
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΡΕΥΣΤΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ ΑΠΟ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΡΑ ΣΕ
ΣΥΝΘΗΚΕΣ TANK. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ
ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΩΝ ΟΓΚΩΝ ΤΩΝ.

ΤΑΞΙΑΡΧΟΥΛΑ Ε. ΑΓΡΙΤΕΛΗ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Ν. ΒΑΡΟΤΣΗΣ (ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ, ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ)

Γ. ΕΞΑΔΑΚΤΥΛΟΣ (ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ)

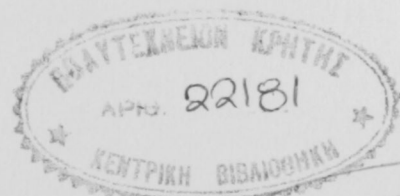
Α. ΦΩΣΚΟΛΟΣ (ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Α' ΒΑΘΜΙΔΑΣ)

ΧΑΝΙΑ

ΙΟΥΝΙΟΣ 1993

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΡΕΥΣΤΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ ΑΠΟ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΡΑ ΣΕ
ΣΥΝΘΗΚΕΣ TANK. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ
ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΩΝ ΟΓΚΩΝ ΤΩΝ.

ΤΑΞΙΑΡΧΟΥΛΑ Ε. ΑΓΡΙΤΕΛΗ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Ν. ΒΑΡΟΤΣΗΣ (ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ, ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ)
Γ. ΕΞΑΔΑΚΤΥΛΟΣ (ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ)
Α. ΦΩΣΚΟΛΟΣ (ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Α' ΒΑΘΜΙΔΑΣ)

ΧΑΝΙΑ

ΙΟΥΝΙΟΣ 1993

ΠΥΡΤΑΚΗ

Το βασικό αντικείμενο της εργασίας είναι η υπολογισμός των συγκριτικών παροχών του αερίου και του πετρελαίου υπολογισμών σε κανονικές συνθήκες και η διαπίστωση της ακρίβειας των μετρήσεων που λαμβάνονται για την τήρηση των παραπάνω υπολογισμών.

Αρχικά εξετάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο του προβλήματος και στη συνέχεια υπολογίζονται οι σχέσεις από τις οποίες προκύπτουν οι συγκριτικές παροχές του αερίου και του πετρελαίου σε κανονικές συνθήκες.

Στη συνέχεια δίνονται σε αναφοράς μελέτες ΡΥΤ δεδομένων. Εξετάζεται κατά πόσο η απόκλιση από την πραγματική τιμή μιας μέτρησης επηρεάζει τις τελικές τιμές των παροχών.

Στους γονείς μου για την
αμέριστη συμπαράσταση και
βοήθειά τους.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το βασικό αντικείμενο της εργασίας είναι ο υπολογισμός των ογκομετρικών παροχών του αερίου και του πετρελαίου υπολογισμένες σε κανονικές συνθήκες και η διερεύνηση της ακρίβειας των μετρήσεων που απαιτούνται για την εφαρμογή των παραπάνω υπολογισμών.

Αρχικά εξετάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο του προβλήματος και στη συνέχεια υπολογίζονται οι σχέσεις από τις οποίες προκύπτουν οι ογκομετρικές παροχές του αερίου και του πετρελαίου σε κανονικές συνθήκες.

Στη συνέχεια βασιζόμενοι σε αναφορές μελέτης PVT δεδομένων, διερευνάται κατά πόσο η απόκλιση από την πραγματική τιμή μιας μέτρησης, επηρεάζει τις τελικές τιμές των παροχών.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Θεωρώ απαραίτητο να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Ν. Βαρότση για την πολύτιμη βοήθειά του κατά την εκπόνηση αυτής της εργασίας.

| | |
|---|----|
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ | 1 |
| 1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΡΑ | 5 |
| 2. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΡΩΝ | 9 |
| 2.1. Ταξινόμηση βάσει του σχήματος | 9 |
| 2.2. Ταξινόμηση βάσει της λειτουργίας | 11 |
| 2.2.1. Ταξινόμηση βάσει της θέσης λειτουργίας | 11 |
| 2.2.2. Ταξινόμηση βάσει της μεθόδου πρωταρχικής διαχωρίσεως | 13 |
| 2.3. Μέθοδοι διαχωρίσεως | 13 |
| 2.4. Ποιότητα των διαχωριστικών ρευστών | 23 |
| 2.4.1. Βατότητα | 23 |
| 2.4.2. Νερό | 25 |
| 2.4.3. Άλας | 26 |
| 2.5. Ποιοτικές του μεγέθους και της ικανότητας ταξινόμησης διαχωριστήρα | 26 |
| 2.6. Επιμέλεια ποιότητας για διαχωριστικούς και καθαρούς διαχωριστήρες | 31 |
| 2.6.1. Καθαροί διαχωριστήρες | 34 |
| 2.6.2. Διαχωριστικοί διαχωριστήρες | 36 |
| 2.7. Προβλήματα στο διαχωρισμό | 39 |
| 2.7.1. Διαχωρισμοί υψηλού βαθμού | 39 |
| 2.7.2. Διαχωρισμοί χαμηλού βαθμού | 41 |
| 2.7.3. Διαχωρισμοί | 41 |
| 2.8. Ενδεικτικό διαχωριστικό | 41 |

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

| | |
|--|----|
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ..... | 1 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΡΕΣ ΥΓΡΩΝ ΚΑΙ ΑΕΡΙΩΝ..... | 6 |
| 2.1 Περιγραφή διαχωριστήρα..... | 6 |
| 2.2 Ταξινόμηση διαχωριστήρων..... | 8 |
| 2.2.1 Ταξινόμηση βάσει του σχήματος..... | 8 |
| 2.2.2 Ταξινόμηση βάσει της λειτουργίας..... | 11 |
| 2.2.3 Ταξινόμηση βάσει της πίεσης λειτουργίας..... | 11 |
| 2.2.4 Ταξινόμηση βάσει της μεθόδου πρωτογενούς διαχωρισμού..... | 15 |
| 2.3 Μέθοδοι διαχωρισμού..... | 15 |
| 2.4 Ποιότητα των διαχωριζομένων ρευστών..... | 25 |
| 2.4.1 Πετρέλαιο..... | 25 |
| 2.4.2 Νερό..... | 25 |
| 2.4.3 Αέριο..... | 28 |
| 2.5 Υπολογισμός του μεγέθους και της ικανότητας επεξεργασίας ενός διαχωριστήρα..... | 28 |
| 2.6 Καμπύλες χωρητικότητας για οριζόντιους και κάθετους διαχωριστήρες..... | 32 |
| 2.6.1 Κάθετοι διαχωριστήρες..... | 34 |
| 2.6.2 Οριζόντιοι διαχωριστήρες..... | 39 |
| 2.7 Προβλήματα στο διαχωρισμό..... | 39 |
| 2.7.1 Διαχωρισμός αφρώδους πετρελαίου..... | 39 |
| 2.7.2 Αμμος, λάσπη, άλατα..... | 41 |
| 2.7.3 Διάβρωση..... | 41 |
| 2.8 Εν σειρά διαχωρισμός..... | 41 |

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

| | | |
|--|--|----|
| 2.9 | Επιλογή και χρήση των διαχωριστήρων..... | 44 |
| 2.9.1 | Κάθετοι διαχωριστήρες..... | 44 |
| 2.9.2 | Οριζόντιοι διαχωριστήρες..... | 44 |
| 2.9.3 | Σφαιρικοί διαχωριστήρες..... | 45 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΛΕΤΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ ΦΑΣΕΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ - | | |
| ΕΜΠΕΙΡΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ..... | | 46 |
| 3.1 | Περιγραφή προβλήματος..... | 46 |
| 3.2 | Συντελεστής ισορροπίας, K_1 | 48 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΛΕΤΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ ΦΑΣΕΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ - | | |
| ΚΑΤΑΣΤΑΤΙΚΗ ΕΞΙΣΩΣΗ..... | | 51 |
| 4.1 | Γενική μορφή και τροποποιήσεις της EOS..... | 51 |
| 4.2 | Η καταστατική εξίσωση Peng-Robinson..... | 52 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΠΙΛΥΣΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ ΦΑΣΕΩΝ ΒΑΣΕΙ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΤΙΚΗΣ | | |
| ΕΞΙΣΩΣΗΣ..... | | 56 |
| 5.1 | Μέθοδοι επίλυσης ισορροπίας φάσεων..... | 57 |
| 5.2 | Μέθοδοι επίλυσης ισορροπίας φάσεων βάσει της καταστατικής εξίσωσης..... | 57 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΓΡΩΝ ΚΑΙ ΑΕΡΙΩΝ ΟΓΚΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ | | |
| ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΕΝΩΝ ΣΕ ΚΑΝΟΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ..... | | 62 |
| 6.1 | Περιγραφή προβλήματος..... | 62 |
| 6.2 | Απόδοση διαχωριστήρα και ογκομετρικά κλάσματα..... | 64 |
| 6.3 | Βασικοί τύποι υπολογισμού της συνολικής παρο- χής του αερίου Q_{gas}^{sc} και του πετρελαίου Q_{oil}^{sc} | |

| | | |
|-------|---|----|
| | σε συνθήκες κανονικές (Μετρήσεις: ογκομετρικές παροχές)..... | 69 |
| 6.4 | Εκφράσεις των Ογκομετρικών Συντελεστών Σχηματισμού της Υγρής φάσης B_o και της Αέριας φάσης B_g | 73 |
| 6.4.1 | Εκφραση των Ογκομετρικών Συντελεστών βάσει των γραμμομορίων του αερίου..... | 74 |
| 6.4.2 | Εκφραση των Ογκομετρικών Συντελεστών βάσει του Λόγου Αερίου εν Διαλύσει/Πετρέλαιο, R_s και του Λόγου Πετρελαίου εν Διαλύσει/Αέριο, r_s | 76 |
| 6.5 | Εκφραση της πυκνότητας του αερίου βάσει της καταστατικής εξίσωσης των αερίων, σε κανονικές συνθήκες και σε συνθήκες διαχωριστήρα..... | 77 |
| 6.6 | Υπολογισμός της συνολικής παροχής του αερίου Q_{gas}^{sc} και του πετρελαίου Q_{oil}^{sc} βάσει των γραμμομορίων του αερίου. (Μετρήσεις: ογκομετρικές παροχές)..... | 78 |
| 6.7 | Υπολογισμός της συνολικής παροχής του αερίου Q_{gas}^{sc} και του πετρελαίου Q_{oil}^{sc} βάσει των R_s και r_s . (Μετρήσεις: ογκομετρικές παροχές)..... | 80 |
| 6.8 | Βασικοί τύποι υπολογισμού της συνολικής παροχής του αερίου Q_{gas}^{sc} και του πετρελαίου Q_{oil}^{sc} σε συνθήκες κανονικές (Μετρήσεις: μαζικές παροχές)..... | 82 |
| 6.9 | Υπολογισμός της συνολικής παροχής του αερίου Q_{gas}^{sc} και του πετρελαίου Q_{oil}^{sc} βάσει των γραμμομορίων του αερίου. (Μετρήσεις: μαζικές παρο- | |

| | | |
|--|---|-----|
| 6.3 | χές)..... | 87 |
| 6.10 | Υπολογισμός της συνολικής παροχής του αερίου Q_{gas}^{sc} και του πετρελαίου Q_{oil}^{sc} βάσει των R_s και r_s (Μετρήσεις: μαζικές παροχές)..... | 88 |
| 6.11 | Το λογισμικό πρόγραμμα FINAL..... | 90 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ FINAL ΣΕ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΡΥΤ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ – ΤΕΛΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ..... | | |
| 7.1 | Στάδια επεξεργασίας..... | 97 |
| 7.2 | Εφαρμογή προγράμματος FINAL σε συνθήκες διαχωριστήρα..... | 99 |
| 7.3 | Εφαρμογή προγράμματος FINAL σε συνθήκες που επικρατούν στην κορυφή της γεώτρησης..... | 104 |
| 7.4 | Εφαρμογή προγράμματος FINAL σε ενδιάμεσες συνθήκες..... | 104 |
| 7.5 | Πίνακες αποτελεσμάτων..... | 105 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ..... | | |
| 8.1 | Συμπεράσματα χρησιμοποιώντας ως αρχικές μετρήσεις σεισογχομετρικές παροχές..... | 132 |
| | 8.1.1 Μελέτη αερίου συμπυκνώματος..... | 133 |
| | 8.1.2 Μελέτη υγρού..... | 136 |
| 8.2 | Συμπεράσματα χρησιμοποιώντας ως αρχικές μετρήσεις σεισμαζικές παροχές..... | 138 |
| | 8.2.1 Μελέτη αερίου συμπυκνώματος..... | 140 |
| | 8.2.2 Μελέτη υγρού..... | 141 |

| | | |
|---|--------------------------|-----|
| 8.3 | Τελικά συμπεράσματα..... | 141 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ FINAL.....159 | | |
| | ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... | 167 |

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ

| | |
|------------|---|
| v : | ταχύτητα |
| d : | πυκνότητα |
| MW, MB : | μοριακό βάρος |
| Z : | συντελεστής συμπίεστότητας |
| R : | παγκόσμια σταθερά των αερίων |
| T : | θερμοκρασία |
| p : | πίεση |
| A_g : | εμβαδόν εγκάρσιας διατομής διαχωριστήρα |
| Q, q : | ογκομετρική παροχή |
| M : | μαζική παροχή |
| F_{co} : | συντελεστής λειτουργίας |
| z_i : | μοριακό κλάσμα του συστατικού i |
| x_i : | μοριακό κλάσμα του συστατικού i στην υγρή φάση |
| y_i : | μοριακό κλάσμα του συστατικού i στην αέρια φάση |
| F_L : | αριθμός γραμμομορίων (mole) της υγρής φάσης |
| F_v : | αριθμός γραμμομορίων της αέριας φάσης |
| F' : | αριθμός γραμμομορίων του συστήματος |
| f : | πητιτικότητα |
| Φ : | συντελεστής πητιτικότητας |
| k_i : | συντελεστής ισορροπίας |
| Tr : | ανηγμένη θερμοκρασία |
| p_r : | ανηγμένη πίεση |
| ω : | συντελεστής εκκεντρότητας |
| p_k : | πίεση σύγκλισης |
| p_c : | πίεση κορεσμού |
| T_c : | θερμοκρασία κορεσμού |

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ

| | |
|------------------------|---|
| V' : | μοριακός όγκος |
| V : | όγκος |
| m : | μάζα |
| $a(T)$: | σταθερά στην καταστατική εξίσωση |
| b : | σταθερά της καταστατικής εξίσωσης |
| $a(T)$: | σταθερά της καταστατικής εξίσωσης |
| Ω_a, Ω_b : | παράμετροι στην καταστατική εξίσωση Peng-Robinson |
| k_{ij} : | συντελεστής αλληλεπίδρασης |
| G_1 : | ανοχή |
| w : | συντελεστής συρρίκνωσης |
| p_b : | πίεση στο σημείο βρασμού |
| p_d : | πίεση στο σημείο δρόσου |
| ρεύμα 1: | κατεξοχήν αέριο ρεύμα που βγαίνει από διαχωριστήρα |
| ρεύμα 2: | κατεξοχήν υγρό ρεύμα που βγαίνει από διαχωριστήρα |
| k : | απόδοση διαχωριστήρα |
| A'_1 : | αθροιστικός όγκος των δύο φάσεων που βγαίνουν στο ρεύμα 1 |
| B'_2 : | αθροιστικός όγκος των δύο φάσεων που βγαίνουν στο ρεύμα 2 |
| Q_1 : | καθαρή ογκομετρική παροχή του αερίου |
| Q_2 : | καθαρή ογκομετρική παροχή του υγρού |
| S : | ογκομετρικό κλάσμα |
| M_1 : | καθαρή μαζική παροχή του αερίου |
| M_2 : | καθαρή μαζική παροχή του υγρού |
| B_o : | ογκομετρικός συντελεστής σχηματισμού της υγρής φάσης |
| B_g : | ογκομετρικός συντελεστής σχηματισμού της αέριας φάσης |
| R_s : | λόγος αερίου εν διαλύσει/πετρέλαιο |

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ

rs: λόγος πετρελαίου εν διαλύσει/αέριο

GOR: λόγος αερίου/πετρέλαιο

n: αριθμός γραμμομορίων

Εκθέτες και δείκτες.

g: αέριο

l: υγρό

1: ρεύμα 1

2: ρεύμα 2

L: υγρή φάση

V: αέρια φάση

m: μίγμα

gas: φυσικό αέριο

oil: πετρέλαιο

ll: υγρό που προέρχεται από υγρό

lg: αέριο που προέρχεται από υγρό

gl: υγρό που προέρχεται από αέριο

gg: αέριο που προέρχεται από αέριο

llg: αέριο που προέρχεται από το υγρό του ρεύματος 1

lll: υγρό που προέρχεται από το υγρό του ρεύματος 1

lgg: αέριο που προέρχεται από το αέριο του ρεύματος 1

lgl: υγρό που προέρχεται από το αέριο του ρεύματος 1

2lg: αέριο που προέρχεται από το υγρό του ρεύματος 2

2ll: υγρό που προέρχεται από το υγρό του ρεύματος 2

2gg: αέριο που προέρχεται από το αέριο του ρεύματος 2

2gl: υγρό που προέρχεται από το αέριο του ρεύματος 2

c: σημείο κορεσμού

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ

sep: συνθήκες διαχωριστήρα

sc: συνθήκες κανονικές

wh: συνθήκες που επικρατούν στην κορυφή της γλώτσης

ws: ενδιάμεσες συνθήκες

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Π Ρ Ω Τ Ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κατά τη διάρκεια των αρχικών δοκιμών (test) ροής που διεξάγονται σε κάθε φρεάτιο το οποίο δεν έχει σωληνωθεί και τσιμεντωθεί (open hole), λαμβάνεται αντιπροσωπευτικό δείγμα υδρογονανθράκων καθώς επίσης και πληροφορίες σχετικά με τον ταμιευτήρα.

Στη συνέχεια το δείγμα οδηγείται σ'ένα διαχωριστήρα, η πίεση και η θερμοκρασία του οποίου έχουν επιλεγεί πρωτύτερα. Μέσα στο διαχωριστήρα το ρευστό του δείγματος υφίσταται απότομη εκτόνωση, ισορροπεί στις νέες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας και έτσι πραγματοποιείται ο διαχωρισμός του υγρού και του αερίου. Το υγρό οδηγείται σ'ένα δεύτερο διαχωριστήρα, ο οποίος λειτουργεί υπό κανονικές συνθήκες (tank) και υφίσταται την τελική εξάτμηση από την οποία παράγεται το αργό πετρέλαιο από το φυσικό αέριο. Σκοπός της επεξεργασίας αυτής είναι η όσο το δυνατόν καλύτερη προσομοίωση παραγωγής, έτσι ώστε να παρακολουθήσουμε πως συμπεριφέρεται ο σχηματισμός σε συνθήκες παραγωγής.

Η μέτρηση της παροχής του αερίου του διαχωριστήρα πραγματοποιείται με τη χρήση orifice meters ενώ συγχρόνως ορισμένες ιδιότητες του αερίου (π.χ. μοριακό βάρος, πυκνότητα), είτε μετριοούνται κατά τακτά χρονικά διαστήματα, είτε υπολογίζονται χρησιμοποιώντας εμπειρικές σχέσεις (correlations). Η

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

παροχή του υγρού μετρίεται είτε στο τανκ (κατευθείαν μέτρηση αμφισβητούμενης ακρίβειας), είτε με συνεχή μέτρηση χρησιμοποιώντας ροόμετρα τύπου τουρμπίνας, τα οποία χρειάζονται ρύθμιση και βαθμονόμηση για κάθε σύστημα στο οποίο θα χρησιμοποιηθούν.

Σήμερα διεξάγονται έρευνες για την ανάπτυξη συστήματος που θα περιλαμβάνει ένα μικρών διαστάσεων διαχωριστήρα, ο οποίος θα διαχωρίζει το ρευστό του φρέατος σε ένα κατεξοχήν υγρό ρεύμα (με περίπου 5% αέριο να περιέχεται σε αυτό και άρα διφασικό) και σε ένα κατεξοχήν αέριο ρεύμα (με περίπου 5% υγρό αναμεμειγμένο με αυτό και άρα διφασικό). Στο σύστημα αυτό δεν θα υπάρχει δεύτερος διαχωριστήρας. Επιδιώκεται επί τη βάσει κατάλληλων μετρήσεων PVT που θα πραγματοποιούνται στα δύο ρεύματα και θα περιλαμβάνουν ανάλυση χημικής σύστασης, μέτρηση πυκνότητας και οπτικών ιδιοτήτων, ο υπολογισμός του όγκου των υγρών και αερίων υδρογονανθράκων σε κανονικές συνθήκες, με τη βοήθεια λογισμικών προγραμμάτων και εμπειρικών σχέσεων. Με την απομάκρυνση του δεύτερου διαχωριστήρα και την πραγματοποίηση κατάλληλων μετρήσεων το σύστημα απλοποιείται και γίνεται οικονομικότερο.

Η παρούσα εργασία υπολογίζει την ογκομετρική παροχή ρευστών υδρογονανθράκων από διαχωριστήρα σε συνθήκες κανονικές ($p=1$ Atm και $T=60$ F°) με τη βοήθεια τιμών οι οποίες προκύπτουν από μετρήσεις PVT. Μελετάται η μεταβολή των ογκομετρικών παροχών η οποία παρατηρείται αν παρουσιαστεί απόκλιση από την πρα-

γματική τιμή κάποιας μέτρησης. Η εκπόνησή της πραγματοποιήθηκε σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο, πραγματοποιείται αναφορά στις μεθόδους διαχωρισμού, στα είδη διαχωριστήρων, στα προβλήματα διαχωρισμού. Μελετάται η ισορροπία φάσεων υδρογονανθράκων και εκφράζεται με τη βοήθεια εξισώσεων ο τρόπος με τον οποίο συνδέονται οι μεταβλητές που ορίζουν το πρόβλημα για να επικρατήσει ισορροπία στο σύστημα και να πραγματοποιηθεί ο διαχωρισμός. Γίνεται αναφορά στην Καταστατική Εξίσωση (Equation of State-EOS) και στις σχέσεις που προκύπτουν από αυτή. Οι σχέσεις αυτές έχουν χρησιμοποιηθεί ευρύτατα και συνδέουν άμεσα τις παραμέτρους που λαμβάνουν μέρος στην ισορροπία φάσεων. Επίσης μελετάται η επίλυση του συστήματος εξισώσεων της ισορροπίας φάσεων με τη βοήθεια της EOS.

Στο δεύτερο στάδιο, το οποίο αποτελεί το υπολογιστικό μέρος της εργασίας, υπολογίζονται οι ογκομετρικές παροχές των υγρών και αερίων υδρογονανθράκων σε συνθήκες κανονικές, χρησιμοποιώντας μετρήσεις παροχών του υγρού και αερίου ρεύματος οι οποίες πραγματοποιήθηκαν σε συνθήκες διαχωριστήρα. Οι μετρήσεις που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

- 1) Ογκομετρικές.
- 2) Μαζικές.

Οι παραπάνω υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν με δύο τρόπους, ανάλογα με τον τρόπο έκφρασης των Ογκομετρικών Συντελεστών Σχηματισμού της Αέριας φάσης B_g και της Υγρής B_o :

-
- A) Βάσει των γραμμομορίων του αερίου (mole).
B) Βάσει του Λόγου Αερίου εν Διαλύσει/Πετρέλαιο Rs
και του Λόγου Πετρελαίου εν Διαλύσει/Αέριο rs.

Οι ογκομετρικές παροχές σε κανονικές συνθήκες υπολογίζονται απο λογισμικό πρόγραμμα το οποίο αναπτύχθηκε κατά τη διάρκεια της εργασίας. Το πρόγραμμα ονομάζεται FINAL και είναι γραμμένο σε γλώσσα προγραμματισμού Fortran 77. Στο πρόγραμμα αυτό λαμβάνεται υπόψιν η απόδοση του διαχωριστήρα, η οποία καθορίζει κατά ένα ποσοστό τις τελικές παροχές των φάσεων.

Δεδομένου ότι δεν υπήρχε η δυνατότητα άμεσων μετρήσεων για την εφαρμογή του προγράμματος FINAL, χρησιμοποιήθηκαν αναφορές μελέτης PVT δεδομένων, απ' όπου με επεξεργασία μέσω του προγράμματος VLE, το οποίο αναπτύχθηκε και ανήκει στο εργαστήριο "Ανάλυσης Ρευστών και Πυρήνων Υπόγειων Ταμειευτήρων" του Πολυτεχνείου Κρήτης, προέκυψαν οι τιμές των παραμέτρων που συμμετέχουν στους τελικούς τύπους υπολογισμού των ογκομετρικών παροχών σε κανονικές συνθήκες.

Κατά τη διάρκεια της εργασίας και έχοντας υπολογίσει τις ογκομετρικές παροχές μέσω του προγράμματος FINAL, πραγματοποιήθηκε διερεύνηση των παραμέτρων που συμμετέχουν στους τελικούς τύπους. Κάθε παράμετρος μεταβλήθηκε κατά +10% και -10% της τιμής της, θεωρώντας ότι η μεταβολή αυτή αντιπροσωπεύει πιθανό λάθος στη μέτρηση ή στην εκτίμησή της. Εκτελώντας στη συνέχεια το πρόγραμμα FINAL με τις νέες τιμές κάθε

παραμέτρου, προέκυψαν νέες τιμές παροχών οι οποίες συγκρίθηκαν με τις αρχικές. Από την επεξεργασία προέκυψε κατά πόσο η μεταβολή κάθε μέτρησης είναι καθοριστική στη διαμόρφωση του τελικού αποτελέσματος.

Η παραπάνω διαδικασία πραγματοποιήθηκε για 11 αναφορές PVT και για τρεις διαφορετικές τιμές πίεσης και θερμοκρασίας:

- 1) Συνθήκες διαχωριστήρα.
- 2) Συνθήκες που επικρατούν στην κορυφή της γεώτρησης (well head).
- 3) Ενδιάμεσες συνθήκες (μεταξύ των συνθηκών που επικρατούν στην κορυφή της γεώτρησης και στον διαχωριστήρα).

Οι δύο πρώτες συνθήκες δίνονται απευθείας σε κάθε αναφορά ενώ οι ενδιάμεσες συνθήκες υπολογίζονται μέσω των δύο πρώτων.

Η συνολική επεξεργασία και η εφαρμογή του προγράμματος FINAL για διαφορετικές τιμές πίεσης και θερμοκρασίας οδήγησε στην εξαγωγή ακριβέστερων συμπερασμάτων και τη διερεύνηση εφαρμογής των τελικών τύπων σε διάφορες συνθήκες.

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Δ Ε Υ Τ Ε Ρ Ο

ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΡΕΣ ΥΓΡΩΝ ΚΑΙ ΑΕΡΙΩΝ

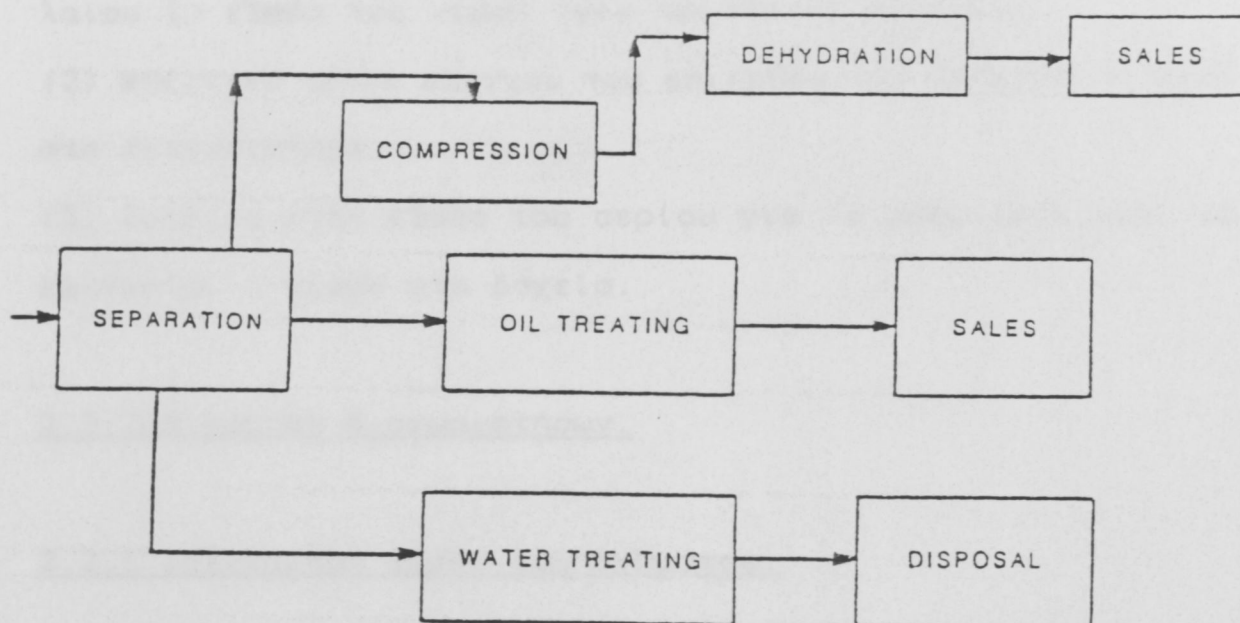
Η επιφανειακή επεξεργασία ενός ρευστού, το οποίο μέσω της γεώτρησης εγκαταλείπει τον ταμιευτήρα και φτάνει στην επιφάνεια, έχει σαν σκοπό να διαχωρίσει το ρευστό σε υγρό και αέριο μέρος και αφού καθένα υποστεί (ή όχι) την κατάλληλη επεξεργασία να θεωρηθεί εμπορεύσιμο προϊόν ¹. Χαρακτηριστικό είναι το σχήμα 2.1

Τα ρευστά είναι ένα μίγμα διαφόρων συστατικών με διαφορετικές πυκνότητες και φυσικά χαρακτηριστικά. Καθώς το ρευστό εγκαταλείπει τον ταμιευτήρα, υπόκειται σε μείωση της πίεσης και της θερμοκρασίας. Η συσκευή όπου οδηγείται το ρευστό και λαμβάνουν χώρα οι παραπάνω επεξεργασίες καλείται διαχωριστήρας. Διαχωριστήρας ο οποίος λειτουργεί σε συγκεκριμένες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας (συνθήκες κανονικές) είναι και ο χώρος αποθήκευσης του πετρελαίου (tank).

