιομηχανικά μικρότερη κατασκευή. Είναι γεγονός ότι ο πύργος είναι περιορισμένου μεγέθους μόνο λόγω των περιορισμών που επιβάλλονται από τις ικανότητες ναυτιλίας.

Εξωτερική διοχέτευση με σωλήνες, καλωδίωση, υποστηρίξεις και τέτοια εξαρτήματα όπως οι ράγες χεριών και η οθόνη εισαγωγών αέρος, εγκαθίστανται συνήθως από τον τοπικό ανάδοχο. Μόλις γίνουν οι συνδέσεις πύργων οι μονάδες είναι έτοιμες για το ξεκίνημα και υπάρχουν και άλλες ψυχωμένες εγκαταστάσεις.

Ο κατασκευαστής πύργων είναι καλύτερα ικανός να ελέγξει την ποιότητα της επεξεργασίας και να συνδυάσει τη θερμική απόδοση σχεδίου με μια βελτιωμένη στο εργοστάσιο λειτουργία.

Οι συσκευασμένοι πύργοι (εικόνα 11) έχουν παρόμοιο σχέδιο, και αυτοί γεμίζουν τους ανεγειρόμενους πύργους εκτός από το διαμορφώσιμο και χαρακτηρίζονται για τις μεγαλύτερες ευελιξίες. Οι μονάδες στέλνονται

ως ενότητες- τμήματα και εγκαθίστανται στην περιοχή ανάλογα με τις γενικές απαιτήσεις ψύξης. Οι πακεταρισμένοι πύργοι είναι συχνά διασταυρούμενη ροής, αν και το εξαναγκασμένο- σχέδιο πύργου μπορεί να είναι με μετρητή ροής με τον ανεμιστήρα κάτω από την περιοχή γεμίματος.

- Πύργοι με μετρητή ροής έναντι πύργων με διασταυρούμενη ροή.

Στο σχέδιο πύργου ψύξης με μετρητή ροής ο αέρας κινείται κάθετα προς τα πάνω διαμέσου του γεμίματος, αντίθετα προς την προς τα κάτω πτώση του ύδατος. Λόγω της ανάγκης για τις εκτεταμένες ολομέλειες εισαγωγής και απαλλαγής, απαιτείται η χρήση συστημάτων ψεκασμού υψηλής πίεσης και λόγω των υψηλών απωλειών πίεσης του αέρα, οι πύργοι με μετρητή ροής χρησιμοποιούν μεγαλύτερη δύναμη ανεμιστήρων σε σύγκριση με τους πύργους διασταυρούμενης ροής. Στους μεγάλους πύργους με μετρητή ροής, εξαιτίας της χαμηλής πίεσης των συστημάτων διανομής και της διαθεσιμότητας των περιοχών εισαγωγής στη διαχείριση αέρα, τείνουν να εξισώσουν, ή ακόμα και να αντιστρέψουν αυτή την κατάσταση.

Οι πύργοι διασταυρούμενης ροής έχουν ένα γέμισμα, στο οποίο η ροή αέρα είναι οριζόντια, πέρα από την προς τα κάτω πτώση του ύδατος. Το ψυχωμένο ύδωρ καταλήγει στις λεκάνες κολπίσκων καυτού ύδατος που βρίσκονται επάνω στις περιοχές γεμίματος και διανέμεται στο γέμισμα. Οι πύργοι διασταυρούμενης ροής μπορούν να διαιρεθούν στους πύργους διπλής ροής και στους πύργους μονής ροής.

Στους πύργους διπλής ροής ο χειριστής εγκαθιστά τον αέρα διαμέσου δύο κολπίσκων και σε δύο τμήματα – περιοχές του γεμίματος.

Το είδος πύργου με μονή ροή έχει μόνο τον έναν κολπίσκο και ένα ρεύμα αέρα να γεμίζουν τα τμήματα και είναι συνήθως χρησιμοποιημένος στις περιοχές που η πορεία αέρα στον πύργο είναι απεριόριστη από μόνο μια κατεύθυνση.

Το σχέδιο διασταυρούμενης ροής λειτουργεί καλύτερα στους 16-18 βαθμοί Κελσίου επειδή δεν είναι τόσο θερμικά αποδοτικό στους 8-10 βαθμούς Κελσίου όπως είναι ο τύπος με μετρητή ροής. Το γέμισμα και οι κινητές γρίλιες στους πύργους με διασταυρούμενη ροή τους κάνουν πιο

ευαίσθητους στη ζημιά από πάγο κατά τη διάρκεια του κρύου καιρού λειτουργίας από τις μονάδες με μετρητή ροής. Στην πραγματικότητα η βιομηχανική εμπειρία δείχνει ότι οι ξύλινοι πύργοι διασταυρούμενης ροής θα στηρίξουν την επαναλαμβανόμενη ζημιά κατά τη διάρκεια κρύων καιρικών φαινομένων. Χαρακτηριστικές κατασκευές πύργων με μετρητή ροής και πύργων με διασταυρούμενη ροή παρουσιάζονται στην Εικόνα 12.

2.2 Έλεγχος

Οι πύργοι ψύξης σχεδιάζονται για να παρέχουν ένα μέγιστο ποσό επιφάνειας μεταφοράς θερμότητας μεταξύ του αέρα και του ύδατος. Το καλοκαίρι ένα υψηλό ποσοστό μεταφοράς θερμότητας οδηγεί στην υψηλή αποδοτικότητα πύργων. Το χειμώνα εντούτοις μπορεί να προκαλέσει τη γρήγορη συγκέντρωση του πάγου σε κρίσιμα συστατικά, που έχουν επιπτώσεις στην απόδοση και ενδεχομένως που βλάπτουν τον πύργο (εικόνα 13). Αν και κάποιος σχηματισμός πάγου είναι αποδεκτός να υπάρχει στις κινητές γρίλιες ή στους αεραγωγούς εισαγωγής ή εκεί όπου το γέμισμα δεν μπορεί να ελεγχθεί, εντούτοις θέτει σε κίνδυνο θραύσης τους σωλήνες, την διακοπή κυκλοφορίας νερού, την παρεμπόδιση του αέρα κ.λ.π.. Πράγματι τα τμήματα πάρα πολλής υποστήριξης πάγου μπορούν να απειλήσουν τη δομή των πύργων.

Για να ελέγξουμε το σχηματισμό πάγου υπάρχουν βασικά δύο σειρές δράσεων.

- i) Έλεγχος κατανομής - ποσοστού ροής του αέρα (που περιορίζεται στα μηχανικά σχέδια πύργων)
- ii) Έλεγχος κατανομής - ποσοστού ροής ψυχρού νερού (μηχανικά και φυσικά σχέδια πύργων)

i) Κατανομή ροής αέρα

Η μείωση της ροής αέρα όχι μόνο καθυστερεί το σχηματισμό πάγου το χειμώνα αλλά μπορεί να μειώσει ή να αποβάλει τον πάγο που διαμορφώθηκε ήδη. Εκτός από το να φέρει το λιγότερο κρύο αέρα στην επαφή με το κυκλοφορόντας ύδωρ, η χαμηλότερη ταχύτητα της εισόδου του αέρα αλλάζει την πορεία του μειωμένου ύδατος, επιτρέποντας στο θερμό ύδωρ να έρθει σε επαφή και να λειώσει τον πάγο που διαμορφώνεται προηγουμένως από τα τυχαία σταγονίδια που τα μπουρίνια αέρα ή το κανονικό ράντισμα μπορεί να είχαν κατευθύνει από το κύριο ρεύμα. Δύο ανεμιστήρες ταχύτητας προσφέρουν την πολύ καλύτερη λειτουργούσα ευελιξία από τους ενιαίους ανεμιστήρες ταχύτητας σε κρύα κλίματα. Στους πολυκυτταρικούς πύργους οι ανεμιστήρες μπορούν να ανακυκλωθούν χωριστά πέρα-δώθε μεταξύ του συνόλου και με τη μισή ταχύτητα για να επιτευχθεί μια ισορροπία μεταξύ της ψύξης που απαιτείται και του ελέγχου του πάγου. Η υπερβολική ανακύκλωση μπορεί να προκαλέσει τη μέγιστη επιτρεπόμενη μόνωση θερμοκρασίας στις μηχανές των ανεμιστήρων, με τη μισή ταχύτητα να παράγεται γεγονός που είναι ο καλύτερος συνδυασμός επίδρασης ψύξης και ελέγχου πάγου και ενδεχομένως θα μειώσει την ενέργεια ανεμιστήρων κατά περισσότερο από 80%.

Οι πύργοι ψύξης εξοπλίζονται με χωριστά τμήματα για κάθε ανεμιστήρα, ενώ αποκλείονται μεμονωμένοι ανεμιστήρες.

Οι πύργοι που έχουν δύο ή περισσότερους ανεμιστήρες εκκένωσης σε έναν κοινό χώρο με πίεση μεγαλύτερης της εξωτερικής, μπορούν να αφαιρούνται από την λειτουργία ώστε να ελέγξουν την τήξη, ενώ

συγχρόνως αποτρέπουν τον κρύο αέρα και το ξαφνικό πάγωμα του μηχανικού εξοπλισμού ενός ανενεργού ανεμιστήρα.

Η μεγάλη συγκέντρωση πάγου μπορεί να απαιτήσει την περιστροφή ανεμιστήρα-λεπίδων και την αντιστροφή αυτών, αναγκάζοντας το μειωμένο σχέδιο ύδατος για να μετατοπιστεί εξωτερικά να φέρει έναν κατακλυσμό ή ένα σχετικά καυτό ύδωρ σε επαφή με τον πάγο.

Ο θερμαινόμενος αέρας που βγαίνει από τους κολπίσκους αέρα βοηθά επίσης στο λιώσιμο του πάγου που δεν επιτυγχάνεται από το μειωμένο ύδωρ.

Οι ανεμιστήρες πρέπει να αντιστραφούν για μόνο τις μικρές χρονικές περιόδους (30 λεπτά το πολύ), λόγω της δυνατότητας του πάγου να διαμορφώνει τους κυλίνδρους ανεμιστήρων και τις λεπίδες και το μηχανικό εξοπλισμό. Στον πολύ- ανεμιστήρα οι πύργοι αποφεύγουν τη μεμονωμένη αντιστροφή ανεμιστήρων ειδάλλως, η απαλλαγή από τους παρακείμενους ανεμιστήρες μπορεί να οδηγήσει στην αυστηρή τήξη των ανεμιστήρων.

ii) Ποσοστό ροής ψυχρού ύδατος

Για τον κρύο καιρό λειτουργίας οι πύργοι πρέπει να εξοπλιστούν, με ένα σύστημα διανομής ύδατος, που μπορεί να χειριστεί, για να τοποθετήσει τη μέγιστη συγκέντρωση του ρέοντος ύδατος, πλησιέστερα στους αεραγωγούς εισαγωγής των πύργων. Αυτό το σχέδιο δίνει τη δυσκολότερη εργασία ψύξης στον πιο κρύο αέρα και βεβαιώνει επίσης μια γρήγορη άνοδο στις θερμοκρασίες αέρα για να αποτρέψει το πάγωμα μέσα στο γέμισμα.

Επιπλέον τοποθετεί τη μέγιστη ποσότητα θερμού ρέοντος ύδατος στους τομείς της μέγιστης δυνατότητας για τη συγκέντρωση πάγου.

Για να επιτευχθεί αυτού του είδους η διανομή του κρύου νερού, πρέπει να ξεκινήσει παροχή για τη συνολική ποσότητα νερού περνώντας άμεσα από τη λεκάνη του κρύου νερού και αυτό γίνεται στους ενδεδειγμένους μηχανικούς πύργους σχεδίων και στους φυσικούς πύργους σχεδίων (εικόνα 14).

Κατά τη διάρκεια του ξεκινήματος, όταν η αποθήκευση στη λεκάνη κρύου νερού μπορεί να πλησιάζει στο πάγωμα, τότε πρέπει η συνολική ροή του νερού να διοχετευθεί πίσω στη σειρά όπου γίνεται επιστροφή χωρίς τη διάβαση μέσω του γεμίματος. Αυτός ο τρόπος παράκαμψης πρέπει να συνεχιστεί έως ότου φθάσει το ύδωρ σε μια ασφαλή θερμοκρασία συνήθως περίπου 26 βαθμούς C όπου μπορεί να κλεισθεί η παράκαμψη για να επαναπροσανατολισθεί η συνολική ροή πέρα από το γέμισμα.

Ακόμη και κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας μπορεί να είναι απαραίτητο να παρακαμφθεί η ροή, για να διατηρηθεί μια λογική θερμοκρασία ύδατος. Ο συνδυασμός χαμηλού φορτίου και χαμηλής

περιβαλλοντικής θερμοκρασίας μπορεί να προαγάγει την τήξη, παρά τη συνηθισμένη λειτουργία παράκαμψης ελέγχου των διαδικασιών για να αποτρέψει την τήξη, στην οποία η μεγαλύτερη διαφορά στις πυκνότητες αέρα μεταξύ της κορυφής και του κατώτατου σημείου το χειμώνα αυξάνει τη ροή αέρα και την ψύξη έτσι.

Οι ξεχωριστές ροής μηχανικοί πύργοι σχεδίων είναι δυνατοί, εάν διατηρείται ο έλεγχος του αέρα, η συνεισφορά του νερού στις συγκεντρώσεις ροής και στα εξωτερικά τμήματα του γεμίματος και όταν οι συνθήκες λειτουργίας των πύργων ελέγχονται με προσοχή.

Οι παροχές πολυ-κυττάρικων πύργων ψύξης μπορεί να έχουν γίνει από την ολική μετακίνηση του νερού από ένα ή περισσότερα κελιά. Η συνοδευόμενη μείωση της διαθέσιμης επιφάνειας, θερμότητα-μεταφοράς αυξάνει τη θερμοκρασία κυκλοφορίας του ύδατος, επιτρέποντας έτσι στα παραμένοντα κελιά, να λειτουργούν ασφαλέστερα σε χαμηλότερες θερμοκρασίες.

2.3 Διατήρηση Εργοστασίου

Οι οικονομικοί περιορισμοί καθιστούν δύσκολη την επισκευή των πύργων ψύξης και την ανακατασκευή τους από την αρχή γιατί απαιτείται πολύ υψηλό κόστος. Επομένως η επισκευή των πύργων ψύξης ώστε να διατηρηθεί η θερμική τους κατάσταση ή η αναβάθμιση αυτών ώστε να ενισχυθεί η καταλληλότητά τους, είναι μια πολύ σοβαρή πτυχή.

Σήμερα οι κατασκευαστές και οι χρήστες των πύργων ψύξης προσπαθούν να βρουν μια λύση για τους υπάρχοντες πύργους, πολλοί από τους οποίους βρίσκονται στο τέλος της λειτουργικής ζωής τους.

Κάθε πύργος όσον αφορά την επισκευή ή την αναβάθμιση του έχει το δικό του σύνολο παραμέτρων επισκευής.

Κύρια προβλήματα και εκτιμήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν από τον χειριστή του πύργου ψύξης:

i) Διαφυγή και κατεργασία ύδατος

Όταν μια βιομηχανική διαδικασία απορρίπτει τη θερμότητα των αποβλήτων σε έναν εξατμιστικό πύργο ψύξης, το διαλυμένο και ανασταλμένο θέμα στον τύπο επάνω στο ύδωρ πρέπει να αφαιρεθεί από το ύδωρ που κυκλοφορεί μέσω του πύργου και πρέπει επίσης να εξεταστεί με τις χημικές ουσίες που αποτρέπουν ή που εμποδίζουν τουλάχιστον, τη διάβρωση, το σχηματισμό κλίμακας, και το βιολογικό λέρωμα. Αυτά τα προβλήματα προωθούνται από:

- Ø Το που διαλύεται και που αναστέλλεται συνδεδεμένο με την επανακυκλοφορία.
- Ø Την υψηλή θερμοκρασία
- Ø Τα μόρια που προέρχονται από τον αέρα κατά την εισαγωγή του νερού στον πύργο
- Ø Τον αερισμός και την εξάτμιση.

Το ποσοστό στο οποίο αυτοί οι όροι εμφανίζονται δεν είναι σταθερό, το οποίο περιπλέκει την επεξεργασία.

Επιπλέον το ύδωρ είναι ένας άριστος διαλύτης και θα διαλύσει μια ευρεία ποικιλία υλικών.

Το ειδικό πρόγραμμα χημικής-επεξεργασίας εξαρτάται από την ποιότητα και το διαθέσιμο ψυχώμενο ύδωρ, μια και η ποιότητα του ψυχωμένου ύδατος απαιτείται για να ελαχιστοποιήσει τη διάβρωση. Οι περιοχές των πύργων που επηρεάζονται, είναι επιφάνειες μεταφοράς θερμότητας, διοχέτευσης με σωλήνες συστημάτων ψύξης και τέτοια συστατικά όπως αυτά του γεμίσματος.

ii) Βασικές αρχές διαφυγής

Μέρος του νερού και του τριμμένου αέρα μπορεί να κατακρημνιστεί στη λεκάνη των πύργων ψύξης, από όπου μπορεί να αφαιρεθεί ως λάσπη.

Όλο το διαλυμένο υλικό αφαιρείται συνεχώς μέσω συστημάτων που απομακρύνουν τα καυσαέρια και συνήθως (σχεδόν 100%) μέσω της διαφυγής πύργων. Η αφαίρεση μέσω της διαφυγής καθορίζεται από το μέγιστο της συγκέντρωσης που επιτρέπεται, για κάθε μια από τις διαλυμένες και ανασταλμένες ουσίες στην κυκλοφορία του νερού. Η ροή διαφυγής ύδατος ρυθμίζεται για να επιτύχει επιθυμητή συγκέντρωση, και μπορεί να είναι διαφορετική από 20% για έναν χαρακτηριστικό πύργο γλυκού νερού, σε 65% για ένα σύστημα αλμυρού ύδατος.

Εάν είναι υπερβολικό το ποσό των χημικών ουσιών που προστίθενται στον έλεγχο της διάβρωσης και της εναπόθεσης, μπορούν αυτές οι χημικές ουσίες να είναι οι ίδιοι ρύποι.

Το πιο κοινό μεταξύ αυτών των χημικών ουσιών είναι το χλώριο, που εισάγεται για τον έλεγχο των βιολογικών αυξήσεων, δεδομένου ότι ο έλεγχος αυτών των αυξήσεων απαιτεί 0.3-0.5 mg/l του ελεύθερου διαθέσιμου χλωρίου (FAC) να διατηρείται στο σύστημα ψύξης για μία ή περισσότερες ώρες. Συνήθως μια φορά ανά ημέρα η διαφυγή περιέχει τον ίδιο ρύπο.

Η συγκέντρωση του προϊόντος διάβρωσης, που μπορεί θεωρητικά να ενισχύσει το κυκλοφορούμενο νερό και να εμφανιστεί στη διαφυγή πύργων, εξαρτάται από τον αριθμό της συγκέντρωσης και του ποσοστού της διάβρωσης.

iii) Σχηματισμός κλίμακας

Ο σχηματισμός κλίμακας συμβαίνει όταν διαλυμένη ποσότητα στερεών και αερίων των πύργων ψύξης φθάνει το όριο της διαλυτότητας του ιζήματος στις επιφάνειες διοχέτευσης μέσω σωλήνων και με μεταφορά θερμότητας.

Τα ιζήματα σχηματίζονται από ανόργανα συστατικά όπως το ασβέστιο και το μαγνήσιο, τα οξείδια του σιδήρου που αποτελούν το στερεό του ανασταλμένου ρύπου και το οργανικό βιολογικό τμήμα. Οι κύριοι λόγοι που αυτές οι ουσίες κατακρημνίζονται είναι:

- Ø Αλλαγές στη θερμοκρασία ή στο pH
- Ø Εισαγωγή στο όριο της διαλυτότητας
- Ø Εξάτμιση ύδατος

Όλα τα παραπάνω οδηγούν σε συγκεντρώσεις κάτω από το σημείο διαλυτότητας.

iv) Έλεγχος διάβρωσης

Ο έλεγχος διάβρωσης επιτυγχάνεται με την προσθήκη χημικών ουσιών στο ψυχωμένο ύδωρ, για να μειωθεί η διαβρωτική ικανότητα και η εμφάνιση των μη διαλυτών ή μεταλλικών επιφανειών. Αυτή η τελευταία δράση προετοιμάζει το μέταλλο από την αντίδραση με το ύδωρ και την επιστροφή στην φυσική κατάσταση οξειδίου. Συνδυασμός χρωμικού άλατος ή ψευδάργυρου, ή ψευδάργυρου και πολυφωσφορικών αλάτων είναι πιο απαγορευτικό μαζί με φωσφορικά άλατα πολυμερή τα οποία βοηθούν τη δράση ανασταλτικών παραγόντων.

Ο κατάλογος χημικών ουσιών που χρησιμοποιούνται ως ανασταλτικοί παράγοντες διάβρωσης στους πύργους ψύξης κυριαρχείται από τον ακριβή περιορισμό αποβλήτων αποχέτευσης. Έτσι η χρήση του χρωμικού άλατος και του ψευδάργυρου που περιέχουν ανασταλτικούς παράγοντες για τη διάβρωση περιορίζονται γενικά σε εκείνες τις εγκαταστάσεις στις ξηρές περιοχές όπου η απαλλαγή είναι πρακτική.

Στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις όπου η διαφυγή πύργων είναι συνηθισμένη για να συνδυαστεί με άλλο ρεύμα αποβλήτων εγκαταστάσεων, ο κανονισμός δεν είναι τόσο περιοριστικός.

Η διαβρωτική ικανότητα του ύδατος, μπορεί να μειωθεί από το αυξανόμενο pH. Αυτό γίνεται με το ανθρακικό άλας ασβεστίου σε διάλυμα για να καταστήσει το ύδωρ πιο αλκαλικό.

Τα αλκαλικά ύδατα είναι γενικά λιγότερο επιθετικά προς το χάλυβα απ' ό,τι τα ουδέτερου pH ύδατα.

Η διάβρωση μειώνεται καθώς το pH αυξάνεται έως ότου αρχίζει να κατακρημνίζεται το ανθρακικό άλας ασβεστίου. Για να αποτραπεί η κατακρήμνιση που θα μπορούσε να οδηγήσει στο ξελέπιασμα, το κανονικό όριο διαλυτότητας μπορεί να ξεπεραστεί με τη σταθεροποίηση του ύδατος με τα ειδικά φωσφορικά ή οργανικά συστατικά. Όλη η αλκαλική επεξεργασία απαιτεί τον καλό έλεγχο των χημικών ουσιών, του pH και της αλκαλικότητας.

v) Έλεγχος Βιολογικής αύξησης

Πολλά συστήματα μικροοργανισμών (βακτηρίδια, άλγη) αναπτύσσονται στα συστήματα των πύργων ψύξης επειδή το ύδωρ βομβαρδίζεται συνεχώς με τις φρέσκες προμήθειες των οργανισμών με το πέρασμα του αέρα μέσα στον πύργο. Επιπρόσθετα υγρές επιφάνειες εκτίθενται στο φως του ήλιου όπως με τους πύργους διασταυρούμενης ροής, και αναπαράγουν αυτές τις βιολογικές αυξήσεις.

Οι βιοκτόνες ουσίες είναι χημικές ουσίες που σκοτώνουν τους οργανισμούς διαβίωσης στο σύστημα ψύξης και μπορούν να ταξινομηθούν ευρέως σε οξειδωτικά και μη οξειδωτικά. Οι μηχανισμοί χλωρίωσης και οξείδωσης, είναι οι πιο διαδεδομένοι για τον έλεγχο της βιολογικής ανάπτυξης. Το χλώριο είναι τοξικό και δρα γρήγορα στο να σκοτώσει τα βακτήρια.

2.4 Απόδοση Λειτουργίας

i) Μετρήσεις ροής αέρα

Η ανεπαρκής ροή αέρα μέσω ενός πύργου μπορεί σοβαρά να προσκρούσει στην απόδοσή του. Ακόμη και μια μείωση 5% μπορεί να προκαλέσει μια μείωση 3%, στην λειτουργία του. Έτσι οι μετρήσεις των πραγματικών ποσοστών ροών αέρος μπορούν να είναι χρήσιμες στον εντοπισμό προβλημάτων, όπως, η υπερβολική φόρτωση ύδατος, ή η μεγάλη πτώση πίεσης των εισόδων.

Οι διατάξεις στατικής δυναμικής πίεσης, επιλέγονται συχνά στο να μετρήσουν τη στατική και συνολική πίεση (εικόνα 15). Η διαφορά μεταξύ αυτών των δύο, δυναμική πίεση, μπορεί να σχετιστεί με την ταχύτητα, μόλις καθιερωθεί ένας συντελεστής για το σωλήνα της διάταξης. Οι σωλήνες είναι χρήσιμοι στα περιβαντολογικά φαινόμενα υγρασίας για να αποτρέψουν την πλημμύρα του καναλιού από τα υγρά σταγονίδια που προσκρούουν στο ακροσωλήνιο εναέριας πλήρωσης καυσίμου. Τα χρησιμοποιούμενα για τους πύργους ψύξης είναι χαρακτηριστικά διαμέτρου 3,2 mm μέχρι 6,2 mm. Για τα μηχανικά σχέδια πύργων, οι διατάξεις στατικής δυναμικής πίεσης διευθύνονται κανονικά κάτω από τον ανεμιστήρα στο σωρό των ανεμιστήρων.

Τα πολυάριθμα ανεμόμετρα τύπων κινητού πλαισίου είναι επίσης αποτελεσματικά για τις μετρήσεις της ροής του αέρος. Αυτά είναι τραχιά, με λεπτή διατομή και εύκολο να τοποθετηθούν και να προσφέρουν την ακρίβεια και την επανάληψη.

ii) Μετρήσεις Ροής Νερού

Για να καθοριστεί η αποδοτικότητα των πύργων ψύξης και να υπολογιστεί η εξοικονόμηση ενέργειας, το ποσοστό ροής του νερού πρέπει να μετρηθεί ακριβώς. Μια συσκευή που είναι γνωστή ως σωλήνας Prundlë μπορεί να κάνει αυτές τις μετρήσεις, με τη δημιουργία ενός διαφορικού σήματος πίεσης ανάλογου προς τη ροή. Η διαφορική πίεση παράγεται μεταξύ τεσσάρων προς τα πάνω λιμένων πρόσκρουσης και ενός οπίσθιου λιμένα πίεσης (εικόνα 16). Οι λιμένες πρόσκρουσης είναι στις συγκεκριμένες θέσεις και έτσι ο μέσος όρος των τεσσάρων πιέσεων ταχύτητας προσεγγίζει τη μέση πίεση στασιμότητας.

Ο υπολογισμός του μέσου όρου των τεσσάρων πιέσεων ταχύτητας πραγματοποιείται μέσω ενός σωλήνα παρεμβολής μέσα στο σωλήνα prundle. Από τη στιγμή που το άνοιγμα της παρεμβολής του σωλήνα είναι στην κεντρική γραμμή του σωλήνα, η πίεση είναι κατά προσέγγιση ο μέσος όρος των τεσσάρων πιέσεων που υπάρχουν στους τέσσερις λιμένες πρόσκρουσης.

Ο οπίσθιος χαμηλής πίεσεως λιμένας αντιμετωπίζει την προς τα κάτω διοχέτευση με σωλήνες και υπό αυτήν τη μορφή, μια πίεση ελαφρώς λιγότερο από την πραγματική, τη στατική πίεση. Το ποσοστό ροής σωληνώσεων μπορεί να υπολογιστεί από τις καθιερωμένες υδραυλικές εξισώσεις.

Η εκτιμημένη ακρίβεια του Prundle είναι + - 1% της αξίας όπως πιστοποιείται με την εργαστηριακή δοκιμή.

iii) Λειτουργία σε κρύα καιρικά φαινόμενα

Η λειτουργία των πύργων ψύξης σε κρύα καιρικά φαινόμενα απαιτεί μόνο την ενημέρωση του περιβαλλοντικού ξηρού βολβού και της θερμοκρασίας του κρύου νερού επιστροφής από τη λεκάνη πύργων. Δεδομένου ότι οι δύο θερμοκρασίες μειώνονται, υπάρχουν διάφοροι τρόποι λειτουργίας για να αποτρέψουν το πάγωμα που γίνεται προφανώς από τη μειωμένη ροή αέρος στο κυκλοφορούμενο ύδωρ από το πέρασμα. Για κάθε σχέδιο και θέση πύργων, οι πλοκές μπορούν να αποτελεστούν από την περιβαλλοντική θερμοκρασία ξηρών βολβών έναντι της κρύας καιρικής λεκάνης θερμοκρασίας, η οποία δίνει αυτή τη διάσταση σε κάθε τρόπο. Όπως όλη η οργανολογία του πύργου οι αισθητήρες θερμοκρασίας στη λεκάνη, πρέπει να είναι τραχιοί και καλά προστατευμένοι από τις επικίνδυνες συνθήκες.

iv) Απευθείας μέτρηση επίστρωσης

Οι απευθείας μέτρηση επίστρωσης γίνεται όλο και περισσότερο σημαντική στο σημερινό ενεργειακό κλίμα.

Ο απευθείας μηχανισμός επίστρωσης, χρησιμοποιεί το ύδωρ που λαμβάνεται άμεσα από το λειτουργούν σύστημα ψύξης και εφαρμόζει τις τεχνικές μέτρησης, τόσο απλά όσο η οπτική παρατήρηση, ή τόσο σύνθετα όσο ο υπολογιστής, παρακινώντας την οργανολογία να ενσωματώνει και άλλες παραμέτρους όπως τη διάβρωση, την αγωγιμότητα και το pH.

Ο έλεγχος λειτουργίας τείνει προς την πλήρη αυτοματοποίηση της χημικής τροφής, ενώ ο μηχανισμός μπορεί να παρέχει ένα σύστημα συναγερμού για να προειδοποιήσει για τις όχι-κανονικές καταγραφές. Η εικόνα 17 παρουσιάζει κύρια στοιχεία μιας κατεργασίας ύδατος και πλήρης ενοργάνωση συστημάτων ελέγχου, πλήρης οργανολογία όπου τέτοια προσοχή στη λεπτομέρεια, πρέπει να ασκείται γενικά στους καθημερινούς χειριστές εγκαταστάσεων πύργων, και ιδιαίτερα στους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, όπου η διαχείριση της ενέργειας έχει γίνει ενδημική. Έχουμε αντιληφθεί τη σημασία να γνωρίζουμε ακριβώς τι συμβαίνει σε κάθε μέρος των εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας, από το λέβητα στην μπάρα τροφοδότησης που περιλαμβάνει βεβαίως το κόστος του οργάνου των πύργων ψύξης, τη βελτίωση της απόδοσης των εγκαταστάσεων και τη διάσωση της ενέργειας.

ν) Ανίχνευση φωτιάς και προστασία

Οι συσκευές για να ανιχνεύσουν τις πυρκαγιές των πύργων ψύξης, πρέπει να λειτουργήσουν σε 100% υγρές ατμόσφαιρες και να παραμείνουν απρόσβλητες από ένα ευρύ φάσμα της θερμοκρασίας. Η κύρια λειτουργία τους είναι να προκαλέσουν τους συναγερμούς και να απελευθερώσουν τον μηχανισμό βαλβίδων στους πύργους με συστήματα καταστολής πυρκαγιάς.

Οι συνδυασμοί ανιχνευτών πυρκαγιάς μπορούν μερικές φορές να δράσουν αποτελεσματικά. Ένας ανιχνευτής θερμικών αντιστάσεων μπορεί να ζευγαρωθεί ή με τους ξηρούς-πειραματικούς ψεκαστήρες, συνδυάζοντας κατά συνέπεια δύο απολύτως διαφορετικές αρχές της λειτουργίας, ή με τους υγρούς ψεκαστήρες των σωλήνων στους θερμούς καιρούς.

Τα συστήματα ψεκαστήρων έχουν ρύθμιση βαλβίδων και αισθητήρων των σωλήνων με αυτόματο γέμισμα του πύργου με νερό σε περίπτωση πυρκαγιάς. Όταν ο πύργος είναι εκτός λειτουργίας οι σωλήνες ψεκαστήρων μέσα στον πύργο είναι γύρω από την πυροπροστασία. Η πυροπροστασία και το σύστημα διανομής ύδατος αντλείται συνήθως από μια χαμηλή δεξαμενή αποθήκευσης επιπέδων, το σύστημα σωληνώσεων πρώτα προστατεύεται από έναν θερμοστάτη που ενεργοποιεί την αντλία όταν μειώνονται οι θερμοκρασίες κάτω από 4 C.

vi) Ακουστικός Έλεγχος

Ένας πύργος ψύξης μπορεί να είναι μια κυρίαρχη πηγή επικοινωνίας που παραπονείται για "το θόρυβο" ή τον ενοχλητικό ήχο.

Οι χαρακτηριστικές εκπομπές θορύβου από τους φυσικούς και μηχανικούς πύργους σχεδίων για 600-800 MW παρουσιάζονται στην εικόνα 18. Ισχυρής έντασης θόρυβος ποικίλει από περιοχή σε περιοχή εξαρτώμενος από το μέγεθος του εξοπλισμού, την ταχύτητα σχεδιαγράμματος, τον τύπο και τον έλεγχο του εξοπλισμού.

Ο ήχος είναι ενέργεια που διαβιβάζεται μέσω της ατμόσφαιρας υπό μορφή κυμάτων πίεσης που μπορούν να χαρακτηριστούν από το επίπεδο πίεσης (μέγεθος κυμάτων) και τη μέτρηση συχνότητας του επιπέδου υγιούς πίεσης (SPL) που εκφράζεται σε decibels (dB), τα οποία μετατρέπονται συνήθως σε ένα A- σταθμικό επίπεδο που αντιπροσωπεύει την ακρίβεια του ανθρώπινου αυτιού για το μετρούμενο επίπεδο ήχου. Το τμήμα συχνότητας εκφράζεται σε Hertz. Γνωρίζοντας το SPL η συχνότητα του θορύβου μπορεί να αναλυθεί αποτελεσματικά.

Η εξασθένηση του ήχου στους πύργους ψύξης αρχίζει με μια αξιολόγηση του θορύβου και αυτή η διαδικασία αποτελείται από τρία βήματα.

- Ø Καθιέρωση ενός κριτηρίου θορύβου (N_c) που φθάνει στα επίπεδα θορύβου αποδεκτό στην κοινότητα στο ακουστικό βεληγεκές του πύργου.

- Ø Να λάβει υπόψη των επιπέδων θορύβου των πύργων και να εκτιμήσει την απόσταση από τον πύργο στην κοινότητα και τη γεωμετρία της ιδιαίτερης εγκατάστασης.

- Ø Συγκρίνετε το N_c με το προσδοκώμενο επίπεδο θορύβου. Μόνο εάν ο θόρυβος πύργων υπερβαίνει το N_c παρέχεται η εξασθένηση του ήχου.

Για να προσδιορίσουμε και να αξιολογήσουμε ένα συστατικό μιας ευρείας ζώνης του ήχου, το SPL στις διάφορες συχνότητες πρέπει να είναι γνωστό. Για να κάνει αυτόν τον ανθρώπινο ευαίσθητο ήχο το φάσμα έχει διαιρεθεί σε ζώνες οκτώ συχνοτήτων αποκαλούμενες οκτάβες.

Σχεδιάζονται ενάντι στο SPLs, αναπτύσσουν τις καμπύλες (αποκαλούμενες καμπύλες N_c) που μπορούν να αναγνωρίζουν διάφορες δραστηριότητες όπως οι άνθρωποι που εργάζονται ή είναι σε ανάπαυση.

Καθιερώνοντας ένα κριτήριο θορύβου που βρίσκει: (1) Τον τύπο κανονικής ανθρώπινης δραστηριότητας που υπάρχει στην εγγύτητα του πύργου, την οποία ο θόρυβος πύργων δεν πρέπει να παρεμποδίσει. (2) Τα ακουστικά εμπόδια που θα βρεθούν κανονικά μεταξύ του πύργου και των ανθρώπων στην περιοχή και (3) Τον υπάρχοντα υπαίθριο παρασιτικό θόρυβο που μπορούν να βοηθήσουν να καλύψουν το θόρυβο πύργων.

Αυτές οι καμπύλες N_c περιγράφουν το κριτήριο θορύβου και είναι βασισμένες μελέτες πολλών τύπων πραγματικών καταστάσεων ζωής όπου οι άνθρωποι έχουν κρίνει τους θορύβους για μια ευρεία διατομή των εσωτερικών δραστηριοτήτων.

Ο θόρυβος πύργων ψύξης που ακούεται από τους ανθρώπους πρέπει στο εσωτερικό να είναι κάτω από τις αντίστοιχες τιμές SPL για κάθε ζώνη οκτάβας, ή η συχνότητα να είναι βασισμένη στο συνιστώμενο N_c βεληνεκές .

Στην ίδια περίπτωση η μείωση θορύβου που χρησιμοποιεί τα ακουστικά εμπόδια μπορεί να καθιερωθεί εμπειρικά σε οκτάβες συχνότητας. Μείωση του θορύβου (dB) προστίθεται στην αντίστοιχη εσωτερική ζώνη καμπυλών N_c από τη ζώνη, για να λάβει την υπαίθρια εκτίμηση SPL που θα παρείχε τις επιθυμητές εσωτερικές τιμές N_c όταν ο θόρυβος του πύργου μέσω των τοίχων της οικοδόμησης έρχεται μέσα στο εσωτερικό. Αυτό το δεύτερο βήμα, κατόπιν παρέχει ένα δοκιμαστικό N_c .

Ο καλύτερος τρόπος για να κρίνουμε εάν ο πραγματικός υπαίθριος παρασιτικός θόρυβος είναι μεγαλύτερος από τη δοκιμαστική αξία, είναι να γίνουν οι επιτόπου αναγνώσεις SPL για να λάβουμε τα ελάχιστα επίπεδα σαν μια εναλλακτική λύση, ο πίνακας 4 μπορεί να χρησιμοποιηθεί.

Οι θόρυβοι πύργων ψύξης προέρχονται από την κίνηση κιβωτίων ταχυτήτων μηχανών ανεμιστήρων, και από το νερό που πέφτει απότομα το οποίο συνδυάζει να παραγάγει ένα χαρακτηριστικό επίπεδο θορύβου περίπου 70 DB (A) σε μια οριζόντια απόσταση 15 μ από τον πύργο. Κάθε φορά που η απόσταση διπλασιάζεται το επίπεδο του θορύβου μειώνεται και χάνει περίπου 5 DB (A).

Ο εξοπλισμός ενός πύργου με δύο μηχανές ταχύτητας μπορεί να οδηγήσει στη μείωση της παραγωγής θορύβου για το χρόνο που οι ανεμιστήρες χρησιμοποιούνται με τη μισή ταχύτητα, η οποία μπορεί να μειώσει την παραγωγή θορύβου από 6 έως 10 DB (A) ή περισσότερα. Ομοίως ένας μεγάλου μεγέθους πύργος που σχεδιάζεται για τις μειωμένες ταχύτητες και τη δύναμη ανεμιστήρων, θα παραγάγει το

λιγότερο θόρυβο. Για τις ακραίες συνθήκες όπου ένας συνδυασμός πύργων οπισθοδρόμησης ή μια μειωμένη ταχύτητα ανεμιστήρων δεν είναι εφικτή οι εξωτερικά τοποθετημένοι ησυχαστήρες εισαγωγών αέρος μπορούν να προστεθούν στον πύργο (εικόνα 19) ή ο κολπίσκος αέρα μπορεί να προσανατολιστεί μακριά από την ευαίσθητη περιοχή .

Για να αντισταθμισθούν οι απώλειες αέρα μέσα στους ησυχαστήρες, ο πύργος πρέπει να είναι μεγάλου μεγέθους για μια καλύτερη δυνατότητα ακουστικής ευθυγράμμισης και πληρότητας. Οι μέθοδοι ελέγχου του θορύβου θα εξαρτηθούν από τα οικονομικά ως ένα ορισμένο βαθμό και από την αυστηρότητα του προβλήματος. Επίσης οι συχνότητες περιέλαβαν ειδικά τα άκρα των υψηλών και χαμηλών Hertz που επιλέχτηκαν. Ευτυχώς οι περισσότεροι μεγάλοι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής είναι απομονωμένοι από τα κέντρα των πληθυσμών.

2.5 Υλικά κατασκευής πύργων ψύξης

Η κατασκευή των πύργων ψύξης συμπεριλαμβάνει:

1. Το σύστημα ψεκασμού και τις επιφάνειες διασκορπισμού του νερού. Οι επιφάνειες αυτές μπορεί να είναι από ελλενίτ, ξύλο, πλαστικό κ.λ.π.
2. Το κέλυφος. Σε μικρές μονάδες μπορεί να είναι τετραγωνικής ή κυλινδρικής μορφής από πλαστικό – χαλυβδοκατασκευή ή ξύλο. Σε μεγάλες μονάδες είναι από μπετόν υπερβολοειδούς μορφής.
3. Τη δυνατότητα εισροής μεγάλων ποσοτήτων ατμοσφαιρικού αέρα.

Ο αέρας αυτός μπορεί να κινείται με φυσική ροή ή βεβιασμένα με τη βοήθεια ανεμιστήρα, διάμετρος του οποίου ενδέχεται να υπερβαίνει τα 20 m.

Υλικά πύργων

Για να καθιερωθεί μια βάση για την επιλογή και τον έλεγχο των τυποποιημένων δομικών υλικών των "κανονικών" όρων - συνθηκών έχουν καθοριστεί αυθαίρετα από τη βιομηχανία κατασκευής πύργων τα ακόλουθα:

α) Κυκλοφορώντας νερό με PH μεταξύ 6 και 8, περιεκτικότητας σε χλώριο (ως NaCl) κάτω από την περιεκτικότητα σε 750 PPM άλας θειικού οξέος (SO₄) κάτω από 1200 PPM, περιεκτικότητα σε διττανθρακικά άλατα νατρίου (NaH-CO₃) κάτω από 200 PPM, μέγιστη θερμοκρασία ύδατος 48,8 C, καμία σημαντική μόλυνση με τις ασυνήθιστες χημικές ουσίες ή τις ξένες ουσίες, επαρκής κατεργασία ύδατος για να ελαχιστοποιήσει τη διάβρωση.

