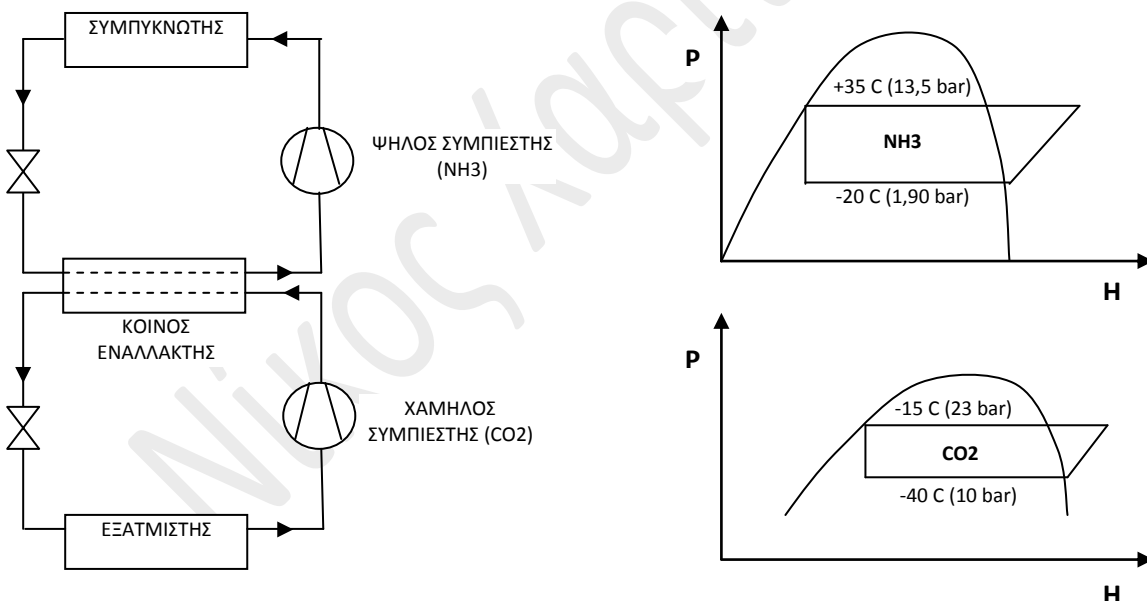


ΚΛΙΜΑΚΟΕΙΔΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ CO2 (CASCADE SYSTEMS)

Ένα κλιμακοειδές σύστημα αποτελείται από δυο **ανεξάρτητα** ψυκτικά κυκλώματα, τα οποία μπορεί να λειτουργούν και με διαφορετικά ψυκτικά ρευστά. Τα δυο κυκλώματα μοιράζονται ένα εναλλάκτη θερμότητας. Το ένα ψυκτικό κύκλωμα λειτουργεί «χαμηλά» (δηλαδή σε χαμηλή θερμοκρασία), ενώ το δεύτερο λειτουργεί «ψηλά». Ο κοινός θερμικός εναλλάκτης έχει το ρόλο του συμπυκνωτή στο χαμηλό κύκλωμα και το ρόλο του εξατμιστή στο ψηλό κύκλωμα. Ουδεμία ανάμιξη των δυο ψυκτικών ρευστών γίνεται στο κοινό εναλλάκτη. Το CO₂ είναι ιδανικό ψυκτικό ρευστό για το χαμηλό κύκλωμα ενός κλιμακοειδούς συστήματος, όπου απαιτούνται χαμηλές θερμοκρασίες (βαθιές καταψύξεις). Τούτο διότι έτσι έχει τη δυνατότητα να λειτουργεί στην υποκρίσιμη (subcritical) περιοχή και να έχει ικανοποιητικό συντελεστή απόδοσης (COP). Στο ψηλό κύκλωμα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα κοινά ψυκτικά ρευστά, όπως η αμμωνία και οι υδροφθοράνθρακες. Μια λογική θερμοκρασία εξάτμισης αυτών των ρευστών, όπως π.χ. -20 C, αποτελεί άριστη συνθήκη για τη συμπύκνωση του CO₂ εντός του κοινού εναλλάκτη (βλέπε σχήμα 1). Το κλιμακοειδές σύστημα NH₃ / CO₂ αποτελεί **ιδανικό συνδυασμό χρήσης φυσικών ψυκτικών ρευστών** και ελαχιστοποίησης της ποσότητας αμμωνίας¹, για τούτο και είναι ευρέως διαδομένο. Στο επόμενο σχήμα φαίνεται η αρχή λειτουργίας του κλιμακοειδούς συστήματος ψύξης (cascade) :



Σχήμα 1 : Αρχή λειτουργίας κλιμακοειδούς (cascade) συστήματος.

¹ Λόγω της επικινδυνότητας της αμμωνίας (κλάση B2 κατά ASHRAE), είναι πολύ επιθυμητό σε σχεδιαστές και χρήστες να ελαχιστοποιείται η ποσότητα αμμωνίας και μάλιστα να μη κυκλοφορεί στους χώρους αποθήκευσης – εργασίας. Σε ένα κλιμακοειδές σύστημα NH₃ / CO₂, η αμμωνία περιορίζεται μόνο στο μηχανοστάσιο.