2.1 Περιγραφή διαχωριστήρα.

Ενας διαχωριστήρας αποτελείται απαραίτητα από τα παρακάτω στοιχεία ²:

(1) Ένα δοχείο το οποίο περιλαμβάνει: α> βασική συσκευή διαχωρισμού β> δευτερογενή συσκευή διαχωρισμού γ> συσκευή απομάκρυνσης λεπτών σωματιδίων υγρού (mist extractor) δ> έξο-



ΣΧΗΜΑ 2.1

Διάγραμμα επιφανειακής επεξεργασίας ρευστού.

(Arnold and Stewart, 1986)

δο του αερίου ε> συσκευή κατακάθισης υγρού (liquid settling) για την απομάκρυνση του αερίου από το υγρό (σε περίπτωση παρουσίας τριών φάσεων, η συσκευή χρησιμοποιείται και για τον διαχωρισμό του νερού από το πετρέλαιο) στ> έξοδο του πετρελαίου ζ> έξοδο του νερού (για τριφασικό σύστημα).

(2) Μηχανικό τρόπο ελέγχου του επιπέδου του πετρελαίου μέσα στο διαχωριστήρα.

(3) Βαλβίδα στην έξοδο του αερίου για να ρυθμίζεται και να ελέγχεται η πίεση στο δοχείο.

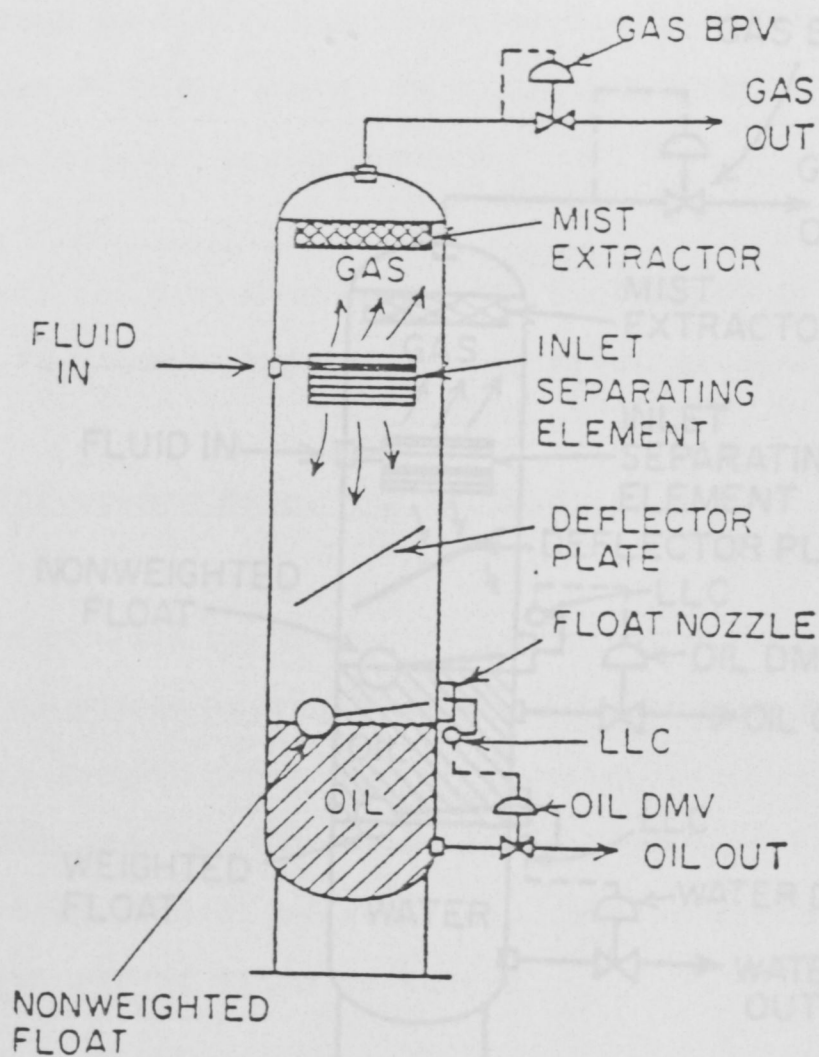
2.2 Ταξινόμηση διαχωριστήρων.

2.2.1 Ταξινόμηση βάσει του σχήματος.

Οι διαχωριστήρες εμφανίζονται σε τρία σχήματα ¹: κάθετο, οριζόντιο και σφαιρικό.

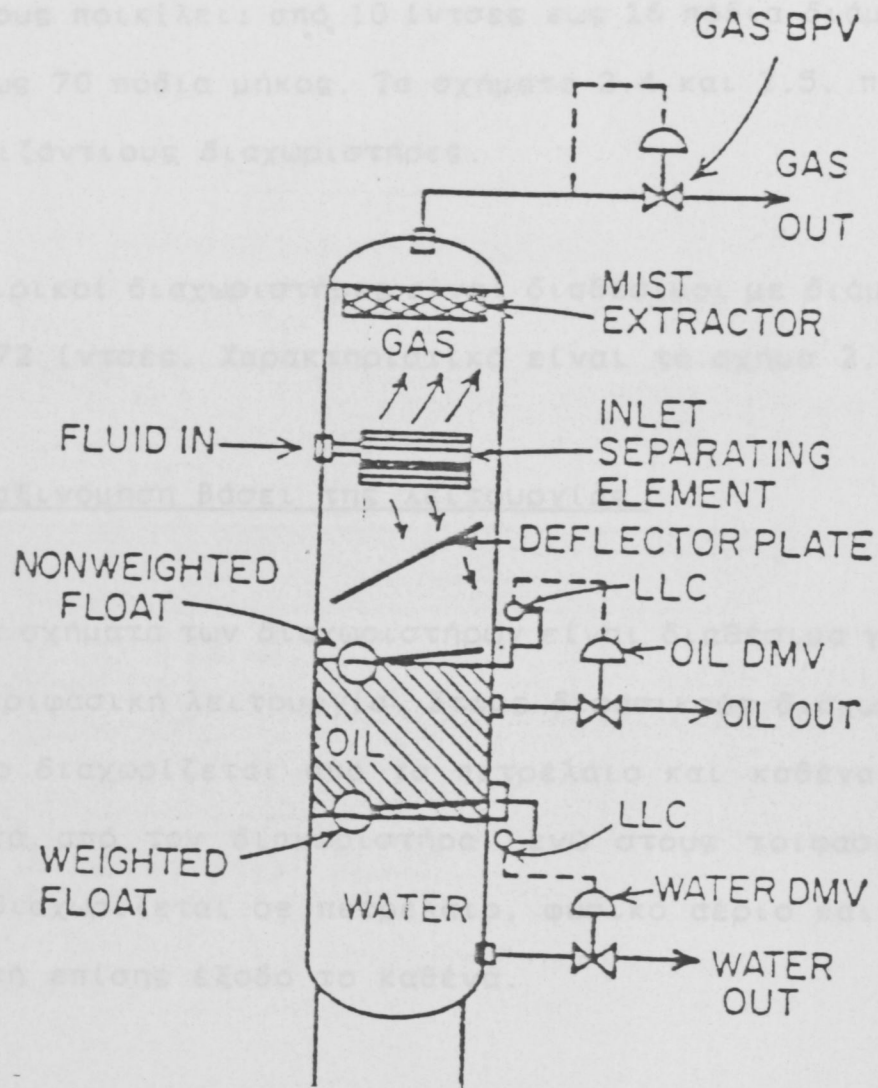
Το μέγεθος των κάθετων διαχωριστήρων ποικίλλει ²: από 14 in ($1 \text{ in} = 2.54 \cdot 10^{-2} \text{ m}$) έως 12 ft ($1 \text{ ft} = 3.05 \cdot 10^{-1} \text{ m}$) διάμετρο και από 10 έως 25 πόδια ύψος. Τα σχήματα 2.2 και 2.3 παρουσιάζουν κάθετους διαχωριστήρες.

Οι οριζόντιοι διαχωριστήρες, οι οποίοι αξίζει να σημειωθεί ότι έχουν πιο ευρεία εφαρμογή, κατασκευάζονται με ένα ή δύο σωλήνες. Οι διαχωριστήρες με ένα σωλήνα έχουν ένα κυλινδρικό κέλυφος, ενώ αυτοί με δύο σωλήνες έχουν δύο παράλληλα κυλινδρικά κελύφη το ένα πάνω στο άλλο. Και οι δύο τύποι μπορούν



ΣΧΗΜΑ 2.2

Σχηματική παράσταση τυπικού κάθετου διφασικού
διαχωριστήρα. (Smith, 1987)



ΣΧΗΜΑ 2.3

Σχηματική παράσταση τυπικού κάθετου τριφασικού διαχωριστήρα. (Smith, 1987)

να χρησιμοποιηθούν για διφασικό ή τριφασικό διαχωρισμό. Το σχήμα τους ποικίλει: από 10 ίντσες έως 16 πόδια διάμετρο και από 4 έως 70 πόδια μήκος. Τα σχήματα 2.4 και 2.5, παρουσιάζουν οριζόντιους διαχωριστήρες.

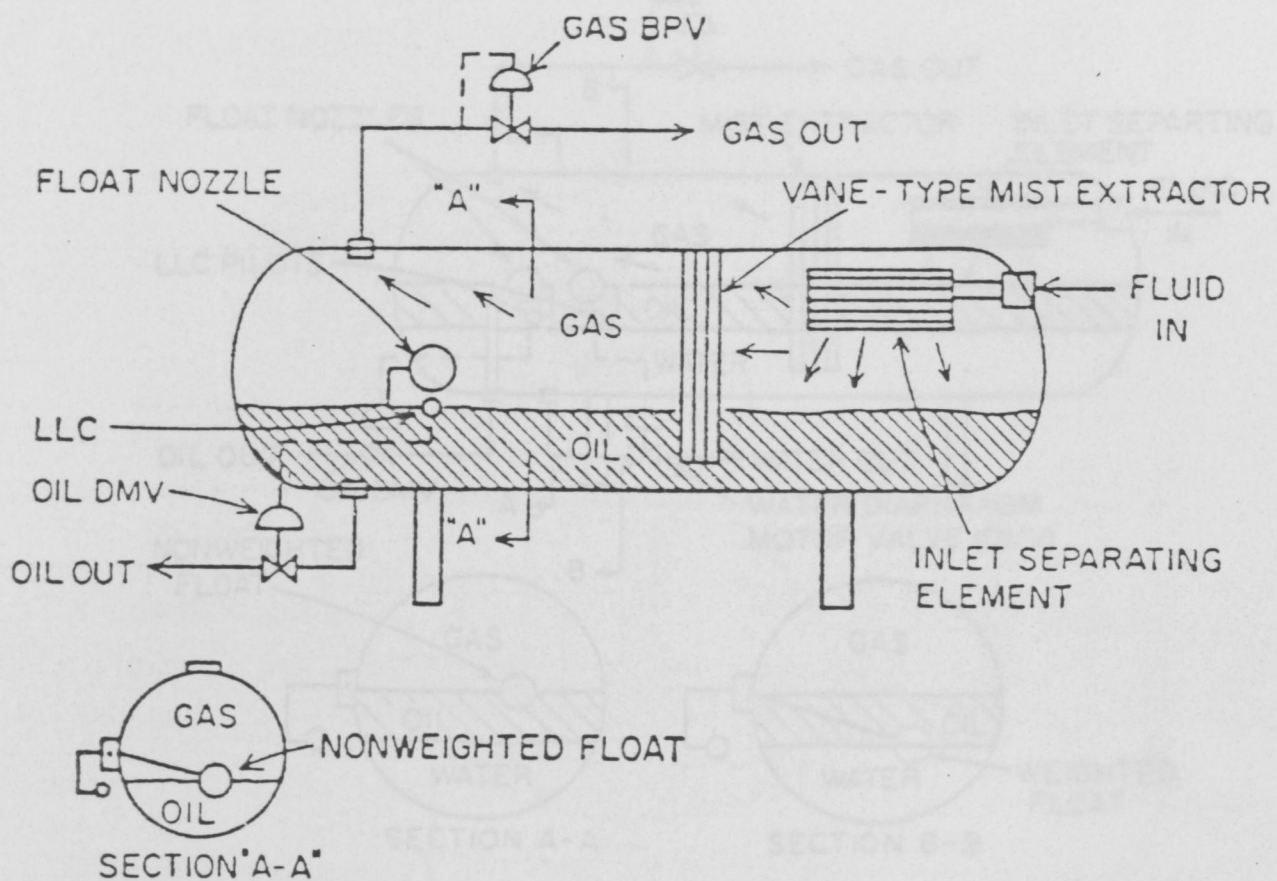
Οι σφαιρικοί διαχωριστήρες είναι διαθέσιμοι με διάμετρο από 10 έως 72 ίντσες. Χαρακτηριστικό είναι το σχήμα 2.6.

2.2.2 Ταξινόμηση βάσει της λειτουργίας.

Τα τρία σχήματα των διαχωριστήρων είναι διαθέσιμα για διφασική ή τριφασική λειτουργία. Στους διφασικούς διαχωριστήρες το αέριο διαχωρίζεται από το πετρέλαιο και καθένα βγαίνει ξεχωριστά από τον διαχωριστήρα, ενώ στους τριφασικούς το ρευστό διαχωρίζεται σε πετρέλαιο, φυσικό αέριο και νερό με ξεχωριστή επίσης έξοδο το καθένα.

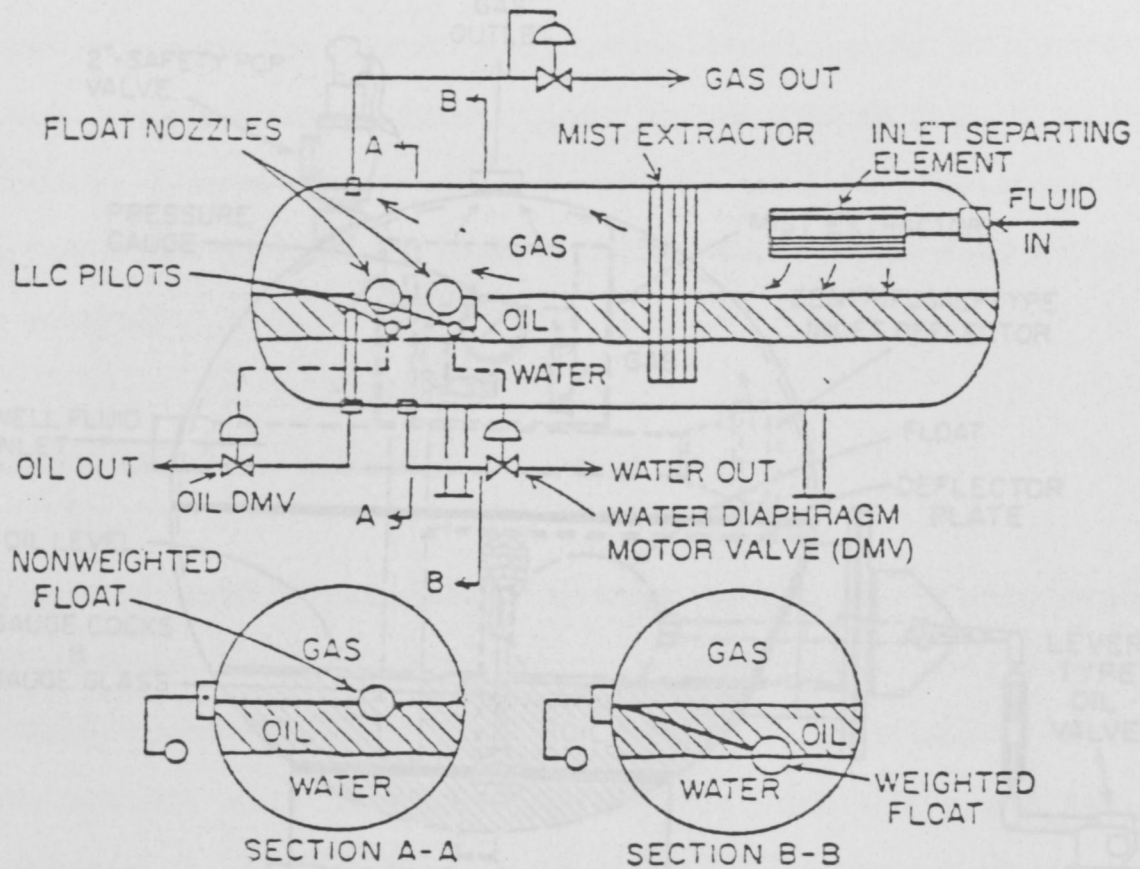
2.2.3 Ταξινόμηση βάσει της πίεσης λειτουργίας.

Οι διαχωριστήρες μπορούν να χαρακτηριστούν σαν διαχωριστήρες χαμηλής, μέσης και υψηλής πίεσης. Χαμηλής είναι εκείνοι με πίεση 10 έως 225 psi ($1 \text{ psi} = 6.89 \cdot 10^3 \text{ Pa}$), μέσης από 230 έως 700 psi και υψηλής από 750 έως 1500 psi. Η συνήθης πίεση λειτουργίας των διαχωριστήρων είναι 1200 περίπου psi.



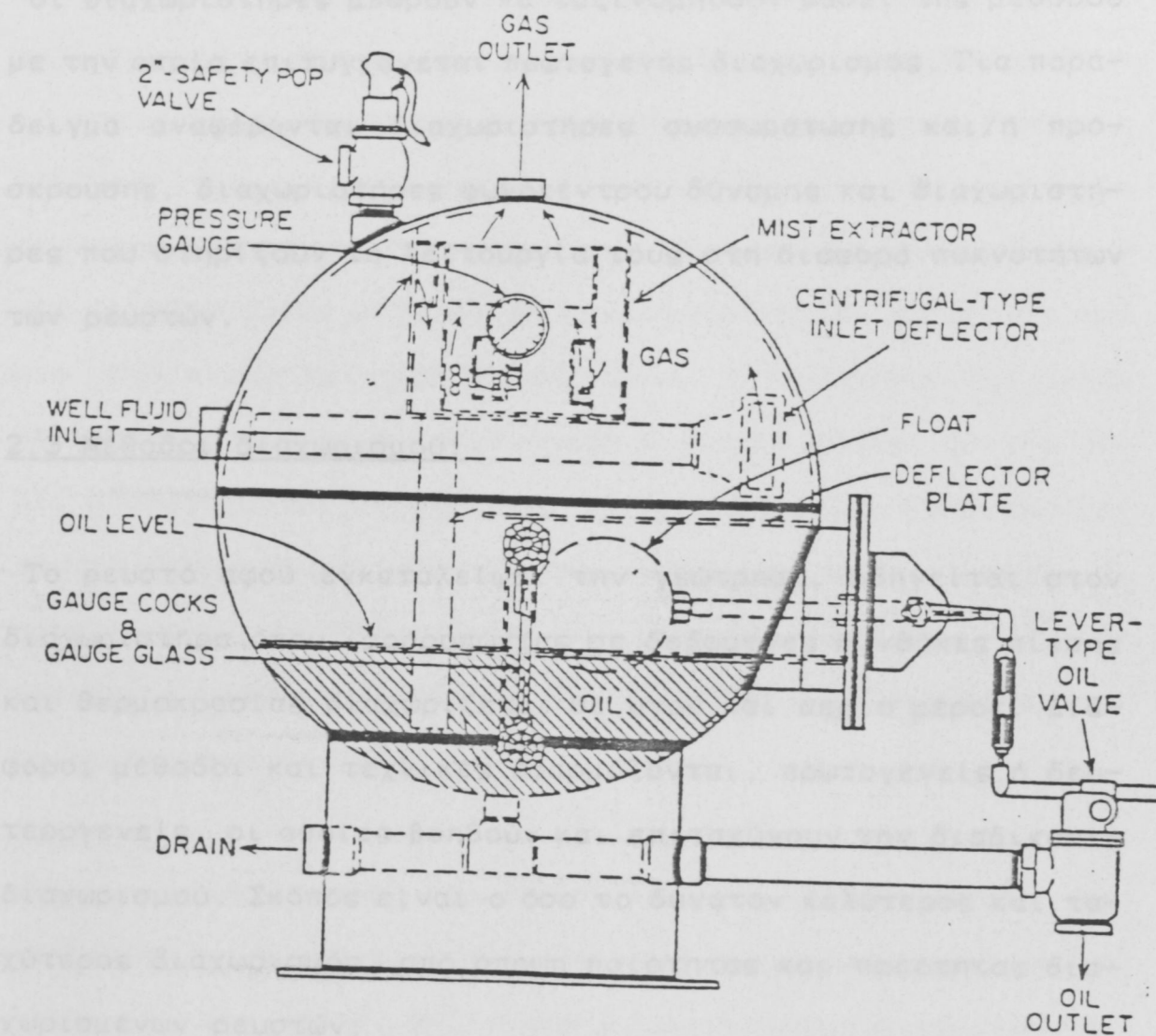
ΣΧΗΜΑ 2.4

Σχηματική παράσταση τυπικού οριζόντιου διφασικού
διαχωριστήρα. (Smith, 1987)



ΣΧΗΜΑ 2.5

Σχηματική παράσταση τυπικού οριζόντιου τριφασικού
διαχωριστήρα. (Smith, 1987)



ΣΧΗΜΑ 2.6

Σχηματική παράσταση τυπικού σφαιρικού διφασικού
διαχωριστήρα. (Smith, 1987)

2.2.4 Ταξινόμηση βάσει της μεθόδου πρωτογενούς διαχωρισμού.

Οι διαχωριστήρες μπορούν να ταξινομηθούν βάσει της μεθόδου με την οποία επιτυγχάνεται πρωτογενής διαχωρισμός. Για παράδειγμα αναφέρονται διαχωριστήρες συσσωμάτωσης και/ή πρόσκρουσης, διαχωριστήρες φυγόκεντρου δύναμης και διαχωριστήρες που στηρίζουν τη λειτουργία τους στη διαφορά πυκνοτήτων των ρευστών.

2.3 Μέθοδοι διαχωρισμού.

Το ρευστό αφού εγκαταλείψει την γεώτρηση, οδηγείται στον διαχωριστήρα όπου ισορροπώντας σε δεδομένες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας διαχωρίζεται σε υγρό και αέριο μέρος. Διάφοροι μέθοδοι και τεχνικές εφαρμόζονται, πρωτογενείς ή δευτερογενείς, οι οποίες βοηθούν και επιταχύνουν την διαδικασία διαχωρισμού. Σκοπός είναι ο όσο το δυνατόν καλύτερος και ταχύτερος διαχωρισμός, από άποψη ποιότητας και ποσότητας διαχωρισμένων ρευστών.

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τον διαχωρισμό των δύο φάσεων οι οποίες αποτελούν τη βάση των μηχανικών συσκευών και των ειδικά κατασκευασμένων στοιχείων που προσαρμόζονται στον διαχωριστήρα και συμβάλλουν στην καλύτερη επεξεργασία των ρευστών στηρίζονται ²:

1) Στη διαφορά πυκνότητας.

Οι αέριοι υδρογονανθράκες (φυσικό αέριο) είναι ελαφρότεροι απ' ότι οι υγροί. Εκμεταλλευόμενοι τη διαφορά πυκνότητας μεταξύ του υγρού και του αερίου, είναι δυνατόν ν' απομακρυνθούν τα σταγονίδια του υγρού από το αέριο ρεύμα φροντίζοντας η ταχύτητα του ρεύματος να είναι αρκετά χαμηλή. Σε κανονικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας οι σταγόνες του υγρού έχουν 400 ως 1600 φορές μεγαλύτερη πυκνότητα απ' ότι το φυσικό αέριο. Για πίεση λειτουργίας 800 psia, η πυκνότητα των υγρών υδρογονανθράκων είναι μεγαλύτερη 6 έως 10 φορές. Πολλές φορές υπολογίζοντας με ακρίβεια την οριακή ταχύτητα αποφεύγεται η χρήση συσκευής απομάκρυνσης λεπτών σωματιδίων υγρού. Ωστόσο η συσκευή αυτή αυξάνει την αποδοτικότητα του συστήματος και η χρήση της πλέον θεωρείται απαραίτητη στην τεχνολογία του διαχωρισμού.

Αξίζει να σημειωθεί ότι εκμεταλλευόμενοι τη διαφορά πυκνότητας, επιτυγχάνεται και ο διαχωρισμός μεταξύ του πετρελαίου και του νερού, σε τριφασική λειτουργία διαχωριστήρα.

2) Στη πρόσκρουση (Impingement).

Εάν το ρεύμα αερίου το οποίο περιέχει υγρό προσκρούσει σε μια επιφάνεια, το υγρό προσκολλάται στην επιφάνεια αυτή και σχηματίζει όλο και μεγαλύτερες σταγόνες. Οι σταγόνες αυτές λόγω βαρύτητας πέφτουν στο ειδικό δοχείο συλλογής του υγρού που βρίσκεται στο κάτω μέρος του διαχωριστήρα.

3) Στην αλλαγή της διεύθυνσης ροής.

Εάν αλλάξει απότομα η διεύθυνση ροής ενός αερίου ρεύματος που περιέχει υγρό, λόγω αδράνειας το υγρό θα συνεχίσει να κινείται στην αρχική του πορεία, έως ότου συναντήσει κάποια επιφάνεια-εμπόδιο όπου θα προσκρούσει και θα προσκολληθεί σ' αυτήν. Ο διαχωρισμός αυτός θεωρείται αρκετά αποτελεσματικός, γιατί η πορεία του αερίου αλλάζει σχετικά εύκολα και τα σωματίδια του υγρού απομακρύνονται με ευκολία και ενώνονται ή συλλέγονται στο δοχείο υγρού.

4) Στην αλλαγή της ταχύτητας ροής.

Διαχωρισμός του υγρού από το αέριο μπορεί να πραγματοποιηθεί αποτελεσματικά αυξάνοντας ή μειώνοντας απότομα την ταχύτητα του αερίου. Και οι δύο συνθήκες εκμεταλλεύονται την διαφορά αδράνειας του αερίου και του υγρού. Μειώνοντας την ταχύτητα του αερίου ρεύματος, λόγω αδράνειας, τα λεπτά σταγονίδια υγρού μεταφέρονται έξω από το ρεύμα. Το υγρό ενώνεται σε όλο και μεγαλύτερες σταγόνες και τελικά πέφτει στο ειδικό δοχείο. Παρόμοια διεργασία πραγματοποιείται όταν αυξάνεται η ταχύτητα του αερίου ρεύματος.

5) Στη φυγόκεντρο δύναμη.

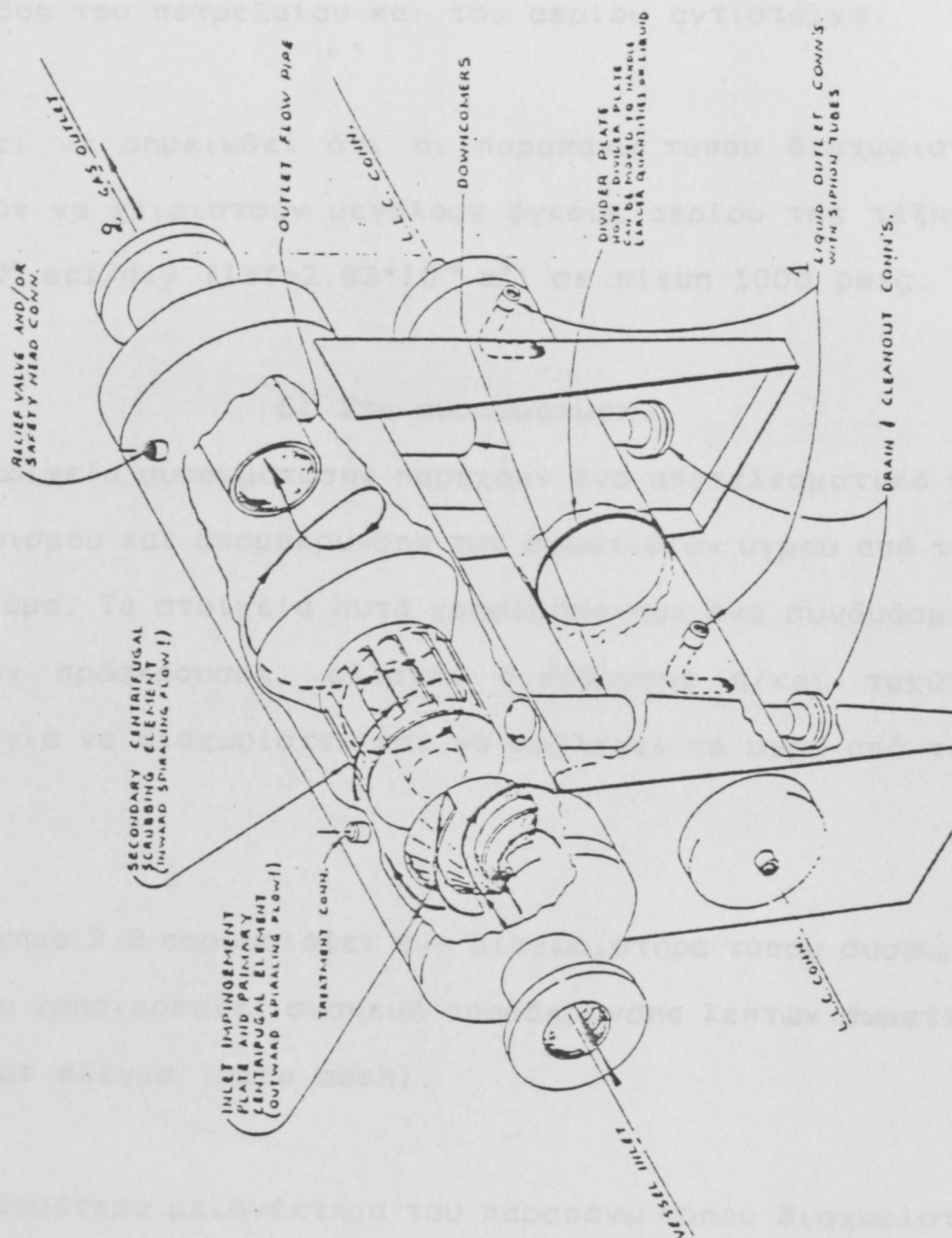
Εάν ένα αέριο ρεύμα το οποίο περιέχει λεπτά σταγονίδια υγρού, τεθεί σε κυκλική κίνηση με αρκετά υψηλή γωνιακή ταχύτητα, η φυγόκεντρος δύναμη θα ωθήσει το υγρό προς τα εξωτερικά τοιχώματα του δοχείου. Εκεί το υγρό σταδιακά θα σχηματίσει μεγάλες σταγόνες και όπως αναφέρθηκε παραπάνω θα πέ-

σει στο ειδικό δοχείο συλλογής του υγρού που βρίσκεται μέσα στον διαχωριστήρα. Η φυγόκεντρος δύναμη είναι μια από τις πιο αποτελεσματικές μεθόδους απομάκρυνσης των λεπτών σταγονιδίων υγρού από το αέριο. Η αποδοτικότητα του συστήματος αυξάνει, καθώς αυξάνει η ταχύτητα του αερίου ρεύματος.