β) Το χλώριο προστίθεται αμέσως στο κυκλοφορούμενο νερό με ένα ελεύθερο υπόλοιπο για να μην υπερβεί 1 PPM και διατηρείται για τις σχετικά μικρές χρονικές περιόδους.

γ) Η ατμόσφαιρα που περιβάλλει τον πύργο να μην είναι χειρότερη από μια "μέτρια βιομηχανική", όπου οι βροχοπτώσεις και η ομίχλη είναι ελαφρώς όξινες και περιέχοντας όχι σημαντικά ποσά χλωριδίων ή το σουλφίδιο υδρογόνου (H₂S).

Οι συνθήκες που αποκλίνουν από αυτά τα όρια θα πρέπει να εγγυώνται μια έρευνα για τη συνδυασμένη επίδραση όλων των συστατικών από όλα τα υλικά. Σε πολλές περιπτώσεις, τα υλικά που επιλέγονται για τις

κανονικές συνθήκες θα πρέπει να είναι επίσης ικανοποιητικά και για τις ανώμαλες συνθήκες. Τα υλικά από ξύλο και πλαστικό παραδείγματος χάριν, είναι αρκετά ανεκτικά των χημικών αντιδράσεων αρκετά πέρα από εκείνα που ορίζονται ανωτέρω. Αφ' ετέρου, τα τμήματα χάλυβα άνθρακα είναι σχετικά αμετάπειστα εκτός από των περιορισμένων παραλλαγών.

Τα τμήματα υλικών που επιλέγονται για οποιοδήποτε ιδιαίτερο σχέδιο εξαρτώνται από τις συνθήκες λειτουργίας των πύργων.

Τα μεταλλικά υλικά επιλέγονται ανάλογα με το ύψος της ισχύς που απαιτείται.

Ο γαλβανισμός είναι ο συχνότερα χρησιμοποιούμενος τρόπος επίστρωσης που επιλέγεται για τα τμήματα του χάλυβα. Ένα εναλλακτικό υλικό είναι ο χυτοσίδηρος που χρησιμοποιείται για τους ανεμιστήρες οποιουδήποτε μεγέθους.

Για τις αυστηρές συνθήκες, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η αμμοβολή ή να γίνει επίστρωση από εποξειδίο. Οι βαλβίδες είναι συχνά από πορσελάνη για να προφυλαχτούν από τη διάβρωση.

Τα κράματα χαλκού επιλέγονται μερικές φορές για να αντισταθούν σε ειδικές δυσμενείς συνθήκες, όπως το αλμυρό νερό. Η χρησιμοποίηση των πιο εξωτικών κραμάτων όπως το monel και το τιτάνιο είναι συνήθως πάρα πολύ ακριβή, αν και το monel μπορεί να επιλεγεί για την λειτουργία του αλμυρού ύδατος.

Τα πλαστικά συστατικά έχουν την ικανότητα να είναι φορμαρισμένα στις σύνθετες μορφές ιδιαίτερα για τα μέρη με στενή-ανοχή όπως τις λεπίδες ανεμιστήρων και τους κυλίνδρους. Επιπλέον τα πλαστικά χρησιμοποιούνται σήμερα ως συστατικά στους δομικούς συνδετήρες, στις περιοχές που γεμίζουν τις προμήθειες, αποβάλλουν του σωρούς, διοχετεύουν τους σωλήνες, στα ακροφύσια, στα περιβλήματα και στις κινητές γρίλιες.

Οι περισσότεροι κοινές πλαστικές κατασκευές είναι ενισχυμένες με πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC), πολυπροπυλένιο, ίνα-ενισχυμένη με νάυλον, και ίνα-ενισχυμένη με πολυφαίνυλο οξείδιο.

Τα πλαστικά συστατικά παρουσιάζουν γενικά μικρή ευαισθησία στις ανώμαλες καιρικές συνθήκες, επίσης τα περισσότερα πλαστικά επιβραδύνουν τη φωτιά. Λόγω αυτών των ιδιοτήτων, και μιας ευνοϊκής εικόνας δαπανών, όλα τα πλαστικά του πύργου γίνονται πιο ελκυστικά, ειδικά για τις ικανότητες κωδικοποίησης μέχρι 1000 τόνοι.

Τα υλικά PVC και πολυπροπυλενίου για τον πύργο γεμίζουν γρήγορα αντικαθιστώντας άλλα υλικά και ειδικά ως υποκατάστατο του τσιμέντου αμιάντων. Η δομική τους αξιοπιστία και οι ικανότητες τους για μεταφορά θερμότητάς τα καθιστούν ελκυστικούς για τη χρησιμότητα βιομηχανικών πύργων, υπερβολικών και μηχανικών σχεδίων. Το PVC είναι συνήθως χρησιμοποιημένο στην τύπου- μεμβράνη διαμόρφωση, ενώ το πολυπροπυλένιο είναι συνήθως για τον τύπο παφλασμών.

Το γέμισμα τύπου- μεμβράνης έχει μετατοπίσει κατά ένα μεγάλο μέρος τον τύπο παφλασμού στους μεγάλους πύργους.

Τα γεμίσματα με τσιμέντο αμιάντων γίνονται όλο και περισσότερο ύποπτα ως πιθανά επικίνδυνα για την ανθρώπινη υγεία. Σε κάθε φυσικό-ή μηχανικό-σχέδιο πύργου, οι ίνες αμιάντων μπορούν να είναι στο κυκλοφορούμενο νερό από τη φυσική αποσύνθεση κατά τη διάρκεια των κύκλων παγώματος, την τήξη των κύκλων από τη χημική μη διαλυτότητα του τσιμέντου λόγω του χαμηλού- pH του ψυχρού ύδατος, και από τη βιολογική δράση. Οι ίνες έχουν ανιχνευθεί στο νερό διαφυγής και στα ιζήματα λεκανών.

Ο πραγματικός κίνδυνος, εντούτοις είναι όταν το υλικό είναι ξηρό, το οποίο παρουσιάζει ένα πρόβλημα στην αντικατάσταση που δεν είναι εύκολη, και υπάρχει αφθονία των πύργων που λειτουργούν και που

περιέχουν τσιμέντο και τεράστιους τάφους αμιάντων και αυτοί οι υπερβολικοί πύργοι είναι γύρω από τη πόλη.

Για τους μεγάλους πύργους η μετακίνηση και η διάθεση του τσιμέντου αμιάντων ανέρχεται κατ' εκτίμηση σε ένα μεγάλο χρηματικό ποσό. Αυτό το κόστος περιλαμβάνει να τα συσκευάσει ακίνδυνα στα φορτηγά ή τα αυτοκίνητα σιδηροδρόμου και να τα μεταφέρει στην περιοχή διάθεσης, ίσως εκατοντάδες μίλια μακριά.

3. Βασική ψυχομετρική θεωρία

3.1 Ορισμοί

Προφανώς, οι παράγοντες που έχουν επιπτώσεις στην απόδοση των πύργων ψύξης είναι πάρα πολλοί. Δύο κύριοι παράγοντες είναι η θερμοκρασία των υγρών-βολβών και η θερμοκρασία των ξηρών βολβών.

i) Θερμοκρασία υγρών-βολβών

Η θερμοκρασία των υγρών-βολβών είναι η αρχική βάση για το θερμικό σχέδιο οποιουδήποτε εξατμιστικού πύργου ψύξης και είναι η μόνη περιβαλλοντική παράμετρος αέρα που απαιτείται από το σχεδιαστή ενός μηχανικού σχεδίου πύργου ψύξης. υπήρχε μια απαίτηση να είναι γνωστό το ακριβές ποσό εξάτμισης, ή εάν η επιλογή ήταν για κάτι εκτός από έναν κανονικό μηχανικό σχέδιο πύργου ψύξης, θα είχε υπάρξει μια ανάγκη να είναι γνωστό το σχέδιο της θερμοκρασίας των ξηρών βολβών του αέρα, ή τη σχετική υγρασία του.

Οι θερμοκρασίες των υγρών-βολβών μετριοούνται με το να αναγκάσουν τον αέρα να κινηθεί πέρα από ένα θερμόμετρο του οποίου ο βολβός είναι σαν ένα βρεγμένο ύφασμα "κάλτσα". Δεδομένου ότι καθώς ο αέρας κινείται διαμέσου των υγρών και με υγρασία βολβών εξατμίζεται και λογικά η θερμότητα μεταφέρεται στο φυτίλι, ψύχοντας τον υδράργυρο και προκαλώντας να επιτευχθεί ισορροπία για τη θερμοκρασία των υγρών βολβών. Για τα πιο αποδεκτά και συνεπή αποτελέσματα, η ταχύτητα του αέρα πέρα από το φυτίλι πρέπει να είναι περίπου 330mpm, και το νερό που χρησιμοποιείται για να κάνει υγρό το φυτίλι πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά στη θερμοκρασία των υγρών βολβών. Το αποσταγμένο νερό προτείνεται για να κάνει υγρό το φυτίλι. Όταν

συνδυαστούν το θερμόμετρο του υγρού βολβού και το θερμόμετρο του ξηρού βολβού σε μια κοινή συσκευή, μπορούμε να πάρουμε συμπίπτουσες ταυτόχρονες καταγραφές και η συσκευή ονομάζεται ψυχρόμετρο. Αν και το μηχανικό ψυχρόμετρο (εικόνα 20) χρησιμοποιείται ευρέως σε διάφορες δοκιμές και επιστημονικές μελέτες, το αναρτημένο ψυχρόμετρο μπορεί να δώσει πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Υπάρχουν κάποιες εφαρμογές εντούτοις, μια περιεκτική μελέτη θα μπορούσε να γίνει από τον καθημερινό κύκλο της θερμοκρασίας των υγρών βολβών κατά τη διάρκεια ορισμένων μηνών και σε μερικές περιπτώσεις, κατά τη διάρκεια ολόκληρου του έτους. Η υψηλή δύναμη φορτίων που παράγεται στους σταθμούς και οι συσκευές των πύργων ψύξης σε εκτός εποχής ελεύθερο *πάγωμα* και με ορισμένες διαδικασίες εμπίπτουν σε αυτήν την κατηγορία. Οι καμπύλες διάρκειας στους υγρούς βολβούς μπορεί να επαληθευτούν από το αν είναι δυνατόν να αποτιμήσουν και να συγκρίνουν το κόστος των εφοδιασμών που εγκαθίστανται, το κόστος λειτουργίας, την αποτελεσματικότητα και την ικανότητα για ποικίλες λειτουργικές συνθήκες των υγρών βολβών (εικόνα 21). Από μια τέτοια μελέτη, που θα έπρεπε να λάβει υπόψη της ταυτόχρονα τα εποχιακά φορτία και τα ετήσια σχέδια – υποδείγματα των υγρών βολβών, είναι πιθανό να επιλεγεί και να εγκατασταθεί ο βέλτιστος πύργος ψύξης. Σε πολλές περιπτώσεις η μελέτη θα έχει αποτέλεσμα στη μείωση της δαπάνης του κεφαλαίου ενώ θα πρέπει να παρέχει τα επιθυμητά χαρακτηριστικά λειτουργίας.

Από το μήκος αυτής της διατριβής, κάποιος μπορεί να συλλέξει και να καταλήξει ότι ο ακριβής προσδιορισμός του σχεδίου των θερμοκρασιών των υγρών πύργων είναι ζωτικός αν ο πύργος ψύξης πληρεί τους όρους σύμφωνα με τους οποίους σχεδιάστηκε.

Εάν η άμεση σχέση μεταξύ του υγρού-βολβού είναι υψηλότερη από το αναμενόμενο από το σχέδιο, τότε θα έχουμε σαν αποτέλεσμα πιο θερμές από ότι οι επιθυμητές μέσες θερμοκρασίες ύδατος. Αντιθέτως αν ο πραγματικός υγρός βολβός , είναι χαμηλότερος από το αναμενόμενο, ο ιδιοκτήτης πιθανώς θα έχει αγοράσει έναν πύργο ψύξης μεγαλύτερο από ότι χρειάζεται.

ii) Ξηροί βολβοί και σχετική υγρασία

Αν και είναι πάντα ορθή πρακτική να καθιερωθεί ένα ακριβές σχέδιο θερμοκρασίας ξηρού βολβού (συμπίπτουσα με το σχέδιο θερμοκρασίας υγρού βολβού) είναι απολύτως απαιτούμενο μόνο όταν εξετάζονται οι τύποι πύργων η των οποίων θερμική απόδοση επηρεάζεται από αυτή την παράμετρο. Αυτοί θα περιελάμβαναν το υπερβολικό φυσικό σχέδιο, το βοηθούμενο με ανεμιστήρα φυσικό σχέδιο, τον ξηρό πύργο και τον πύργο μείωσης της δέσμης φτερών.

Απαιτείται επίσης όπου υπάρχει μια ανάγκη να είναι γνωστό το απόλυτο ποσοστό εξάτμισης στις συνθήκες σχεδίου για οποιοδήποτε τύπο πύργου.

iii) Θερμότητα Φορτίου

Αν και η κατάλληλη επιλογή του μεγέθους πύργων ψύξης καθιερώνει τις αντίρροπες θερμοκρασίες στις οποίες ο πύργος θα απορρίψει ένα δεδομένο φορτίο θερμότητας, το ίδιο το φορτίο θερμότητας καθορίζεται με τη διαδικασία που εξυπηρετείται. Όλα τα άλλα είναι ισοδύναμα, το μέγεθος του κόστους ενός πύργου ψύξης είναι ανάλογο προς τη θερμότητα του φορτίου. Έτσι είναι πρωτίστως σημαντικό ότι ένας ακριβής προσδιορισμός φορτίου θερμότητας πρέπει να γίνεται σε όλες τις περιπτώσεις. Εάν οι υπολογισμοί των φορτίων θερμότητας είναι χαμηλοί,

η αγορά του πύργου ψύξης θα είναι πιθανώς πάρα πολύ μικρή. Εάν οι υπολογισμοί είναι μεγάλου μεγέθους, θα οδηγηθούμε σε περισσότερο δαπανηρό εξοπλισμό.

Το φορτίο θερμότητας που επιβάλλεται σε έναν πύργο ψύξης (kj/s) καθορίζεται από το χιλιόγραμμα του νερού ανά δευτερόλεπτο που κυκλοφορεί μέσω της διαδικασίας, που πολλαπλασιάζεται με τον αριθμό βαθμών Κέλσιου. Αυτή η διαδικασία ανυψώνει τη θερμοκρασία κυκλοφορίας ύδατος.

Στη διάλεκτο των πύργων ψύξης αυτό γίνεται:

$$\text{Φορτίο θερμότητας} = V * \rho * c * dT$$

Όπου:

V = κατανομή κυκλοφορούμενου νερού σε κυβικά μέτρα ανά δευτερόλεπτο

P = πυκνότητα του νερού σε Kg/m³

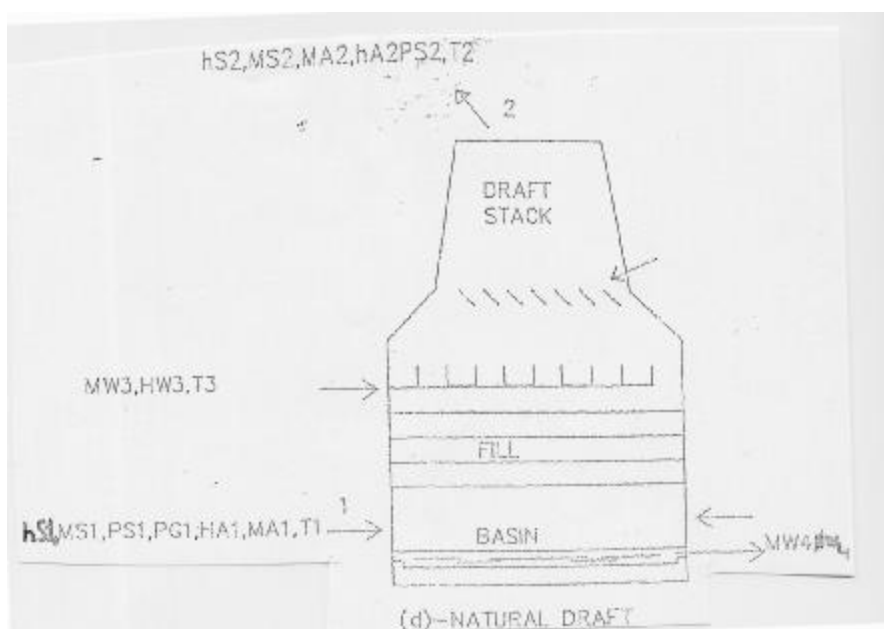
c = ειδική θερμότητα του νερού σε KJ/ Kg K

dT = "έκταση" = διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας καυτού ύδατος που εισάγεται στον πύργο και της θερμοκρασίας ψυχρού ύδατος που φεύγει από τον πύργο σε βαθμούς εκατοντάβαθμους Centigrade.

3.2 Ανάλυση πύργων ψύξης

Η ακόλουθη ανάλυση εφαρμόζεται στους "υγρούς" ή "ανοικτούς" πύργου ψύξης με φυσικό σχέδιο μετρούμενης ροής, αλλά μπορεί με κάποια μικρή τροποποίηση να εφαρμοστεί και σε πύργους ψύξης μηχανικού σχεδίου.

Η ανάλυση εφαρμόζει βασικά τους νόμους διατήρησης της μάζας και της ενέργειας στην εξάτμιση του νερού και στην αλληλεπίδραση αέρα που πραγματοποιείται στον πύργο. Με σκοπό να πραγματοποιήσουμε μια πλήρη ανάλυση δεδομένων απαιτείται τα ποσοστά ροής μάζας, οι θερμοκρασίες και οι ενθαλπίες των δύο ρευστών στους πύργους και το ψυχρό νερό να κυκλοφορεί στις θέσεις εισόδου και εξόδου (inlet-outlet). Το ενεργειακό κέρδος από τη ροή αέρος στον πύργο είναι ίσο με το έλλειμμα της ενέργειας από τις ροές του νερού ψύξης και το συνολικό ποσοστό ροής μάζας είναι σταθερό. Η διαδικασία είναι καλύτερα κατανοητή αν τη χωρίσουμε στα τμήματα μάζας και ενέργειας με αναφορά στην παρακάτω εικόνα.



I) Ισορροπία Μάζας

i) Ισχυριζόμενοι ότι δεν υπάρχουν απώλειες και ότι η ροή αέρα μέσω του πύργου: είναι σταθερή

$$Ma1=Ma2 \text{ (εξίσωση 1)}$$

ii) Η περιεκτικότητα εξατμιζόμενου νερού του αέρα που διατρέχει τον πύργο δεν είναι σταθερή και οφείλεται στην εξατμηση ενός ποσοστού του ψυχρού ύδατος.

$$Ms2=Ms1+Me \text{ (εξίσωση 2)}$$

Τα ποσοστά ροής μάζας ξηρού αέρα και υδρατμού στην είσοδο των πύργων είναι εξαρτώμενα από τις περιβαλλοντικές συνθήκες αέρα των πύργων δηλ. την ατμοσφαιρική πίεση, τη θερμοκρασία σχετικής υγρασίας και ξηρών βολβών και κάθε ποσοστό ροής πρέπει να υπολογιστεί χωριστά χρησιμοποιώντας το νόμο των μερικών πιέσεων του dalton.

Η μερική πίεση του υδρατμού (P_{s1}) είναι μια λειτουργία της κορεσμένης πίεσης ατμού (P_{g1}) στη θερμοκρασία ξηρών βολβών και την περιβαλλοντική σχετική υγρασία (F).

$$P_{s1}=P_{g1}*f \text{ (εξίσωση 3)}$$

Η μερική πίεση του ξηρού αέρα επομένως δίνεται από:

$$P_{a1}=P_a-P_{s1} \text{ (εξίσωση 4)}$$

Τα ποσοστά μαζικής ροής ξηρού αέρα και υδρατμού υπολογίζονται έπειτα με τη χρήση του νόμου των αερίων έτσι:

$$M_{a1} = (P_{a1} \cdot V / R_a \cdot T) \text{ (εξίσωση 5)}$$

$$M_{s1} = (P_{s1} \cdot V / R_s \cdot T) \text{ (εξίσωση 6)}$$

Όπου R_a είναι το κατώτερο σημείο και R_s είναι η χαρακτηριστική σταθερά αερίου σε (J/kg κ) για τον αέρα και τον ατμό.

