

Πρόβλημα 1.

Ένας τρόπος για το διαχωρισμό αζώτου και οξυγόνου από την ατμόσφαιρα είναι μέσω κρυογονικής απόσταξης σε στήλη με βαθμίδες. Κορεσμένος υγρός αέρας τροφοδοτείται στην κορυφή της στήλης, η οποία λειτουργεί σε πίεση 1 atm. Στον πυθμένα λειτουργεί αναβραστήρας ο οποίος παραχωρεί ποσά ενέργειας έτσι ώστε να εξατμίσει ένα ποσοστό και να το επανατροφοδοτήσει στη στήλη (μερική λειτουργία αναβραστήρα). Αυτή η στήλη ονομάζεται στήλη εξάντλησης (stripping column). Η επιθυμητή ανάκτηση του οξυγόνου στο προϊόν πυθμένα είναι 60% και η επιθυμητή συγκέντρωση του αζώτου σε αυτό είναι 0.2 mol%. Βασισμένοι στις παρακάτω υποθέσεις και τιμές ισορροπίας υπολογίστε:

- 1) Την κατά mol% σύσταση του αζώτου στους ατμούς που εξέρχονται από την βαθμίδα κορυφής. Για τις γραμμομοριακές παροχές θεωρείστε σαν βάση 100 kmol/h τροφοδοσίας
- 2) Συμπληρώστε τις τιμές που λείπουν από το σχήμα αναπαράστασης της στήλης και βρείτε τις συστάσεις σε κάθε βαθμίδα ισορροπίας
- 3) Γράψτε και σχεδιάστε τις εξισώσεις λειτουργίας της στήλης. Τώρα που δεν υπάρχει τμήμα εμπλουτισμού μπορεί να γραφεί εξίσωση εμπλουτισμού; Αν ναι τι μορφή έχει αυτή; Ορίστε ένα λόγο αναβρασμού $RR=V_N/R$ και τροποποιήστε την εξίσωση εξάντλησης έτσι ώστε να περιέχει σαν παραμέτρους μόνο το RR και το x_R . Υπολογίστε το RR για τη συγκεκριμένη περίπτωση
- 4) Υπολογίστε τον απαιτούμενο αριθμό θεωρητικών βαθμίδων για να επιτευχθεί ο παραπάνω διαχωρισμός
- 5) Υπολογίστε τις πραγματικές βαθμίδες στην περίπτωση όπου η απόδοση Murphree είναι 0.8
- 6) Υποθέστε την οριακή περίπτωση ολικού αναβρασμού. Τι μορφή παίρνει η εξίσωση εξάντλησης; Δείξτε το μέσω της εξίσωσης. Ποιο θα είναι το κλάσμα του αζώτου στους ατμούς κορυφής τώρα; Ποια θα είναι η γραμμομοριακή παροχή των ατμών στην κορυφή;
- 7) Υπολογίστε τον ελάχιστο λόγο αναβρασμού RR_{min} . Τώρα ποια θα είναι η σύσταση του αζώτου στην κορυφή; Πόσες βαθμίδες χρειάζονται σε αυτήν την περίπτωση; Δείξτε το γραφικά με ένα πρόχειρο σχήμα.
- 8) Στην κανονική λειτουργία της στήλης, υπολογίστε την απαιτούμενη μαζική παροχή (kg/h) ατμού πίεσεως 1.36 atm και το θερμικό φορτίο (W), αν $\lambda_s= 2256$ kJ/kg, $\lambda_{N_2}= 5572$ kJ/kgmole, $\lambda_{O_2}=6828$ kJ/kgmole

Χρησιμοποιήστε την υπόθεση **Σταθερής Γραμμομοριακής Παροχής**. Αέρας εισέρχεται στη στήλη με σύσταση **20.9 mol% O₂** και **79.1 mol% N₂**. Οι συστάσεις ισορροπίας για πίεση 1 atm δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Temperature (K)	77.35	77.98	78.73	79.44	80.33	81.35	82.54
Mole% N ₂ in Liquid	100	90	79	70	60	50	40
Mole% N ₂ in Vapor	100	97.17	93.62	90.31	85.91	80.46	73.5
	83.94	85.62	87.67	-	-	-	90.17
	30	20	10	1.2	0.6	0.2	0
	64.05	50.81	31	4.5	2.3	0.8	0