Το σχήμα 2.7 απεικονίζει έναν οριζόντιο διφασικό διαχωριστήρα με δύο σωλήνες (dual tube), ο οποίος έχει δύο στάδια διαχωρισμού εκμεταλλεύομενος και στα δύο τη φυγόκεντρο δύναμη. Αρχικά το αέριο εισάγεται σ' ένα κώνο ο οποίος αποτελείται από εξωτερικά πτερύγια και προσδίδει κίνηση δίνης μόλις το ρευστό μπει στο διαχωριστήρα. Οι μεγαλύτερες σταγόνες υγρού ωθούνται προς τα εξωτερικά τοιχώματα και λόγω βαρύτητας συλλέγονται στο δοχείο υγρού. Το αέριο συνεχίζει την κίνηση του και εισέρχεται σ' ένα δεύτερο κώνο με εσωτερικά πτερύγια, στον οποίο πραγματοποιείται το δεύτερο στάδιο διαχωρισμού. Εκεί το αέριο επιταχύνεται και αποκτά ταχύτητα περίπου 80 ft/sec ($1 \text{ ft/sec} = 3.05 \cdot 10^{-1} \text{ m/sec}$).

Η υψηλή αυτή ταχύτητα ωθεί τις μικρές πλέον σταγόνες υγρού να συγκεντρωθούν στο κέντρο, όπου ενώνονται και συλλέγονται καθώς η ταχύτητα μειώνεται σε 2 ως 8 ft/sec. Το πετρέλαιο που έχει συλλεγεί από το πρώτο στάδιο διαχωρισμού πέφτει σ' ένα χαμηλότερο κύλινδρο μέσου ενός σωλήνα που βρίσκεται στ' αριστερά του διαχωριστήρα, ενώ το πετρέλαιο από το δεύτερο στάδιο διαχωρισμού πέφτει στον ίδιο κύλινδρο μέσου του

ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΡΕΣ ΥΓΡΩΝ ΚΑΙ ΑΕΡΙΩΝ



ΣΧΗΜΑ 2.7

Σχηματική παράσταση οριζόντιου διαχωριστήρα με δύο σωλήνες. (Smith, 1987)

σωλήνα που βρίσκεται στα δεξιά. Στα σημεία 1 και 2 γίνεται η έξοδος του πετρελαίου και του αερίου αντίστοιχα.

Αξιζει να σημειωθεί ότι οι παραπάνω τύπου διαχωριστήρες μπορούν να χειριστούν μεγάλους όγκους αερίου της τάξης του 3.5×10^9 scf/day ($1 \text{ cf} = 2.83 \times 10^{-2} \text{ m}^3$) σε πίεση 1000 psig.

6) Στη συσσωμάτωση.

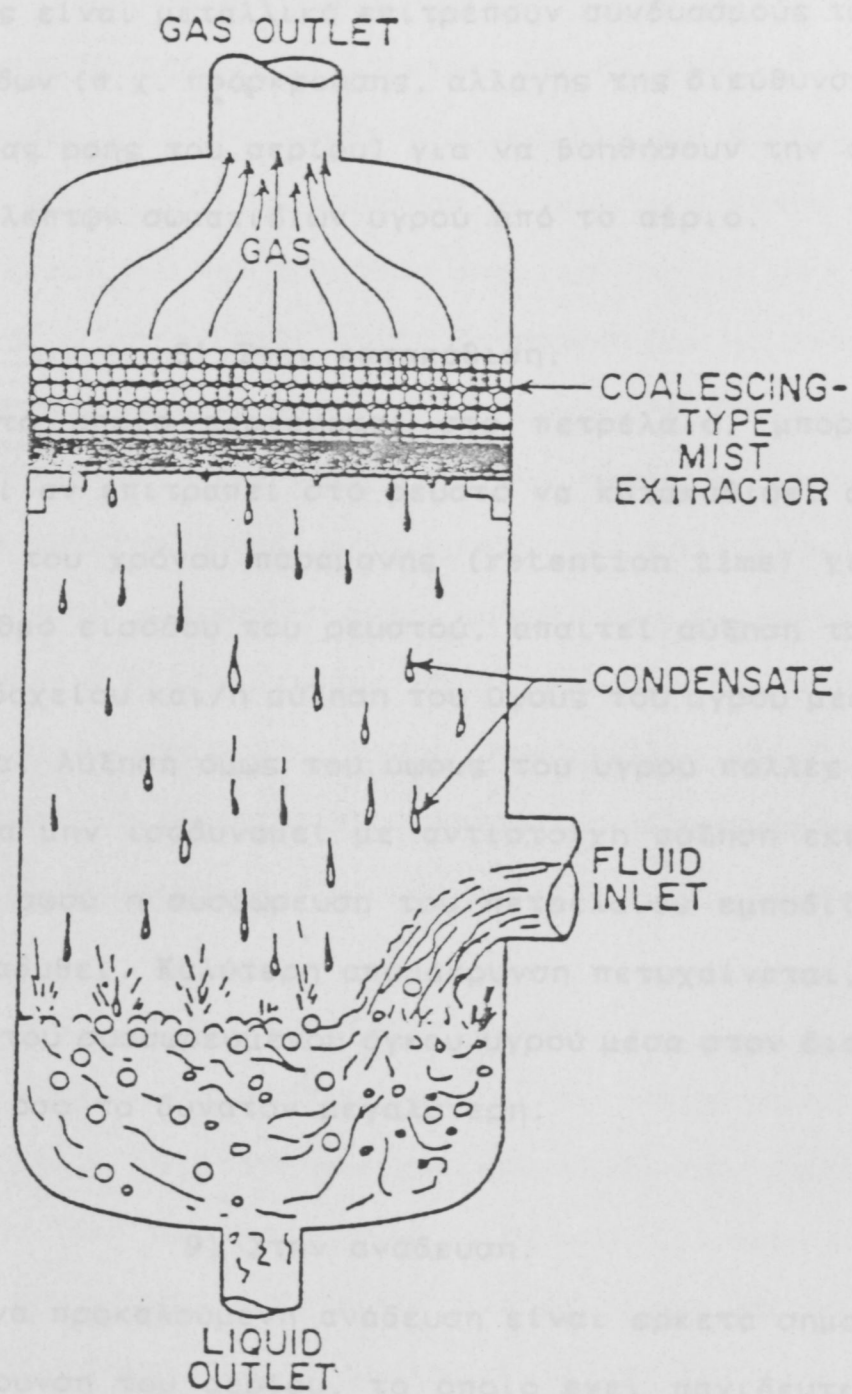
Τα στοιχεία συσσωμάτωσης παρέχουν ένα αποτελεσματικό τρόπο διαχωρισμού και απομάκρυνσης των σωματιδίων υγρού από το αέριο ρεύμα. Τα στοιχεία αυτά χρησιμοποιούν ένα συνδυασμό των μεθόδων πρόσκρουσης, αλλαγής διεύθυνσης ή/και ταχύτητας ροής, για να διαχωριστεί και να συλλεγεί το υγρό από το αέριο.

Το σχήμα 2.8 παρουσιάζει ένα διαχωριστήρα τύπου συσσωμάτωσης που χρησιμοποιεί συσκευή απομάκρυνσης λεπτών σωματιδίων υγρού με πλέγμα (wire mesh).

Το σοβαρότερο μειονέκτημα του παραπάνω τύπου διαχωριστήρα, είναι ότι τα στοιχεία συσσωμάτωσης φθείρονται εύκολα και συνήθως είναι εύθραστα, οπότε καθιστούν τη μεταφορά και την εγκατάστασή τους ιδιαίτερα προσεκτική.

7) Στο φιλτράρισμα.

Τα πορώδη φίλτρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν αρκετά αποτελεσματικά για την απομάκρυνση του υγρού. Τα φίλτρα αυτά τα ο-



ΣΧΗΜΑ 2.8

Σχηματική παράσταση κάθετου διαχωριστήρα με εσωτερική συσκευή απομάκρυνσης λεπτών σωματιδίων υγρού.

(Smith, 1987)

ποία συνήθως είναι μεταλλικά επιτρέπουν συνδυασμούς των παραπάνω μεθόδων (π.χ. πρόσκρουσης, αλλαγής της διεύθυνσης και της ταχύτητας ροής του αερίου) για να βοηθήσουν την απομάκρυνση των λεπτών σωματιδίων υγρού από το αέριο.

8) Στην κατακάθιση.

Το αέριο το οποίο περιέχεται στο πετρέλαιο, μπορεί να απομακρυνθεί αν επιτραπεί στο ρευστό να κατακαθίσει αρκετή ώρα. Αύξηση του χρόνου παραμονής (retention time) για ένα δεδομένο ρυθμό εισόδου του ρευστού, απαιτεί αύξηση του μεγέθους του δοχείου και/ή αύξηση του ύψους του υγρού μέσα στο διαχωριστήρα. Αύξηση όμως του ύψους του υγρού πολλές φορές ενδέχεται να μην ισοδυναμεί με αντίστοιχη αύξηση εκπομπής του αερίου, αφού η συσσώρευση του πετρελαίου εμποδίζει το αέριο να αναδυθεί. Καλύτερη απομάκρυνση πετυχαίνεται, όταν η επιφάνεια του συσσωρευμένου όγκου υγρού μέσα στον διαχωριστήρα είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερη.

9) Στην ανάδευση.

Η ελεγχόμενη προκαλούμενη ανάδευση είναι αρκετά σημαντική στην απομάκρυνση του αερίου, το οποίο έχει παγιδευτεί στο πετρέλαιο λόγω επιφανειακής τάσης ή λόγω μεγάλου ιξώδους του πετρελαίου. Εξαιτίας της ανάδευσης δημιουργούνται αέριες φυσαλίδες και η απομάκρυνση του αερίου πραγματοποιείται πιο γρήγορα. Η εφαρμογή όμως της μεθόδου αυτής απαιτεί προσεκτικό σχεδιασμό.

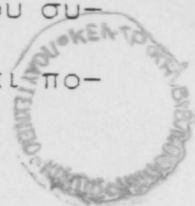
10) Στην τοποθέτηση εμποδίων (Baffling).

Ενας μηχανισμός παρόμοιος μ'αυτόν του σχήματος 2.9 τοποθετείται εσωτερικά στην είσοδο του ρευστού του διαχωριστήρα και βοηθάει την είσοδο του ρευστού με όσο το δυνατόν μικρότερο στροβιλισμό για την καλύτερη απομάκρυνση του αερίου από το πετρέλαιο. Ο μηχανισμός αυτός διασκορπίζει το πετρέλαιο με τέτοιο τρόπο, ώστε το αέριο να καταφέρει να απεγκλωβιστεί πιο εύκολα και ελαττώνει σημαντικά την υψηλή ταχύτητα πρόσκρουσης του ρευστού καθώς αυτό εισέρχεται μέσα στον διαχωριστήρα. Τα εμπόδια τοποθετούνται μεταξύ του παραπάνω μηχανισμού και του ειδικού δοχείου όπου συσσωρεύεται το πετρέλαιο. Καθώς το ρευστό κυλά, πέφτει στα εμπόδια και σχηματίζει πάνω σ'αυτά λεπτά στρώματα υγρού απ'όπου το αέριο μπορεί ν'αποδράσει πιο εύκολα.

11) Στη χρήση χημικών.

Η παρουσία χημικών προσθέτων μειώνει την επιφανειακή τάση των ρευστών. Άλλη ιδιότητα των χημικών είναι ότι ελαττώνουν σημαντικά την τάση του πετρελαίου να σχηματίζει αφρό και αυξάνουν έτσι την αποδοτικότητα του διαχωριστήρα. Με τη χρήση χημικών επιτυγχάνεται και ο διαχωρισμός του πετρελαίου από το νερό.

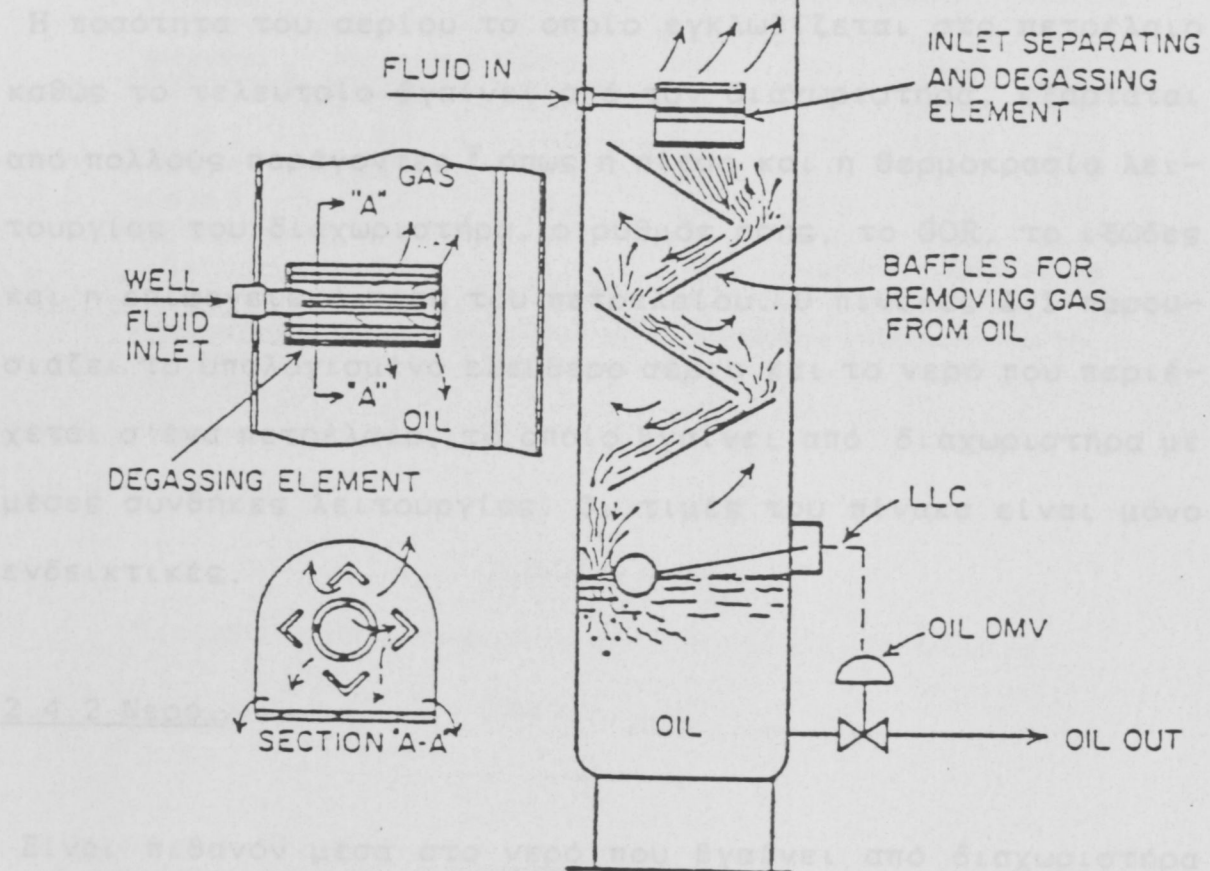
Το συνηθέστερο χημικό πρόσθετο είναι η σιλικόνη, η οποία εγχέεται και ανακατεύεται ανάντη (upstream) με το πετρέλαιο του διαχωριστήρα χωρίς να λαμβάνει χώρα καμιά αλλαγή του συστήματος. Η ποσότητα της σιλικόνης που προσθέτουμε είναι πο-



2.4 Ποσότητα της τάξης μίλιον του εκατομμυρίου (parts per million).

2.4 Ποσότητα των διαχωριστήρων δευτέρων

2.4.1 Πυροφύλαξη



ΣΧΗΜΑ 2.9

Σχηματική παράσταση κάθετου διαχωριστήρα με ειδικά εσωτερικά εμπόδια. (Smith, 1987)

2.4.2 Σχέση

λύ μικρή της τάξης μέρη του εκατομμυρίου (parts per million).

2.4 Ποιότητα των διαχωριζομένων ρευστών.

2.4.1 Πετρέλαιο.

Η ποσότητα του αερίου το οποίο εγκλωβίζεται στο πετρέλαιο καθώς το τελευταίο βγαίνει από τον διαχωριστήρα, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες ² όπως η πίεση και η θερμοκρασία λειτουργίας του διαχωριστήρα, ο ρυθμός ροής, το GOR, το ιξώδες και η επιφανειακή τάση του πετρελαίου. Ο πίνακας 2.1 παρουσιάζει το υπολογισμένο ελεύθερο αέριο και το νερό που περιέχεται σ'ένα πετρέλαιο, το οποίο βγαίνει από διαχωριστήρα με μέσες συνθήκες λειτουργίας. Οι τιμές του πίνακα είναι μόνο ενδεικτικές.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1

Ενδεικτικές ποσότητες αερίου και νερού σε πετρέλαιο.

2.4.2 Νερό.

(Smith, 1987)

Είναι πιθανόν μέσα στο νερό που βγαίνει από διαχωριστήρα τριών φάσεων, να περιέχεται ποσότητα πετρελαίου·ενδεικτικά παρουσιάζεται ο πίνακας 2.2

Εάν η διαφορά των ειδικών πυκνοτήτων μεταξύ του νερού και του πετρελαίου είναι μικρότερη από 0.20 (αναφορά σε συνθήκες λειτουργίας), απαιτείται ειδική προσοχή γιατί εξαιτίας της μικρής αυτής διαφοράς μπορεί να προκληθεί ημιτελής διαχω-

| Approximate Oil Retention Time (minutes) | Estimated Free (Nonsolution) Gas Content of Effluent Oil (%) * | | Estimated Range of Oil Content of Effluent Water | | | |
|--|--|------|---|-------|---------|-------|
| | | | Minimum | | Maximum | |
| | | | (ppm) | (%) * | (ppm) | (%) * |
| 1 to 2 | 5.0 | 20.0 | 16,000 | 1.60 | 80,000 | 8.00 |
| 2 to 3 | 4.0 | 16.0 | 8,000 | 0.80 | 40,000 | 4.00 |
| 3 to 4 | 3.0 | 12.0 | 4,000 | 0.40 | 20,000 | 2.00 |
| 4 to 5 | 2.5 | 10.0 | 2,000 | 0.20 | 10,000 | 1.00 |
| 5 to 6 | 2.0 | 8.0 | 1,000 | 0.10 | 5,000 | 0.50 |
| 6 + | 1.5 | 6.0 | 500 | 0.05 | 2,500 | 0.25 |

*Expressed as a percent of the total oil volume with the gas measured at standard pressure and temperature.

**Volume basis.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1

Περιεκτικότητες αερίου και νερού σε πετρέλαιο.

(Smith, 1987)

| Water Retention Time (minutes) | Estimated Range of Oil Content of Effluent Water | | | |
|-----------------------------------|---|------------------|---------|------------------|
| | Minimum | | Maximum | |
| | (ppm) | (%) [*] | (ppm) | (%) [*] |
| 1 to 2 | 4,000 | 0.40 | 20,000 | 2.00 |
| 2 to 3 | 2,000 | 0.20 | 10,000 | 1.00 |
| 3 to 4 | 1,000 | 0.10 | 5,000 | 0.50 |
| 4 to 5 | 500 | 0.05 | 2,500 | 0.25 |
| 5 to 6 | 200 | 0.02 | 1,000 | 0.10 |
| 6 + | 40 | 0.004 | 200 | 0.02 |

^{*}Volume basis.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2

Περιεκτικότητα πετρελαίου σε νερό.

(Smith, 1987)

| Operating Pressure (psig) | Operating Temperature (°F) | Estimated Oil Content of Effluent Gas | | | |
|---------------------------------|----------------------------------|--|-------------------|---------|--------------------|
| | | Minimum | | Maximum | |
| | | (ppm) | (gal/MMscf) | (ppm) | (gal/MMscf) |
| 0 to 3,000 | 60 to 130 | 0.01335 | 0.10 [*] | 0.1335 | 1.00 ^{**} |

^{*}Equivalent to $14.129 \text{ L/NM}^3 \times 10^6$.

^{**}Equivalent to $141.29 \text{ L/NM}^3 \times 10^6$.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3

Περιεκτικότητα πετρελαίου σε αέριο. (Smith, 1987)

ρισμός.

2.4.3 Αέριο.

Η ποσότητα του πετρελαίου που ενδέχεται να περιέχεται σ'ένα αέριο που βγαίνει από διαχωριστήρα, παρουσιάζεται στον πίνακα 2.3. Η ποσότητα του πετρελαίου είναι δύσκολο να μετρηθεί υπό συνθήκες διαχωρισμού και για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούνται ειδικά όργανα, τα οποία βασίζονται στην εφαρμογή ακτίνων Laser.

Όσο αναφορά την επιτρεπτή περιεκτικότητα του νερού στο αέριο, ενδεικτικά αναφέρεται ότι τα συμβόλαια πώλησης αερίου στην Νότια Αμερική επιτρέπουν περιεκτικότητα νερού στο αέριο μικρότερη από 7 lb/mmscf ($1 \text{ lb/mmscf} = 1.60 \text{ kg/mm}^3$), ενώ σε κρύα κλίματα λόγω διαφοράς όγκου, η επιτρεπόμενη τιμή μειώνεται σε 3 ως 5 lb/mmscf.

2.5 Υπολογισμός του μεγέθους και της ικανότητας επεξεργασίας ενός διαχωριστήρα.

Η ικανότητα και η ευκολία διαχωρισμού ενός διαχωριστήρα εξαρτάται από τους παρακάτω παραγόντες ²:

- 1) Μέγεθος (διάμετρος και ύψος) του διαχωριστήρα.
- 2) Σχεδιασμός και τοποθέτηση των εσωτερικών στοιχείων του διαχωριστήρα.
- 3) Άριθμός των μονάδων διαχωρισμού.

- 4) Πίεση και θερμοκρασία λειτουργίας του διαχωριστήρα.
- 5) Φυσικές και χημικές ιδιότητες του ρευστού (πυκνότητα, ιξώδες κ.α.).
- 6) Το μέγεθος και η διασπορά των υγρών φυσαλίδων μέσα στο αέριο πριν φτάσει στη συσκευή απομάκρυνσης λεπτών σωματιδίων.
- 7) Το επίπεδο του υγρού (το ύψος που καταλαμβάνει το τελευταίο μέσα στο διαχωριστήρα).
- 8) Η ροή του ρευστού, εάν είναι στρωτή ή τυρβώδης.
- 9) Εάν μέσα στο ρευστό περιέχονται ξένα συστατικά.
- 10) Η τάση του πετρελαίου να σχηματίζει αφρό.

Οι παράγοντες που αναφέρονται στα νούμερα 5 έως 7 συνήθως δεν είναι γνωστοί με αρκετή λεπτομέρεια για να επιτρέψουν ασφαλή υπολογισμό του μεγέθους ή του σχήματος του διαχωριστήρα. Όμως οι παραπάνω παράγοντες είναι αυτοί που καθορίζουν το τελικό σχήμα και την συγκεκριμένη εφαρμογή ενός διαχωριστήρα.

Η μέγιστη ταχύτητα v_g (σε ft/sec) του αερίου σ'ένα διαχωριστήρα, η οποία επιτρέπει την απομάκρυνση σταγονιδίων υγρού (συγκεκριμένης διαμέτρου) από το ρεύμα του αερίου, δίνεται από τον παρακάτω τύπο ο οποίος βασίζεται στο νόμο του Stokes ²:

$$v_g = F_{co} \sqrt{\frac{d_1 - d_g}{d_g}} \quad [2.1]$$

όπου

F_{co} : συντελεστής λειτουργίας

d_1 : πυκνότητα του υγρού σε lb/cft (αναφορά σε συνθήκες

λειτουργίας)

d_g : πυκνότητα του αερίου σε lbm/cft (αναφορά σε συνθήκες λειτουργίας)

Ο συντελεστής λειτουργίας F_{co} , είναι μια εμπειρική ανεξάρτητη και αδιάστατη μεταβλητή. Συμπεριλαμβάνει όλους τους παράγοντες που επηρεάζουν τον διαχωρισμό του υγρού από το αέριο εκτός από: α) το συντελεστή συμπιεστότητας του αερίου β) την πίεση και την θερμοκρασία λειτουργίας του διαχωριστήρα και γ) την πυκνότητα των ρευστών. Ο κυριότερος παράγοντας από τον οποίο εξαρτάται ο συντελεστής λειτουργίας και μεταβάλλεται ανάλογα μ' αυτόν είναι η τιμή του κλάσματος L/D , όπου L το ύψος του διαχωριστήρα και D η διάμετρος του.

Η ταχύτητα του αερίου όπως δίνεται στην εξίσωση [2.1] είναι η μέγιστη ταχύτητα με την οποία το αέριο εισάγεται μέσα στον διαχωριστήρα και επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός. Ο όγκος λοιπόν του αερίου q_g (σε cft/sec) που διαχωρίζεται στη μονάδα του χρόνου υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο ²:

$$q_g = A_g * v_g \quad [2.2]$$

όπου

A_g : το εμβαδόν της εγκάρσιας διατομής του διαχωριστήρα, όπου λαμβάνει χώρα η ροή του αερίου σε sqft ($1 \text{ sqft} = 9.29 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$)

Αντικαθιστώντας την σχέση [2.2] στη σχέση [2.1] προκύπτει ο τελικός τύπος ²:

$$q_g = A_g * F_{co} \sqrt{\frac{d_1 - d_g}{d_g}} \quad [2.3]$$

Στην περίπτωση που δεν είναι γνωστή η πυκνότητα d_g , αρκεί να εφαρμοστεί ο τύπος:

$$d_g = \frac{p * MW_g}{Z * R * T} \quad [2.4]$$

όπου

MW_g : το μοριακό βάρος του αερίου

Z : ο συντελεστής συμπίεστικότητας

R : παγκόσμια σταθερά των αερίων

T : θερμοκρασία

p : πίεση

Λύνοντας την εξίσωση [2.3] ως προς A_g προκύπτει:

$$A_g = \frac{q_g}{F_{co} * \sqrt{\frac{d_1 - d_g}{d_g}}} \quad [2.5]$$

Η εξίσωση [2.3] χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του όγκου του αερίου, τον οποίο μπορεί να επεξεργαστεί ένας διαχωριστήρας ορισμένου σχήματος για δεδομένες συνθήκες λειτουργίας. Με τον ίδιο τρόπο, από την εξίσωση [2.5] προκύπτει το μέγεθος ενός διαχωριστήρα που απαιτείται για να χειριστεί δεδομένο όγκο αερίου υπό δεδομένες συνθήκες λειτουργίας.

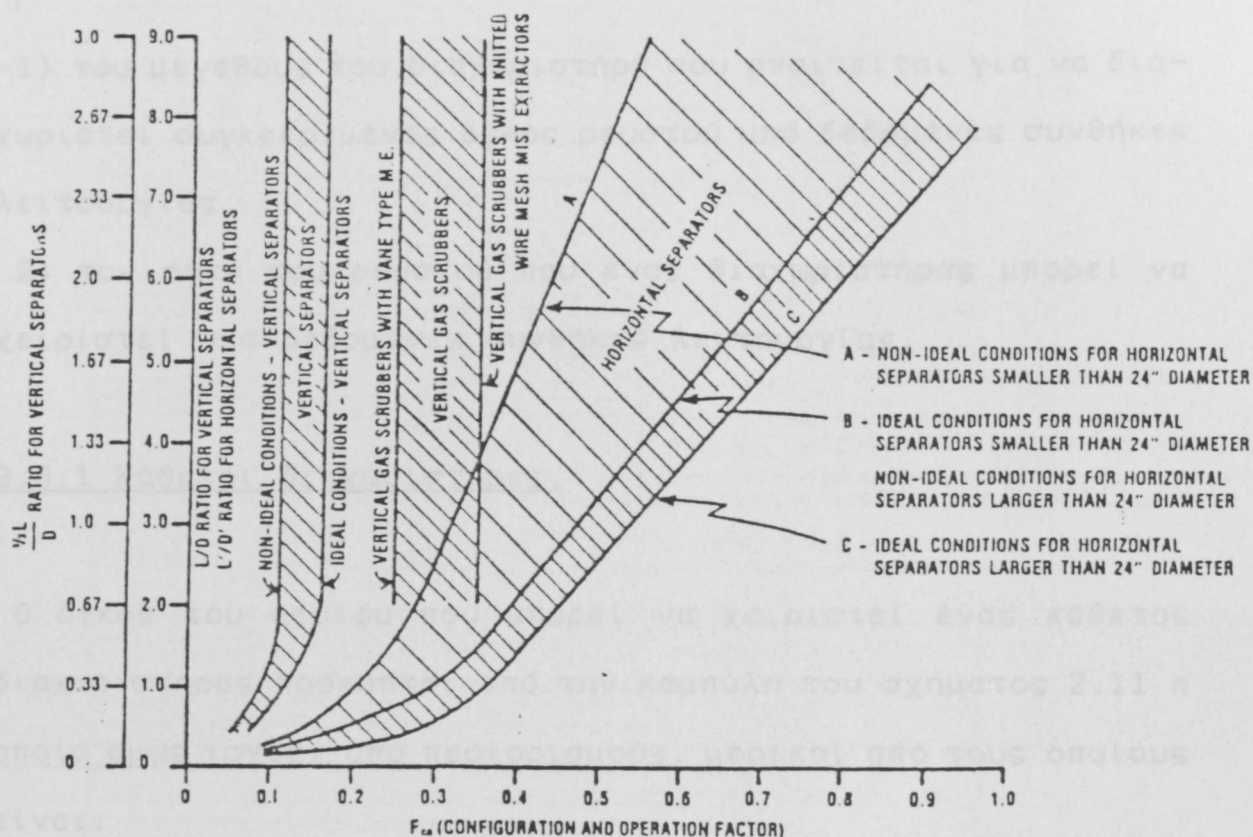
Οι τιμές του συντελεστή λειτουργίας κυμαίνονται ανάλογα με

το σχήμα του διαχωριστήρα. Για κάθετους διαχωριστήρες οι τιμές κυμαίνονται από 0.10 έως 0.17, ενώ για οριζόντιους από 0.35 έως 0.71. Μια τυπική τιμή για τους οριζόντιους είναι 0.17 και για τους κάθετους 0.50.