Στην έξοδο πύργων (θέση 2) αυτό που υποτίθεται πάντα για τους σκοπούς του υπολογισμού είναι ότι η ροή αέρα είναι κορεσμένη δηλ. $f=100\%$ και επομένως

$$P_{s2} = P_{g2} \text{ (εξίσωση 7)}$$

το περιεχόμενο υγρασίας ή η συγκεκριμένη υγρασία

(kg H₂O/kg ξηρού αέρα) στη θέση 2 μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας

$$W_2 = (0.622 \cdot P_{s2}) / (P_A - P_{s2}) \text{ (εξίσωση 8)}$$

$$\text{Τότε } M_{s2} = M_{a2} \cdot W_2 \text{ (εξίσωση 9)}$$

Σημειώστε επίσης ότι από [εξίσωση 2]

$$M_e = M_n = M_{s2} - M_{s1} \text{ (εξίσωση 10)}$$

II) Εφαρμόζοντας εξίσωση σταθερής ροής ενέργειας σε ένα σύστημα ανοιχτού φυσικού σχεδίου πύργου έχουμε:

$$Q-w=m[(Dh+(Dke)+(DPe)] \text{ (εξίσωση 11)}$$

(Σημειώστε ότι στο μηχανικό σχέδιο πύργου η διάρκεια εργασίας δεν είναι μηδέν)

Σε περιπτώσεις όπου ή ενθαλπία αέρα / υδρατμού αλλάζει, η (εξίσωση 11) μπορεί να γραφεί ως εξής:

$$0=Ma*(h_2-h_1) + (Mw_4*h_4-Mw_3*h_3) \text{ (εξίσωση 12)}$$

ή

$$Mw_4 = (Mw_3-Me) \text{ } 0=Ma*(h_2-h_1)+[(Mw_3-Me)*h_4-(Mw_3*h_3)] \text{ (εξίσωση 13)}$$

Λύνοντας για Ma

$$Ma=Mw_3*(h_3-h_4)/(h_2-h_1)-(w_2-w_1)*h_4 \text{ (εξίσωση 14)}$$

III) Ενθαλπίες

Οι ενθαλπίες σε όλες τις σχετικές θέσεις μπορούν να υπολογιστούν όπως ακόλουθα:.

Θέση 1-Είσοδος πύργου

$$h_{a1} = C_p^* (\tau_{a1} - T_{ref}) \text{ kJ/kl (εξίσωση 15)}$$

$$h_{s1} = h_{g1} + C_{pg}^* (T_{a1} - T_{s1}) \text{ kJ/kl (εξίσωσης 16)}$$

Θέση 2-Έξοδος πύργου

$$h_{a2} = C_p^* (\tau_{a2} - T_{ref}) \text{ kJ/kl (εξίσωση 17)}$$

$$h_{s2} = h_g T_{a2} \text{ kJ/Kg (εξίσωση 18)}$$

(Σημειώστε ότι για τους υπολογισμούς το C_p για τον αέρα και το υδρατμό υποτίθεται ότι είναι σταθερό κατά τη διάρκεια λειτουργίας.)

Είσοδος ψυχόμενου νερού- θέση 3

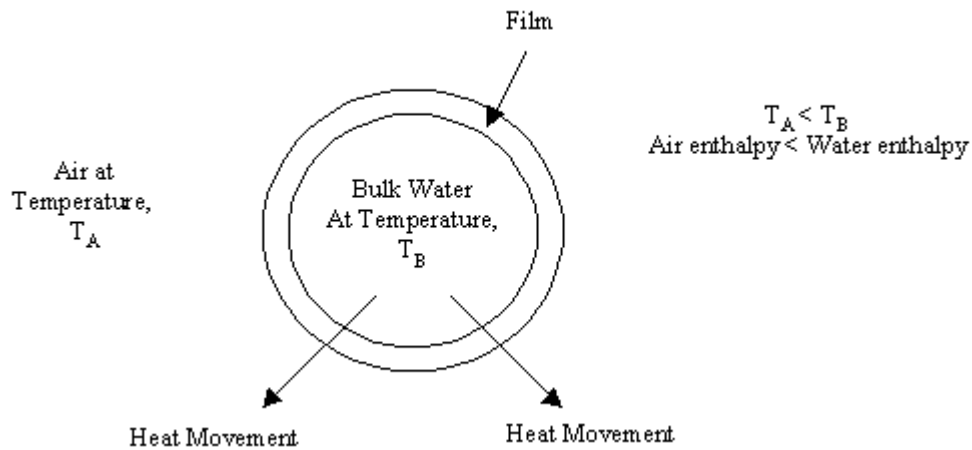
$$h_{w3} = h_f T_{w3} \text{ (εξίσωση 19)}$$

Έξοδος ψυχόμενου νερού θέση 4

$$h_{w4} = h_f^* T_{w4} \text{ (εξίσωση 20)}$$

3.3 Θεωρία ψύξης

Η θερμότητα μεταφέρεται από τις πτώσεις ύδατος στον περιβάλλοντα αέρα από τη μεταφορά της λανθάνουσας θερμότητας.



Σταγόνα νερού

Αυτή η κίνηση θερμότητας μπορεί να παρουσιαστεί με μια σχέση γνωστή ως εξίσωση Merkel

$$\frac{KaV}{L} = \int_{T_2}^{T_1} \frac{dT}{hw - ha} \quad (21)$$

όπου:

KaV/L = χαρακτηριστικά πύργου

K = συντελεστής μεταφοράς μάζας (lb νερού / hft²)

a = περιοχή επαφών / όγκο πύργου

V = ενεργός όγκος ψύξης / περιοχή

L = ποσοστό νερού

T_1 = θερμοκρασία θερμού νερού (°F ή °C)

T_2 = θερμοκρασία ψυχρού νερού ($^{\circ}\text{F}$ ή $^{\circ}\text{C}$)

T = θερμοκρασία συνολικού όγκου νερού

hw = ενθαλπία υδρατμού αναμεμιγμένου με το συνολικό όγκο νερού
(J/Kg ξηρού αέρα ή Btu/lb ξηρού αέρα)

ha = ενθαλπία υδρατμού αναμεμιγμένου με τον υγρό όγκο νερού
(J/Kg ξηρού αέρα ή Btu/lb ξηρού αέρα)

Η θερμοδυναμική επίσης υπαγορεύει ότι η θερμότητα που αφαιρείται από το ύδωρ πρέπει να είναι ίση με τη θερμότητα που απορροφάται από το περιβάλλον:

$$L(T_1 - T_2) = G(h_2 - h_1) \quad (21)$$

$$\frac{L}{G} = \frac{h_2 - h_1}{T_1 - T_2} \quad (22)$$

όπου:

L/G = λόγος υγρής προς αέριας ροής μάζας

T_1 = θερμοκρασία θερμού νερού ($^{\circ}\text{F}$ ή $^{\circ}\text{C}$)

T_2 = θερμοκρασία ψυχρού νερού ($^{\circ}\text{F}$ ή $^{\circ}\text{C}$)

H_2 = ενθαλπία υδρατμού αναμεμιγμένου με τον εξατμισμένο υγρό όγκο νερού

(J/Kg ξηρού αέρα ή Btu/lb ξηρού αέρα)

H_1 = ενθαλπία υδρατμού αναμεμιγμένου με τον υγρό όγκο νερού

(J/Kg ξηρού αέρα ή Btu/lb ξηρού αέρα)

Η τιμή των χαρακτηριστικών του πύργου μπορεί να υπολογιστεί λύνοντας την εξίσωση (21)

$$\frac{KaV}{L} = \int_{T_2}^{T_1} \frac{dT}{hw - ha} = \frac{T_1 - T_2}{4} \left(\frac{1}{\Delta h_1} + \frac{1}{\Delta h_2} + \frac{1}{\Delta h_3} + \frac{1}{\Delta h_4} \right) \quad (24)$$

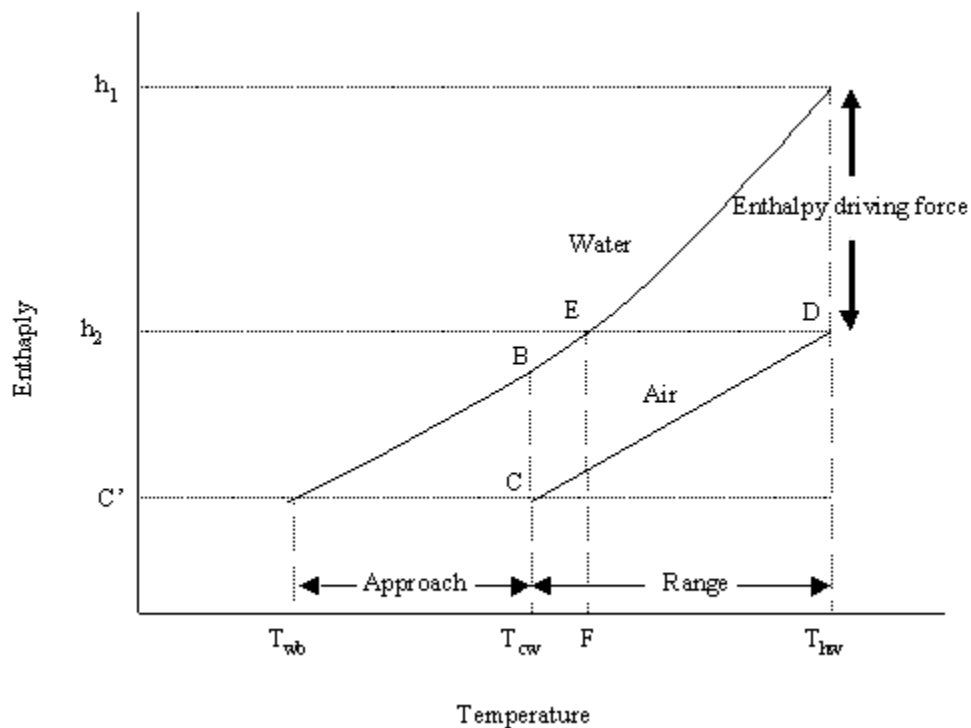
όπου:

$\Delta h_1 =$ τιμή της h_w-h_a στην $T_2+0,1(T_1-T_2)$

$\Delta h_2 =$ τιμή της h_w-h_a στην $T_2+0,4(T_1-T_2)$

$\Delta h_3 =$ τιμή της h_w-h_a στην $T_2-0,4(T_1-T_2)$

$\Delta h_4 =$ τιμή της h_w-h_a στην $T_2-0,1(T_1-T_2)$



Γραφική αναπαράσταση των χαρακτηριστικών του πύργου ψύξης

$C =$ εισαγωγή ενθαλπίας αέρα στη θερμοκρασία του υγρού όγκου T_{wb}

$BC =$ αρχική κατευθυντήρια δύναμη ενθαλπίας

$CD =$ γραμμή λειτουργίας αέρα με κλίση L/G

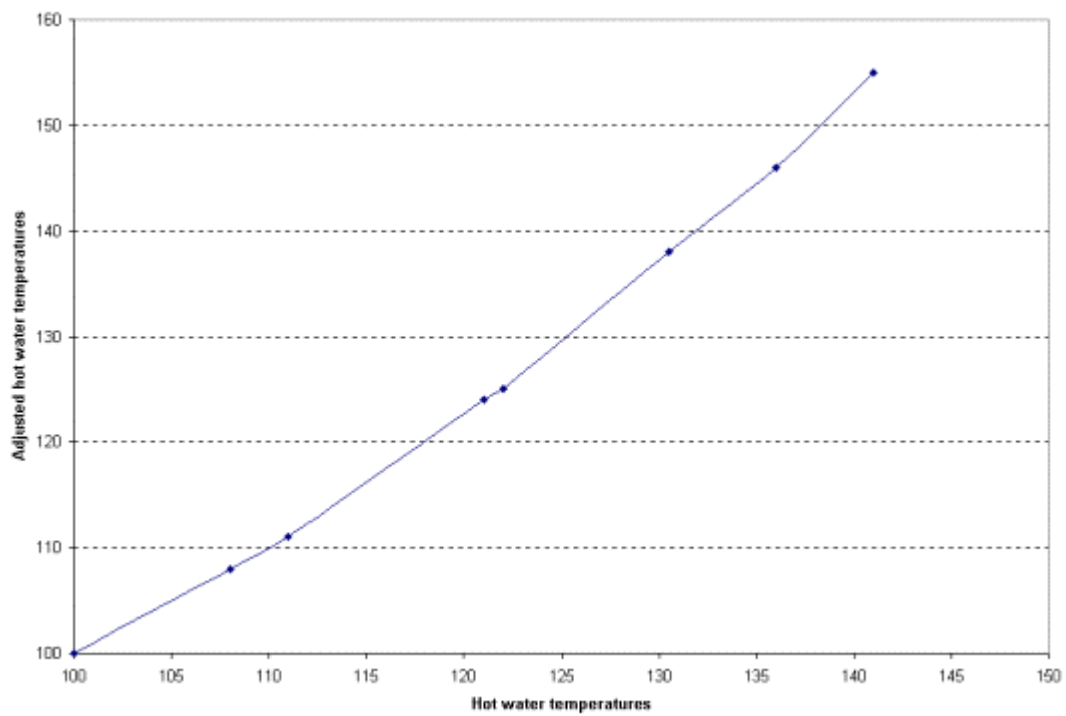
$DEF =$ προβάλλοντας το σημείο εξόδου του αέρα στη γραμμή λειτουργίας του νερού

και τότε ο άξονας της θερμοκρασίας δείχνει τη θερμοκρασία του υγρού όγκου του αέρα εξόδου

Όπως δείχνει η εξίσωση 21 βρίσκοντας την περιοχή μεταξύ ABCD στην παραπάνω εικόνα μπορούν να βρεθούν τα χαρακτηριστικά του πύργου. Μια αύξηση στο φορτίο θερμότητας θα είχε τα ακόλουθα αποτελέσματα στο παραπάνω διάγραμμα.

1. αύξηση στο μήκος της γραμμής CD, και μια μετατόπιση της γραμμής CD στα δεξιά
2. αυξήσεις στις θερμοκρασίες θερμού και ψυχρού νερού
3. αυξήσεις στις περιοχές προσέγγισης.

Το αυξανόμενο φορτίο θερμότητας αναγκάζει τη θερμοκρασία θερμού ύδατος να αυξηθεί αρκετά γρηγορότερα από τη θερμοκρασία ψυχρού ύδατος. Αν και η περιοχή ABCD πρέπει να παραμείνει σταθερή, μειώνεται πραγματικά περίπου 2% για κάθε 10°F αύξηση στη θερμοκρασία θερμού ύδατος επάνω από 100°F . Για να συντελεστεί αυτή η μείωση, μια "ρυθμισμένη θερμοκρασία θερμού ύδατος" χρησιμοποιείται στο σχέδιο των πύργων ψύξης.



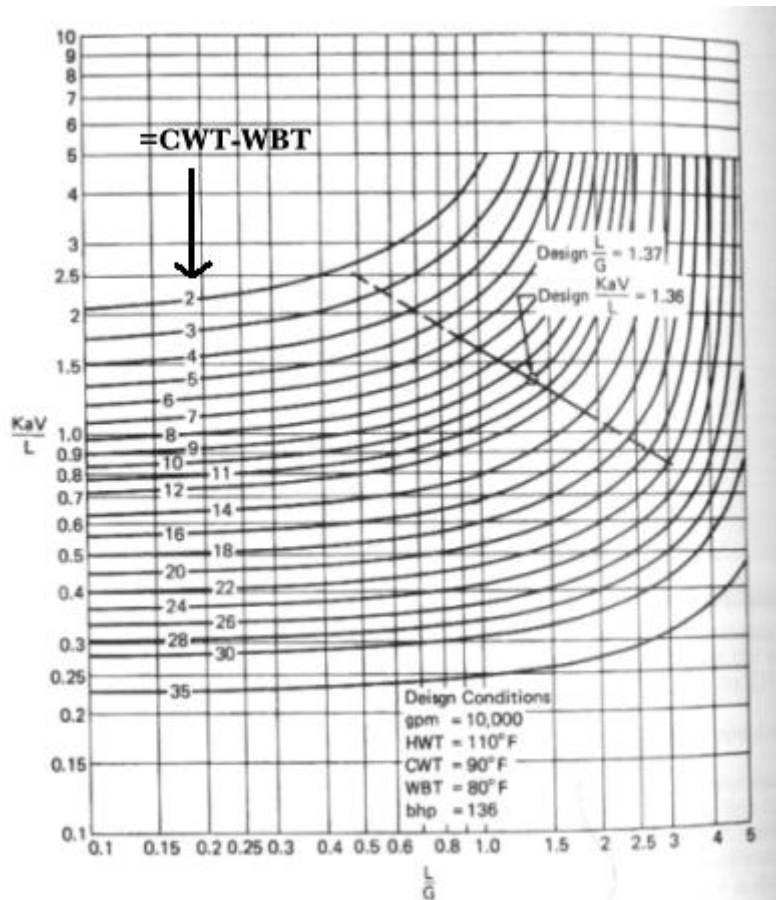
Γραφική παράσταση θερμοκρασιών θερμού ύδατος

Η περιοχή ABCD αναμένεται να αλλάξει με μια αλλαγή L/G στο σχέδιο των πύργων ψύξης.

3.4 Σχεδιασμός πύργων Ψύξης

Αν και ο λόγος K_{av}/L μπορεί να υπολογιστεί, οι σχεδιαστές χρησιμοποιούν κεφάλαια που βρίσκουν στο βιβλίο Cooling Tower Institute Blue Book για να υπολογίσουν τον λόγο K_{av}/L και να δώσουν της συνθήκες σχεδιασμού. Αυτό αναφέρει τρία σημεία στα σχέδια των πύργων ψύξης:

1. Μία αλλαγή στη θερμοκρασία του υγρού όγκου (ένεκα των ατμοσφαιρικών συνθηκών) δεν θα αλλάξει τα χαρακτηριστικά του πύργου (K_{av}/L)
2. Μία αλλαγή στη σειρά ψύξης δεν θα αλλάξει τα χαρακτηριστικά του πύργου (K_{av}/L)
3. Μόνο μια αλλαγή στο λόγο L/G θα αλλάξει τα χαρακτηριστικά του πύργου (K_{av}/L)



Γραφική παράσταση των χαρακτηριστικών καμπυλών των πύργων ψύξης

Η ευθεία γραμμή που φαίνεται στο παραπάνω σχήμα εντοπίζεται με τις συντεταγμένες L/G έναντι KaV/L σε μια σταθερή ροή αέρος. Η κλίση αυτής της γραμμής εξαρτάται από το πακετάρισμα των πύργων, αλλά μπορεί συχνά να είναι $-0,60$. Το παραπάνω σχήμα αντιπροσωπεύει μια χαρακτηριστική γραφική παράσταση που παρέχεται από έναν κατασκευαστή στην επιχείρηση. Από αυτήν την γραφική παράσταση, ο μηχανικός εγκαταστάσεων μπορεί να δει ότι ο προτεινόμενος πύργος θα είναι σε θέση να ψύξει το ύδωρ σε μια θερμοκρασία των 10^0 F πάνω από τη θερμοκρασία των υγρών-βολβών. Αυτό είναι ένα άλλο βασικό σημείο στο σχέδιο πύργων ψύξης. Οι πύργοι ψύξης σχεδιάζονται σύμφωνα με τις υψηλότερες γεωγραφικές θερμοκρασίες υγρών βολβών.

Αυτή η θερμοκρασία θα υπαγορεύσει την ελάχιστη διαθέσιμη απόδοση από τον πύργο. Καθώς η θερμοκρασία των υγρών βολβών μειώνεται, θα μειώνεται και η διαθέσιμη θερμοκρασία ύδατος ψύξης. Παραδείγματος χάριν, στον πύργο ψύξης που αντιπροσωπεύεται από το παραπάνω σχήμα, εάν η θερμοκρασία των υγρών βολβών πέσει στους 75°F , το ψυχρό ύδωρ θα βγει 10°F παραπάνω από την θερμοκρασία των 85°F λόγω του σχεδίου πύργων. Κατωτέρω είναι η περίληψη των βημάτων στη διαδικασία σχεδίου πύργων ψύξης στη βιομηχανία.

1. Ο μηχανικός εγκαταστάσεων καθορίζει το ρυθμό ροής ύδατος ψύξης, και τις θερμοκρασίες ύδατος εισόδου και εξόδου για τον πύργο.
2. Ο κατασκευαστής σχεδιάζει τον πύργο για να είναι σε θέση να ικανοποιήσει αυτά τα κριτήρια "στη χειρότερη περίπτωση" (δηλ. κατά τη διάρκεια των καυτών μηνών). Οι χαρακτηριστικές καμπύλες πύργων και η εκτίμηση δίνονται από τον μηχανικό εγκαταστάσεων.

3.5 Εκτιμήσεις σχεδίου

Μόλις καθιερωθούν τα χαρακτηριστικά των πύργων μεταξύ του μηχανικού εγκαταστάσεων και του κατασκευαστή, ο κατασκευαστής πρέπει να σχεδιάσει έναν πύργο που ταιριάζει με αυτήν την αξία. Το απαραίτητο μέγεθος των πύργων θα είναι ένας συνδυασμός των :

1. σειρά ψύξης
2. προσέγγιση στην θερμοκρασία υγρών βολβών
3. μαζικός ρυθμός ροής του ύδατος
4. θερμοκρασία βολβών
5. ταχύτητα αέρα διαμέσου του πύργου ή του μεμονωμένου κυττάρου πύργων ύψος πύργων

Εν ολίγοις, χρησιμοποιούμε τη θερμοκρασία ψυχρού ύδατος, την θερμοκρασία υγρών βολβών, και τη θερμοκρασία θερμού ύδατος για να βρούμε τη συγκέντρωση ύδατος σε gal/minft². Η περιοχή πύργων μπορεί έπειτα να υπολογιστεί με τη διαίρεση του ύδατος που κυκλοφορεί προς τη συγκέντρωση ύδατος. Οι γενικοί κανόνες χρησιμοποιούνται συνήθως για να καθορίσουν το ύψος των πύργων ανάλογα με τον απαραίτητο χρόνο της επαφής.