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΚΛΙΜΑΚΟΕΙΔΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Μέχρι σήμερα, τα πιο δημοφιλή συστήματα Βιομηχανικής Ψύξης είναι με αμμωνία και μάλιστα (σε μεγαλύτερες εγκαταστάσεις) τα συστήματα υπερπλήρωσης με αντλία. Τα συστήματα αυτά, θεωρητικά τουλάχιστον, έχουν το καλύτερο συντελεστή απόδοσης, έχουν όμως και ένα βασικό μειονέκτημα : Η ποσότητα της αμμωνίας που κυκλοφορεί σε όλους τους αποθηκευτικούς χώρους είναι πολύ μεγάλη, συχνά αρκετοί τόνοι. Επειδή η αμμωνία έχει ψηλή κλάση επικινδυνότητας (B2 κατά ASHRAE), αυτό θεωρείται σημαντικό μειονέκτημα, κύρια λόγω των κινδύνων που απειλούν ανθρώπους, προϊόντα και εγκαταστάσεις. Με τη χρήση των κλιμακοειδών συστημάτων, το μειονέκτημα αυτό βελτιώνεται σημαντικά, αφού η ποσότητα της αμμωνίας μπορεί να μειωθεί μέχρι 90% και η παρουσία της να περιοριστεί μόνο στο κεντρικό μηχανοστάσιο. Για το λόγο αυτό, γίνονται πολύ δημοφιλή τα κλιμακοειδή συστήματα NH₃ / CO₂, τα οποία τελικά φαίνεται να συνδυάζουν τα πλεονεκτήματα καλής απόδοσης / αυξημένης ασφάλειας. Ένας ακόμα πολύ σημαντικός λόγος προτίμησης, είναι ότι **η αμμωνία και το διοξείδιο είναι και τα δυο φυσικά αέρια**, δεν βλάπτουν καθόλου το περιβάλλον και δεν πρόκειται να περιοριστούν από νομοθετικές δεσμεύσεις για το περιβάλλον, σε αντίθεση με τους υδροφθοράνθρακες, των οποίων ήδη έχει αρχίσει να ελέγχεται η χρήση.

Μια σημαντική διαφορά, που έχουν τα δυο διαδομένα φυσικά ψυκτικά ρευστά, είναι οι πολύ διαφορετικές πιέσεις λειτουργίας, σε δεδομένες συνθήκες θερμοκρασίας: Οι πιέσεις του CO₂ είναι πολύ μεγαλύτερες από αυτές της αμμωνίας για την ίδια θερμοκρασία κορεσμού. Για παράδειγμα, δε θερμοκρασία εξάτμισης -28 C, η πίεση κορεσμού της αμμωνίας είναι 1,3 bar (απόλυτη), ενώ του διοξειδίου αντίστοιχα είναι 15,3 bar (11,8 φορές μεγαλύτερη). Όμοια, σε θερμοκρασία -15 C (τυπική μέση θερμοκρασία του κοινού εναλλάκτη cascade), η πίεση κορεσμού της αμμωνίας είναι 2,4 bar (απόλυτη), ενώ του διοξειδίου αντίστοιχα είναι 23 bar (9,6 φορές μεγαλύτερη). Οι μεγάλες αυτές πιέσεις του CO₂ απαιτούν ειδικές προδιαγραφές υλικών / εργασιών κατασκευής για τα κυκλώματα CO₂. Να σημειωθεί, ότι οι πιέσεις ανεβαίνουν υπερβολικά, αν το κύκλωμα είναι εκτός λειτουργίας (π.χ. στους 10 C η πίεση κορεσμού του CO₂ είναι 45 bar απόλυτη).

Ο κοινός εναλλάκτης του κλιμακοειδούς συστήματος είναι το μοναδικό κοινό σημείο, όπου τα δυο (ανεξάρτητα) κυκλώματα συναντιούνται σε ένα κοινό δοχείο, χωρίς βεβαίως να αναμιγνύονται. Οι υπέρθερμοι ατμοί του CO₂ υγροποιούνται, με θερμότητα που απορροφάται από την εξάτμιση αμμωνίας στο ίδιο δοχείο. Το δοχείο του εναλλάκτη είναι ειδικών προδιαγραφών, ώστε να «αντέχει» τις διακυμάνσεις πιέσεων και θερμοκρασιών λειτουργίας. Επίσης, πρέπει να γνωρίζουμε ότι τα δυο ρευστά είναι εντελώς ασύμβατα και δεν πρέπει να αναμιγνύονται, λόγω του ότι τέτοια ανάμιξη θα «μπλοκάρει» το σύστημα της αμμωνίας.

Νίκος Χαριτωνίδης, Πολιτικός Μηχ. ΕΜΠ, M.Eng Univ. of Sheffield, Πρόεδρος ΔΣ «ΨΥΓΕΙΑ ΑΛΑΣΚΑ ΑΕΒΤΕ», Διευθυντής «CRYOLOGIC ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ – ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ», πρώην Πρόεδρος Ελληνικής Ένωσης Βιομηχανιών Ψύχους.