Οι τιμές μπορούν να υπολογισθούν και βάση διαγραμμάτων, όπως αυτό του σχήματος 2.10. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ο συντελεστής λειτουργίας εξαρτάται από το κλάσμα L/D και βάση του παραπάνω σχεδιαγράμματος υπολογίζεται η κατάλληλη τιμή του F_{co} . Για δεδομένη διάμετρο διαχωριστήρα, καθώς αυξάνεται το ύψος του αυξάνει και η τιμή του F_{co} . Παρόμοια για δεδομένο ύψος, αύξηση της διαμέτρου προκαλεί μείωση του F_{co} . Η σχέση αυτή, όπως φαίνεται και από το σχήμα 2.10 είναι πιο εμφανής στους οριζόντιους παρά στους κάθετους διαχωριστήρες.

2.6 Καμπύλες χωρητικότητας για οριζόντιους και κάθετους διαχωριστήρες.

Ο τελικός όγκος του υγρού και του αερίου που βγαίνει από ένα διαχωριστήρα, μπορεί να υπολογιστεί βάσει καμπυλών (capacity curves), οι οποίες έχουν προκύψει από κατάλληλο λογισμικό πρόγραμμα με δεδομένα από οριζόντιους και κάθετους διαχωριστήρες.



ΣΧΗΜΑ 2.10

Υπολογισμός του συντελεστή λειτουργίας για οριζόντιους και κάθετους διαχωριστήρες. (Smith, 1987)

Οι παραπάνω καμπύλες οι οποίες απεικονίζονται στα σχήματα 2.11 έως 2.14 μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό²:

- 1) του μεγέθους του διαχωριστήρα που απαιτείται για να διαχωριστεί συγκεκριμένος όγκος ρευστού υπό δεδομένες συνθήκες λειτουργίας.
- 2) τον όγκο του ρευστού που ένας διαχωριστήρας μπορεί να χειριστεί υπό δεδομένες συνθήκες λειτουργίας.

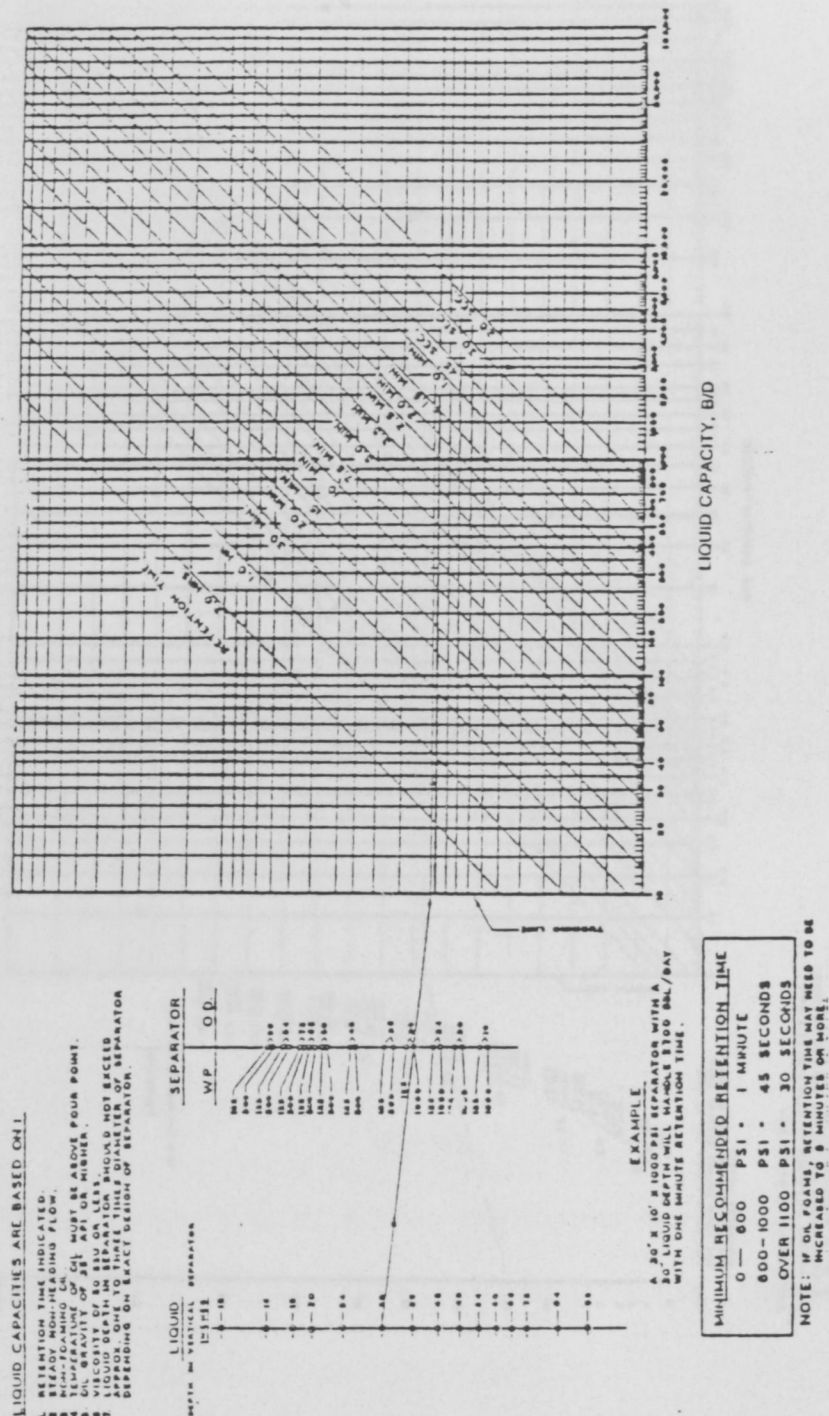
2.6.1 Κάθετοι διαχωριστήρες.

Ο όγκος του αερίου που μπορεί να χειριστεί ένας κάθετος διαχωριστήρας προκύπτει από την καμπύλη του σχήματος 2.11 η οποία όμως ισχύει υπό περιορισμούς, μερικοί από τους οποίους είναι:

- οι όγκοι πρέπει να είναι μετρημένοι σε κανονικές συνθήκες, δηλ. σε θερμοκρασία 60 F° και σε πίεση 14.7 psia.
- ο ρυθμός ροής πρέπει να είναι στρωτός.
- το πετρέλαιο δε θα πρέπει να σχηματίζει αφρό.
- το πετρέλαιο και το αέριο να έχουν συγκεκριμένες τιμές API και ειδικής πυκνότητας αντίστοιχα.

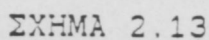
Οι υπολογισμοί αυτοί θεωρούνται κατάλληλοι για το αρχικό στάδιο της πρόβλεψης, όμως δεν ισχύουν με απόλυτη ακρίβεια.

Ανάλογη καμπύλη που υπολογίζει τον όγκο του υγρού που μπορεί να χειριστεί ένας κάθετος διαχωριστήρας παρουσιάζεται



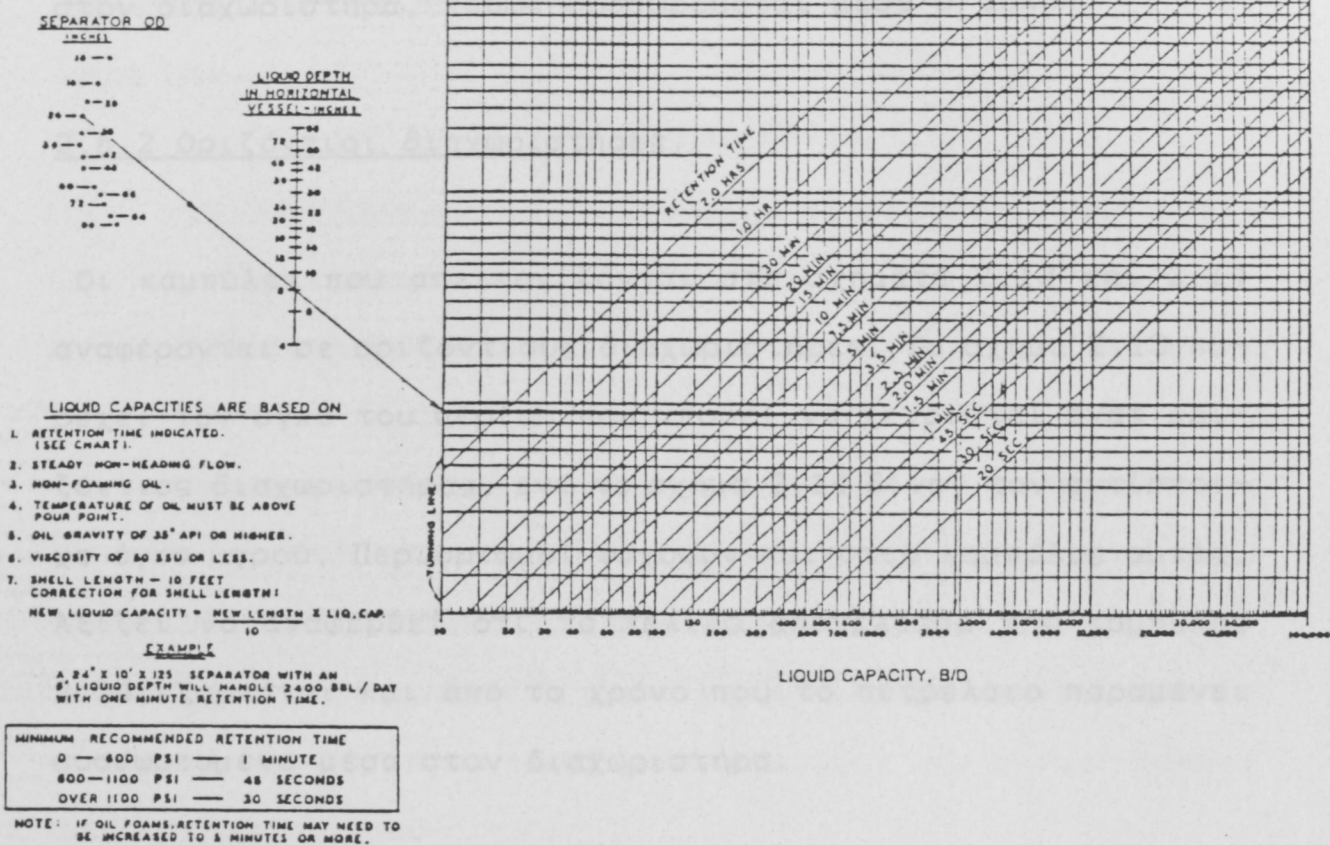
ΣΧΗΜΑ 2.12

Υπολογισμός του υγρού όγκου υδρογονανθράκων που μπορεί να επεξεργαστεί κάθετος διαχωριστήρας. (Smith, 1987)



-37-

ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΡΕΣ ΥΓΡΩΝ ΚΑΙ ΑΕΡΙΩΝ



ΣΧΗΜΑ 2.14

Υπολογισμός του υγρού όγκου υδρογονανθράκων που μπορεί να επεξεργαστεί οριζόντιος διαχωριστήρας. (Smith, 1987)

στο σχήμα 2.12. Παρόμοιοι περιορισμοί ισχύουν και σε αυτή την περίπτωση. Παρατηρούμε ότι στην καμπύλη αυτή το τελικό αποτέλεσμα καθορίζεται από το ύψος που φτάνει το υγρό μέσα στον διαχωριστήρα, καθώς συσσωρεύεται μέσα σ' αυτόν.

2.6.2 Οριζόντιοι διαχωριστήρες.

Οι καμπύλες που απεικονίζονται στα σχήματα 2.13 και 2.14 αναφέρονται σε οριζόντιους διαχωριστήρες. Το σχήμα 2.13 παρέχει τον όγκο του αερίου που μπορεί να χειριστεί ένας οριζόντιος διαχωριστήρας, ενώ το σχήμα 2.14 δίνει τον αντίστοιχο όγκο υγρού. Περιορισμοί ισχύουν και στις καμπύλες αυτές. Αξίζει να αναφερθεί ότι το τελικό αποτέλεσμα της καμπύλης 2.14 εξαρτάται και από το χρόνο που το πετρέλαιο παραμένει συσσωρευμένο μέσα στον διαχωριστήρα.

2.7 Προβλήματα στο διαχωρισμό.

2.7.1 Διαχωρισμός αφρώδους πετρελαίου.

Είναι γνωστό ότι σταδιακή πτώση της πίεσης προκαλεί απελευθέρωση του αερίου το οποίο βρίσκεται διαλελυμένο μέσα στο πετρέλαιο. Το αέριο απεγκλωβίζεται και εγκαταλείπει το υγρό υπό τη μορφή μικρών φυσαλίδων.

Σ' ορισμένους όμως τύπους πετρελαίου με μεγάλο ιξώδες οι φυσαλίδες του αερίου καθώς τείνουν ν' απελευθερωθούν, εγκλω-

βίζονται σ' ένα λεπτό στρώμα πετρελαίου και παγιδεύονται. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία αφρού, ο οποίος διασκορπίζεται και δημιουργεί το λεγόμενο αφρώδες πετρέλαιο (foaming oil). Το πετρέλαιο είναι πιο πιθανόν να σχηματίσει αφρό όταν ²:

- (1) Το API είναι μικρότερο από 40.
- (2) Η θερμοκρασία λειτουργίας του διαχωριστήρα είναι μικρότερη από 160° F.
- (3) Το πετρέλαιο έχει ιξώδες μεγαλύτερο από 50 cp.

Η δημιουργία αφρώδους πετρελαίου μειώνει την αποδοτικότητα του διαχωριστήρα, επειδή αυξάνει τον χρόνο παραμονής που χρειάζεται μια ποσότητα ρευστού για να διαχωριστεί. Επιπλέον η ποσότητα του αφρώδους πετρελαίου δεν μπορεί να μετρηθεί με ακρίβεια. Τα παραπάνω προβλήματα τονίζουν την ανάγκη χρήσης ειδικού εξοπλισμού.

Οι κυριότερες μέθοδοι που βοηθούν τον αφρό ν' απομακρυνθεί είναι η ανάδευση, η θέρμανση, τα χημικά, η φυγόκεντρος δύναμη και η κατακάθιση. Υπάρχουν ειδικά σχεδιασμένοι διαχωριστήρες για να χειριστούν αφρώδες πετρέλαιο. Ειδικοί μηχανισμοί τοποθετούνται μέσα στον διαχωριστήρα στην είσοδο του ρευστού και προκαλούν ελαφρά ανάδευση με σκοπό να βοηθήσουν το αέριο ν' απελευθερωθεί και να 'σπάσουν' τις φυσαλίδες. Από άποψη αποδοτικότητας περισσότερο αποτελεσματικές είναι οι μέθοδοι της ανάδευσης σε συνδυασμό με εμπόδια και η μέθοδος των χημικών.

2.7.2 Αμμος, λάσπη, άλατα.

Εάν παράγονται άλατα και παρόμοια στερεά ή ιζήματα σε αισθητές ποσότητες μέσα στον ταμιευτήρα, θεωρείται σκόπιμο ν' απομακρυνθούν προτού το ρευστό μπει μέσα στο διαχωριστήρα, έτσι ώστε ν' αποφευχθούν προβλήματα στον εξοπλισμό λόγω εμφράξεως και κατακάθισής τους.

2.7.3 Διάβρωση.

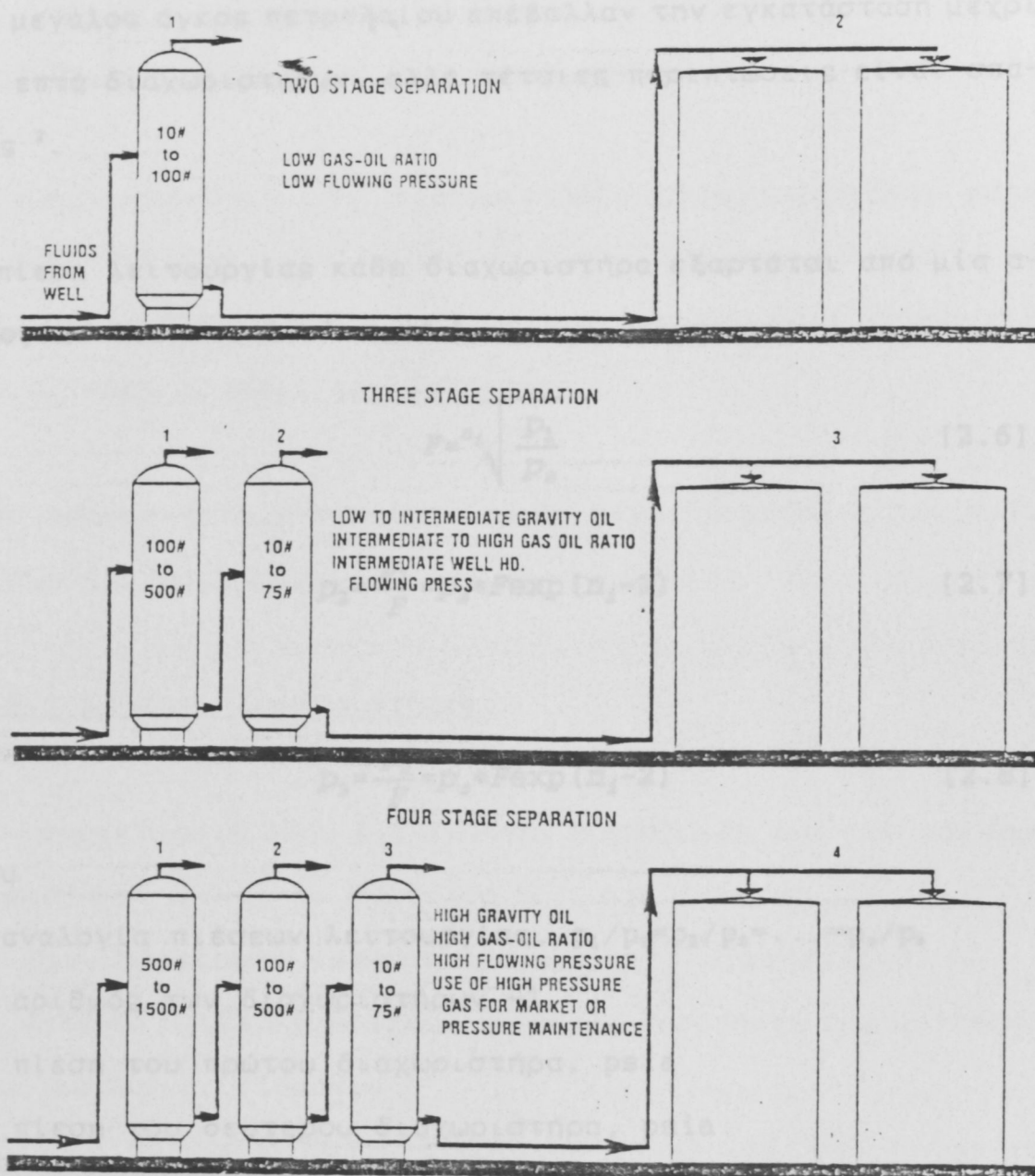
Τα παραγόμενα ρευστά είναι πολύ διαβρωτικά και ενδέχεται να προκαλέσουν γρήγορα προβλήματα. Οι περισσότερες διαβρωτικές ενώσεις είναι το υδρόθειο (H_2S) και το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2).

2.8 Εν σειρά διαχωρισμός.

Ο εν σειρά διαχωρισμός (Stage separation) υγρού και αερίου, σχήμα 2.15, πετυχαίνεται με μια σειρά από διαχωριστήρες, οι οποίοι λειτουργούν με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε η πίεση να ελαττώνεται βαθμιαία από τον ένα διαχωριστήρα στον άλλο ¹. Ο σκοπός του διαχωρισμού αυτού είναι να πετύχουμε όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ανάκτηση υγρών υδρογονανθράκων.

Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των διαχωριστήρων που λαμβάνει μέρος σ' ένα διαχωρισμό εν σειρά, τόσο καλύτερος είναι ο διαχωρισμός που επιτυγχάνεται. Οικονομικοί όμως λόγοι πε-

ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΡΕΣ ΥΓΡΩΝ ΚΑΙ ΑΕΡΙΩΝ



ΣΧΗΜΑ 2.15

Σχηματική παράσταση δύο-, τριών-, και τεσσάρων σταδίων διαχωρισμού εν σειρά. (Smith, 1987)

ριορίζουν τον αριθμό σε τρεις ή τέσσερις. Ειδικές συνθήκες και μεγάλος όγκος πετρελαίου επέβαλλαν την εγκατάσταση μέχρι και επτά διαχωριστήρων, αλλά τέτοιες περιπτώσεις είναι σπάνιες ².

Η πίεση λειτουργίας κάθε διαχωριστήρα εξαρτάται από μία αναλογία πιέσεων. Αναλυτικά ²:

$$F = n_1 \sqrt{\frac{p_1}{p_s}} \quad [2.6]$$

$$p_2 = \frac{p_1}{F} = p_s * F \exp(n_1 - 1) \quad [2.7]$$

και

$$p_3 = \frac{p_2}{F} = p_s * F \exp(n_1 - 2) \quad [2.8]$$

όπου

F: αναλογία πιέσεων λειτουργίας, $p_1/p_2 = p_2/p_3 = \dots = p_n/p_s$

n_1 : αριθμός των διαχωριστήρων -1

p_1 : πίεση του πρώτου διαχωριστήρα, psia

p_2 : πίεση του δευτέρου διαχωριστήρα, psia

p_3 : πίεση του τρίτου διαχωριστήρα, psia

p_s : πίεση του διαχωριστήρα ο οποίος λειτουργεί με κανονικές συνθήκες, psia

Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την εφαρμογή ενός διαχωρισμού εν σειρά είναι:

- οικονομικοί λόγοι.
- οι φυσικές και χημικές ιδιότητες των ρευστών.

- η πίεση και η θερμοκρασία των ρευστών από τη γεώτρηση.

2.9 Επιλογή και χρήση των διαχωριστήρων.

Όπως αναφέρθηκε, οι διαχωριστήρες υδρογονανθράκων κατασκευάζονται σε τρία βασικά σχήματα: κάθετο, οριζόντιο και σφαιρικό. Καθένα από τα παραπάνω σχήματα διαχωριστήρων έχει ιδιαίτερες χρήσεις και εφαρμογές.

Θα παρουσιαστούν περιληπτικά οι γενικές χρήσεις των τριών τύπων διαχωριστήρων.

2.9.1 Κάθετοι διαχωριστήρες.

Οι περιπτώσεις όπου ενδείκνυται η εφαρμογή των κάθετων διαχωριστήρων είναι οι παρακάτω ²:

- όταν τα ρευστά έχουν υψηλή αναλογία υγρού/αέριο.
- όταν τα ρευστά περιέχουν αισθητές ποσότητες άμμου, λάσπης και παρόμοιων ιζημάτων.
- όταν παρουσιάζονται ακαριαίες μεταβολές του όγκου του ρευστού.
- όταν περιορισμένα όρια απαγορεύουν την εγκατάσταση άλλων τύπων διαχωριστήρων. Οικονομικοί λόγοι.

2.9.2 Οριζόντιοι διαχωριστήρες.

Οριζόντιοι διαχωριστήρες εφαρμόζονται όταν ²:

- το ρευστό παρουσιάζει υψηλό GOR.
- απαιτείται τριφασικός διαχωρισμός και υψηλή ανάκτηση του πετρελαίου.
- το πετρέλαιο είναι αφρώδες.
- υπάρχουν περιορισμένα όρια εγκατάστασης άλλων τύπων διαχωριστήρων. Οικονομικοί λόγοι.

2.9.3 Σφαιρικοί διαχωριστήρες.

- Οι σφαιρικοί διαχωριστήρες χρησιμοποιούνται όταν ²:
- το ρευστό έχει υψηλό GOR και σταθερούς ρυθμούς ροής.
 - η εγκατάσταση και τα όρια απαιτούν μικρό διαχωριστήρα.
 - οικονομικοί λόγοι.

3.1 Περιγραφή προβλήματος

Θεωρούμε ένα ρευστό το οποίο εγκαταλείπει τη εγκατάσταση και φτάνει στον διαχωριστήρα ο οποίος λειτουργεί σε θερμοκρασία T και πίεση p . Το ρευστό αποτελείται από υδρογονάνθρακες, νερό, άμμο και οξυγόνο. Η εγκατάσταση που εξετάζεται είναι η εγκατάσταση που βρίσκεται στο χώρο με το οποίο συνδέεται ο διαχωριστήρας. Η εγκατάσταση που εξετάζεται είναι η εγκατάσταση που βρίσκεται στο χώρο με το οποίο συνδέεται ο διαχωριστήρας. Η εγκατάσταση που εξετάζεται είναι η εγκατάσταση που βρίσκεται στο χώρο με το οποίο συνδέεται ο διαχωριστήρας.

Το θεωρούμενο πρόβλημα είναι να διαχωριστούν τα συστατικά και να συλλεχθούν οι συστατικοί. Η εγκατάσταση που εξετάζεται είναι η εγκατάσταση που βρίσκεται στο χώρο με το οποίο συνδέεται ο διαχωριστήρας. Η εγκατάσταση που εξετάζεται είναι η εγκατάσταση που βρίσκεται στο χώρο με το οποίο συνδέεται ο διαχωριστήρας.

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Τ Ρ Ι Τ Ο

ΜΕΛΕΤΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ ΦΑΣΕΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ -

ΕΜΠΕΙΡΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Τρεις βασικοί τύποι υπολογισμών απαιτούνται στη Μηχανική Ταμειευτήρων για τη μελέτη ενός ρευστού: η πρόβλεψη της ισορροπίας υγρού-αερίου σε συνδυασμό με την πίεση κορεσμού, η ογκομετρική συμπεριφορά και οι ιδιότητες του ρευστού. Κατά την επιφανειακή επεξεργασία ενός ρευστού ιδιαίτερα σημαντικός είναι ο καθορισμός του σημείου ισορροπίας υγρού-αερίου σε συστήματα υδρογονανθράκων με πολλά συστατικά. Το σημείο αυτό καθορίζει την πορεία και τη μέθοδο διαχωρισμού και γενικότερα ό,τι αφορά το διαχωρισμό υγρού-αερίου.

3.1 Περιγραφή προβλήματος.

Θεωρούμε ένα ρευστό το οποίο εγκαταλείπει τη γεώτρηση και φτάνει στον διαχωριστήρα ο οποίος λειτουργεί σε θερμοκρασία T και πίεση p . Το ρευστό περιέχει n συστατικά με μοριακά κλάσματα των συστατικών z_i , όπου $i=1 \dots n$. Διαχωρίζεται σε υγρό μέρος με αριθμό γραμμομορίων (mole) F_L και μοριακά κλάσματα των συστατικών x_i και σε αέριο μέρος με αριθμό γραμμομορίων F_V και με μοριακά κλάσματα των συστατικών y_i .

Το θερμοδυναμικό κριτήριο για να διαχωριστεί το σύστημα και να επικρατήσει ισορροπία ανάμεσα σε δύο φάσεις, είναι ότι η ελεύθερη ενέργεια κάθε συστατικού πρέπει να είναι η ελάχι-

στη. Το μέτρο της τάσης ενός συστατικού i στη φάση L να εγκαταλείψει τη φάση αυτή και να μεταφερθεί στην άλλη V , εκφράζεται με την πτητικότητα f του συστατικού i για την συγκεκριμένη φάση L . Η πτητικότητα δίνεται από τη σχέση ³:

$$f_i^L = x_i \cdot p \cdot \Phi_i^L, \quad i=1 \dots n \quad [3.1]$$

όπου

Φ_i^L : συντελεστής πτητικότητας του συστατικού i για τη φάση L

x_i : μοριακό κλάσμα του συστατικού i

p : πίεση

Τη στιγμή της ισορροπίας λοιπόν θα πρέπει η πτητικότητα κάθε συστατικού στη φάση L να εξισωθεί με την πτητικότητα του ίδιου συστατικού στη φάση V . Στην περίπτωσή μας, αυτό εκφράζεται ως εξής ³:

$$f_i^L = f_i^V, \quad i=1 \dots n \quad [3.2]$$

Από τη γενική εξίσωση ισορροπίας μάζας προκύπτει:

$$F_L + F_V = F' \quad [3.3]$$

όπου

F' : ο ολικός αριθμός γραμμομορίων του συστήματος.

Από το ισοζύγιο μάζας των συστατικών:

$$F_L \cdot x_i + F_V \cdot y_i = F' \cdot z_i, \quad i=1 \dots n \quad [3.4]$$

Λεδομένου ότι αναφερόμαστε σε μοριακά κλάσματα θα πρέπει να ισχύει ο περιορισμός ³:

$$\sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n y_i = 1 \quad [3.5]$$

3.2 Συντελεστής ισορροπίας, k_i .