Approach to Wet Bulb (°F)	Cooling Range (°F)	Tower Height (ft)
15-20	25-35	15-20
10-15	25-35	25-30
5-10	25-35	35-40

Αλλά χαρακτηριστικά σχεδίου που εξετάζονται είναι η ιπποδύναμη των ανεμιστήρων, η ιπποδύναμη των αντλιών, η σύνθεση της πηγής ύδατος, η μείωση της θόλωσης, και η μείωση της κλίσης.

3.6 Εκτιμήσεις λειτουργίας

Σύνθεση ύδατος

Οι απώλειες ύδατος περιλαμβάνουν την εξάτμιση, την κλίση (ύδωρ που παρασύρεται στον ατμό απαλλαγής), και τη διαφυγή (ύδωρ που απελευθερώνεται για να απορρίψει τα στερεά). Οι απώλειες κλίσης υπολογίζονται να είναι μεταξύ 0,1 και 0,2% της παροχής νερού.

Η απώλεια εξάτμισης = $0.00085 * \text{ροή ύδατος}(T1 - T2)$ (25).

Απώλεια διαφυγής = απώλεια εξάτμισης/(κύκλοι-1) (26)

όπου οι κύκλοι είναι η αναλογία των στερεών στο κυκλοφορόντας ύδωρ προς τα στερεά στο ύδωρ σύνθεσης.

Συνολικές απώλειες = απώλειες κλίσης + απώλειες εξάτμισης + απώλειες διαφυγής (27)

Λειτουργία σε κρύα καιρικά φαινόμενα.

Ακόμη και κατά τη διάρκεια των κρύων καιρικών μηνών, ο μηχανικός των εγκαταστάσεων πρέπει να διατηρήσει το φορτίο ρυθμού ροής και θερμότητας ύδατος του σχεδίου, σε κάθε πύργο ψύξης. Εάν το ελάχιστο ύδωρ απαιτείται λόγω των αλλαγών της θερμοκρασίας (δηλ. το ύδωρ είναι πιο κρύο), ένα ή περισσότερα κελιά του πύργου θα πρέπει να κληθούν για να διατηρήσουν τη ροή σχεδίου και στα άλλα κελιά. Το ύδωρ στη βάση του πύργου πρέπει να διατηρηθεί μεταξύ 60 και 70⁰ F για να ρυθμίσει τον όγκο του αέρα εάν είναι απαραίτητο. Η συνηθισμένη τακτική είναι να λειτουργήσουν οι ανεμιστήρες με τη μισή ταχύτητα ή να λειτουργήσουν πλήρως κατά τη διάρκεια των πιο κρύων μηνών για να διατηρηθεί η θερμοκρασία.

4. Πύργοι ψύξης και περιβάλλον

4.1 Περιβαντολογικές εκτιμήσεις και ανθρώπινη υγεία

Οι πύργοι ψύξης χρησιμοποιούνται για να ψύξουν τα διάφορα βιομηχανικά συστήματα, τα κλιματιστικά, τα ψυγεία και τους ψυκτήρες. Οι περιβαλλοντικές ανησυχίες που έχουν ενεργοποιηθεί, σχετίζονται γενικά με την ανεπιθύμητη απελευθέρωση των χημικών ουσιών από το σύστημα των πύργων ψύξης. Η πιο κοινή απελευθέρωση των χημικών ουσιών κατά τη λειτουργία των πύργων ψύξης συντελείται μέσω της απώλειας κλίσης, αν και οι χημικές ουσίες μπορούν επίσης να χαθούν κατευθείαν ή να ξεχειλίσουν από τη λεκάνη του πύργου. Η κλίση εμφανίζεται όταν παρασύρονται τα σταγονίδια ύδατος στο ρεύμα του αέρα απαλλαγής των πύργων και απελευθερώνονται από τον πύργο. Αν και ο υδρατμός που βγαίνει από τον πύργο είναι υπό μορφή καθαρού ύδατος, τα παρασυρμένα υγρά σταγονίδια μπορούν να περιέχουν διάφορες συγκεντρώσεις διαβρωτικών χημικών ουσιών, ανασταλμένων στερεών, και ακόμη και μικροοργανισμών από το κυκλοφορούμενο ύδωρ στο σύστημα των πύργων. Οι χημικές ουσίες παρούσες στην κλίση προέρχονται χαρακτηριστικά από τις χημικές ουσίες κατεργασίας ύδατος που χρησιμοποιούνται για να βελτιστοποιήσουν τη λειτουργία του πύργου, αλλά μπορούν επίσης να είναι υπόλοιπα οποιωνδήποτε ουσιών που μολύνουν το κυκλοφορούμενο ύδωρ από τις εξωτερικές διαδικασίες. Το χημικό υπόλειμμα από την ανεξέλεγκτη κλίση των πύργων ψύξης δημιουργεί τους προφανείς κινδύνους ασφάλειας για το προσωπικό και αυξάνει τις δαπάνες, δεδομένου ότι οι πρόσθετες χημικές ουσίες πρέπει να προστεθούν για να αντισταθμίσουν τις απώλειες κλίσης.

Ενδεχομένως ακόμα σοβαρότερη είναι η απειλή που τίθεται από τους μικροοργανισμούς παρόντες στην κλίση, που περνούν στο περιβάλλον. Η ασθένεια του λεγεωναρίου παραδείγματος χάριν, μπορεί να συμβληθεί με την εισπνοή του βακτηριδίου pneumophila που περιέχουν τα αερολύματα. Αυτά τα αερολύματα διαμορφώνονται από τα συστήματα διανομής των πύργων ψύξης και διαβιβάζονται μέσω της κλίσης. Συνεπώς, η μείωση των απωλειών κλίσης σε έναν πύργο ψύξης μπορεί να ασκήσει σημαντική επίδραση στο περιβάλλον, την ιδιοκτησία και την ανθρώπινη υγεία.

Έκτός από την απώλεια κλίσης ένα άλλο σημείο που ενέχει περιβαντολλογικούς κινδύνους είναι η διαφυγή.

Η διαφυγή είναι μια προγραμματισμένη απαλλαγή του κυκλοφορούμενου ύδατος από τον πύργο ψύξης, απαραίτητη να διατηρήσει την κατάλληλη απόδοση του δροσίζοντας πύργου. Δεδομένου ότι το καθαρό ύδωρ απελευθερώνεται από τον πύργο μέσω της εξάτμισης, η ροή κυκλοφορίας περιέχει όλο και περισσότερο διαλυμένα μεταλλεύματα. Το ρεύμα διαφυγής σχεδιάζεται για να καθαρίσει το σύστημα του ύδατος και για να μειώσει την περιεκτικότητα σε διαλυμένο ορυκτό. Και εκτός από τα διαλυμένα και ανασταλμένα στερεά, τα απόβλητα αποχέτευσης και διαφυγής περιέχουν κανονικά ποσά χημικών ουσιών, που χρησιμοποιούνται πρώτιστα για την κατεργασία ύδατος. Αυτές οι χημικές ουσίες κατεργασίας ύδατος παρουσιάζουν σπάνια μια περιβαλλοντική ανησυχία δεδομένου ότι κατά την κατεργασία ύδατος χρησιμοποιούνται χαμηλά επίπεδα αυτών των ουσιών. Υψηλότερης ανησυχίας είναι οι επικίνδυνες χημικές ουσίες που μπορούν ακούσια να μεταναστεύσουν ή να διαχωρίσουν τις μεταλλικές ενώσεις στο κυκλοφορούμενο ύδωρ από μια διαρροή διαδικασίας ή ακόμα και από τα τμήματα των πύργων. Παραδείγματος χάριν, οι χημικές ουσίες που χρησιμοποιούνται για να συντηρήσουν την ακεραιότητα του ξύλου σε μερικούς ξύλινους πύργους,

μπορούν ενδεχομένως να απελευθερωθούν στο ύδωρ των πύργων ψύξης και να γίνουν ένας περιβαλλοντικός κίνδυνος.

Παράλληλα στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις, οι διαρροές από τον εξοπλισμό που συνδέεται με το σύστημα ψύξης μπορούν να εισαγάγουν τις επικίνδυνες χημικές ουσίες που δεν είναι παρούσες στο ύδωρ υπό κανονικές συνθήκες, δηλ. διαρροές εναλλακτών θερμότητας.

Οι πύργοι που δεν συντηρούνται καλά μπορούν να συσσωρεύσουν μεγάλα ποσά οργανικής ουσία που επιφέρει ευνοϊκές συνθήκες για να επιζήσουν και να αυξηθούν διάφοροι μικροοργανισμοί. Τα αερολύματα που παράγονται από τους πύργους ψύξης μπορούν να διασκορπίσουν στο περιβάλλον ένα βακτήριο που λέγεται Legionella.

Εάν το βακτήριο Legionella είναι παρόν στο ύδωρ των πύργων, τα αερολύματα μπορούν να επιφέρουν τη μόλυνση. Οι κακώς διατηρημένοι πύργοι ψύξης ήταν υπαίτιοι για το ξεσπάσματα της ασθένειας των λεγεωναρίων στο εξωτερικό και κυρίως στην Αυστραλία.

Το Legionella είναι ένα βακτηρίδιο που συνδέεται με το ύδωρ και είναι διαδεδομένο στο περιβάλλον. Μπορεί να βρεθεί στις λίμνες, τους ποταμούς και τους κολπίσκους και επίσης σε τεχνητά περιβάλλοντα, συμπεριλαμβανομένων των πύργων ψύξης, των κλιματιστικών και των βιομηχανικών συστημάτων κυκλοφορίας ύδατος. Αυτά τα τεχνητά συστήματα μπορούν να παρέχουν τις συνθήκες που επιτρέπουν τη μικροβιακή αύξηση σε μεγάλο βαθμό.

Τα βακτηρίδια Legionella προκαλούν την ασθένεια των λεγεωναρίων. Αυτή η ασθένεια μπορεί να αποκτηθεί μέσω της αναπνοής στα αερολύματα που περιέχουν τα βακτηρίδια. Η ασθένεια λεγεωναρίων δεν επιφέρεται από άτομο σε άτομο ούτε είναι επίκτητη μέσω της κατανάλωσης Legionella που μόλυνε το ύδωρ. Τα συμπτώματα Legionellosis περιλαμβάνουν πυρετό, βήχα, δυσκολία αναπνοής, θωρακικό πόνο και διάρροια.

Οι περισσότερες από τις εκπομπές των αερίων στους πύργους ψύξης είναι ένα αποτέλεσμα των σταγονιδίων κλίσης, που είναι το υγρό ύδωρ που παρασύρεται από το ρεύμα αέρα διαμέσου του πύργου. Το ποσοστό κλίσης του πύργου ψύξης εξαρτάται από τον τύπο του πύργου, την ικανότητα, την ταχύτητα του αέρα, τη θερμοκρασία της ροής εισόδου και εξόδου, και την πυκνότητα του αέρα στον πύργο ψύξης. Η απώλεια κλίσης μπορεί συνήθως προβλεφθεί από τον κατασκευαστή ή τον προμηθευτή. Τα σταγονίδια κλίσης μπορούν να μειωθούν σε λιγότερο από 0,1%. Λόγω των μέτρων ασφάλειας, ένας πύργος ψύξης σχεδιάζεται συχνά, εάν είναι απαραίτητο, για να επιτρέψει τη διαρροή στην πλευρά ύδατος ψύξης του εναλλάκτη θερμότητας. Αυτές οι διαρροές μέσα στο σύστημα μπορούν να οδηγήσουν στις εκπομπές υδρογονανθράκων.

Το σύστημα μεταφοράς ύδατος, συμπεριλαμβανομένων των αντλιών, των βαλβίδων, και της διοχέτευσης με σωλήνες, δεν υπόκειται γενικά στους κανονισμούς εκπομπών αερίων. Αυτά τα συστατικά είναι απορριπτέα εξ ορισμού δεδομένου ότι το σύστημα πρέπει κανονικά να περιέχει μόνο το ύδωρ που περιέχει ελάχιστες ή καμία πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs).

Σημαντικά συστατικά εκπομπής είναι οι οργανικές ενώσεις, άλατα, και οποιεσδήποτε άλλες χημικές ουσίες που μπορούν είτε να είναι παρούσες στο ρεύμα αέρα είτε που μπορούν να προστεθούν στο κυκλοφορούμενο ύδωρ. Οι ορατές εκπομπές (στις αντλίες) κυρίως αποτελούνται από τον υδρατμό. Η αλληλεπίδραση των φορτίων και των αντλιών των πύργων ψύξης μπορούν να προκαλέσουν αλλαγές στο pH και άλλα προβλήματα.

Σε μερικές περιπτώσεις το βακτηρίδιο *Legionella*, έχει βρεθεί στα σταγονίδια κλίσης.

Αυτά τα προβλήματα μπορούν να αντιμετωπιστούν με διάφορα συστήματα επεξεργασίας του ύδατος. Ένα τέτοιο σύστημα επεξεργασίας ύδατος είναι το όζον που αποτελεί μια νέα δυναμική τεχνική που πλέον χρησιμοποιείται ευρέως. Το όζον είναι η μορφή οξυγόνου που έχει αναγνωριστεί ότι έχει την ικανότητα να απολυμαίνει το ύδωρ. Είναι γεγονός ότι πρέπει να αντιμετωπιστεί η αύξηση των ορυκτών και μικροβιακών εναποθέσεων στους πύργους ψύξης αφού αυτά μειώνουν την μεταφορά θερμότητας και με αυτόν τον τρόπο την αποδοτικότητα του πύργου.

Η επεξεργασία με όζον στον πύργο ψύξης περιλαμβάνει τη συμπίεση του περιβαλλοντικού αέρα, κατόπιν τον ξηραίνει και τον ιονίζει για να παραχθεί το όζον.

Το όζον προστίθεται στο κυκλοφορούμενο ύδωρ μέσα στον πύργο. Σε ελάχιστο χρόνο, σκοτώνει τα βακτηρίδια και τους ιούς που αναπτύσσονται στο υδάτινο περιβάλλον των πύργων. Τα οφέλη από αυτή τη δράση είναι πολυάριθμα και σημαντικά τόσο για τη υγεία του ανθρώπου, όσο και για την προστασία του περιβάλλοντος. Επιπλέον είναι και ένας μηχανισμός εξοικονόμησης ενέργειας.

Οι διάφοροι οργανισμοί όπως το βακτηρίδιο *Legionella pneumophila* το οποίο προκαλεί την ασθένεια των λεγεωναρίων, εκτός από το γεγονός ότι θέτουν σε απειλή στην ανθρώπινη υγεία, μπορούν να συσσωρευτούν στα διάφορα τμήματα των πύργων ψύξης εμποδίζοντας έτσι τη μεταφορά θερμότητας. Με αυτόν τον τρόπο μειώνεται η αποδοτικότητα του πύργου αφού επιφέρεται αυξανόμενη κατανάλωση ενέργειας και επιπρόσθετες δαπάνες συντήρησης.

Ένα συχνό πρόβλημα είναι η συγκέντρωση σε μεγάλη κλίμακα διαφόρων ορυκτών επιστρωμάτων που εμποδίζουν την αποδοτικότητα των συστημάτων και έχουν επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία.

Στη συμβατική κατεργασία ύδατος των πύργων ψύξης οι τεχνολογίες περιλαμβάνουν την επεξεργασία με χημικές ουσίες οι οποίες αφαιρούν τους μικροοργανισμούς και απολυμαίνουν τα απόβλητα κατά τη διαφυγή του ύδατος. Αυτές οι διαδικασίες αυξάνουν το κόστος της λειτουργίας και της συντήρησης των πύργων ψύξης. Αν και η επεξεργασία ύδατος με κάποια χημική ουσία ή με το σύστημα παραγωγής όζοντος, είναι ενδεδειγμένη, υπάρχουν μερικές περιπτώσεις που το όζον μπορεί να προκαλέσει διάβρωση των τμημάτων των πύργων ψύξης.

Τα σημαντικά όμως πλεονεκτήματα της επεξεργασίας ύδατος με όζον καθιστούν το γεγονός αυτό όχι μεγάλης σημασίας.

Κατά την επεξεργασία του ύδατος με όζον πρέπει να εξεταστούν τέσσερα σημαντικά κριτήρια:

1. Η ποιότητα του ύδατος σύνθεσης, που προστίθεται για να αντικαταστήσει το ύδωρ που χάνεται μέσω της εξάτμισης και της διαφυγής (η σκληρότητα και η περιεκτικότητα σε ορυκτό αποτελούν έναν παράγοντα στην αποτελεσματικότητα του όζοντος).
2. Η λειτουργούσα θερμοκρασία του εναλλάκτη θερμότητας (εάν είναι πάρα πολύ υψηλός, το όζον διαλύει πάρα πολύ γρήγορα).
3. Ο βαθμός στον οποίο τα συστατικά του συστήματος υπόκεινται σε διάβρωση (και κατά συνέπεια πιθανή συχνή αντικατάσταση ή πρόσθετη προστασία).
4. Το λειτουργικό περιβάλλον του πύργου (υπερβολικός ρύπος και το οργανικό υλικό θα καταναλώσει το όζον προτού να μπορέσει να απολυμάνει το ύδωρ).

Μια μελέτη διαλογής και μια οικονομική ανάλυση (κόστος κύκλου ζωής) πρέπει επίσης να είναι μέρος της διαδικασίας λήψης αποφάσεων.

Η επεξεργασία του ύδατος με χρήση του όζοντος στους πύργους ψύξης, είναι μια από τις τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας, που προέκυψαν

τα τελευταία 20 χρόνια. Αυτές οι προτεινόμενες τεχνολογίες έχουν αξιολογηθεί από την άποψη της εξοικονόμησης ενέργειας, το κόστος, και τα περιβαλλοντικά οφέλη στον ομοσπονδιακό τομέα. Η επεξεργασία όζοντος για την ψύξη στην τεχνολογία των πύργων βρέθηκε να αποτελεί σημαντική δυνατότητα για την αποταμίευση και την εξοικονόμηση ενέργειας.

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων χρόνων, έχουν συντελεστεί τεχνολογικές βελτιώσεις και οι βιομηχανίες έχουν αυτόνομες εμπορικές γεννήτριες όζοντος οι οποίες είναι οικονομικά εφικτές και αξιόπιστες.

Η χρησιμοποίηση του όζοντος για να επεξεργαστεί το ύδωρ στους πύργους ψύξης είναι μια τεχνική που πλεονεκτεί έναντι της επεξεργασίας ύδατος με χημικές ουσίες τόσο στην εξοικονόμηση ύδρευσης και ενέργειας, όσο και στα περιβαλλοντικά οφέλη.

Σε μια κατάλληλα εγκατεστημένη τέτοια μονάδα επεξεργασίας ύδατος, οι πληθυσμοί των βακτηρίων και των μικροβίων μειώνονται, ελαχιστοποιείται η συγκέντρωσή τους στις επιφάνειες εναλλακτών θερμότητας, μειώνονται οι ενεργειακές απαιτήσεις, αυξάνεται η αποδοτικότητα της μονάδας, μειώνεται η προσπάθεια και το κόστος συντήρησης και προστατεύεται το περιβάλλον και η υγεία του ανθρώπου.

4.2 Περιβαντολλογικές λύσεις

Οι πύργοι ψύξης πρέπει να λειτουργούν σύμφωνα με τους κανόνες μιας συνειδητής και ευαίσθητης βιομηχανίας τόσο για την ανθρώπινη υγεία όσο και για το περιβάλλον.

Η καλύτερη στρατηγική για τις περιβαλλοντικές ανησυχίες που επιφέρει η απώλεια κλίσης των πύργων ψύξης είναι:

- Ø να ελαχιστοποιηθεί η απελευθέρωση των χημικών σταγονιδίων ύδατος στο ρεύμα αέρα εξάτμισης, και να επιτευχθεί η συλλογή στο υψηλότερο ποσοστό των υπόλοιπων παρασυρμένων σταγονιδίων πριν ελευθερωθούν από τον πύργο.
- Ø Τα συστήματα διανομής που χρησιμοποιούνται στους πύργους πρέπει να παρέχουν την άριστη κάλυψη του υλικού γεμίματος, και να παράγουν την μικρότερη δυνατή παραγωγή αερολυμάτων, μειώνοντας κατά συνέπεια τη δυνατότητα απελευθέρωσης αερίων.
- Ø Οι περιοριστικοί παράγοντες κλίσης είναι η τελική γραμμή υπεράσπισης έναντι στην κλίση. Αυτοί είναι υψηλής αποδοτικότητας και δρουν δημιουργώντας μια έντονη ροή αέρος που αναγκάζει τα λεπτά παρασυρμένα αερολύματα να συγκρουστούν, να κάνουν συσσωμάτωμα και να μειωθούν τελικά. Επιπλέον περιορίζουν την κλίση κατά 0,0006% του ποσοστού ροής του νερού.

Η κατάλληλη συντήρηση είναι ουσιαστική για την πρόληψη της ασθένειας, αφού ένας όχι κατάλληλα διατηρημένος πύργος ψύξης μπορεί να είναι πηγή της ασθένειας των λεγεωναρίων.

Για να διατηρηθούν και να συντηριθούν οι πύργοι ψύξης πρέπει να παρέχεται:

- Ø Τουλάχιστον μια μηνιαία επιθεώρηση των πύργων ψύξης.