Για μίγμα υδρογονανθράκων, υπό ισορροπία σε πίεση p και θερμοκρασία T ισχύει ⁴:

$$k_i = \frac{y_i}{x_i} \quad [3.6]$$

όπου k_i ο συντελεστής ισορροπίας για το συστατικό i . Από την παραπάνω εξίσωση συμπεραίνεται ότι ο συντελεστής ισορροπίας εκφράζει την αναλογία με την οποία το συστατικό i έχει μοιραστεί στην αέρια και στην υγρή φάση.

Ο υπολογισμός των k_i βασίζεται σε εμπειρικές εξισώσεις. Ο Wilson εισήγαγε την παρακάτω εξίσωση:

$$k_i = \frac{\exp[5.37(1+\omega_i)(1-1/Tr_i)]}{p_{ri}} \quad [3.7]$$

όπου

Tr_i : ανηγμένη θερμοκρασία που ισούται με τον λόγο της θερμοκρασίας προς την κρίσιμη θερμοκρασία του συστατικού i .

p_{ri} : ανηγμένη πίεση η οποία ισούται με τον λόγο την πίεσης προς την κρίσιμη πίεση του συστατικού i .

ω_i : συντελεστής εκκεντρότητας, σταθερά κάθε συστατικού.

Για υψηλότερες πιέσεις, οι Whitson και Torp⁵ πρότειναν την ακόλουθη εξίσωση, συναρτήσει της πίεσης σύγκλισης p_c :

$$k_i = \frac{\left(\frac{p_{ci}}{p_c}\right)^{A-1} \exp[5.37A(1+\omega_i)(1-1/Tr_i)]}{p_{ri}} \quad [3.8]$$

όπου

A: συντελεστής που εξαρτάται από την πίεση σύγκλισης.

p_{ci} : η πίεση κορεσμού.

Αργότερα ο Varotsis⁵ βασιζόμενος σε δουλειά του Winn, πρότεινε μια νέα εξίσωση, η οποία μπορεί να δώσει τιμές k_i με ικανοποιητική ακρίβεια για όλα τα συστατικά ενός ταμειευτήρα πετρελαίου, συμπεριλαμβανομένων των αερίων (N_2 , CO_2 , H_2S) και των βαρέων κλασμάτων. Ένα X-Y διάγραμμα (plot) κατασκευάζεται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε οι συντεταγμένες X-Y να καθορίζουν τη θέση ενός ρευστού πάνω στο διάγραμμα. Ισχύει:

$$X \text{ ή } Y = C_3 * T^3 + C_2 * T^2 + C_1 * T + C_0 \quad [3.9]$$

όπου:

C_i , $i=0, \dots, 3$, πολυωνυμικοί συντελεστές

Ο υπολογισμός των k_i , βασίζεται στην παρακάτω εξίσωση:

$$\log k_i = -2.9993 + 0.671284 * \frac{A}{B} \quad [3.10]$$

όπου

$$A = \frac{Y}{Y-Y_i} - \frac{X}{X-X_i} - 3.97812 * \frac{1}{Y-Y_i} \quad [3.11]$$

$$B = -\frac{1}{X-X_i} + 0.005515 * \frac{1}{Y-Y_i} \quad [3.12]$$

X_i, Y_i : συντεταγμένες του συστατικού i πάνω στο X - Y διάγραμμα

Ο συντελεστής ισορροπίας, μπορεί να εκφρασθεί μέσω των συντελεστών πτητικότητας του συστατικού i για την υγρή φάση L και την αέρια V . Εισάγωντας την εξίσωση [3.1] στην σχέση [3.6] και δεδομένου ότι στο σημείο ισορροπίας ισχύει η [3.2], συνεπάγεται ³:

$$k_i = \frac{y_i}{x_i} = \frac{\frac{f_i^V}{p^* \Phi_i^V}}{\frac{f_i^L}{p^* \Phi_i^L}} = \frac{f_i^V * p^* \Phi_i^L}{f_i^L * p^* \Phi_i^V} \Rightarrow k_i = \frac{\Phi_i^L}{\Phi_i^V} \quad [3.13]$$

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Τ Ε Τ Α Ρ Τ Ο

ΜΕΛΕΤΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ ΦΑΣΕΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ -

ΚΑΤΑΣΤΑΤΙΚΗ ΕΞΙΣΩΣΗ

Η Καταστατική Εξίσωση (Equation of State-EOS), ορίζεται σαν μια αλγεβρική εξίσωση η οποία μπορεί να περιγράψει τη σχέση ανάμεσα στην πίεση, τη θερμοκρασία και τον όγκο για μια καθαρή ουσία ή για ένα μίγμα⁶. Συνδέει θερμοδυναμικές μεταβλητές και ισχύει ανεξάρτητα συνθηκών και συστάσεων ρευστών. Περιγράφει με σημαντική ακρίβεια την ογκομετρική συμπεριφορά μιας καθαρής ουσίας ή ενός μίγματος. Η EOS έχει χρησιμοποιηθεί ευρύτατα για την μελέτη της ισορροπίας φάσεων σε συστήματα υδρογονανθράκων με πολλά συστατικά.

4.1 Γενική μορφή και τροποποιήσεις της EOS.

Η γενική μορφή της καταστατικής εξίσωσης σύμφωνα με τον Martin είναι⁴:

$$p = \frac{R \cdot T}{V' - t} - \frac{a}{(V' - t + b) \cdot (V' - t + \gamma)} \quad [4.1]$$

όπου

T: θερμοκρασία

V': μοριακός όγκος

R: παγκόσμια σταθερά των αερίων

a, b, t, γ: σταθερές

Για την εξίσωση του Van der Waals, ο οποίος υπήρξε και ο πρόδρομος στον στον τομέα αυτό, ισχύει: $\beta = \gamma = t = b$ και $a = a$.

Μετά την προτεινόμενη εξίσωση του Van der Waals, πολλές εξισώσεις έχουν προταθεί για να μελετήσουν ισορροπία φάσεων. Οι επόμενες εξισώσεις τροποποίησαν την αρχική εξίσωση του Van der Waals, προτείνοντας διάφορες κλίμακες πολυπλοκότητας.

Ο σημαντικότερος σταθμός στην ιστορία της EOS ήταν η τροποποίηση που πρότεινε ο Soave και η εξίσωση με δύο σταθερές που τελικά εισήγαγε. Η εξίσωση αυτή, λόγω της απλότητάς της βοήθησε πολύ στη μελέτη ισορροπίας φάσεων και χρησιμοποιήθηκε ευρύτατα για τον υπολογισμό ιδιοτήτων του ρευστού.

4.2 Η Καταστατική Εξίσωση Peng-Robinson.

Τέσσερα χρόνια μετά την τροποποίηση του Soave, οι Peng και Robinson πρότειναν μια νέα εξίσωση. Η κυριότερη αιτία για την νέα τροποποίηση, ήταν η αποτυχία των προηγούμενων εξισώσεων να προλέγουν πυκνότητα υγρού με ακρίβεια ⁷.

Η EOS - Peng Robinson εξίσωση, προκύπτει από την [4.1] θέτοντας όπου $t=b$, $\beta=3.14b$, $\gamma=0.59b$, $a=a(T)$ και είναι της μορφής ⁶:

$$p = \frac{R \cdot T}{V' - b} - \frac{a(T)}{V'(V' + b) + b(V' - b)} \quad [4.2]$$

όπου

$a(T)$: σταθερά στην EOS που εξαρτάται από τη θερμοκρασία

b: σταθερά της EOS

Ισχύει ⁶:

$$a(T) = a(T_c) * \alpha(T) \quad [4.3]$$

και

$$\alpha(T) = [1 + m(1 + Tr)^{0.5}]^2 \quad [4.4]$$

με

$$m = 0.48 + 1.574\omega - 0.178\omega^2 \quad [4.5]$$

όπου

$a(T_c)$: η τιμή της σταθεράς στην EOS για την κρίσιμη
θερμοκρασία

$\alpha(T)$: σταθερά της EOS που εξαρτάται από τη θερμοκρασία

ω : σταθερά εκκεντρότητας, χαρακτηριστική για κάθε συστα-
τικό

Επίσης ισχύει ⁶:

$$a(T_c) = \Omega_a^o * \frac{R^2 * T_c^2}{P_c} \quad [4.6]$$

$$b(T_c) = \Omega_b^o * \frac{R * T_c}{P_c} \quad [4.7]$$

όπου

Ω_a , Ω_b : παράμετροι στην EOS-PR ίσοι με 0.4724 και
0.0778 αντίστοιχα

Αν ο συντελεστής συμπιεστότητας Z (compressibility factor), $Z=p*V/RT$, εισαγθεί στην εξίσωση [4.2] τότε προκύπτει η παρακάτω εξίσωση *:

$$Z^3 + (B-1) Z^2 + (A-3B^2-2B) Z - (AB-B^2-B^3) = 0 \quad [4.8]$$

όπου

$$A = \frac{a(T) * p}{R^2 T^2} \quad [4.9]$$

$$B = \frac{b * p}{RT} \quad [4.10]$$

Στους υπολογισμούς για μίγματα, ισχύουν οι παρακάτω κανόνες μίξεως *:

$$(\alpha a)_m = \sum_i \sum_j z_i z_j (a_i a_j \alpha_i \alpha_j)^{0.5 * (1-k_{ij})} \quad [4.11]$$

και

$$b_m = \sum_i z_i b_i \quad [4.12]$$

όπου

k_{ij} : συντελεστής αλληλεπίδρασης μεταξύ των συστατικών i και j

a_i : σταθερά της EOS για το συστατικό i

b_i : σταθερά της EOS για το συστατικό i

z_i : μοριακό κλάσμα του συστατικού i

m : μίγμα

Σ' ένα μίγμα, ο συντελεστής πτητικότητας Φ για ένα συστατικό i που βρίσκεται στη φάση a , υπολογίζεται βάσει της EOS από την ακόλουθη εξίσωση:

$$\ln \Phi_i^a = \frac{b_i * (Z-1)}{b_m} - \ln(Z-B) - \frac{A}{2.82843B} * \left(\frac{2\Psi_i}{\Psi} - \frac{b_i}{b_m} \right) * \ln \frac{Z+2.414B}{Z-0.414B} \quad [4.13]$$

$$\Psi_i = \sum_j z_j (a_i a_j \alpha_i \alpha_j)^{0.5} * (1 - k_{ij}) \quad [4.14]$$

και

$$\Psi = \sum_i \sum_j z_i z_j (a_i a_j \alpha_i \alpha_j)^{0.5} (1 - k_{ij}) \quad [4.15]$$

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Π Ε Μ Π Τ Ο

ΕΠΙΛΥΣΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ ΦΑΣΕΩΝ ΒΑΣΕΙ

ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΤΙΚΗΣ ΕΞΙΣΩΣΗΣ

Η επίλυση των εξισώσεων ισορροπίας φάσεων βάσει της Καταστατικής Εξίσωσης, στηρίζεται στην τεχνική της επαναληπτικής μεθόδου με την οποία επιτυγχάνεται απλή και γρήγορη επίλυση. Τα βασικά βήματα επίλυσης του συστήματος επίλυσης της ισορροπίας φάσεων είναι:

1. Εφαρμογή της εξίσωσης του Gibbs, $F=C-P+2$, όπου:

F:βαθμοί ελευθερίας που ισοδυναμούν με τον αριθμό των ανεξάρτητων μεταβλητών

C:αριθμός συστατικών

P:αριθμός των φάσεων

Από την εξίσωση του Gibbs προκύπτει ο αριθμός των ανεξάρτητων μεταβλητών.

2. Προσδιορισμός ανοχής G_1 , ανάλογα με το βαθμό ακρίβειας που επιδιώκεται.

3. Προσδιορισμός των αρχικών τιμών των ανεξάρτητων μεταβλητών.

4. Υπολογισμός των εξαρτημένων μεταβλητών.

5. Εύρεση Ευκλείδειου μέτρου (EM). Το Ευκλείδιο μέτρο είναι ένας αλγόριθμος η τιμή του οποίου προκύπτει από τις τιμές των ανεξάρτητων μεταβλητών. Η τιμή του αποτελεί ένδειξη (ανάλογα με τον βαθμό ακρίβειας που επιδιώκεται) της απόκλισης των τιμών των ανεξάρτητων μεταβλητών που ορίστηκαν αρχικά, από

τις πραγματικές τιμές. Αν το EM είναι μεγαλύτερο της ανοχής που ορίστηκε, η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται με νέες τιμές των ανεξάρτητων μεταβλητών έως ότου $EM < G_1$.

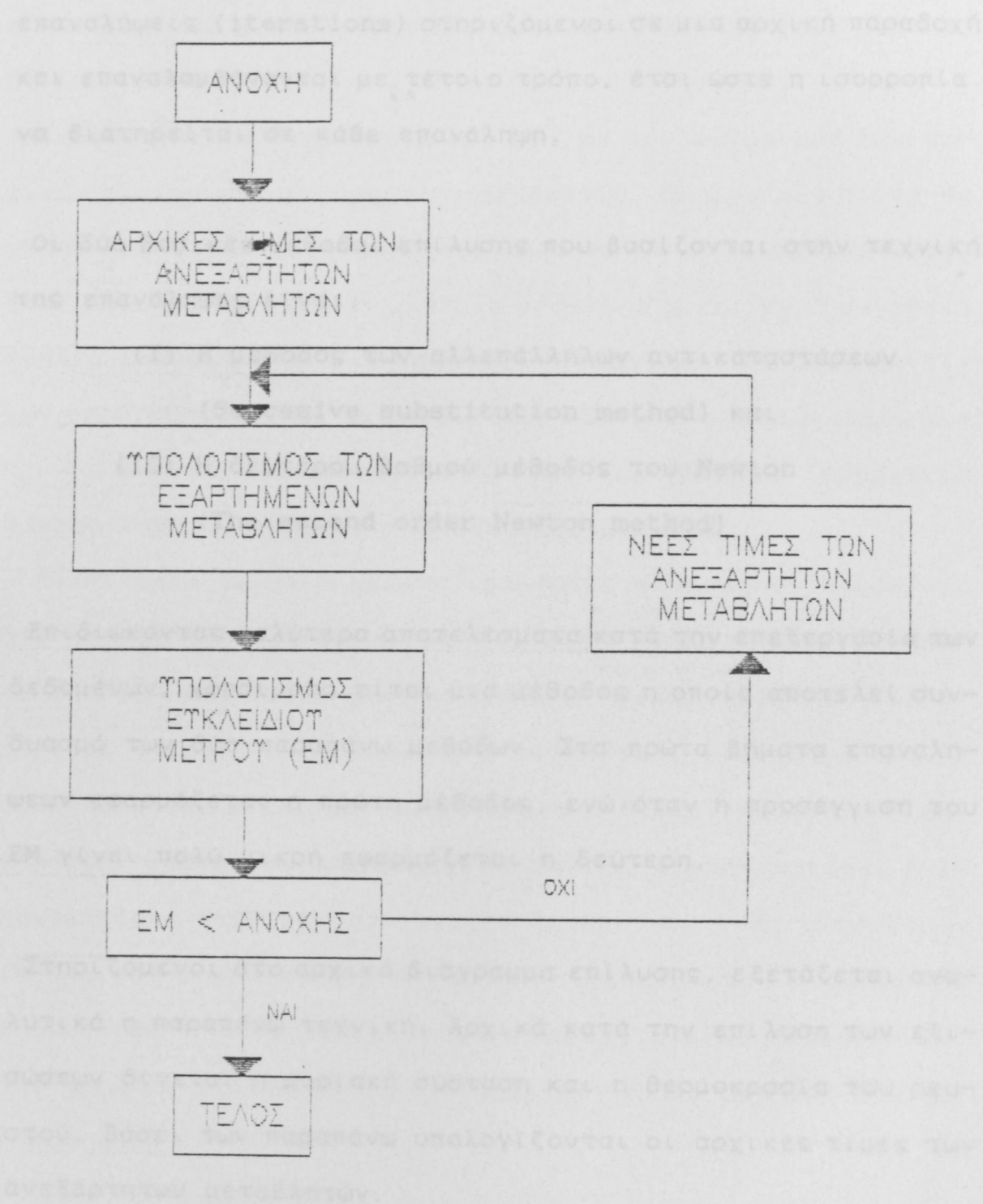
Το σχήμα 5.1 δίνει το βασικό διάγραμμα επίλυσης.

5.1 Μέθοδοι επίλυσης ισορροπίας φάσεων.

Οι μέθοδοι που περιγράφουν και επιλύουν την ισορροπία υγρού-αερίου μπορούν να χωρισθούν σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη περιλαμβάνει τις μεθόδους εκείνες που χρησιμοποιούν τους συντελεστές ισορροπίας για να ορίσουν τις συστάσεις σε κάθε φάση, θεωρώντας ότι οι τιμές των συντελεστών k_i είναι ανεξάρτητες της σύστασης. Το κυριότερο πλεονέκτημα αυτής της κατηγορίας (η οποία είχε ευρεία χρήση πριν την εξαπλώση των ηλεκτρονικών υπολογιστών) είναι η απλή μαθηματική ανάπτυξη των μοντέλων. Η εφαρμογή της δεν ενδείκνυται για συνθήκες υψηλών πιέσεων (>500 psia) και θερμοκρασιών (>120 F) ⁴.

5.2 Μέθοδοι επίλυσης ισορροπίας φάσεων βάσει της EOS.

Η δεύτερη κατηγορία μεθόδων επίλυσης του συστήματος εξισώσεων της ισορροπίας φάσεων, η οποία χρησιμοποιείται ευρύτατα με σημαντική ακρίβεια, χρησιμοποιεί την Καταστατική Εξίσωση για τον υπολογισμό ογκομετρικών χαρακτηριστικών της φάσης και των συστάσεων ταυτόχρονα. Οι υπολογισμοί βασίζονται σε



ΣΧΗΜΑ 5.1

Βασικό διάγραμμα επίλυσης των εξισώσεων ισορροπίας φάσεων.

επαναλήψεις (iterations) στηριζόμενοι σε μια αρχική παραδοχή και επαναλαμβάνονται με τέτοιο τρόπο, έτσι ώστε η ισορροπία να διατηρείται σε κάθε επανάληψη.

Οι δύο βασικές μέθοδοι επίλυσης που βασίζονται στην τεχνική της επανάληψης είναι:

(I) Η μέθοδος των αλληπάλληλων αντικαταστάσεων

(Successive substitution method) και

(II) Η δευτέρου βαθμού μέθοδος του Newton

(The second order Newton method)

Επιδιώκοντας καλύτερα αποτελέσματα κατά την επεξεργασία των δεδομένων, χρησιμοποιείται μια μέθοδος η οποία αποτελεί συνδυασμό των δύο παραπάνω μεθόδων. Στα πρώτα βήματα επαναλήψεων εφαρμόζεται η πρώτη μέθοδος, ενώ όταν η προσέγγιση του ΕΜ γίνει πολύ μικρή εφαρμόζεται η δεύτερη.

Στηριζόμενοι στο αρχικό διάγραμμα επίλυσης, εξετάζεται αναλυτικά η παραπάνω τεχνική. Αρχικά κατά την επίλυση των εξισώσεων δίνεται η μόριακή σύσταση και η θερμοκρασία του ρευστού. Βάσει των παραπάνω υπολογίζονται οι αρχικές τιμές των ανεξάρτητων μεταβλητών.

-Για όλες τις περιπτώσεις, είτε πρόκειται για προσδιορισμό p_b (ή p_d) ή μελέτη ισόθερμης εκτόνωσης (Flash) χρησιμοποιούνται $n+1$ ανεξάρτητες μεταβλητές. Με τον τρόπο αυτό το σύστημα των εξισώσεων γίνεται γραμμικότερο (από σύστημα εξισώσεων με

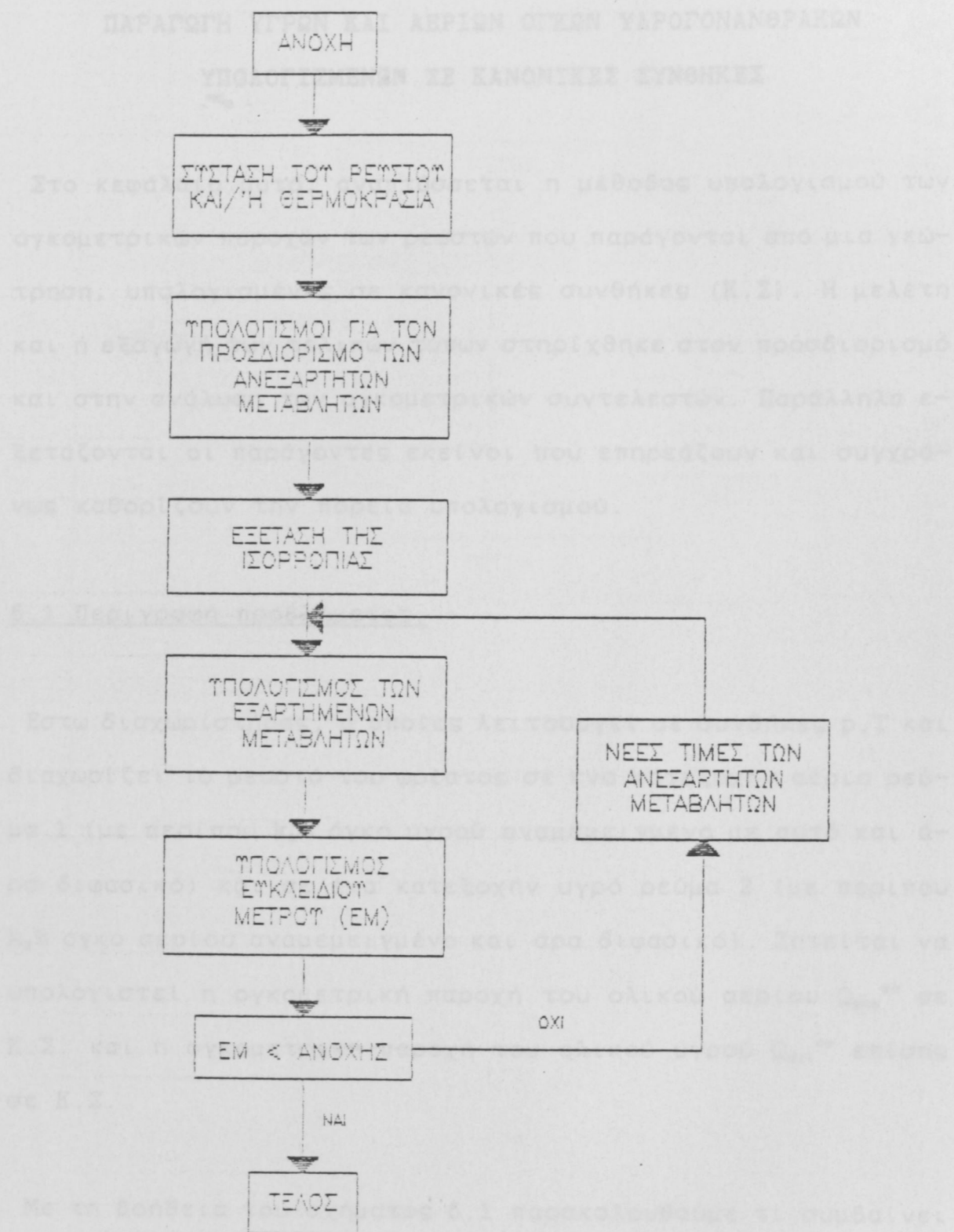
η ανεξάρτητες μεταβλητές) και συγκλίνει πιο γρήγορα στη λύση ⁵.

-Η επαναληπτική διαδικασία αρχίζει με τον καθορισμό των αρχικών τιμών των ανεξάρτητων μεταβλητών. Οι αρχικές τιμές θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά στις πραγματικές, έτσι ώστε ν' αποφευχθούν μεγάλες αποκλίσεις και κατά συνέπεια πολλές επαναλήψεις. Για καλύτερη προσέγγιση των αρχικών τιμών χρησιμοποιούνται οι εμπειρικές εξισώσεις υπολογισμού των k_1 , οι οποίες αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο "Μελέτη Ισορροπίας Φάσεων Υδρογονανθράκων - Εμπειρικές Σχέσεις".

- Όταν πρόκειται για μελέτη ισόθερμης εκτόνωσης, θεωρείται ότι το σύστημα βρίσκεται σε διφασική ισορροπία. Η υπόθεση όμως αυτή εμπεριέχει μεγάλο κίνδυνο, γιατί η ισορροπία ενδέχεται να είναι μονοφασική. Ο καθορισμός του τύπου της ισορροπίας και ο έλεγχος μονοφασικής ή διφασικής ισορροπίας, αποτελεί μέρος του προγράμματος. Προτού λοιπόν αρχίσει η επαναληπτική διαδικασία, γίνεται διερεύνηση ενός αλγόριθμου (ο οποίος προκύπτει από την EOS) και εξετάζεται ο τύπος της ισορροπίας ⁵. Ανάλογα με το αποτέλεσμα, η διαδικασία επίλυσης προχωρά ή διακόπτεται, αν προκύψει ότι η ισορροπία είναι διφασική.

Το ολοκληρωμένο διάγραμμα επίλυσης δίνεται στο σχήμα 5.2

ΕΠΙΛΥΣΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ ΦΑΣΕΩΝ ΒΑΣΕΙ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΤΙΚΗΣ ΕΞΙΣΩΣΗΣ



ΣΧΗΜΑ 5.2

Διάγραμμα επίλυσης των εξισώσεων ισορροπίας φάσεων βάσει της EOS.

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Ε Κ Τ Ο

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΓΡΩΝ ΚΑΙ ΑΕΡΙΩΝ ΟΓΚΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ

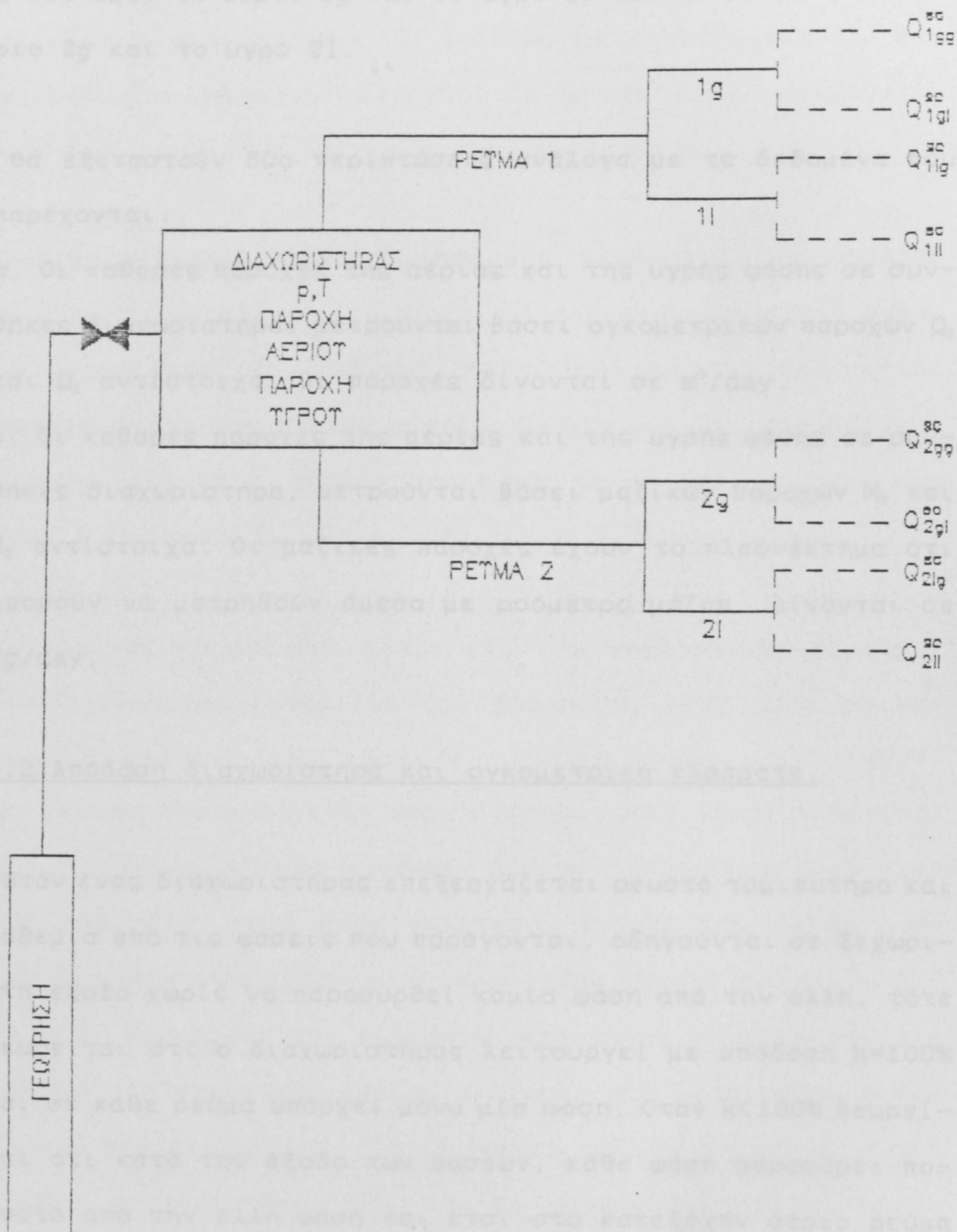
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΕΝΩΝ ΣΕ ΚΑΝΟΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Στο κεφάλαιο αυτό, αναπτύσσεται η μέθοδος υπολογισμού των ογκομετρικών παροχών των ρευστών που παράγονται από μια γεώτρηση, υπολογισμένες σε κανονικές συνθήκες (Κ.Σ). Η μελέτη και η εξαγωγή των τελικών τύπων στηρίχθηκε στον προσδιορισμό και στην ανάλυση των ογκομετρικών συντελεστών. Παράλληλα εξετάζονται οι παράγοντες εκείνοι που επηρεάζουν και συγχρόνως καθορίζουν την πορεία υπολογισμού.

6.1 Περιγραφή προβλήματος.

Εστω διαχωριστήρας, ο οποίος λειτουργεί σε συνθήκες p, T και διαχωρίζει το ρευστό του φρέατος σε ένα κατεξοχήν αέριο ρεύμα 1 (με περίπου $k_1\%$ όγκο υγρού αναμεμειγμένο με αυτό και άρα διφασικό) και σε ένα κατεξοχήν υγρό ρεύμα 2 (με περίπου $k_2\%$ όγκο αερίου αναμεμειγμένο και άρα διφασικό). Ζητείται να υπολογιστεί η ογκομετρική παροχή του ολικού αερίου Q_{gas}^{sc} σε Κ.Σ. και η ογκομετρική παροχή του ολικού υγρού Q_{oil}^{sc} επίσης σε Κ.Σ.

Με τη βοήθεια του σχήματος 6.1 παρακολουθούμε τι συμβαίνει στον διαχωριστήρα. Καθένα από τα ρεύματα 1 και 2 περιέχει ένα ποσοστό της υγρής και της αέριας φάσης. Δηλαδή το ρεύμα



ΣΧΗΜΑ 6.1

Σχηματική παράσταση ρευμάτων που βγαίνουν από διαχωριστήρα.

1 περιέχει το αέριο 1g και το υγρό 1l και το ρεύμα 2 το αέριο 2g και το υγρό 2l.

Θα εξεταστούν δύο περιπτώσεις ανάλογα με τα δεδομένα που παρέχονται:

α. Οι καθαρές παροχές της αέριας και της υγρής φάσης σε συνθήκες διαχωριστήρα, μετρούνται βάσει ογκομετρικών παροχών Q_1 και Q_2 αντίστοιχα. Οι παροχές δίνονται σε m^3/day .

β. Οι καθαρές παροχές της αέριας και της υγρής φάσης σε συνθήκες διαχωριστήρα, μετρούνται βάσει μαζικών παροχών M_1 και M_2 αντίστοιχα. Οι μαζικές παροχές έχουν το πλεονέκτημα ότι μπορούν να μετρηθούν άμεσα με ροόμετρο μάζας. Δίνονται σε kg/day .

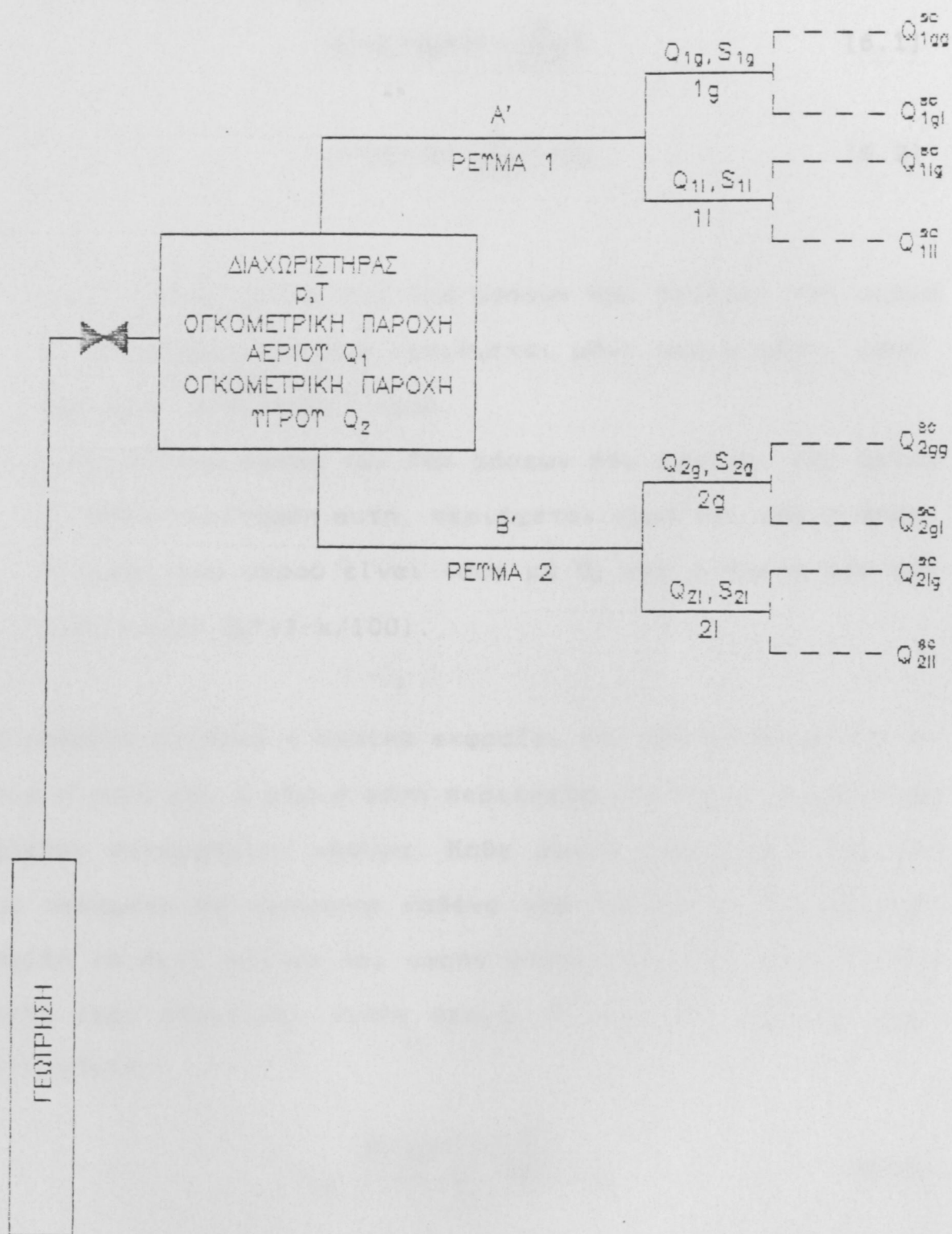
6.2 Απόδοση διαχωριστήρα και ογκομετρικά κλάσματα.

Όταν ένας διαχωριστήρας επεξεργάζεται ρευστό ταμιευτήρα και καθεμία από τις φάσεις που παράγονται, οδηγούνται σε ξεχωριστή έξοδο χωρίς να παρασυρθεί καμία φάση από την άλλη, τότε θεωρείται ότι ο διαχωριστήρας λειτουργεί με απόδοση $k=100\%$ και σε κάθε ρεύμα υπάρχει μόνο μία φάση. Όταν $k<100\%$ θεωρείται ότι κατά την έξοδο των φάσεων, κάθε φάση παρασύρει ποσοστό από την άλλη φάση και έτσι στο κατεξοχήν αέριο ρεύμα 1 περιέχεται ποσοστό της υγρής φάσης, ενώ στο κατεξοχήν υγρό ρεύμα 2 περιέχεται ποσοστό της αέριας φάσης. Πρέπει να σημειωθεί ότι η απόδοση του διαχωριστήρα δεν είναι μικρότερη από 95%

Ας παρακολουθήσουμε με τη βοήθεια του σχήματος 6.2 τι συμβαίνει στον διαχωριστήρα. Οι καθαρές (μη αναμεμειγμένες) παροχές των ρευστών συμβολίζονται με Q_1 και Q_2 και μετρούνται σε m^3/day , δηλαδή είναι ογκομετρικές παροχές.

Ο διαχωριστήρας του σχήματος 6.2 λειτουργεί με απόδοση $k\% < 100\%$. Στο κατεξοχήν αέριο ρεύμα 1 περιέχεται ποσοστό όγκου της υγρής φάσης και στο κατεξοχήν υγρό ρεύμα 2 περιέχεται ποσοστό όγκου της αέριας φάσης. Υποθέτουμε ότι στο ρεύμα 1 υπάρχουν τελικά Q_{1g} m^3/day αέριο και Q_{1l} m^3/day υγρό και στο ρεύμα 2 υπάρχουν Q_{2g} m^3/day αέριο και Q_{2l} m^3/day υγρό.

Σημαντικός παράγοντας εκτός από την απόδοση του διαχωριστήρα, ο οποίος καθορίζει τον βαθμό που κάθε φάση θα παρασυρθεί από την άλλη, είναι η αναλογία γραμμομορίων (mole) του αερίου που παράγεται στον διαχωριστήρα (separator gas) προς την τροφοδοσία σε συνθήκες διαχωριστήρα, έστω x . Η τιμή αυτή καθορίζει ποιά φάση υπερτερεί έναντι της άλλης μέσα στον διαχωριστήρα. Όταν το x κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 0.7 και 1.0, θεωρείται ότι κυρίαρχη φάση είναι η αέρια και ένα ποσοστό του όγκου του αερίου εισχωρεί στο υγρό ρεύμα καθώς το υγρό βγαίνει από τον διαχωριστήρα, ενώ αν συμβεί το αντίστροφο, ο όγκος του υγρού που θα παρασυρθεί από το αέριο ρεύμα θα είναι αμελητέος. Ο όγκος του αερίου που εισχωρεί στο υγρό ρεύμα είναι ίσος με $(1-k/100) \cdot Q_2$, όπου k η απόδοση του διαχωριστήρα. Οι τελικοί αθροιστικοί όγκοι υγρού+αερίου σε συνθήκες διαχωριστήρα που βγαίνουν σε κάθε ρεύμα είναι:



ΣΧΗΜΑ 6.2

Σχηματική παράσταση ρευμάτων που βγαίνουν από διαχωριστήρα. (Μετρήσεις: ογκομετρικές παροχές)

$$A' = Q_1 - Q_2 * (1 - \frac{k}{100}) \quad [6.1]$$

$$B' = Q_2 + (1 - \frac{k}{100}) * Q_2 \quad [6.2]$$

όπου:

A': ο συνολικός όγκος των δύο φάσεων που βγαίνει στο ρεύμα

1. Στο συνολικό όγκο περιέχεται μόνο αέρια φάση, αφού δεν έχει εισχωρήσει υγρό.

B': ο συνολικός όγκος των δύο φάσεων που βγαίνει στο ρεύμα

2. Στην περίπτωση αυτή, περιέχεται υγρή και αέρια φάση. Ο όγκος του υγρού είναι ίσος με Q_2 και ο όγκος του αερίου είναι $Q_2 * (1 - k/100)$.

Ο καθαρός αριθμός ο οποίος εκφράζει την αναλογία με την οποία η υγρή και η αέρια φάση περιέχεται σε κάθε ρεύμα, ονομάζεται ογκομετρικό κλάσμα. Κάθε ρεύμα χαρακτηρίζεται από δύο ογκομετρικά κλάσματα καθένα από τα οποία δηλώνει την ύπαρξη (ή όχι) αέριας και υγρής φάσης. Για το ρεύμα 1, στο οποίο έχει απομείνει όγκος αερίου A' και δεν υπάρχει υγρή φάση ισχύει:

$$S_{1g} = \frac{Q_1 - Q_2 * (1 - \frac{k}{100})}{A'} = 1 \quad [6.3]$$

$$S_{1l} = \frac{0}{A'} = 0 \quad [6.4]$$

ενώ για το ρεύμα 2, στο οποίο έχει εισχωρήσει όγκος αερίου και υπάρχει υγρό ισχύει:

$$S_{2g} = \frac{Q_2 * (1 - \frac{k}{100})}{B'} \quad [6.5]$$

$$S_{2l} = \frac{Q_2}{B'} \quad [6.6]$$

Όταν η αναλογία γραμμομορίων αερίου/τροφοδοσία είναι μικρότερη από 0.4, τότε θεωρείται σαν κυρίαρχη φάση η υγρή και ο όγκος του υγρού που εισχωρεί στο αέριο ρεύμα είναι $Q_1 * (1 - k/100)$. Στην περίπτωση αυτή ισχύουν οι παρακάτω εξισώσεις:

$$A' = Q_1 + Q_1 * (1 - \frac{k}{100}) \quad [6.7]$$

$$B' = Q_2 - Q_1 * (1 - \frac{k}{100}) \quad [6.8]$$

$$S_{1g} = \frac{Q_1}{A'} \quad [6.9]$$

$$S_{1l} = \frac{Q_1 * (1 - \frac{k}{100})}{A'} \quad [6.10]$$

$$S_{2g} = \frac{0}{B'} = 0 \quad [6.11]$$

$$S_{2l} = \frac{Q_2 - Q_1 * (1 - \frac{k}{100})}{B'} = 1 \quad [6.12]$$

Όταν η τιμή κυμαίνεται μεταξύ $0.4 < x < 0.6$, θεωρείται ότι δεν λαμβάνει χώρα εισροή της μίας φάσης στο ρεύμα της άλλης. Τα ογκομετρικά κλάσματα είναι τα ίδια με εκείνα που ισχύουν

όταν η απόδοση του διαχωριστήρα είναι 100% και δίνονται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$A' = Q_1 \quad [6.13]$$

$$B' = Q_2 \quad [6.14]$$

$$S_{1g} = \frac{A'}{A'} = 1 \quad [6.15]$$

$$S_{1l} = \frac{0}{A'} = 0 \quad [6.16]$$

$$S_{2g} = \frac{0}{B'} = 0 \quad [6.17]$$

$$S_{2l} = \frac{B'}{B'} = 1 \quad [6.18]$$

6.3 Βασικοί τύποι υπολογισμού της συνολικής παροχής του αερίου Q_{gas}^{sc} και του πετρελαίου Q_{oil}^{sc} σε συνθήκες κανονικές. (Μετρήσεις: ογκομετρικές παροχές)

Η συνολική παροχή του αερίου που παράγεται από διαχωριστήρα υπολογισμένη σε κανονικές συνθήκες, δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$Q_{gas}^{sc} = Q_{1gg}^{sc} + Q_{1lg}^{sc} + Q_{2gg}^{sc} + Q_{2lg}^{sc} \quad [6.19]$$

και η παροχή του υγρού:

$$Q_{oil}^{sc} = Q_{1gl}^{sc} + Q_{1ll}^{sc} + Q_{2gl}^{sc} + Q_{2ll}^{sc} \quad [6.20]$$

όπου

Q_{1gg}^{sc} , Q_{1g1}^{sc} : η παροχή του αερίου και του υγρού που προέρχεται από την εκτόνωση ή/και τη συμπύκνωση του αερίου του ρεύματος 1 σε Κ.Σ.

Q_{11g}^{sc} , Q_{111}^{sc} : η παροχή του αερίου και του υγρού που προέρχεται από την εκτόνωση ή/και τη συμπύκνωση του υγρού του ρεύματος 1 σε Κ.Σ.

Q_{2gg}^{sc} , Q_{2g1}^{sc} : η παροχή του αερίου και του υγρού που προέρχεται από την εκτόνωση ή/και τη συμπύκνωση του αερίου του ρεύματος 2 σε Κ.Σ.

Q_{21g}^{sc} , Q_{211}^{sc} : η παροχή του αερίου και του υγρού που προέρχεται από την εκτόνωση ή/και τη συμπύκνωση του υγρού του ρεύματος 2 σε Κ.Σ.

Αρκεί να υπολογιστούν οι επιμέρους ογκομετρικές παροχές.

• Υπολογισμός του Q_{1gg}^{sc} και του Q_{1g1}^{sc} .

Η παροχή του αερίου $1g$, το οποίο προέρχεται από το ρεύμα 1, υπολογίζεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$Q_{1g} = Q_1 * S_{1g} \quad [6.21]$$

Σε κανονικές συνθήκες, η ογκομετρική παροχή του αερίου $1g$ είναι:

$$Q_{1gg}^{sc} = \frac{Q_1 * S_{1g}}{Bg} \quad [6.22]$$

όπου

Bg : ο ογκομετρικός συντελεστής σχηματισμού της αέριας φάσης.

Ο όγκος του υγρού που συμπυκνώθηκε στη μονάδα του χρόνου (sm^3/day), δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$Q_{1g1}^{sc} = r_s * Q_{1gg}^{sc} = r_s * \frac{Q_1 * S_{1g}}{B_g} \quad [6.23]$$

όπου

r_s : ο λόγος πετρελαίου εν διαλύσει/αέριο.

Δηλαδή από τα Q_{1gg}^{sc} sm^3/day αερίου προέκυψαν μέσω της συμπίκνωσης Q_{1g1}^{sc} sm^3/day υγρού.

• Υπολογισμός του Q_{111}^{sc} και του Q_{11g}^{sc} .

Η παροχή του υγρού 11, το οποίο προέρχεται από το ρεύμα 1, υπολογίζεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$Q_{11} = Q_1 * S_{11} \quad [6.24]$$

Σε κανονικές συνθήκες η ογκομετρική παροχή του υγρού 11 είναι:

$$Q_{111}^{sc} = \frac{Q_1 * S_{11}}{B_o} \quad [6.25]$$

όπου

B_o : ο ογκομετρικός συντελεστής σχηματισμού της υγρής φάσης.

Ο όγκος του αερίου που εκτονώθηκε στη μονάδα του χρόνου (sm^3/day) δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$Q_{11g}^{sc} = R_s * Q_{111}^{sc} = R_s * \frac{Q_1 * S_{11}}{B_o} \quad [6.26]$$

όπου

R_s : ο λόγος αερίου εν διαλύσει/πετρέλαιο.

Δηλαδή από τα Q_{111}^{sc} sm^3/day υγρού προέκυψαν μέσω της εκτόνωσης Q_{11g}^{sc} sm^3/day αερίου.

• Υπολογισμός του Q_{2gg}^{sc} και του Q_{2g1}^{sc} .

Η παροχή του αερίου $2g$, του αερίου που προέρχεται από το ρεύμα 2, προκύπτει από την εξίσωση:

$$Q_{2g} = Q_2 * S_{2g} \quad [6.27]$$

Σε κανονικές συνθήκες η ογκομετρική παροχή του αερίου $2g$ είναι:

$$Q_{2gg}^{sc} = \frac{Q_2 * S_{2g}}{Bg} \quad [6.28]$$

Επίσης:

$$Q_{2g1}^{sc} = RS * Q_{2gg}^{sc} = RS * \frac{Q_2 * S_{2g}}{Bg} \quad [6.29]$$

Δηλαδή από τα Q_{2gg}^{sc} sm^3/day αερίου προέκυψαν μέσω της συμπίκνωσης Q_{2g1}^{sc} sm^3/day υγρού.

Υπολογισμός του Q_{211}^{sc} και του Q_{21g}^{sc} .

Η παροχή του υγρού 21, το οποίο προέρχεται από το υγρό ρεύμα 2 είναι:

$$Q_{21} = Q_2 * S_{21} \quad [6.30]$$

Σε κανονικές συνθήκες η ογκομετρική παροχή του υγρού 21 είναι:

$$Q_{211}^{sc} = \frac{Q_2 * S_{21}}{Bo} \quad [6.31]$$

Επίσης:

$$Q_{21g}^{sc} = RS * Q_{211}^{sc} = RS * \frac{Q_2 * S_{21}}{Bo} \quad [6.32]$$

Αρα από τα Q_{211}^{sc} sm^3/day υγρού προέκυψαν μέσω της εκτόνωσης Q_{21g}^{sc} sm^3/day αερίου.

Εφαρμόζοντας τις σχέσεις [6.22], [6.26], [6.28], [6.32] στην εξίσωση [6.19] προκύπτει ότι:

$$Q_{gas}^{sc} = Q_1 * S_{1g} * bg + R_s * Q_1 * S_{1l} * bo + Q_2 * S_{2g} * bg + R_s * Q_2 * S_{2l} * bo \quad [6.33]$$

όπου:

$bo = 1/Bo$ και $bg = 1/Bg$.

Παρόμοια από τις εξισώσεις [6.23], [6.25], [6.29], [6.31] και [6.20] προκύπτει:

$$Q_{oil}^{sc} = R_s * Q_1 * S_{1g} * bg + Q_1 * S_{1l} * bo + R_s * Q_2 * S_{2g} * bg + Q_2 * S_{2l} * bo \quad [6.34]$$

Οι εξισώσεις [6.33] και [6.34] αποτελούν τους βασικούς τύπους από τους οποίους θα προκύψουν οι τελικές εξισώσεις.

6.4 Εκφράσεις των Ογκομετρικών Συντελεστών Σχηματισμού της Υγρής φάσης Bo και της Αέριας φάσης Bg .

Οι ογκομετρικοί συντελεστές σχηματισμού της υγρής φάσης Bo και της αέριας φάσης Bg , θεωρούνται μεγέθη τα οποία δύσκολα μπορούν να υπολογιστούν από τις αρχικές μετρήσεις ροής. Για το λόγο αυτό εκφράζονται μέσω άλλων παραμέτρων, οι οποίες υπολογίζονται και μετρούνται με μεγαλύτερη ευκολία και ακρίβεια π.χ. τον Λόγο Αερίου εν Διαλύσει/Πετρέλαιο R_s και τον Λόγο Πετρελαίου εν Διαλύσει/Αέριο r_s . Παρακάτω εκφράζονται τα Bo και Bg 1) μέσω των γραμμομορίων (moles) του

αερίου που προέρχονται από την εκτόνωση του υγρού και του αερίου κάθε ρεύματος σε κανονικές συνθήκες 2) από τις τιμές των R_s και r_s .

6.4.1 Εκφραση των Ογκομετρικών Συντελεστών βάσει των γραμμομορίων του αερίου.

Για το ρεύμα 1

•Για το αέριο $1g$.

Όταν ένα kmole του αερίου $1g$ σε συνθήκες διαχωριστήρα (n_{1g}^{sep}) εκτονωθεί σε συνθήκες Κ.Σ, θα δώσει n_{1gg}^{sc} kmole αερίου. Από την εκτόνωση ενδέχεται να προκύψει και υγρό, δηλαδή n_{1gl}^{sc} kmole υγρού. Στη γενική περίπτωση ισχύει:

$$n_{1g}^{sep} = n_{1gg}^{sc} + n_{1gl}^{sc} \quad [6.35]$$

και δεδομένου ότι $n_{1g}^{sep} = 1$:

$$n_{1gg}^{sc} + n_{1gl}^{sc} = 1 \quad [6.36]$$

Άρα:

$$Bg = \frac{V_{1g}^{sep}}{V_{1gg}^{sc}} = \frac{n_{1g}^{sep} * MB_g^{sep} * d_{gg}^{sc}}{n_{1gg}^{sc} * MB_{gg}^{sc} * d_g^{sep}} = \frac{MB_g^{sep} * d_{gg}^{sc}}{n_{1gg}^{sc} * MB_{gg}^{sc} * d_g^{sep}} \quad [6.37]$$

•Για το υγρό $1l$.

Παρόμοια, ένα kmole του υγρού $1l$ σε συνθήκες διαχωριστήρα (n_{1l}^{sep}) όταν εκτονωθεί σε συνθήκες Κ.Σ, θα δώσει n_{1ll}^{sc} kmole υγρού και ενδέχεται να προκύψουν και n_{1lg}^{sc} kmole αερίου. Στην γενική περίπτωση ισχύει:

$$n_{11}^{sep} = n_{11g}^{sc} + n_{11l}^{sc} \quad [6.38]$$

και δεδομένου ότι $n_{11}^{sep} = 1$:

$$n_{11g}^{sc} + n_{11l}^{sc} = 1 \quad [6.39]$$

Αρα:

$$Bo = \frac{V_{11}^{sep}}{V_{11l}^{sc}} = \frac{n_{11}^{sep} * MB_1^{sep} * d_{11}^{sep}}{n_{11l}^{sc} * MB_{1l}^{sc} * d_{1l}^{sep}} = \frac{MB_1^{sep} * d_{11}^{sep}}{(1 - n_{11g}^{sc}) * MB_{1l}^{sc} * d_{1l}^{sep}} \quad [6.40]$$

Για το ρεύμα 2

• Για το αέριο 2g.

Ισχύει:

$$n_{2g}^{sep} = n_{2gg}^{sc} + n_{2gl}^{sc} \quad [6.41]$$

και δεδομένου ότι $n_{2g}^{sep} = 1$, συνεπάγεται:

$$Bg = \frac{V_{2g}^{sep}}{V_{2gg}^{sc}} = \frac{n_{2g}^{sep} * MB_g^{sep} * d_{gg}^{sc}}{n_{2gg}^{sc} * MB_{gg}^{sc} * d_g^{sep}} = \frac{MB_g^{sep} * d_{gg}^{sc}}{n_{2gg}^{sc} * MB_{gg}^{sc} * d_g^{sep}} \quad [6.42]$$

• Για το υγρό 2l.

Ισχύει:

$$n_{2l}^{sep} = n_{2lg}^{sc} + n_{2ll}^{sc} \quad [6.43]$$

και δεδομένου ότι $n_{2l}^{sep} = 1$, συνεπάγεται:

$$Bo = \frac{V_{2l}^{sep}}{V_{2ll}^{sc}} = \frac{n_{2l}^{sep} * MB_l^{sep} * d_{ll}^{sc}}{n_{2ll}^{sc} * MB_{ll}^{sc} * d_{1l}^{sep}} = \frac{MB_l^{sep} * d_{ll}^{sc}}{(1 - n_{2lg}^{sc}) * MB_{ll}^{sc} * d_{1l}^{sep}} \quad [6.44]$$

Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί το εξής:

Η ισορροπία η οποία επικρατεί στα δύο ρεύματα είναι ίδια δεδομένου ότι η σύσταση του ρευστού, η πίεση p και η θερμοκρασία T λειτουργίας του διαχωριστήρα είναι όμοια. Κατά συνέπεια ισχύουν οι σχέσεις:

$$n_{1gg}^{sc} = n_{2gg}^{sc} \quad [6.45]$$

$$n_{1lg}^{sc} = n_{2lg}^{sc} \quad [6.46]$$

Από τις σχέσεις [6.37], [6.42] και [6.40], [6.44] προκύπτει ότι και τα δύο ρεύματα έχουν τους ίδιους ογκομετρικούς συντελεστές B_o και B_g .

6.4.2 Εκφραση των Ογκομετρικών Συντελεστών βάσει του Λόγου Αερίου εν Διαλύσει/Πετρέλαιο, R_s και του Λόγου Πετρελαίου εν Διαλύσει/Αέριο, r_s .

Στη γενική περίπτωση ισχύει:

$$R_s = \frac{V_g^{sc}}{V_l^{sc}} = \frac{\frac{m_g^{sc}}{d_g^{sc}}}{\frac{m_l^{sc}}{d_l^{sc}}} = \frac{m_g^{sc} * d_l^{sc}}{m_l^{sc} * d_g^{sc}} \rightarrow \frac{m_g^{sc}}{m_l^{sc}} = R_s * \frac{d_g^{sc}}{d_l^{sc}} \quad [6.47]$$

Επίσης:

$$B_o = \frac{V_l^{sep}}{V_l^{sc}} = \frac{m_l^{sep} * d_l^{sc}}{m_l^{sc} * d_l^{sep}} = \frac{(m_g^{sc} + m_l^{sc}) * d_l^{sc}}{m_l^{sc} * d_l^{sep}} = \left(\frac{m_g^{sc}}{m_l^{sc}} + 1 \right) * \frac{d_l^{sc}}{d_l^{sep}} \quad [6.48]$$

Αντικαθιστώντας την σχέση [6.47] στη [6.48] προκύπτει:

$$Bo = (Rs * \frac{d_g^{sc}}{d_1^{sc}} + 1) * \frac{d_1^{sc}}{d_1^{sep}} \rightarrow Bo = Rs * \frac{d_g^{sc}}{d_1^{sep}} + \frac{d_1^{sc}}{d_1^{sep}} \rightarrow$$

$$bo = \frac{d_1^{sep}}{Rs * d_g^{sc} + d_1^{sc}} \quad [6.49]$$

Παρόμοια:

$$rs = \frac{V_1^{sc}}{V_g^{sc}} = \frac{\frac{m_1^{sc}}{d_1^{sc}}}{\frac{m_g^{sc}}{d_g^{sc}}} = \frac{m_1^{sc} * d_g^{sc}}{m_g^{sc} * d_1^{sc}} \rightarrow \frac{m_1^{sc}}{m_g^{sc}} = rs * \frac{d_1^{sc}}{d_g^{sc}} \quad [6.50]$$

$$Bg = \frac{V_g^{sep}}{V_g^{sc}} = \frac{m_g^{sep} * d_g^{sc}}{m_g^{sc} * d_g^{sep}} = \frac{(m_g^{sc} + m_1^{sc}) * d_g^{sc}}{m_g^{sc} * d_g^{sep}} = (\frac{m_1^{sc}}{m_g^{sc}} + 1) * \frac{d_g^{sc}}{d_g^{sep}} \quad [6.51]$$

Ομοίως, αντικαθιστώντας την σχέση [6.50] στη [6.51] προκύπτει:

$$Bg = (rs * \frac{d_1^{sc}}{d_g^{sc}} + 1) * \frac{d_g^{sc}}{d_g^{sep}} \rightarrow Bg = rs * \frac{d_1^{sc}}{d_g^{sep}} + \frac{d_g^{sc}}{d_g^{sep}} \rightarrow$$

$$bg = \frac{d_g^{sep}}{rs * d_1^{sc} + d_g^{sc}} \quad [6.52]$$

6.5 Εκφραση της πυκνότητας του αερίου βάσει της καταστατικής εξίσωσης των αερίων, σε κανονικές συνθήκες και σε συνθήκες διαχωριστήρα.

Ισχύει:

$$p \cdot V = n \cdot Z \cdot R \cdot T \rightarrow p \cdot V = \frac{m}{MB_g} \cdot Z \cdot R \cdot T \rightarrow \frac{m}{V} = \frac{p \cdot MB_g}{Z \cdot R \cdot T} \rightarrow$$

$$d_g = \frac{p \cdot MB_g}{Z \cdot R \cdot T} \quad [6.53]$$

Σε κανονικές συνθήκες, θεωρώντας ότι $p = 1.013 \cdot 10^5$ Pa ($= 1$ Atm), $Z = 1$, $R = 8312.079$ Pa \cdot m³/kmole \cdot K και $T = T^{sc}$ προκύπτει:

$$d_g^{sc} = \frac{1.013 \cdot 10^5 \cdot MB_g^{sc}}{8312.079 \cdot T^{sc}} \rightarrow d_g^{sc} = 12.187 \cdot \frac{MB_g^{sc}}{T^{sc}} \quad [6.54]$$

Σε p , T συνθήκες διαχωριστήρα:

$$d_g^{sep} = 1.2 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{p \cdot MB_g}{Z \cdot T} \quad [6.55]$$

όπου η πυκνότητα μετριέται σε kg/m³.