- Ø Κανονική κατεργασία ύδατος.
- Ø Τουλάχιστον μια μηνιαία μικροβιακή δοκιμή του πύργου για τα συνολικά επίπεδα βακτηριδίων και μικροοργανισμών.
- Ø Πλήρεις καθαρισμός και απολύμανση του πύργου κάθε τρεις έως έξι μήνες συμφωνία με τις οδηγίες.
- Ø Όλες οι εσωτερικές επιφάνειες του πύργου και ιδιαίτερα τα φρεάτια, να είναι καθαρισμένα με νερό, ατμό ή άλλη αποτελεσματική μέθοδο.
- Ø Τα βιοκτόνα πρέπει να παρέχουν έναν έλεγχο ευρύ-φάσματος των μικροοργανισμών.
- Ø Καθαρισμός του πύργου πριν το ξεκίνημα και μετά από το εποχιακό κλείσιμο.
- Ø Οι ιδιοκτήτες των εγκαταστάσεων πρέπει να έχουν αρχείο σχετικά με:
 - § Σχεδιάγραμμα του συστήματος των πύργων ψύξης, λειτουργικές διαδικασίες.
 - § Διαδικασίες και συχνότητα της διατήρησης, του καθαρισμού και της απολύμανσης του πύργου ψύξης.

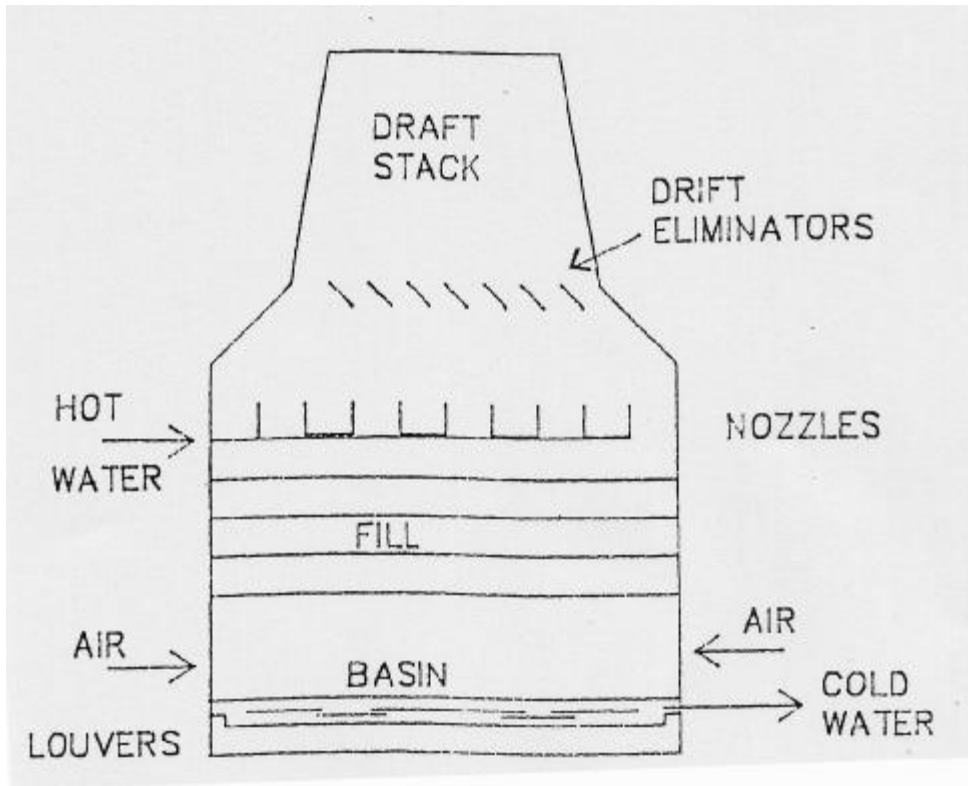
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Εικόνες

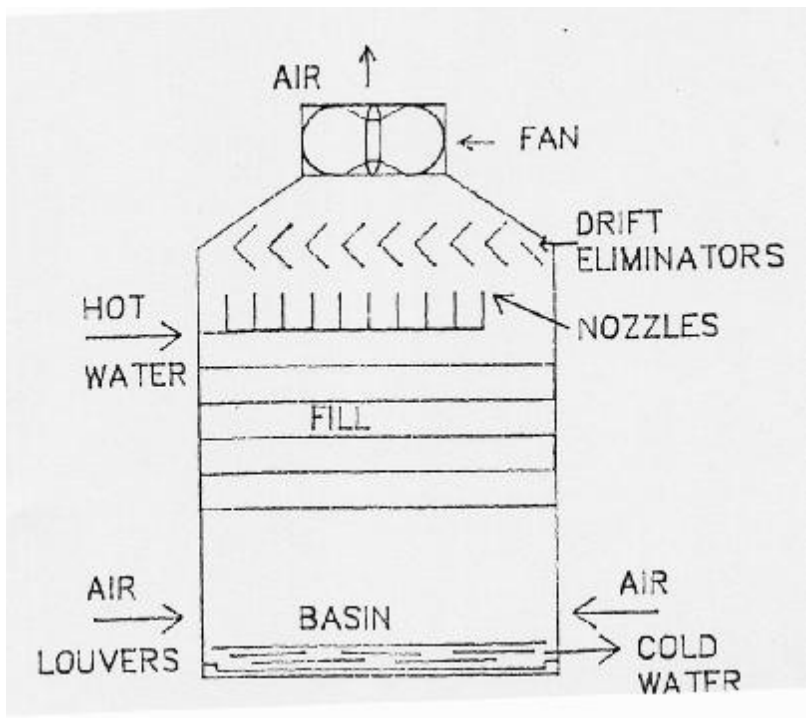
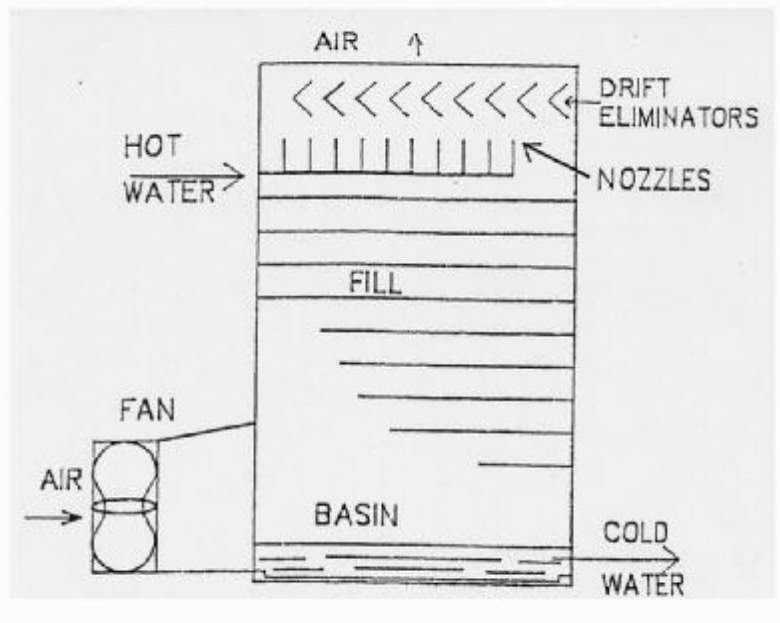
Εικόνα (Αρ.)	Τίτλος	Σελίδα (Αρ.)
1	Φυσικού Σχέδιο Πύργου ψύξης	83
2	Μηχανικό Σχέδιο Πύργου ψύξης	84
3	Εξαναγκασμένο σχέδιο πύργου ψύξης	85
4	Προκληθέν σχέδιο πύργου ψύξης	85
5	Ξηροί Πύργοι Ψύξης	86
6	Τέσσερις τύποι υγρών και ξηρών συστημάτων με απόρριψη θερμότητας	87
7	Υβριδικό σχέδιο πύργων ψύξης	88
8	Υπερβολικοί Πύργοι	89
9	Συγκλίνοντες Πύργοι	89
10	Σύνολο τμημάτων γεμίματος	90
11	Τυπικοί πακεταρισμένοι Πύργοι για μικρές εφαρμογές	91
12	Τυπικοί πύργοι με μετρητή ροής και διασταυρούμενη ροή	92
13	Εισαγωγή πάγου στα σημεία εισαγωγής αέρα	95
14	Συσκευές επιστροφής νερού	96
15	Στατικός Σωλήνας Pitot	97
16	Σωλήνας Prundle	98
17	Σύστημα Χημικής Επεξεργασίας Πύργου	99
18	Εκπομπή Θορύβου για Πύργους	100

	600-800 MW	
19	Εξαρτήματα Πύργων Ψύξης για μείωση εισόδου και εξόδου του ήχου	101
20	Φυσικό Ψυχρόμετρο	102
21	Καθημερινές, ετήσιες και διαρκείς μεταβολές των υγρών βολβών θερμοκρασίας	103

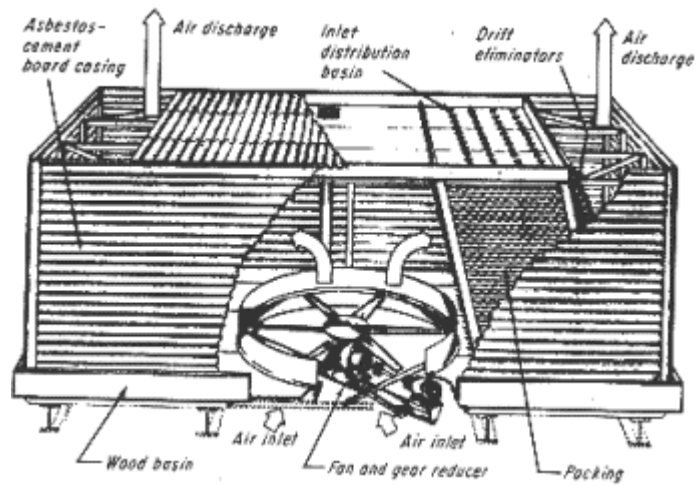
EIKONEΣ



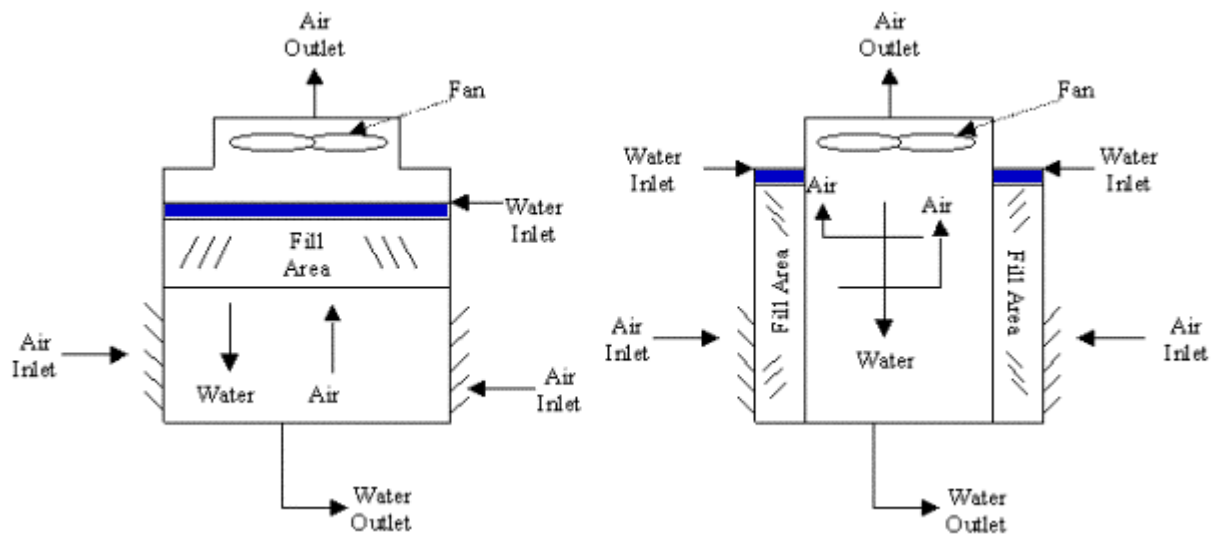
Εικόνα 1: Φυσικό σχέδιο πύργου ψύξης



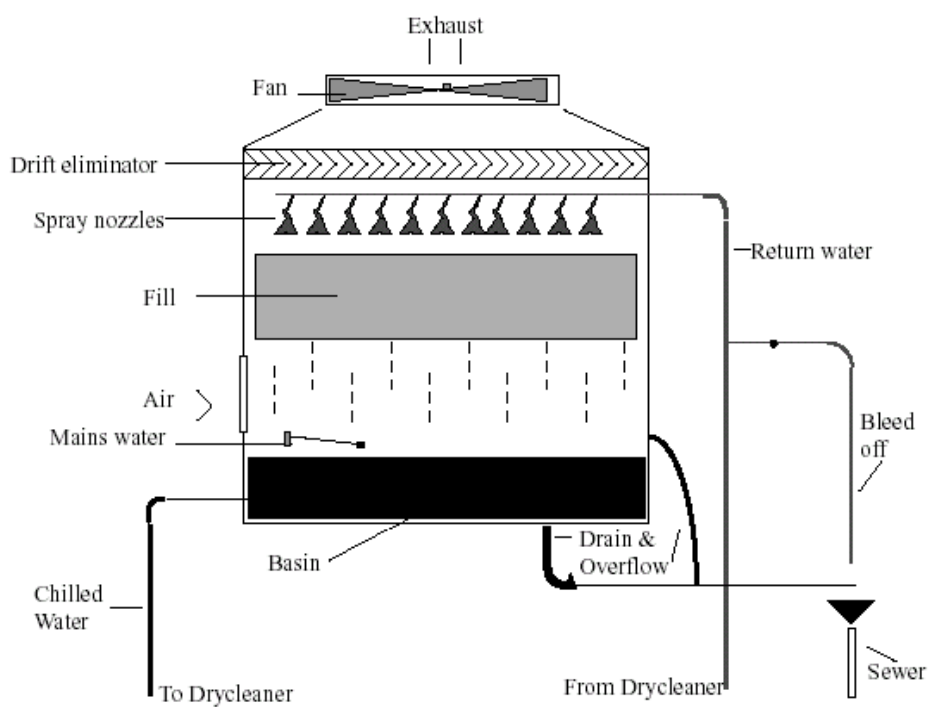
Εικόνα 2: Μηχανικό Σχέδιο Πύργου ψύξης



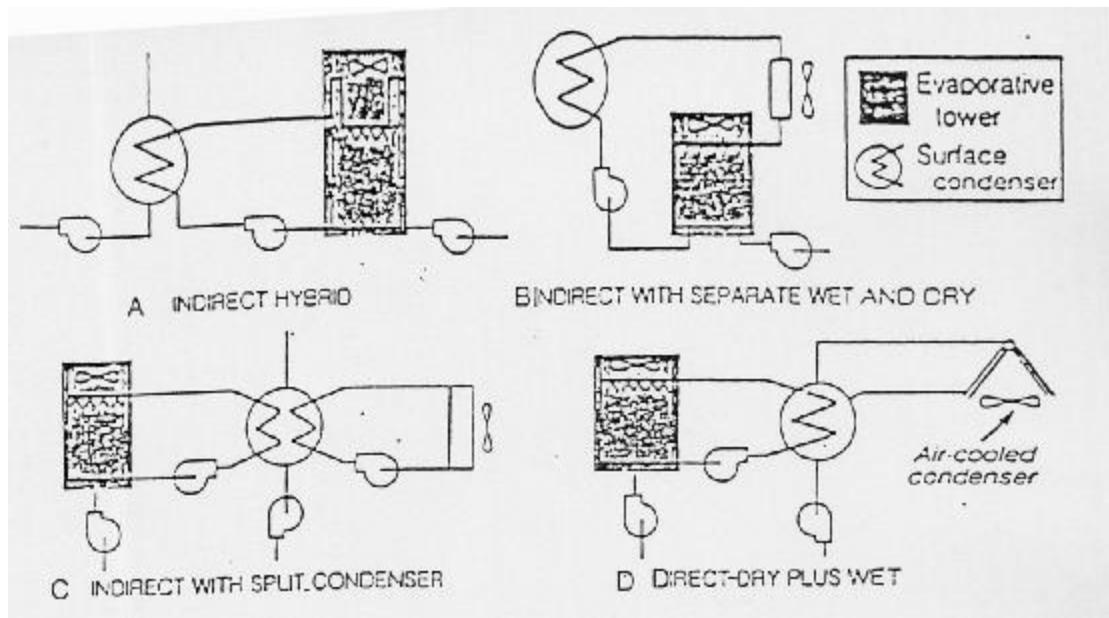
Εικόνα 3: Εξαναγκασμένο σχέδιο πύργου ψύξης



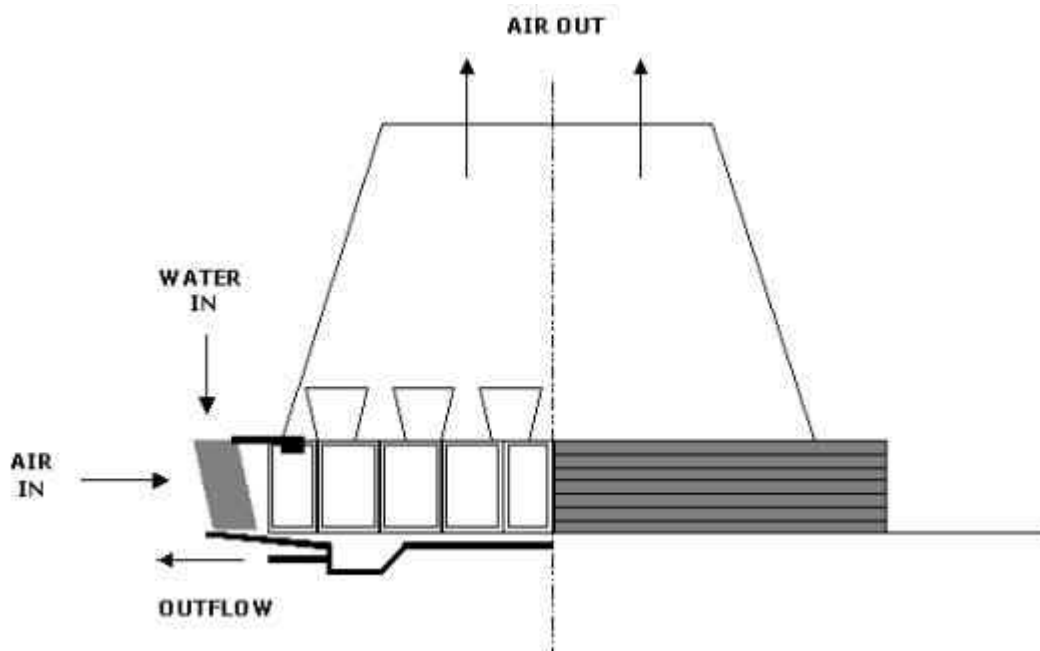
Εικόνα4: Προκλιθέν σχέδιο πύργου ψύξης



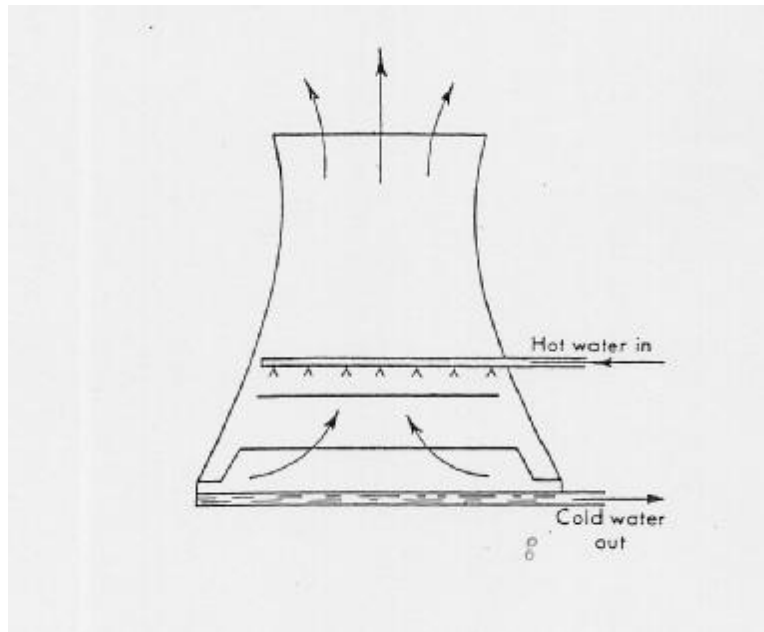
Εικόνα 5: Ξηρός πύργος ψύξης



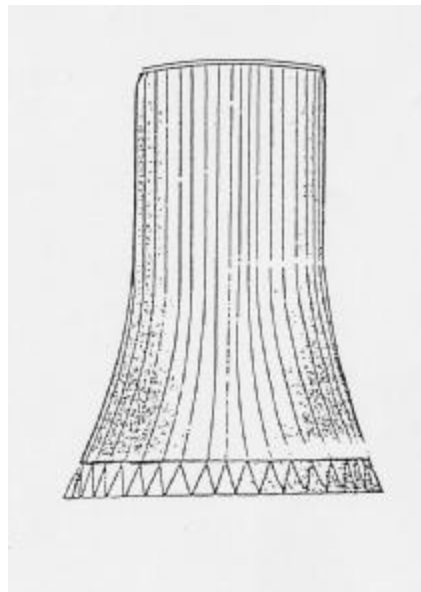
Εικόνα 6: Τέσσερις τύποι υγρών και ξηρών συστημάτων με απόρριψη θερμότητας