6.6 Υπολογισμός της συνολικής παροχής του αερίου Q_{gas}^{sc} και του πετρελαίου Q_{oil}^{sc} βάσει των γραμμομορίων του αερίου. (Μετρήσεις: ογκομετρικές παροχές)

Εισάγοντας τις εξισώσεις [6.37], [6.40], [6.41], [6.44], [6.46], [6.54], [6.55] στην εξίσωση [6.33], η οποία αποτελεί τον βασικό τύπο που εκφράζει την ογκομετρική παροχή του αερίου σε Κ.Σ. (σε sm³/day) προκύπτει:

$$\begin{aligned}
 Q_{gas}^{sc} = & Q_1 * S_{1g} * \frac{n_{1gg}^{sc} * MB_{gg}^{sc} * d_g^{sep}}{MB_g^{sep} * d_{gg}^{sc}} + \\
 & RS * Q_1 * S_{1l} * \frac{(1 - n_{1lg}^{sc}) * MB_{ll}^{sc} * d_l^{sep}}{MB_l^{sep} * d_{ll}^{sc}} + \\
 & Q_2 * S_{2g} * \frac{n_{2gg}^{sc} * MB_{gg}^{sc} * d_g^{sep}}{MB_g^{sep} * d_{gg}^{sc}} + \\
 & RS * Q_2 * S_{2l} * \frac{(1 - n_{2lg}^{sc}) * MB_{ll}^{sc} * d_l^{sep}}{MB_l^{sep} * d_{ll}^{sc}} = \\
 & Q_1 * S_{1g} * \frac{n_{1gg}^{sc} * MB_{gg}^{sc} * 1.2 * 10^{-4} \frac{P * MB_g^{sep}}{Z * T}}{MB_g^{sep} * 12.187 * \frac{MB_{gg}^{sc}}{T^{sc}}} + \\
 & RS * Q_1 * S_{1l} * \frac{(1 - n_{1lg}^{sc}) * MB_{ll}^{sc} * d_l^{sep}}{MB_l^{sep} * d_{ll}^{sc}} + \\
 & Q_2 * S_{2g} * \frac{n_{2gg}^{sc} * MB_{gg}^{sc} * 1.2 * 10^{-4} \frac{P * MB_g^{sep}}{Z * T}}{MB_g^{sep} * 12.187 * \frac{MB_{gg}^{sc}}{T^{sc}}} + \\
 & RS * Q_2 * S_{2l} * \frac{(1 - n_{2lg}^{sc}) * MB_{ll}^{sc} * d_l^{sep}}{MB_l^{sep} * d_{ll}^{sc}} = \\
 & (Q_1 * S_{1g} + Q_2 * S_{2g}) * A + (Q_1 * S_{1l} + Q_2 * S_{2l}) * B * RS,
 \end{aligned} \tag{6.56}$$

όπου

$$A = \frac{T^{sc} * n_{1gg}^{sc} * P * 9.84 * 10^{-6}}{Z * T} \tag{6.57}$$

και

$$B = \frac{(1 - n_{1lg}^{sc}) * MB_{ll}^{sc} * d_l^{sep}}{MB_l^{sep} * d_{ll}^{sc}} \tag{6.58}$$

Με παρόμοιο τρόπο εισάγωντας τις εξισώσεις [6.37], [6.40], [6.41], [6.44], [6.46], [6.54], [6.55] στην εξίσωση [6.34] η οποία αποτελεί τον βασικό τύπο που εκφράζει την ογκομετρική παροχή του υγρού σε Κ.Σ. (σε sm^3/day) προκύπτει ότι:

$$\begin{aligned}
 Q_{oil}^{sc} = & rs * Q_1 * S_{1g} * \frac{n_{1g}^{sc} * MB_{gg}^{sc} * d_g^{sep}}{MB_g^{sep} * d_{gg}^{sc}} + \\
 & Q_1 * S_{1l} * \frac{(1 - n_{1lg}^{sc}) * MB_{ll}^{sc} * d_l^{sep}}{MB_l^{sep} * d_{ll}^{sc}} + \\
 & rs * Q_2 * S_{2g} * \frac{n_{1g}^{sc} * MB_{gg}^{sc} * d_g^{sep}}{MB_g^{sep} * d_{gg}^{sc}} + \\
 & Q_2 * S_{2l} * \frac{(1 - n_{1lg}^{sc}) * MB_{ll}^{sc} * d_l^{sep}}{MB_l^{sep} * d_{ll}^{sc}} = \\
 & rs * Q_1 * S_{1g} * \frac{n_{1gg}^{sc} * MB_{gg}^{sc} * 1.2^{-4} * \frac{P * MB_g^{sep}}{Z * T}}{MB_g^{sep} * 12.187 * \frac{MB_{gg}^{sc}}{T^{sc}}} + \\
 & Q_1 * S_{1l} * \frac{(1 - n_{1lg}^{sc}) * MB_{ll}^{sc} * d_l^{sep}}{MB_l^{sep} * d_{ll}^{sc}} + \\
 & rs * Q_2 * S_{2g} * \frac{n_{1gg}^{sc} * MB_{gg}^{sc} * 1.2^{-4} * \frac{P * MB_g^{sep}}{Z * T}}{MB_g^{sep} * 12.187 * \frac{MB_{gg}^{sc}}{T^{sc}}} + \\
 & Q_2 * S_{2l} * \frac{(1 - n_{1lg}^{sc}) * MB_{ll}^{sc} * d_l^{sep}}{MB_l^{sep} * d_{ll}^{sc}} = \\
 & (Q_1 * S_{1g} + Q_2 * S_{2g}) * rs * \frac{n_{1gg}^{sc} * p * 9.84 * 10^{-4} * T^{sc}}{Z * T} + \\
 & (Q_1 * S_{1l} + Q_2 * S_{2l}) * \frac{(1 - n_{1lg}^{sc}) * MB_{ll}^{sc} * d_l^{sep}}{MB_l^{sep} * d_{ll}^{sc}} = \\
 & (Q_1 * S_{1g} + Q_2 * S_{2g}) * rs * A + (Q_1 * S_{1l} + Q_2 * S_{2l}) * B
 \end{aligned}
 \tag{6.59}$$

6.7 Υπολογισμός της παροχής του αερίου Q_{gas}^{sc} και του πετρελαίου Q_{oil}^{sc} βάσει των Rs και rs. (Μετρήσεις: ογκομετρικές παροχές)

Εισάγοντας τις εξισώσεις [6.49], [6.52], [6.54], [6.55] στον βασικό τύπο [6.33] προκύπτει (σε sm^3/day):

$$\begin{aligned}
 Q_{gas}^{sc} = & Q_1 * S_{1g} * \frac{d_g^{sep}}{rs * d_{gl}^{sc} + d_{gg}^{sc}} + rs * Q_1 * S_{1l} * \frac{d_l^{sep}}{rs * d_{lg}^{sc} + d_{ll}^{sc}} + \\
 & Q_2 * S_{2g} * \frac{d_g^{sep}}{rs * d_{gl}^{sc} + d_{gg}^{sc}} + rs * Q_2 * S_{2l} * \frac{d_l^{sep}}{rs * d_{lg}^{sc} + d_{ll}^{sc}} = \\
 & Q_1 * S_{1g} * \frac{1.2 * 10^{-4} * \frac{p * MB_g^{sep}}{Z * T}}{rs * d_{gl}^{sc} + 12.187 * \frac{MB_{gg}^{sc}}{T^{sc}}} + \\
 & rs * Q_1 * S_{1l} * \frac{d_l^{sep}}{rs * 12.187 * \frac{MB_{lg}^{sc}}{T^{sc}} + d_{ll}^{sc}} + \\
 & Q_2 * S_{2g} * \frac{1.2 * 10^{-4} * \frac{p * MB_g^{sep}}{Z * T}}{rs * d_{gl}^{sc} + 12.187 * \frac{MB_{gg}^{sc}}{T^{sc}}} + \\
 & rs * Q_2 * S_{2l} * \frac{d_l^{sep}}{rs * 12.187 * \frac{MB_{lg}^{sc}}{T^{sc}} + d_{ll}^{sc}} = \\
 & (Q_1 * S_{1g} + Q_2 * S_{2g}) * C + rs * (Q_1 * S_{1l} + Q_2 * S_{2l}) * D,
 \end{aligned} \tag{6.60}$$

όπου

$$C = \frac{1.2 * 10^{-4} * p * MB_g^{sep} * T^{sc}}{Z * T * (T^{sc} * rs * d_{gl}^{sc} + 12.187 * MB_{gg}^{sc})} \tag{6.61}$$

και

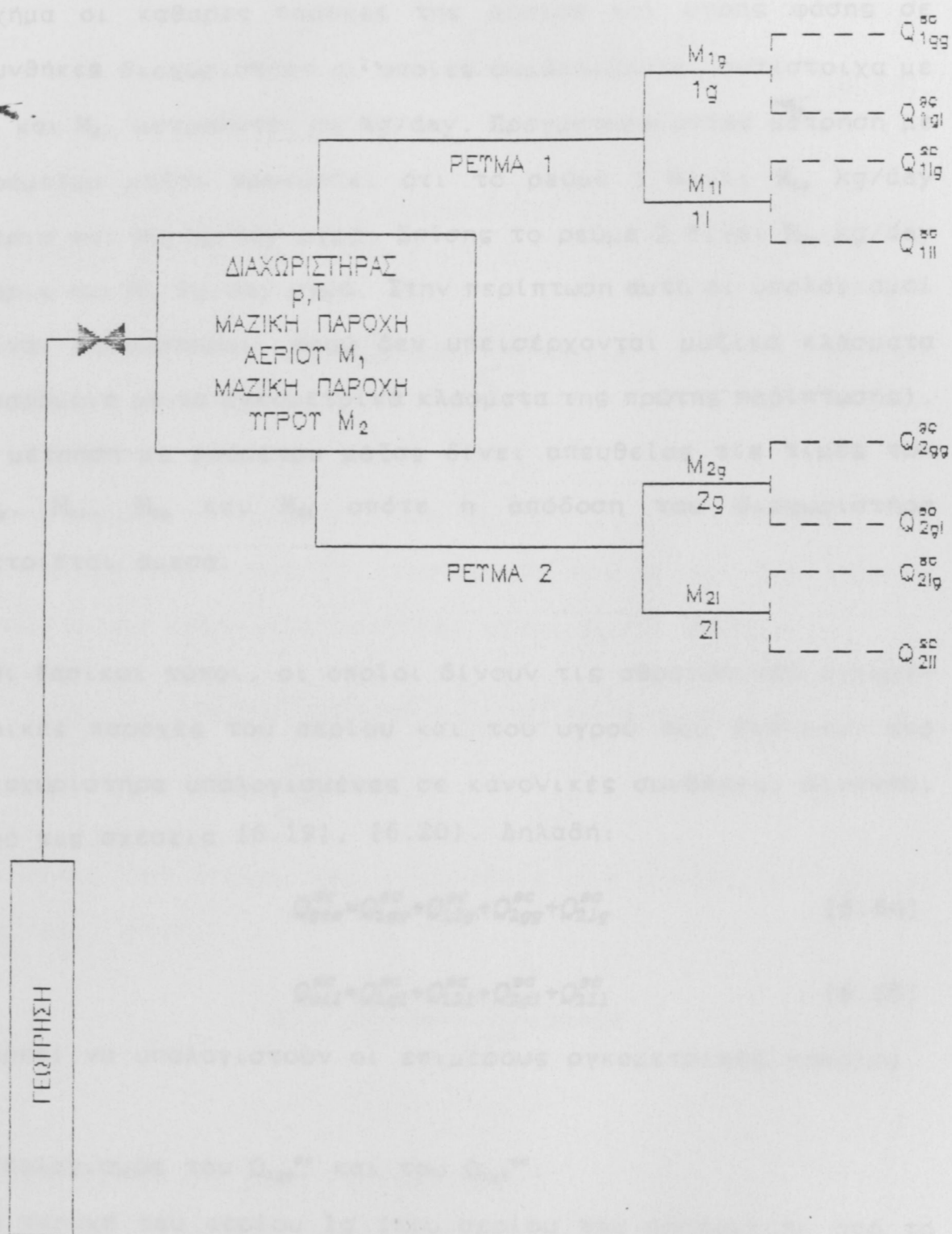
$$D = \frac{d_l^{sep} * T^{sc}}{rs * 12.187 * MB_{lg}^{sc} + d_{ll}^{sc} * T^{sc}} \tag{6.62}$$

Παρόμοια από τις εξισώσεις [6.49], [6.52], [6.54], [6.55] και [6.34] προκύπτει (σε sm^3/day):

$$\begin{aligned}
 Q_{oil}^{sc} = & IS * Q_1 * S_{1g} * \frac{d_g^{sep}}{IS * d_{gl}^{sc} + d_{gg}^{sc}} + \\
 & Q_1 * S_{1l} * \frac{d_l^{sep}}{RS * d_{lg}^{sc} + d_{gg}^{sc}} + \\
 & IS * Q_2 * S_{2g} * \frac{d_g^{sep}}{IS * d_{gl}^{sc} + d_{gg}^{sc}} + \\
 & Q_2 * S_{2l} * \frac{d_l^{sep}}{RS * d_{lg}^{sc} + d_{gg}^{sc}} = \\
 & Q_1 * S_{1g} * IS * \frac{1.2 * 10^{-4} * \frac{P * MB_g^{sep}}{Z * T}}{IS * 12.187 * \frac{MB_{lg}}{T^{sc}}} + \\
 & Q_1 * S_{1l} * \frac{d_l^{sep}}{RS * 12.187 * \frac{MB_{lg}^{sc}}{T^{sc}} + d_{ll}^{sc}} + \\
 & Q_2 * S_{2g} * IS * \frac{1.2 * 10^{-4} * \frac{P * MB_g^{sep}}{Z * T}}{IS * 12.187 * \frac{MB_{lg}}{T^{sc}}} + \\
 & Q_2 * S_{2l} * \frac{d_l^{sep}}{RS * 12.187 * \frac{MB_{lg}^{sc}}{T^{sc}} + d_{ll}^{sc}} = \\
 & (Q_1 * S_{1g} + Q_2 * S_{2g}) * IS * C + (Q_1 * S_{1l} + Q_2 * S_{2l}) * D
 \end{aligned}
 \tag{6.63}$$

6.8 Βασικοί τύποι υπολογισμού της συνολικής παροχής του αερίου Q_{gas}^{sc} και του πετρελαίου Q_{oil}^{sc} σε συνθήκες κανονικές (Μετρήσεις: μαζικές παροχές).

Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 6.1, στο ρεύμα 1 (το οποίο θεωρείται το κατεξοχήν αέριο ρεύμα) ενδέχεται να υπάρχει υγρό και στο ρεύμα 2 (το οποίο θεωρείται κατεξοχήν υγρό ρεύμα) ενδέχεται να υπάρχει διαλελυμένο αέριο. Το σχήμα 6.3 είναι παρόμοιο με το σχήμα 6.2 με τη διαφορά ότι στο δεύτερο



ΣΧΗΜΑ 6.3

Σχηματική παράσταση ρευμάτων που βγαίνουν από διαχωριστήρα. (Μετρήσεις: μαζικές παροχές)

σχήμα οι καθαρές παροχές της αέριας και υγρής φάσης σε συνθήκες διαχωριστήρα οι οποίες συμβολίζονται αντίστοιχα με M_1 και M_2 , μετρούνται σε kg/day. Πραγματοποιώντας μέτρηση με ροόμετρο μάζας προκύπτει ότι το ρεύμα 1 δίνει M_{1g} kg/day αέριο και M_{1l} kg/day υγρό. Επίσης το ρεύμα 2 δίνει M_{2g} kg/day αέριο και M_{2l} kg/day υγρό. Στην περίπτωση αυτή οι υπολογισμοί είναι απλούστεροι, αφού δεν υπεισέρχονται μαζικά κλάσματα (παρόμοια με τα ογκομετρικά κλάσματα της πρώτης περίπτωσης). Η μέτρηση με ροόμετρο μάζας δίνει απευθείας τις τιμές των M_{1g} , M_{1l} , M_{2g} και M_{2l} οπότε η απόδοση του διαχωριστήρα μετριέται άμεσα.

Οι βασικοί τύποι, οι οποίοι δίνουν τις αθροιστικές ογκομετρικές παροχές του αερίου και του υγρού που βγαίνουν από διαχωριστήρα υπολογισμένες σε κανονικές συνθήκες, δίνονται από τις σχέσεις [6.19], [6.20]. Δηλαδή:

$$Q_{gas}^{sc} = Q_{1gg}^{sc} + Q_{1lg}^{sc} + Q_{2gg}^{sc} + Q_{2lg}^{sc} \quad [6.64]$$

$$Q_{oil}^{sc} = Q_{1gl}^{sc} + Q_{1ll}^{sc} + Q_{2gl}^{sc} + Q_{2ll}^{sc} \quad [6.65]$$

Αρκεί να υπολογιστούν οι επιμέρους ογκομετρικές παροχές.

• Υπολογισμός του Q_{1gg}^{sc} και του Q_{1gl}^{sc} .

Η παροχή του αερίου 1g (του αερίου που προέρχεται από το ρεύμα 1), σε κανονικές συνθήκες είναι Q_{1gg}^{sc} . Δηλαδή:

$$M_{1gg}^{sc} = d_g^{sc} * Q_{1gg}^{sc} = d_g^{sc} * \frac{Q_{1g}}{Bg} = d_g^{sc} * \frac{M_{1g}}{d_g^{sep}} * bg \rightarrow$$

$$Q_{1gg}^{sc} = \frac{M_{1g}}{d_g^{sep}} * bg \quad [6.66]$$

Ο όγκος του υγρού που συμπυκνώθηκε στη μονάδα του χρόνου (sm³/day) είναι:

$$Q_{1g1}^{sc} = Q_{1gg}^{sc} * rs = \frac{M_{1g}}{d_g^{sep}} * bg * rs \quad [6.67]$$

• Υπολογισμός του Q_{111}^{sc} και του Q_{11g}^{sc} .

Η παροχή του υγρού 11 (του υγρού που προέρχεται από το ρεύμα 1) σε κανονικές συνθήκες είναι Q_{111}^{sc} . Δηλαδή:

$$M_{111}^{sc} = d_1^{sc} * Q_{111}^{sc} = d_1^{sc} * \frac{Q_{11}}{Bo} = d_1^{sc} * \frac{M_{11}}{d_1^{sep}} * bo \rightarrow$$

$$Q_{111}^{sc} = \frac{M_{11}}{d_1^{sep}} * bo \quad [6.68]$$

Ο όγκος του αερίου που εκτονώθηκε στη μονάδα του χρόνου (sm³/day) είναι:

$$Q_{11g}^{sc} = Q_{111}^{sc} * rs = \frac{M_{11}}{d_1^{sep}} * bo * rs \quad [6.69]$$

• Υπολογισμός του Q_{2gg}^{sc} και του Q_{2g1}^{sc} .

Η παροχή του αερίου 2g (το οποίο προέρχεται από το ρεύμα 2) σε κανονικές συνθήκες είναι Q_{2gg}^{sc} .

$$M_{2gg}^{sc} = d_g^{sc} * Q_{2gg}^{sc} = d_g^{sc} * \frac{Q_{2g}}{Bg} = d_g^{sc} * \frac{M_{2g}}{d_g^{sep}} * bg \rightarrow$$

$$Q_{2gg}^{sc} = \frac{M_{2g}}{d_g^{sep}} * bg \quad [6.70]$$

Ο όγκος του υγρού που συμπυκνώθηκε στη μονάδα του χρόνου (sm^3/day) είναι:

$$Q_{2g1}^{sc} = Q_{2gg}^{sc} * rs = \frac{M_{2g}}{d_g^{sep}} * bg * rs \quad [6.71]$$

• Υπολογισμός του Q_{211}^{sc} και του Q_{21g}^{sc} .

Η παροχή του υγρού 21 (το οποίο προέρχεται από το ρεύμα 2) σε κανονικές συνθήκες είναι Q_{211}^{sc} .

$$M_{211}^{sc} = d_1^{sc} * Q_{211}^{sc} = d_1^{sc} * \frac{Q_{21}}{Bo} = d_1^{sc} * \frac{M_{21}}{d_1^{sep}} * bo \rightarrow$$

$$Q_{211}^{sc} = \frac{M_{21}}{d_1^{sep}} * bo \quad [6.72]$$

Ο όγκος του αερίου που εκτονώθηκε στη μονάδα του χρόνου (sm^3/day) είναι:

$$Q_{21g}^{sc} = Q_{211}^{sc} * Rs = \frac{M_{21}}{d_1^{sep}} * bo * Rs \quad [6.73]$$

Από τις εξισώσεις [6.66], [6.69], [6.70], [6.73] και [6.64] προκύπτει ότι:

$$Q_{gas}^{sc} = Q_{1gg}^{sc} + Q_{11g}^{sc} + Q_{2gg}^{sc} + Q_{21g}^{sc} =$$

$$\frac{M_{1g}}{d_g^{sep}} * bg + \frac{M_{11}}{d_1^{sep}} * bo * Rs + \frac{M_{2g}}{d_g^{sep}} * bg + \frac{M_{21}}{d_1^{sep}} * bo * Rs \quad [6.74]$$

Ομοίως, από τις εξισώσεις [6.67], [6.68], [6.71], [6.72] και [6.65] προκύπτει:

$$Q_{oil}^{sc} = Q_{1g1}^{sc} + Q_{1l1}^{sc} + Q_{21g}^{sc} + Q_{21l}^{sc} = \frac{M_{1g}}{d_g^{sep}} * bg * rs + \frac{M_{1l}}{d_l^{sep}} * bo + \frac{M_{2g}}{d_g^{sep}} * bg * rs + \frac{M_{2l}}{d_l^{sep}} * bo \quad [6.75]$$

6.9 Υπολογισμός της συνολικής παροχής του αερίου Q_{gas}^{sc} και του πετρελαίου Q_{oil}^{sc} βάσει των γραμμομορίων του αερίου. (Μετρήσεις: μαζικές παροχές)

Εισάγοντας τις σχέσεις [6.37], [6.40], [6.42], [6.44], [6.45], [6.46], [6.54] στην σχέση [6.74] προκύπτει (σε sm^3/day):

$$Q_{gas}^{sc} = \frac{M_{1g}}{d_g^{sep}} * \frac{n_{1gg}^{sc} * MB_{gg}^{sc} * d_g^{sep}}{MB_g^{sep} * 12.187 * \frac{MB_{gg}^{sc}}{T^{sc}}} + \frac{M_{1l}}{d_l^{sep}} * \frac{(1 - n_{1lg}^{sc}) * MB_{ll}^{sc} * d_l^{sep}}{MB_l^{sep} * d_{ll}^{sc}} * RS + \frac{M_{2g}}{d_g^{sep}} * \frac{n_{1gg}^{sc} * MB_{gg}^{sc} * d_g^{sep}}{MB_g^{sep} * 12.187 * \frac{MB_{gg}^{sc}}{T^{sc}}} + \frac{M_{2l}}{d_l^{sep}} * \frac{(1 - n_{1lg}^{sc}) * MB_{ll}^{sc} * d_l^{sep}}{MB_l^{sep} * d_{ll}^{sc}} * RS = (M_{1g} + M_{2g}) * E + (M_{1l} + M_{2l}) * F * RS, \quad [6.76]$$

όπου:

$$E = \frac{n_{1gg}^{sc} * T^{sc}}{MB_g^{sep}} * 0.082054 \quad [6.77]$$

και

$$F = \frac{(1 - n_{11g}^{sc}) * MB_{11}^{sc}}{MB_1^{sep} * d_{11}^{sc}} \quad [6.78]$$

Παρόμοια από τις σχέσεις [6.37], [6.40], [6.42], [6.44], [6.45], [6.46] και [6.75] προκύπτει (σε sm^3/day):

$$\begin{aligned} Q_{oil}^{sc} = & \frac{M_{1g}}{d_g^{sep}} * \frac{n_{1gg}^{sc} * MB_{gg}^{sc} * d_g^{sep}}{MB_g^{sep} * 12.187 * \frac{MB_{gg}^{sc}}{T^{sc}}} * rs + \\ & \frac{M_{11}}{d_1^{sep}} * \frac{(1 - n_{11g}^{sc}) * MB_{11}^{sc} * d_1^{sep}}{MB_1^{sep} * d_{11}^{sc}} + \\ & \frac{M_{2g}}{d_g^{sep}} * \frac{n_{1gg}^{sc} * MB_{gg}^{sc} * d_g^{sep}}{MB_g^{sep} * 12.187 * \frac{MB_{gg}^{sc}}{T^{sc}}} * rs + \\ & \frac{M_{21}}{d_1^{sep}} * \frac{(1 - n_{11g}^{sc}) * MB_{11}^{sc} * d_1^{sep}}{MB_1^{sep} * d_{11}^{sc}} = \\ & (M_{1g} + M_{2g}) * E * rs + (M_{11} + M_{21}) * F \end{aligned} \quad [6.79]$$

6.10 Υπολογισμός της συνολικής παροχής του αερίου Q_{gas}^{sc} και του πετρελαίου Q_{oil}^{sc} βάσει των Rs και rs. (Μετρήσεις: μαζικές παροχές)

Από τις εξισώσεις [6.49], [6.52], [6.54] και [6.74] συνεπάγεται (σε sm^3/day):

$$\begin{aligned}
 Q_{gas}^{sc} = & \frac{M_{1g}}{d_g^{sep}} * \frac{d_g^{sep}}{rs * d_{gl}^{sc} + d_{gg}^{sc}} + \frac{M_{1l}}{d_l^{sep}} * \frac{d_l^{sep}}{rs * d_{lg}^{sc} + d_{ll}^{sc}} * rs + \\
 & \frac{M_{2g}}{d_g^{sep}} * \frac{d_g^{sep}}{rs * d_{gl}^{sc} + d_{gg}^{sc}} + \frac{M_{2l}}{d_l^{sep}} * \frac{d_l^{sep}}{rs * d_{lg}^{sc} + d_{ll}^{sc}} * rs = \\
 & M_{1g} * \frac{1}{rs * d_{gl}^{sc} + 12.187 * \frac{MB_{gg}^{sc}}{T^{sc}}} + \\
 & M_{1l} * \frac{1}{rs * 12.187 * \frac{MB_{lg}^{sc}}{T^{sc}} + d_{ll}^{sc}} * rs + \\
 & M_{2g} * \frac{1}{rs * d_{gl}^{sc} + 12.187 * \frac{MB_{gg}^{sc}}{T^{sc}}} + \\
 & M_{2l} * \frac{1}{rs * 12.187 * \frac{MB_{lg}^{sc}}{T^{sc}} + d_{ll}^{sc}} * rs = \\
 & (M_{1g} + M_{2g}) * G + (M_{1l} + M_{2l}) * H * rs,
 \end{aligned} \tag{6.80}$$

όπου:

$$G = \frac{T^{sc}}{rs * d_{gl}^{sc} * T^{sc} + 12.187 * MB_{gg}^{sc}} \tag{6.81}$$

και

$$H = \frac{T^{sc}}{rs * 12.187 * MB_{lg}^{sc} + d_{ll}^{sc} * T^{sc}} \tag{6.82}$$

Παρόμοια από τις εξισώσεις [6.49], [6.52], [6.54] και [6.75] υπολογίζεται (σε sm^3/day):

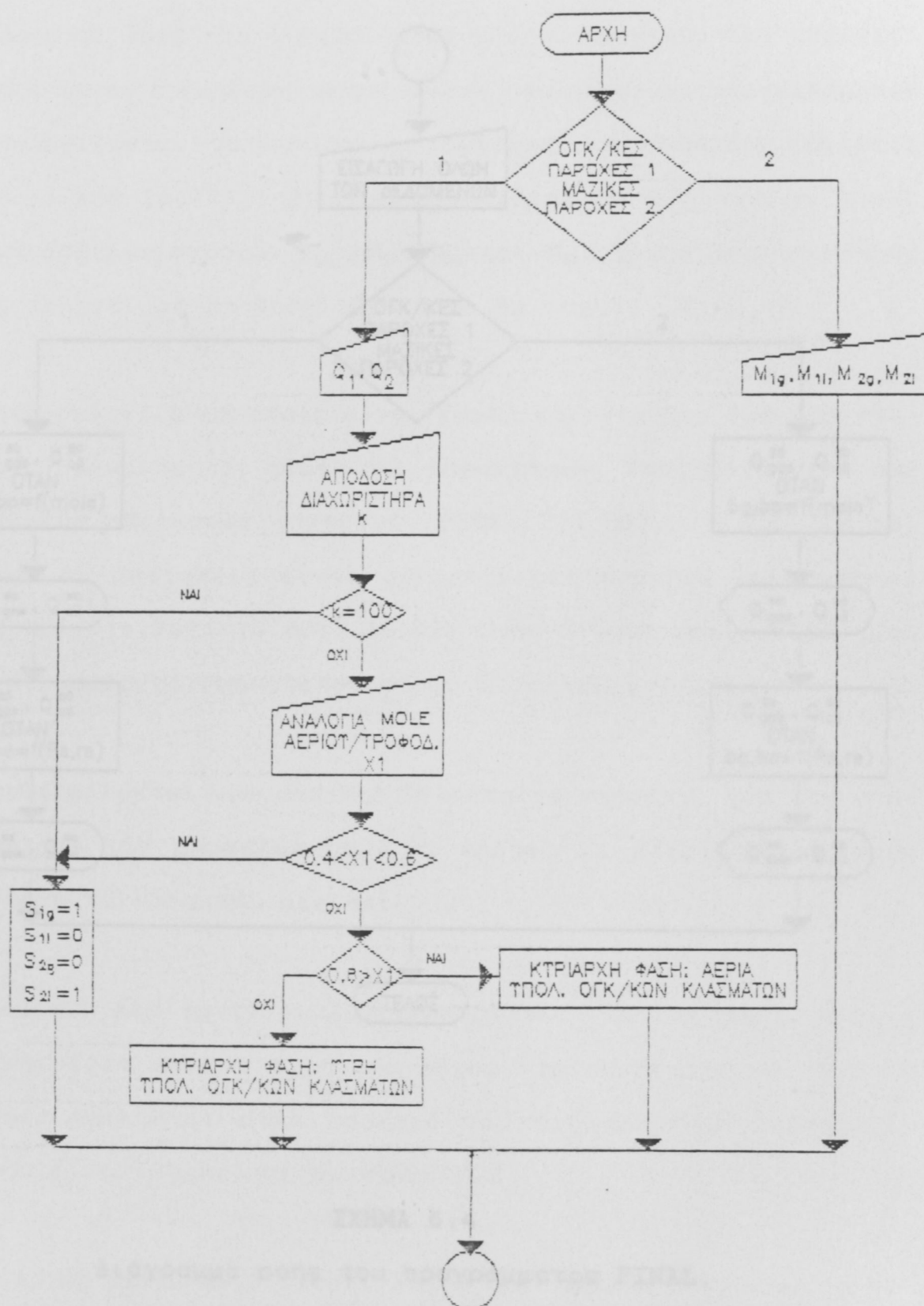
$$\begin{aligned}
 Q_{oil}^{sc} = & \frac{M_{1g}}{d_g^{sep}} * \frac{d_g^{sep}}{IS * d_{gl}^{sc} + d_{gg}^{sc}} * IS + \frac{M_{1l}}{d_l^{sep}} * \frac{d_l^{sep}}{RS * d_{lg}^{sc} + d_{ll}^{sc}} + \\
 & \frac{M_{2g}}{d_g^{sep}} * \frac{d_g^{sep}}{IS * d_{gl}^{sc} + d_{gg}^{sc}} * IS + \frac{M_{2l}}{d_l^{sep}} * \frac{d_l^{sep}}{RS * d_{lg}^{sc} + d_{ll}^{sc}} = \\
 & M_{1g} * \frac{1}{IS * d_{gl}^{sc} + 12.187 * \frac{MB_{gg}^{sc}}{T^{sc}}} * IS + \\
 & M_{1l} * \frac{1}{RS * 12.187 * \frac{MB_{lg}^{sc}}{T^{sc}} + d_{ll}^{sc}} + \\
 & M_{2g} * \frac{1}{IS * d_{gl}^{sc} + 12.187 * \frac{MB_{gg}^{sc}}{T^{sc}}} * IS + \\
 & M_{2l} * \frac{1}{RS * 12.187 * \frac{MB_{lg}^{sc}}{T^{sc}} + d_{ll}^{sc}} = \\
 & (M_{1g} + M_{2g}) * IS * G + (M_{1l} + M_{2l}) * H
 \end{aligned} \tag{6.83}$$