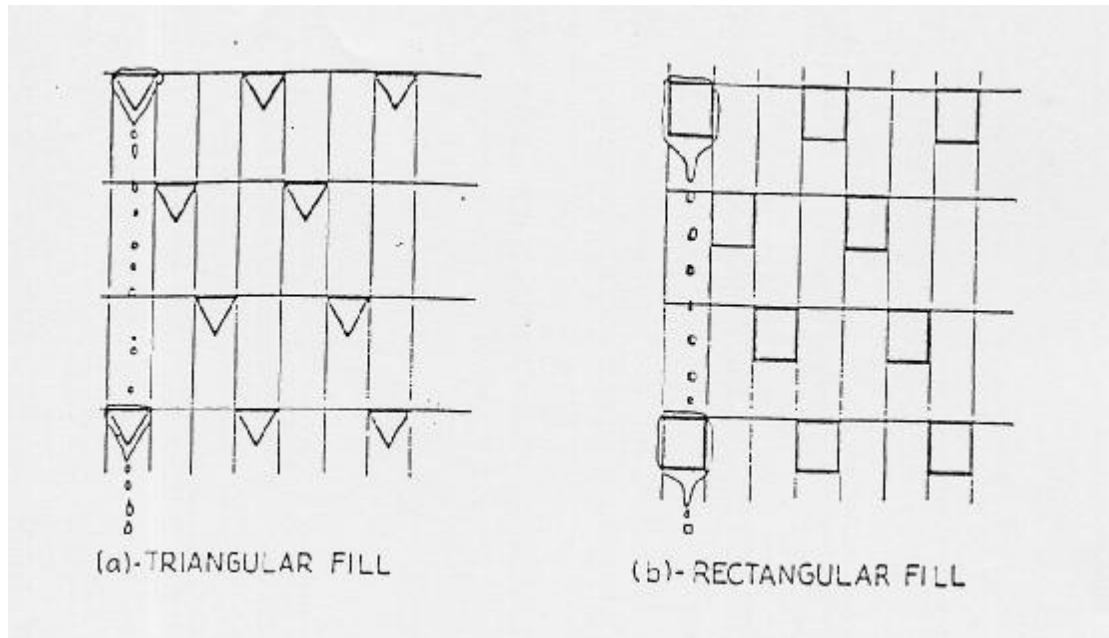
Εικόνα 7: Υβριδικό σχέδιο πύργου ψύξης



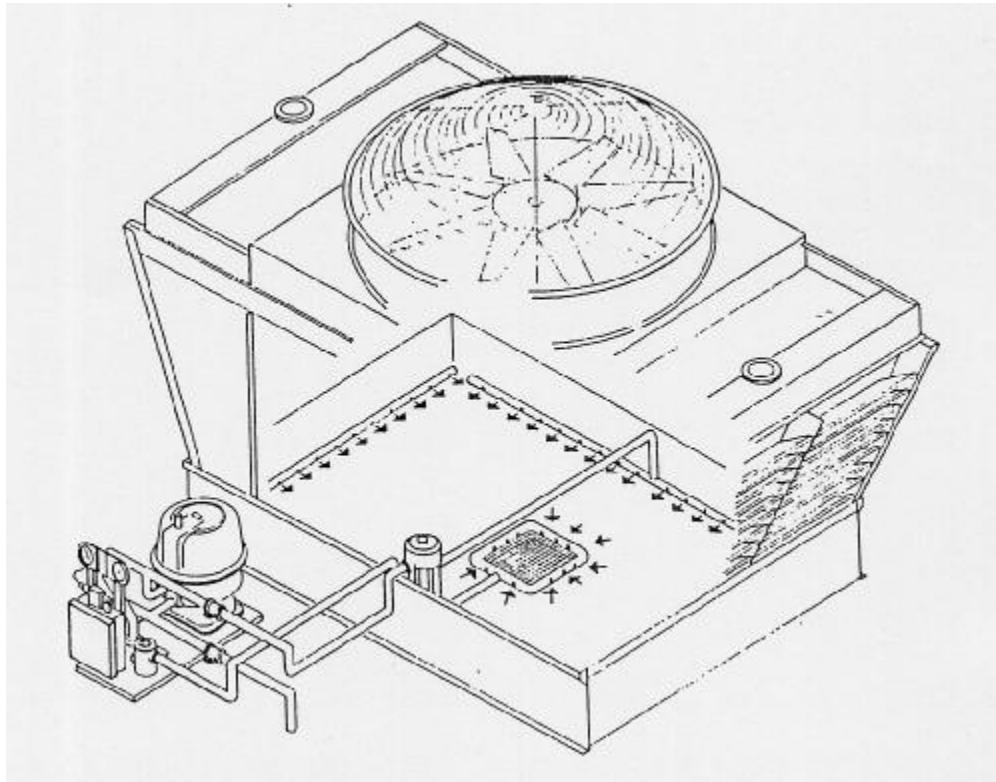
Εικόνα 8: Υπερβολικοί πύργοι



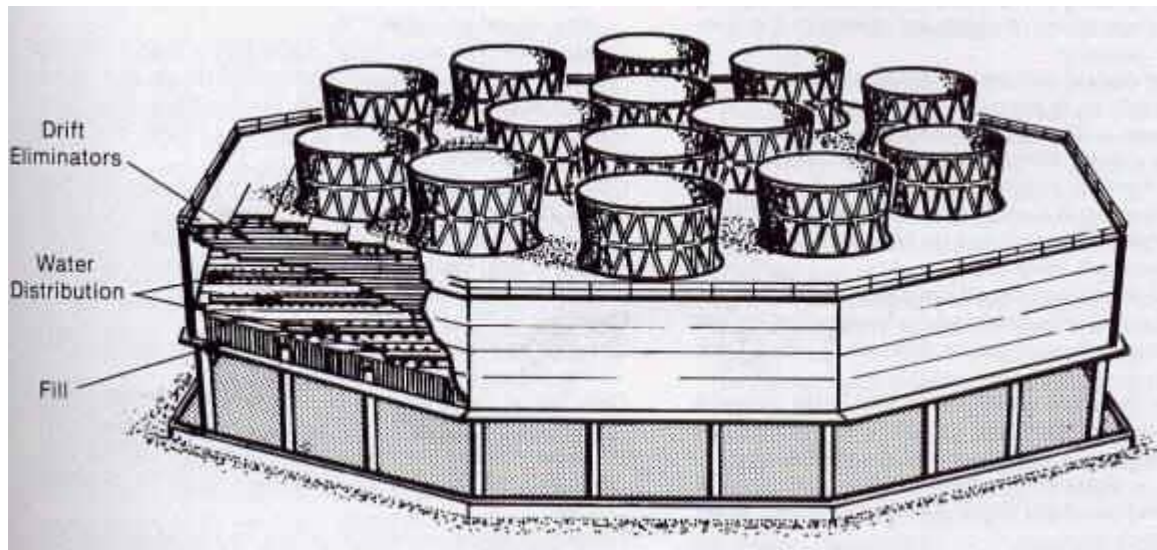
Εικόνα 9: Συγκλίνοντες πύργοι



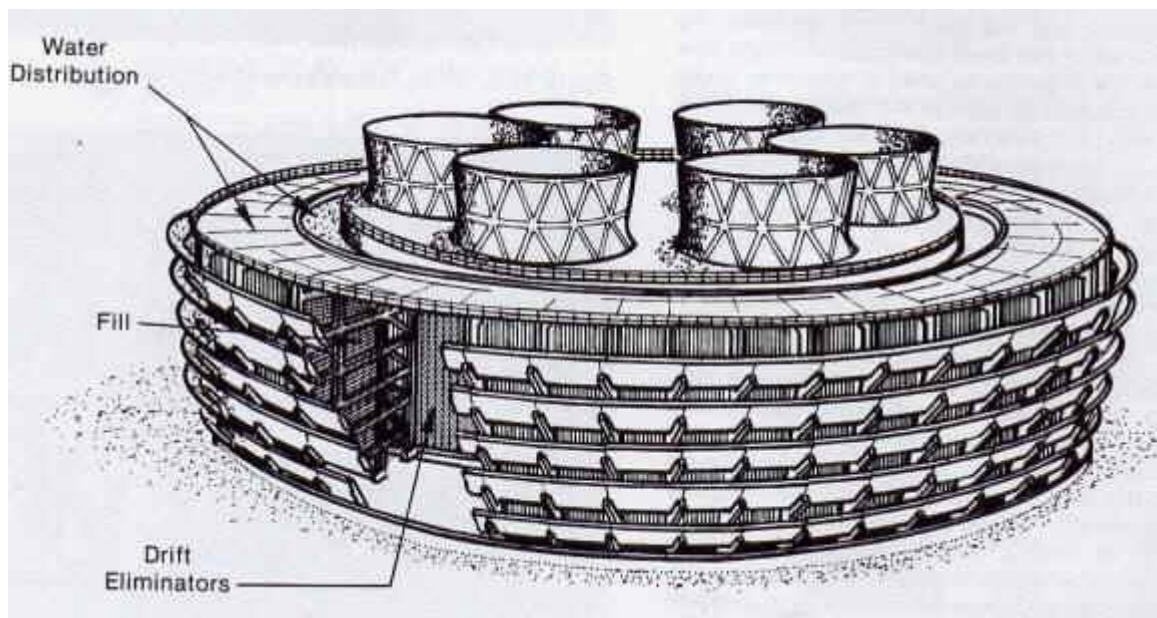
Εικόνα 10: Σύνολο τμημάτων γεμίματος



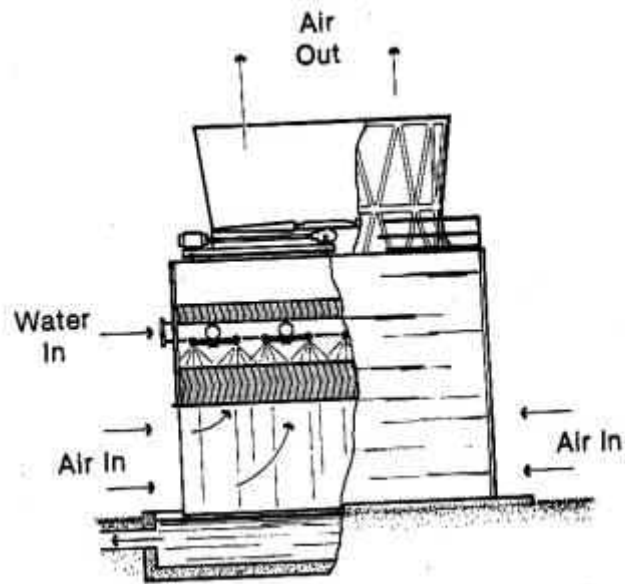
Εικόνα 11: Τυπικοί πακεταρισμένοι Πύργοι για μικρές εφαρμογές



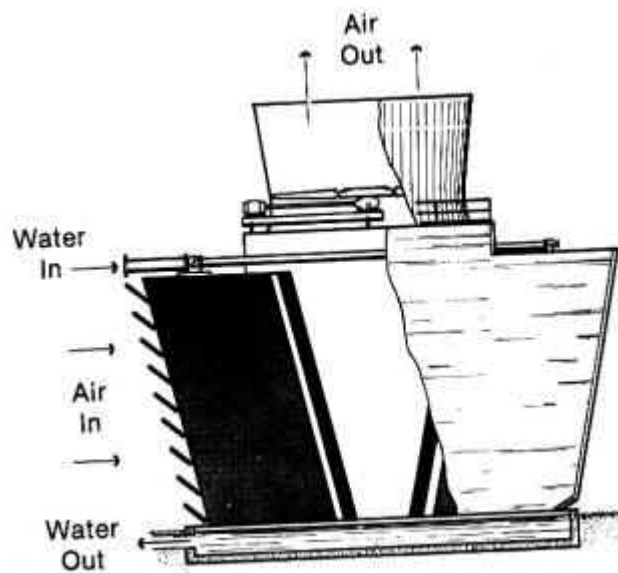
Εικόνα 12α: Οκταγωνικό μηχανικό σχέδιο πύργου ψύξης με μετρητή ροής



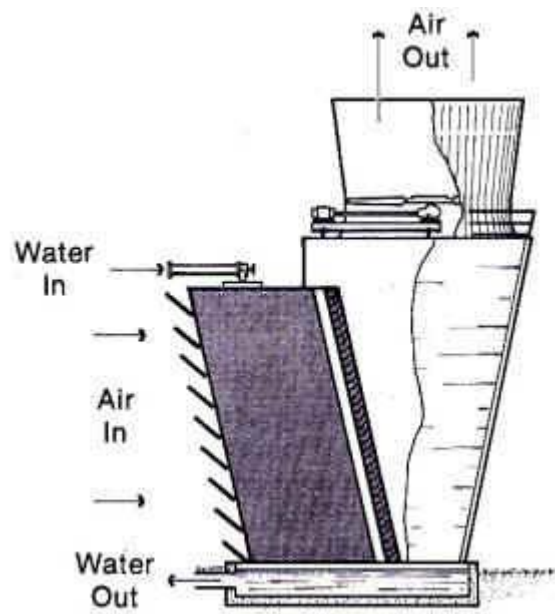
Εικόνα 12β: Στρογγυλό μηχανικό σχέδιο πύργου ψύξης με διασταυρούμενη ροή



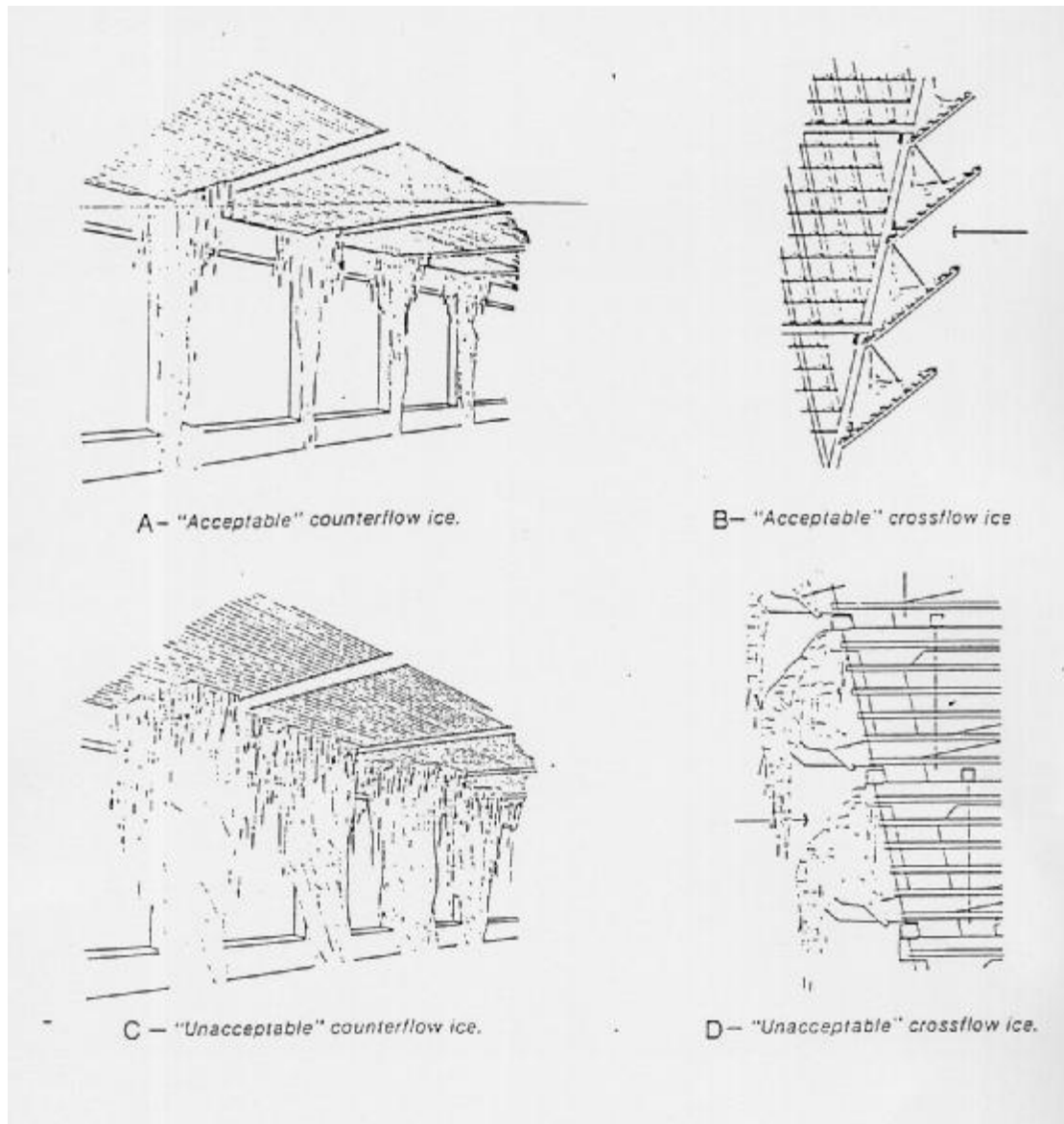
Εικόνα 12γ: Μηχανικό σχέδιο πύργου ψύξης με μετρητή ροής



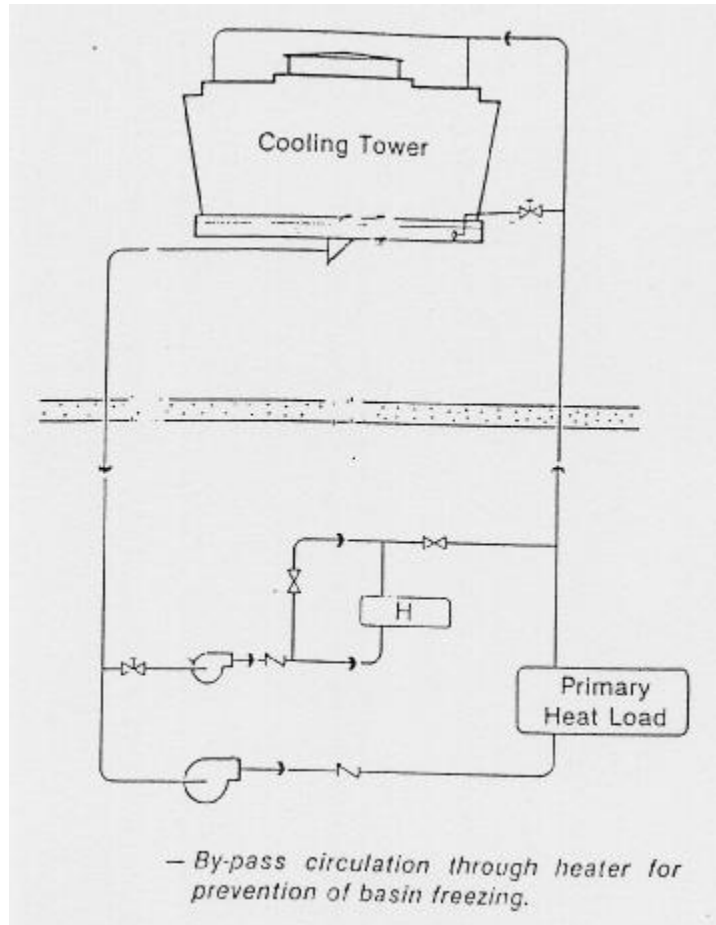
Εικόνα 12δ: Μηχανικό σχέδιο πύργου ψύξης με διασταυρούμενη ροή



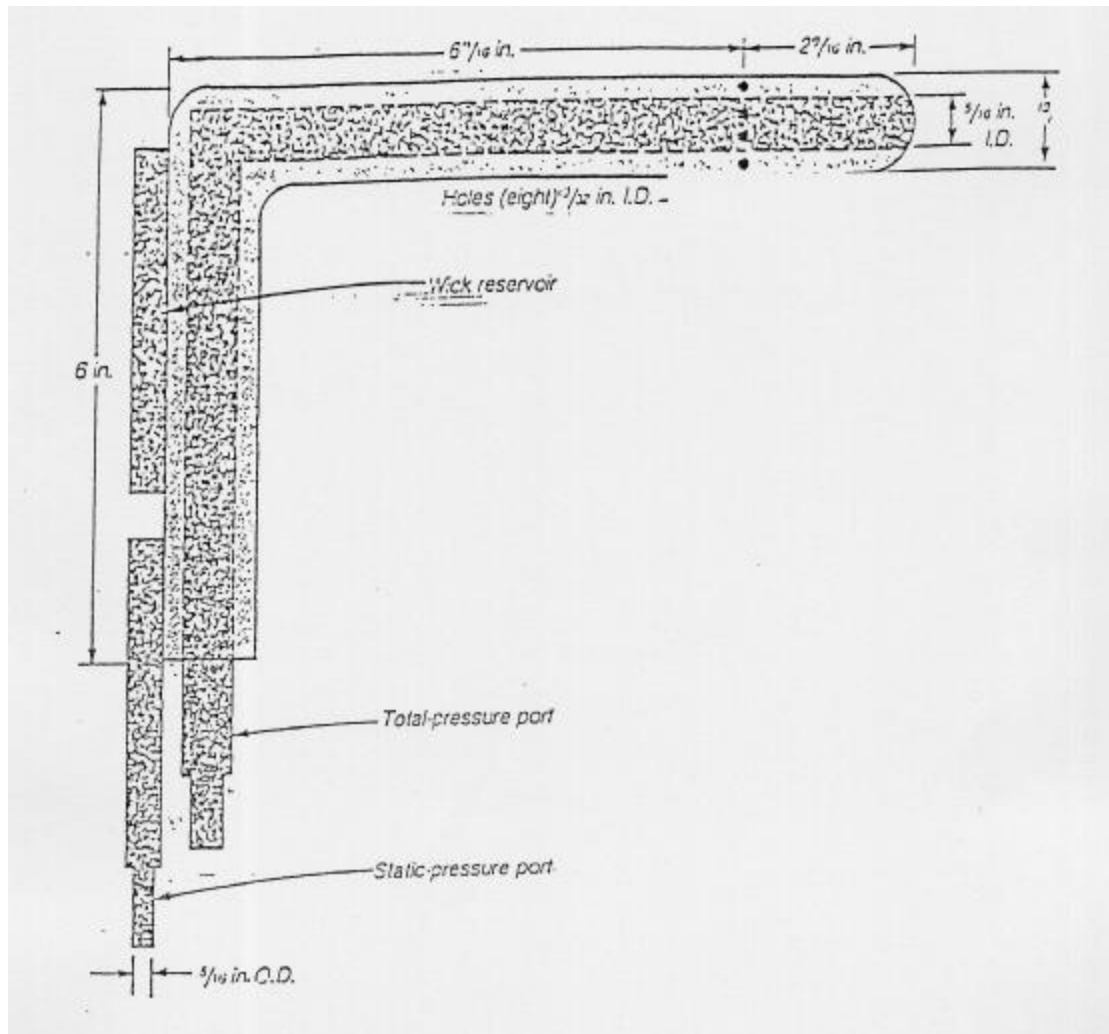
Εικόνα 12ε: Μηχανικό σχέδιο πύργου ψύξης διπλής ροής



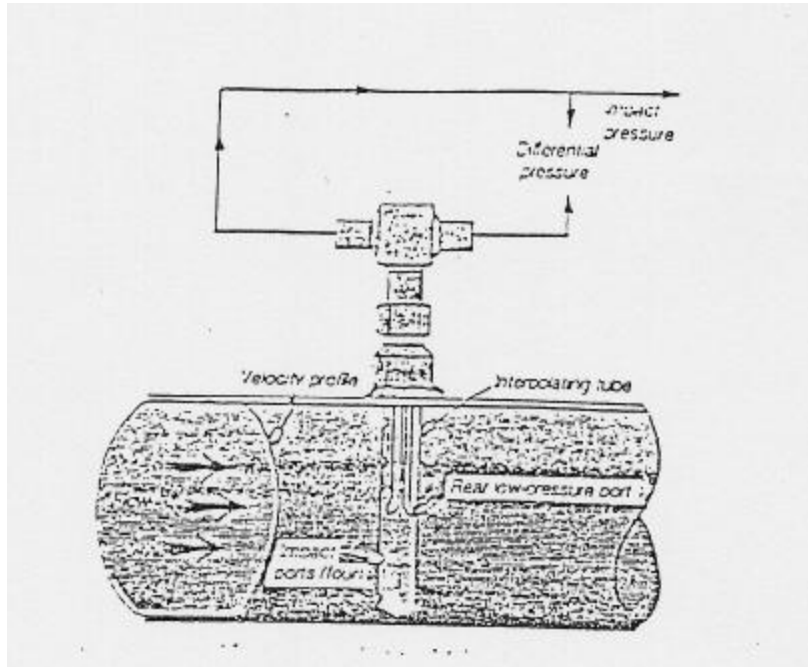
Εικόνα 13: Εισαγωγή πάγου στα σημεία εισαγωγής αέρα



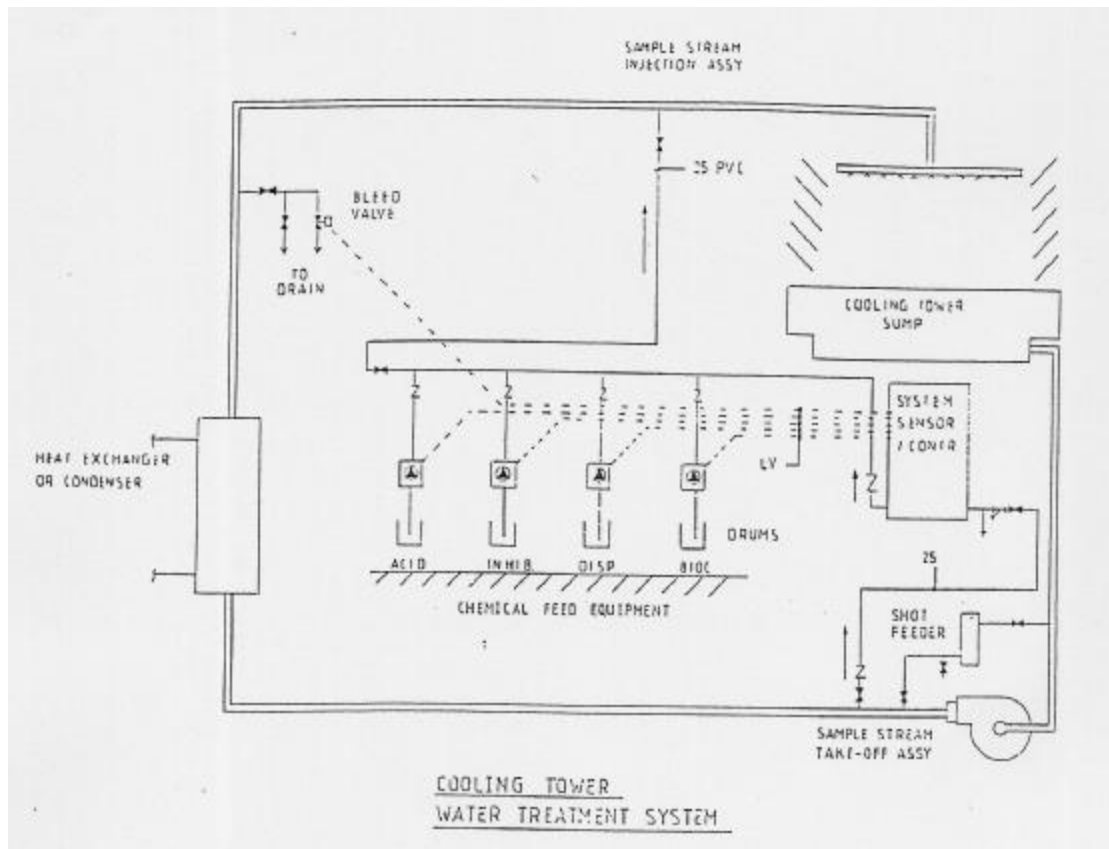
Εικόνα 14: Συσκευές επιστροφής νερού



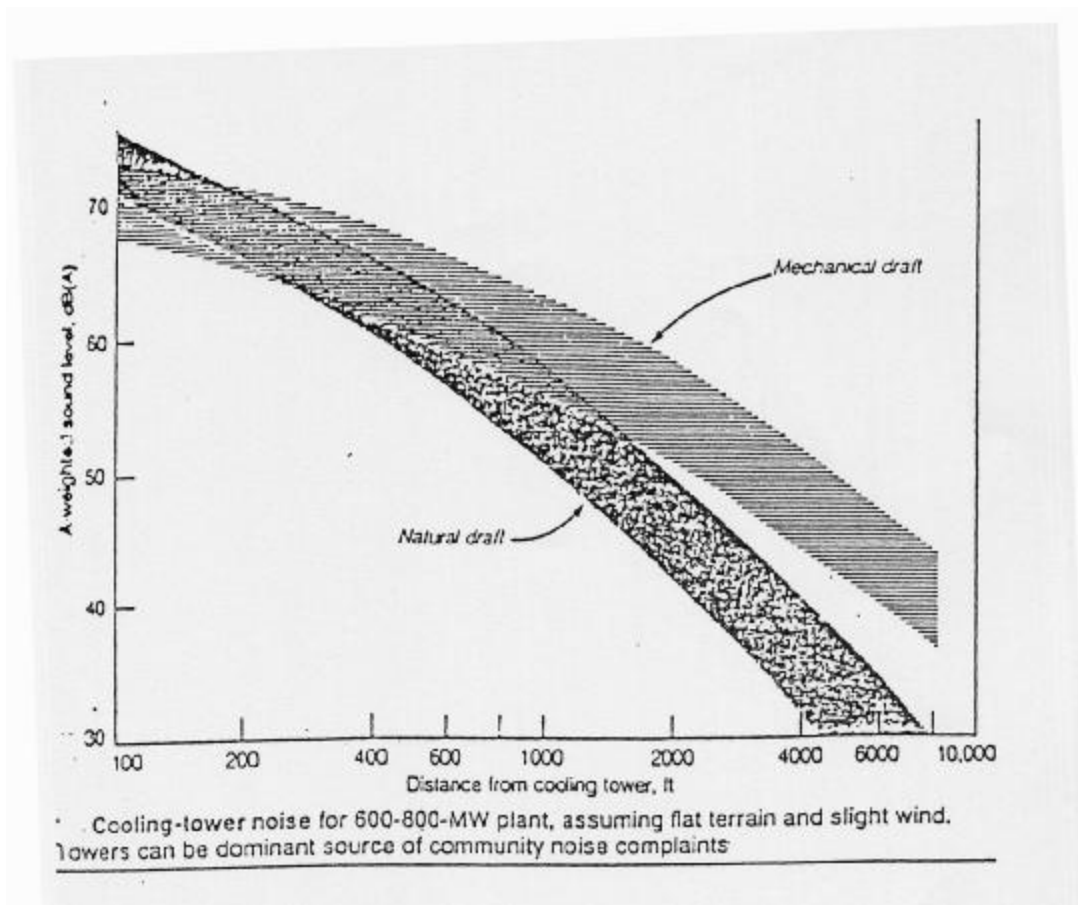
Εικόνα 15: Στατικός Σωλήνας Pitot



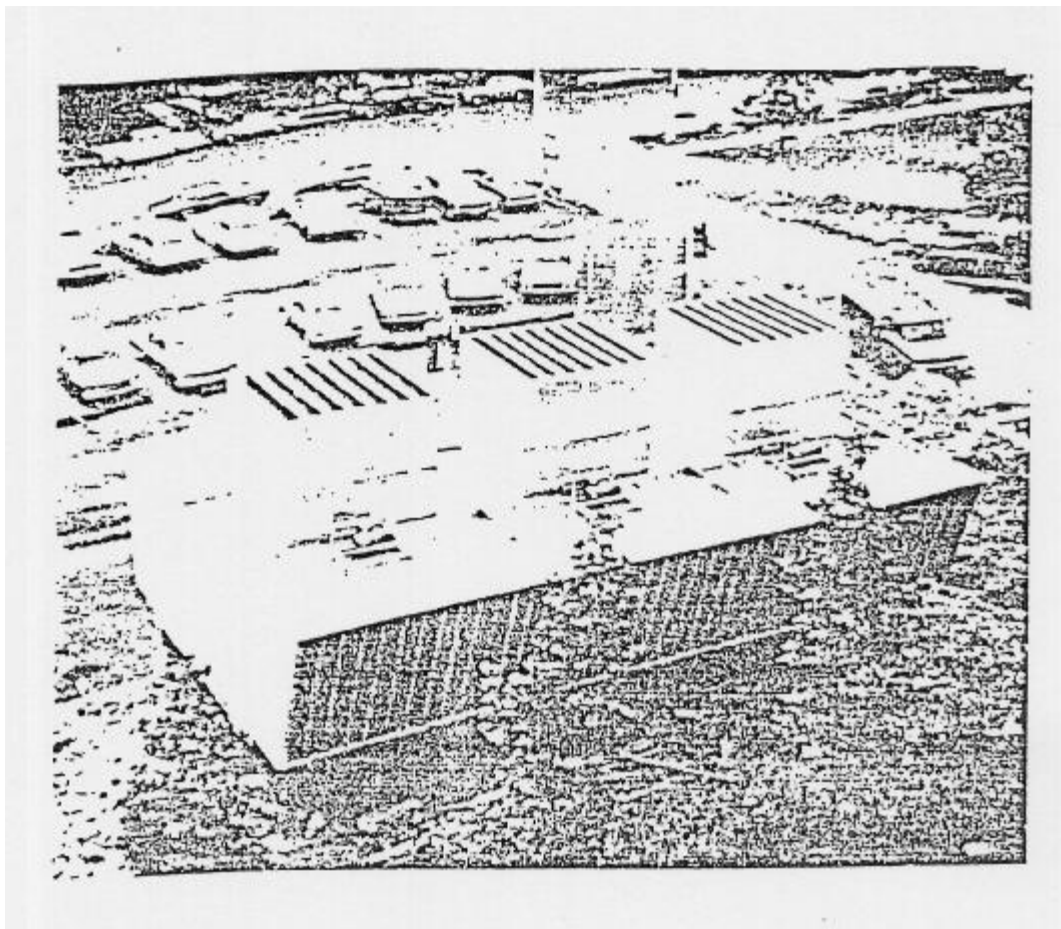
Εικόνα 16: Σωλήνας Prundle



Εικόνα 17: Σύστημα Χημικής Επεξεργασίας Πύργου



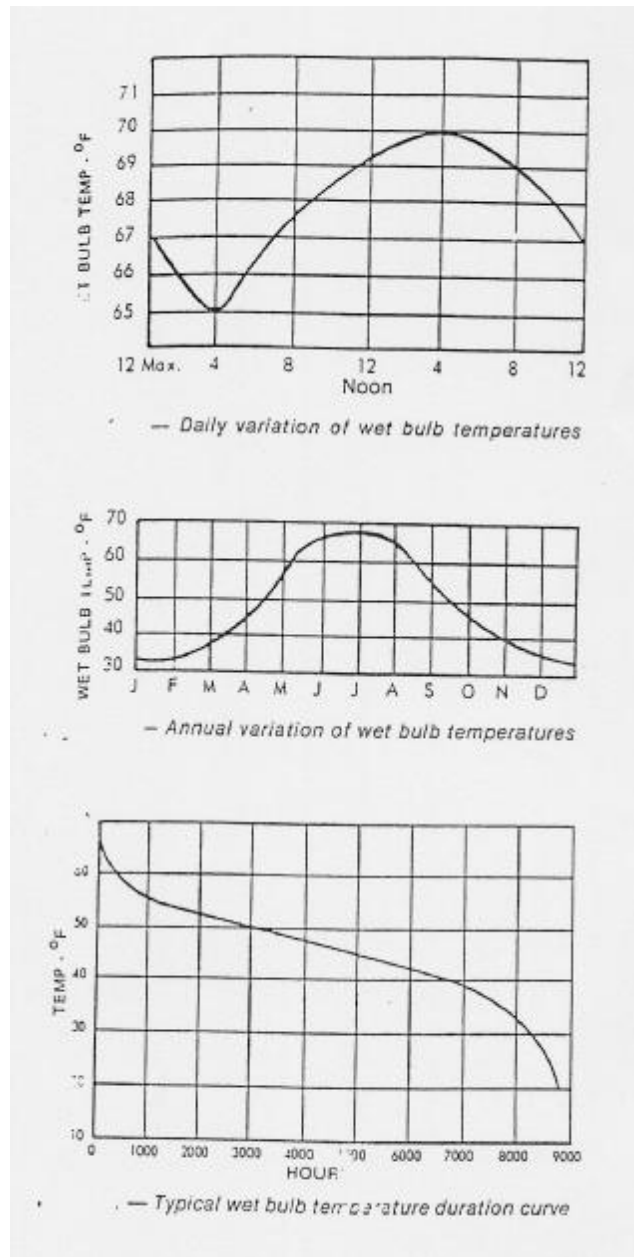
Εικόνα 18: Εκπομπή Θορύβου για Πύργους 600-800 MW



Εικόνα 19: Εξαρτήματα Πύργων Ψύξης για μείωση εισόδου και εξόδου του ήχου



Εικόνα 20: Φυσικό Ψυχρόμετρο



Εικόνα 21: Καθημερινές, ετήσιες και διαρκείς μεταβολές των υγρών βολβών θερμοκρασίας

Λίστα Συμβόλων

Σύμβολο	Περιγραφή	Μονάδες
Cp	Ειδική θερμική ικανότητα	J/Kg K
F	Σχετική Υγρασία	-
h	Ενθαλπία	KJ/Kg
M	Μάζα σχετικής ροής	Kg/sec
P	Πίεση	Bar
Q	Ισχύς	KW
T	Θερμοκρασία	C
V	Όγκος σχετικής ροής	M ³ /sec
p	Πυκνότητα	Kg/m ³

Σύμβολο	Περιγραφή	Μονάδες
Ha1	Ενθαλπία αέρα στις συνθήκες εισόδου	
Ha2	Ενθαλπία αέρα στις συνθήκες εξόδου	KJ/Kg
Hw1	Ενθαλπία νερού στις συνθήκες εισόδου	KJ/Kg
Hw2	Ενθαλπία νερού στις συνθήκες εξόδου	KJ/Kg
Hw3	Ενθαλπία του W3	KJ/Kg
Hw4	Ενθαλπία του W4	KJ/Kg
Hs1	Ενθαλπία ατμού στις συνθήκες εισόδου	KJ/Kg
Hs2	Ενθαλπία ατμού στις συνθήκες εξόδου	KJ/Kg
Ma	Σχετική ροή μάζας του αέρα που απαιτείται	Kg/sec
Ma1	Σχετική ροή μάζας του αέρα στις συνθήκες εισόδου	Kg/sec
Ms1	Σχετική ροή μάζας του ατμού στις συνθήκες εισόδου	Kg/sec
Ms2	Σχετική ροή μάζας του ατμού στις συνθήκες εξόδου	Kg/sec
Mw2	Ροή μάζας νερού	Kg/sec
Mw3	Ροή μάζας νερού	Kg/sec
Mw4	Ροή μάζας νερού	Kg/sec
Pa	Πίεση στο εσωτερικό του πύργου	Bar
Pg1	Πίεση	Bar
Ps1	Πίεση του ατμού στις συνθήκες εισόδου	Bar
Ps2	Πίεση του ατμού στις συνθήκες εξόδου	Bar
T1	Θερμοκρασία του νερού εισαγωγής	C
T2	Θερμοκρασία του αέρα εισαγωγής	C
T3	Θερμοκρασία του αέρα εξόδου	C
T4	Θερμοκρασία του νερού εξόδου	C
V	Όγκος ποσοστού ροής	m ³ /sec
W _{evaporate}	Εξάτμιση νερού	Kg/sec
W2	Ροή μάζας νερού	Kg/sec

Επισυνάψεις

a	Αέρας
s	Ατμός
w	Νερό
1.	Θέση εισόδου στον πύργο
2.	Θέση εξόδου στον πύργο
3.	Θέση εισόδου ψυχρού ύδατος
4.	Θέση εξόδου ψυχρού ύδατος

Βιβλιογραφία

- | | |
|---------------------------------|------------------------------------|
| Ατμοστρόβιλοι – Ατμολέβητες | I. Γεωργουδάκης 1992 |
| Thermical Machines | I. K. Krontiris |
| Cooling Towers Report | Power Magasine 1985 |
| Cooling Towers Fundamental | Marley Corp |
| Air Conditioning | K. Lefas |
| Cooling Towers Fundamental | F & R Corp |
| Process Heat Transfer | D. Q. Kern McGraw-Hill 1950 |
| Engineering Thermodynamics, | Rogers and Maghew Longman |
| Wotk and Heat Transfer | |
| Thermodynamics – An Engineering | Y. A. Cengel and M. A. Joles |
| Approach | McGraw-Hill 1989 |
| Applied Thermodynamics For | T. D. Eastop, A. McConkey |
| Engineering Technologist | Longman 1979 |
| The Standard Handbook of Plant | Rosaler, Robert C., McGraw-Hill, |
| Engineering | New York, 1995 |
| Perry's Chemical Engineers' | 26th Edition, Green, Don W. et al, |
| Handbook, | McGraw-Hill, New York, 1984 |

Δικτυακοί τόποι

- Ø <http://www.Cheresources.com/ctwerszz.shtml>
- Ø <http://www.lenntech.com/cooling%20towers.html>
- Ø <http://www.aiche.org/cep>
- Ø http://classes.aces.uiuc.edu/NRES285/power_plant/pages/unknown_ipg.htm
- Ø <http://www.marleyct.com/aquatower.htm>
- Ø <http://www.deltatechniki.gr/desca.htm>
- Ø http://www.ikestos.gr/public/piryoi_psixpoj.htm
- Ø http://www.superioraqua.com/prod_ind_towers_program.html
- Ø <http://www.coolingtowersystems.com/towers.htm>
- Ø http://www.gewater.com/equipment/instrument/414_cooling_towers.jsp
- Ø <http://www.airmastersules.com/waterfilter.html>
- Ø <http://www.virtualnucleartourist.com/systems/ct.htm>