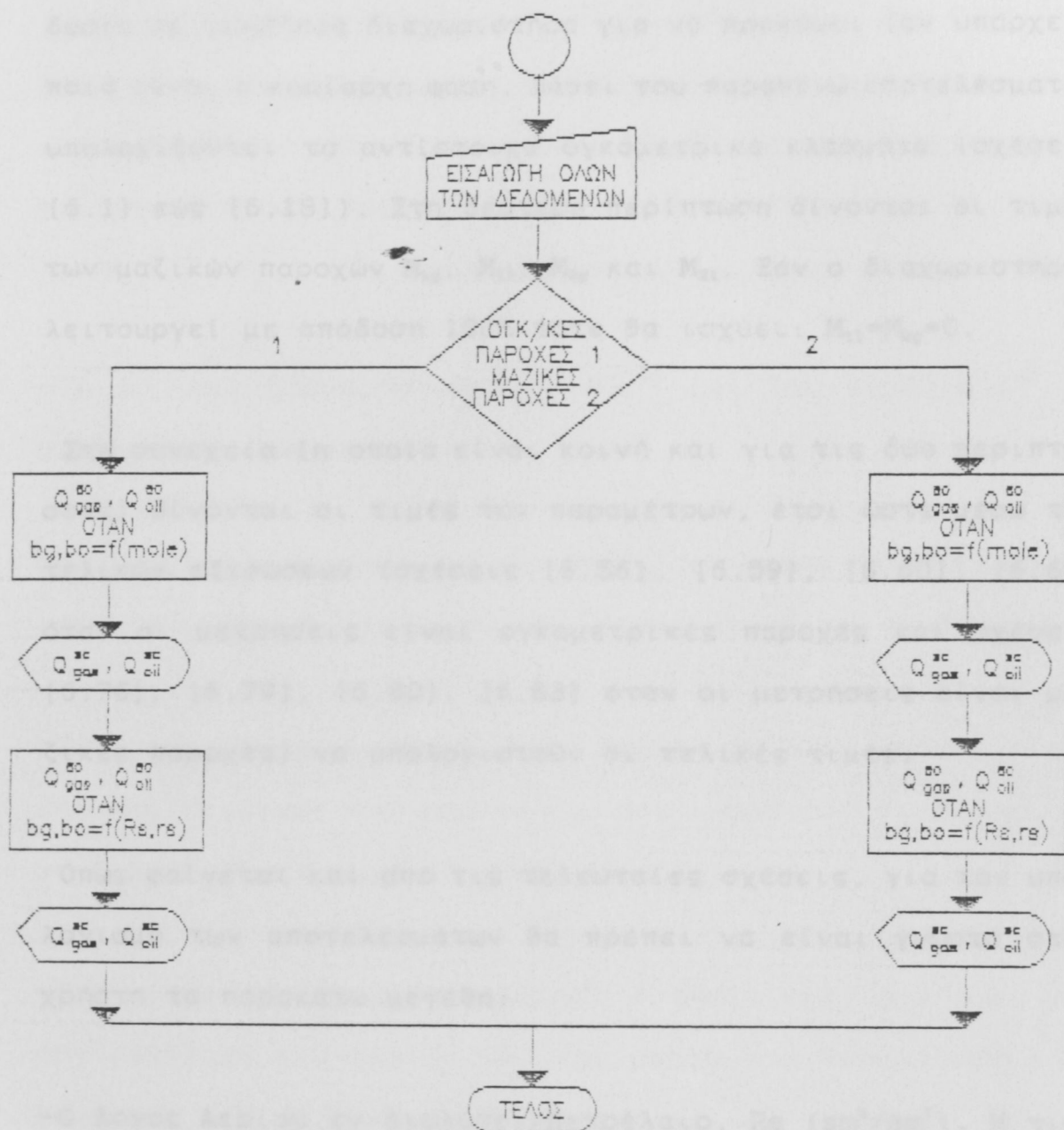
6.11 Το λογισμικό πρόγραμμα FINAL.

Στο σχήμα 6.4 παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής του προγράμματος το οποίο αναπτύχθηκε κατά τη διάρκεια της εργασίας. Το πρόγραμμα ονομάζεται FINAL και έχει γραφτεί σε γλώσσα προγραμματισμού Fortran 77. Έχει την δυνατότητα να υπολογίζει τις ογκομετρικές παροχές του υγρού και του αερίου σε Κ.Σ.

Αρχικά στο πρόγραμμα δηλώνεται αν οι αρχικές μετρήσεις παροχών είναι ογκομετρικές [1] ή μαζικές [2]. Στην πρώτη περίπτωση δίνονται οι τιμές των ογκομετρικών παροχών Q_1 και Q_2 , η απόδοση του διαχωριστήρα και η αναλογία mole αερίου/τροφο-

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΓΡΩΝ ΚΑΙ ΑΕΡΙΩΝ ΟΓΚΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΕΝΩΝ ΣΕ ΚΑΝΟΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ





ΣΧΗΜΑ 6.4

Διάγραμμα ροής του προγράμματος FINAL.

δοσία σε συνθήκες διαχωριστήρα για να προκύψει (αν υπάρχει) ποιά είναι η κυρίαρχη φάση. Βάσει του παραπάνω αποτελέσματος υπολογίζονται τα αντίστοιχα ογκομετρικά κλάσματα (σχέσεις [6.1] έως [6.18]). Στη δεύτερη περίπτωση δίνονται οι τιμές των μαζικών παροχών M_{1g} , M_{11} , M_{2g} και M_{21} . Εάν ο διαχωριστήρας λειτουργεί με απόδοση 100% τότε θα ισχύει: $M_{11}=M_{2g}=0$.

Στη συνέχεια (η οποία είναι κοινή και για τις δύο περιπτώσεις) δίνονται οι τιμές των παραμέτρων, έτσι ώστε μέσω των τελικών εξισώσεων (σχέσεις [6.56], [6.59], [6.60], [6.63] όταν οι μετρήσεις είναι ογκομετρικές παροχές και σχέσεις [6.76], [6.79], [6.80], [6.83] όταν οι μετρήσεις είναι μαζικές παροχές) να υπολογιστούν οι τελικές τιμές.

Όπως φαίνεται και από τις τελευταίες σχέσεις, για τον υπολογισμό των αποτελεσμάτων θα πρέπει να είναι γνωστά στον χρήστη τα παρακάτω μεγέθη:

-Ο Λόγος Αερίου εν Διαλύσει/Πετρέλαιο, R_s (sm^3/sm^3). Η τιμή είναι ίδια με την τιμή του Λόγου Αερίου/Πετρέλαιο, GOR, η οποία προκύπτει όταν το υγρό του διαχωριστήρα (separator liquid) εκτονωθεί σε συνθήκες Κ.Σ

-Ο Λόγος Υγρού εν Διαλύσει/Αέριο, r_s (sm^3/sm^3). Ομοίως, η τιμή αυτή συμπίπτει με την τιμή του $1/\text{GOR}$, η οποία προκύπτει όταν το αέριο του διαχωριστήρα (separator gas) εκτονωθεί σε συνθήκες Κ.Σ

-Το μοριακό βάρος του αερίου MB_{1g}^{sc} , το οποίο έχει προκύψει από την εκτόνωση του υγρού του διαχωριστήρα σε συνθήκες Κ.Σ και το μοριακό βάρος του αερίου MB_{gg}^{sc} , το οποίο προέρχεται από την εκτόνωση του αερίου του διαχωριστήρα σε συνθήκες επίσης Κ.Σ

-Το μοριακό βάρος του αερίου MB_g^{sup} και του υγρού MB_l^{sup} σε συνθήκες διαχωριστήρα.

-Το μοριακό βάρος του υγρού MB_{11}^{sc} , το οποίο έχει προκύψει από την εκτόνωση του υγρού του διαχωριστήρα σε συνθήκες Κ.Σ

-Τα γραμμομόρια του αερίου (σε kmole) τα οποία προέρχονται από την εκτόνωση του αερίου και του υγρού του διαχωριστήρα σε Κ.Σ, n_{1g}^{sc} και n_{11g}^{sc} αντίστοιχα.

-Την πυκνότητα του υγρού (kg/m^3) η οποία έχει προκύψει από την εκτόνωση του αερίου και του υγρού του διαχωριστήρα σε συνθήκες Κ.Σ, d_{g1}^{sc} και d_{11}^{sc} αντίστοιχα.

-Την πυκνότητα του υγρού σε συνθήκες διαχωριστήρα, d_l^{sup} (kg/m^3), η οποία όμως είναι απαραίτητη μόνο στην περίπτωση που οι αρχικές μετρήσεις είναι ογκομετρικές παροχές.

-Τις συνθήκες του διαχωριστήρα p (Pa) και T (K), τον συντελεστή συμπίεστότητας Z (στην περίπτωση μαζικών παροχών η τιμή αυτή δεν είναι απαραίτητη) και την θερμοκρασία T^{sc} (K)

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΓΡΩΝ ΚΑΙ ΑΕΡΙΩΝ ΟΓΚΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΕΝΩΝ ΣΕ ΚΑΝΟΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

σε κανονικές συνθήκες. Στην περίπτωση μαζικών παροχών απαραίτητη είναι μόνο η T^c .

Το πρόγραμμα FINAL το οποίο παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο "Παράγωγη Υγρών και Αερίων Ογκών Υδρογονανθράκων υπολογισμένων σε κανονικές συνθήκες", υπολογίζει ογκομετρικές παροχές σε κανονικές συνθήκες. Τα δεδομένα που απαιτούνται για την εφαρμογή του προγράμματος, τα οποία αναφέρονται στο παραπάνω κεφάλαιο, είναι δυνατόν να γίνουν γνωστά μέσω μετρήσεων, μέσω εμπειρικών σχέσεων (correlations) ή με συνδυασμό των παραπάνω. Ένα αρχικό όμως λάθος στην μέτρηση ή στην εκτίμηση της τιμής ενός παραγόντα, δημιουργεί αρνητικά σχετικά με το ποσοστό μεταβολής των ογκομετρικών παροχών.

Ο σκοπός της επεξεργασίας που παρουσιάζεται στο κεφάλαιο αυτό είναι η μέγιστη των παραμέτρων που συντελούν στην τελική διαμόρφωση του αποτελέσματος, το οποίο δίνει την ογκομετρική παροχή των υγρών και αερίων υδρογονανθράκων σε Χ.Σ. Εργαστηριοποιείται διερεύνηση των παραμέτρων που συμμετέχουν στους τελικούς τύπους (σχέσεις [6.56], [6.59], [6.60], [6.63], [6.76], [6.79], [6.80], [6.83]) και συμπεριφέρεται κατά πόσο η παρουσία λάθους στην τιμή ενός παραγόντα επηρεάζει τις εκτιμήσεις των ογκομετρικών παροχών οι οποίες υπολογίζονται σε κανονικές συνθήκες.

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Ε Β Δ Ο Μ Ο

7.1 Πρόγραμμα επεξεργασίας

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ FINAL ΣΕ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΡVΤ

ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ - ΤΕΛΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Το πρόγραμμα FINAL το οποίο παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο "Παραγωγή Υγρών και Αερίων Ογκων Υδρογονανθράκων υπολογισμένων σε κανονικές συνθήκες", υπολογίζει ογκομετρικές παροχές σε κανονικές συνθήκες. Τα δεδομένα που απαιτούνται για την εφαρμογή του προγράμματος, τα οποία αναφέρθηκαν στο παραπάνω κεφάλαιο, είναι δυνατόν να γίνουν γνωστά μέσω μετρήσεων, μέσω εμπειρικών σχέσεων (correlations) ή με συνδυασμό των παραπάνω. Ένα αρχικό όμως λάθος στην μέτρηση ή στην εκτίμηση της τιμής ενός παράγοντα, δημιουργεί ερωτηματικά σχετικά με το ποσοστό μεταβολής των ογκομετρικών παροχών.

Σκοπός της επεξεργασίας που παρουσιάζεται στο κεφάλαιο αυτό είναι η μελέτη των παραμέτρων που συντελούν στην τελική διαμόρφωση του αποτελέσματος, το οποίο δίνει την ογκομετρική παροχή των υγρών και αερίων υδρογονανθράκων σε Κ.Σ. Πραγματοποιείται διερεύνηση των παραμέτρων που συμμετέχουν στους τελικούς τύπους (σχέσεις [6.56], [6.59], [6.60], [6.63], [6.76], [6.79], [6.80], [6.83]) και συμπεραίνεται κατά πόσο η παρουσία λάθους στην τιμή ενός παράγοντα επηρεάζει τις εκτιμήσεις των ογκομετρικών παροχών οι οποίες υπολογίζονται σε κανονικές συνθήκες.

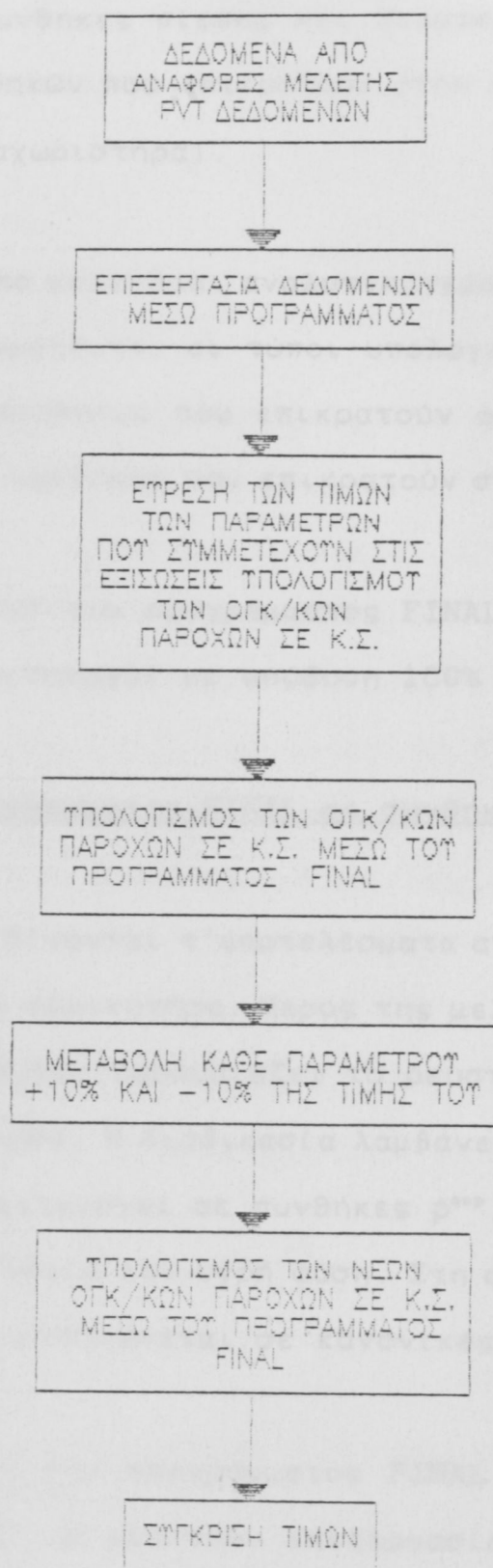
7.1 Στάδια επεξεργασίας.

Οι τιμές των παραμέτρων που συμμετέχουν στις τελικές σχέσεις, υπολογίζονται άμεσα με τη βοήθεια οργάνων (π.χ. ροομέτρων) ή/και μέσω εμπειρικών σχέσεων (correlations). Επειδή δεν υπήρχε η δυνατότητα άμεσων μετρήσεων, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από αναφορές μελέτης PVT δεδομένων, απ'όπου με τη βοήθεια προγράμματος, προέκυψαν οι τελικές τιμές των παραμέτρων που συμμετέχουν στις τελικές εξισώσεις. Εφαρμόζοντας το πρόγραμμα FINAL υπολογίστηκαν οι παροχές των υδρογονανθράκων σε Κ.Σ. Στη συνέχεια κάθε παράγοντας μεταβλήθηκε κατά +10% και -10% και με τη βοήθεια του προγράμματος FINAL υπολογίστηκαν οι νέες τιμές των παροχών οι οποίες δίνονται σε κανονικές συνθήκες (σχήμα 7.1). Η μεταβολή κάθε παραμέτρου αντιπροσωπεύει πιθανό λάθος κατά την μέτρηση ή την εκτίμηση της τιμής της.

Η συνολική επεξεργασία και η εφαρμογή του προγράμματος FINAL, πραγματοποιήθηκε συνολικά για 11 αναφορές και για τρεις διαφορετικές τιμές πιέσεως και θερμοκρασίας. Οι πρώτες συνθήκες δίνονται απευθείας σε κάθε αναφορά, ενώ οι άλλες συνθήκες υπολογίστηκαν μέσω των δύο πρώτων. Αναλυτικά:

- α) Συνθήκες διαχωριστήρα, p^{sp} και T^{sp} (separator conditions).
- β) Συνθήκες που επικρατούν στην κορυφή της γεώτρησης, p^{wh} και T^{wh} (well head).

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ FINAL ΣΕ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΡΥΤ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ-ΤΕΛΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ



ΣΧΗΜΑ 7.1

Στάδια επεξεργασίας δεδομένων.

γ) Ενδιάμεσες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας, p^{**} και T^{**} (μεταξύ των συνθηκών που επικρατούν στην κορυφή της γεώτρησης και στον διαχωριστήρα).

Με τον τρόπο αυτό μελετάται αναλυτικότερα η συμπεριφορά του ρευστού και εφαρμόζονται οι τύποι υπολογισμού των παροχών, σαρώνοντας τις συνθήκες που επικρατούν από την κορυφή της γεώτρησης ως τις συνθήκες που επικρατούν στον διαχωριστήρα.

Κατά την εφαρμογή του προγράμματος FINAL, θεωρήθηκε ότι ο διαχωριστήρας λειτουργεί με απόδοση 100%

7.2 Εφαρμογή προγράμματος FINAL σε συνθήκες διαχωριστήρα.

Σε κάθε αναφορά δίνονται τ'αποτελέσματα από την εργαστηριακή μελέτη ρευστού ταμειευτήρα. Μέρος της μελέτης αυτής αποτελεί η συμπεριφορά που παρουσιάζει το ρευστό, όταν υποβληθεί σε ισόθερμη εκτόνωση. Η διαδικασία λαμβάνει χώρα σε διαχωριστήρα ο οποίος λειτουργεί σε συνθήκες p^{**} , T^{**} και διαχωρίζει το ρευστό σε αέρια και υγρή φάση. Στη συνέχεια το ρευστό του διαχωριστήρα εκτονώνεται σε κανονικές συνθήκες.

Για την εφαρμογή του προγράμματος FINAL από κάθε αναφορά λαμβάνονται χωρίς να υποστούν επεξεργασία τα παρακάτω δεδομένα:

-Rs ($=GOR^{tank}$.)

-rs ($=0$)

$$-MB_g^{oop} \text{ και } MB_1^{oop}$$

$$-MB_{1g}^{oc} \text{ και } MB_{gg}^{oc} \text{ } (^{*}=MB_g^{oop})$$

$$-MB_{11}^{oc}$$

$$-n_{1g}^{oc} \text{ } (^{*}=1) \text{ και } n_{11g}^{oc}$$

$$-d_{g1}^{oc} \text{ } (^{*}=0) \text{ και } d_{11}^{oc}$$

Αρκεί να υπολογιστούν οι ογκομετρικές παροχές του αερίου και του υγρού σε συνθήκες διαχωριστήρα Q_1 , Q_2 και η πυκνότητα του υγρού στις ίδιες επίσης συνθήκες, d_1^{oop} . Στην περίπτωση μαζικών παροχών ο υπολογισμός των M_{1g} και M_{21} ($M_{11}=M_{2g}=0$, αφού θεωρείται ότι ο διαχωριστήρας λειτουργεί με απόδοση 100%), προκύπτει άμεσα από τα Q_1 και Q_2 με τη βοήθεια των πυκνοτήτων d_g^{oop} και d_1^{oop} . Σε κάθε αναφορά δίνεται απευθείας η παροχή του υγρού Q_2 , ενώ η παροχή του αερίου δίνεται σε Κ.Σ, έστω Q_1' .

Δεδομένου ότι 1 kmole αερίου σε Κ.Σ καταλαμβάνει όγκο 23.69 sm^3 , από τον παρακάτω τύπο προκύπτουν τα kmole του αερίου:

$$n_{gas} = \frac{Q_1'}{23.69} \quad [7.1]$$

* Σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις το αέριο του διαχωριστήρα όταν εκτονωθεί σε συνθήκες κανονικές δεν δίνει υγρό, αλλά μόνο αέριο. Πρόκειται για ξηρό αέριο και κατά την εκτόνωση του δεν παράγεται υγρό.

Εφαρμόζοντας τη σχέση [7.1] στην παρακάτω εξίσωση, προκύπτει η ογκομετρική παροχή του αερίου σε συνθήκες διαχωριστήρα (m^3/day).

$$Q_1 = \frac{n_{gas} * MB_g^{sep}}{d_g^{sep}} \quad [7.2]$$

Στο σημείο αυτό πρέπει να επισημανθεί το εξής: λόγω υπολογιστικού λάθους, η τιμή της πυκνότητας του αερίου σε συνθήκες διαχωριστήρα d_g^{sep} που δίνεται σε κάθε αναφορά είναι λανθασμένη. Το συμπέρασμα προκύπτει κάνοντας την επαλήθευση βάσει της παρακάτω εξίσωσης:

$$d = \frac{MB * p}{Z * R * T} \quad [7.3]$$

όπου

MB: μοριακό βάρος του αερίου σε συνθήκες διαχωριστήρα, MB_g^{sep}

p: πίεση (Pa)

T: θερμοκρασία (K)

Z: συντελεστής συμπίεστικότητας

R: παγκόσμια σταθερά των αερίων

Στο σχήμα 7.2, εντός του πλαισίου παρουσιάζεται η τιμή της πυκνότητας του αερίου σε συνθήκες διαχωριστήρα η οποία δίνεται σε αναφορά που επεξεργάζεται αέριο συμπύκνωμα. Εφαρμόζοντας τον τύπο [7.3], όπου $MB=18.85 \text{ g/mol}$, $p=3.14 \text{ MPa}$, $Z=0.924$, $T=291.1 \text{ K}$, $R=8312.079 \text{ Pa} \cdot m^3/kmole \cdot K$, προκύπτει:

$$d_g^{sep} = 26.47 \frac{kg}{m^3} \quad [7.4]$$

θεωρείται σαν σωστή τιμή πυκνότητας του αερίου, η τιμή που προκύπτει από την εξίσωση [7.3], η οποία υπολογίζεται για κάθε αναφορά.

Για να υπολογιστεί η πυκνότητα του υγρού σε συνθήκες διαχωριστήρα d_1^{sep} , υπολογίζεται αρχικά μέσω του συντελεστή συρρίκνωσης w (που δίνεται σε κάθε αναφορά) και του Q_2 , ο όγκος του υγρού σε Κ.Σ (sm^3/day), Q_{11}^{sc} .

$$Q_{11}^{sc} = w * Q_2 \quad [7.5]$$

Εχοντας ως δεδομένο το GOR^{tank} και το Q_{11}^{sc} , προκύπτει ο όγκος του αερίου σε Κ.Σ (sm^3/day).

$$Q_{1g}^{sc} = GOR^{tank} * Q_{11}^{sc} \quad [7.6]$$

Με τη βοήθεια της πυκνότητας του υγρού και του αερίου που προέρχονται από την εκτόνωση του υγρού του διαχωριστήρα, d_{11}^{sc} και d_{1g}^{sc} αντίστοιχα, υπολογίζονται οι μάζες, αθροίζονται και διαιρούνται με το Q_2 . Δηλαδή:

$$d_1^{sep} = \frac{d_{11}^{sc} * Q_{11}^{sc} + d_{1g}^{sc} * Q_{1g}^{sc}}{Q_2} \quad [7.7]$$

Βάσει της παραπάνω επεξεργασίας προκύπτουν όλα τα απαραίτητα δεδομένα για την εφαρμογή του προγράμματος FINAL, απ'ό-

RESERVOIR FLUID ANALYSIS : RSS01

1- COMPOSITION (mole percent)

| COMPONENT | SEPARATOR LIQUID | SEPARATOR GAS | RESERVOIR FLUID |
|-------------|------------------|---------------|-----------------|
| N2 | 0.04 | 0.69 | 0.68 |
| CO2 | 0.37 | 1.15 | 1.13 |
| H2S | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| CH4 | 11.35 | 87.51 | 85.85 |
| C2H6 | 5.43 | 6.78 | 6.75 |
| C3H8 | 5.97 | 2.29 | 2.37 |
| iC4H10 | 2.16 | 0.41 | 0.45 |
| nC4H10 | 4.34 | 0.57 | 0.65 |
| iC5H12 | 2.96 | 0.17 | 0.23 |
| nC5H12 | 3.47 | 0.16 | 0.23 |
| Pseudo C6 | 6.89 | 0.12 | 0.27 |
| Pseudo C7 | 12.82 | 0.12 | 0.40 |
| Pseudo C8 | 15.26 | 0.03 | 0.36 |
| Pseudo C9 | 8.69 | 0.00 | 0.19 |
| Pseudo C10 | 5.75 | 0.00 | 0.12 |
| Pseudo C11 | 3.59 | 0.00 | 0.08 |
| C12+ | 10.91 | 0.00 | 0.24 |
| total | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| molar ratio | 0.0217 | 0.9783 | 1.0000 |

2- PHASE PROPERTIES

| | SEPARATOR LIQUID | | SEPARATOR GAS | | RESERVOIR FLUID | |
|--------|------------------|-------|---------------|--------|-----------------|-------|
| MOLAR | | | | | | |
| MASS : | lb/mol | g/mol | lb/mol | g/mol | lb/mol | g/mol |
| C7+ | 0.302 | 136.9 | 0.2271 | 103.01 | 0.294 | 133.3 |
| C12+ | 0.462 | 209.4 | | | 0.462 | 209.4 |
| fluid | 0.218 | 98.7 | 0.0416 | 18.85 | 0.045 | 20.6 |

| | | | | | | |
|-----------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|
| DENSITY : | g/cm3 | kg/m3 | g/cm3 | kg/m3 | g/cm3 | kg/m3 |
| C7+ | | | | | | |
| C12+ | | | | | | |
| fluid | | | 0.797E-3 | 0.797 | | |

ΣΧΗΜΑ 7.2

Δεδομένα εκτόνωσης ρευστού ταμπευτήρα.

που υπολογίζονται οι ογκομετρικές παροχές του υγρού και του αερίου σε κανονικές συνθήκες. Στη συνέχεια κάθε παράγοντας μεταβάλλεται κατά +10% και -10% της αρχικής του τιμής και με τη βοήθεια του προγράμματος FINAL προκύπτουν οι νέες ογκομετρικές παροχές.

7.3 Εφαρμογή προγράμματος FINAL σε συνθήκες που επικρατούν στην κορυφή της γεώτρησης.

Το πρόγραμμα FINAL εφαρμόστηκε και για συνθήκες που επικρατούν στην κορυφή της γεώτρησης, p^{wh} και T^{wh} . θεωρείται ότι το ρευστό οδηγείται στον διαχωριστήρα (ο οποίος λειτουργεί με συνθήκες p^{wh} και T^{wh}), όπου διαχωρίζεται σε δύο ρεύματα και στη συνέχεια το αέριο και το υγρό του διαχωριστήρα εκτονώνονται σε κανονικές συνθήκες. Επειδή δεν υπάρχουν δεδομένα για τις συγκεκριμένες συνθήκες, η μελέτη του ρευστού πραγματοποιήθηκε μέσω του λογισμικού προγράμματος VLE. Από τ'αποτελέσματα του προγράμματος VLE προέκυψαν οι τιμές των παραμέτρων και εφαρμόστηκε το πρόγραμμα FINAL. Η επεξεργασία συνεχίστηκε όπως παραπάνω.

7.3 Εφαρμογή προγράμματος FINAL σε ενδιάμεσες συνθήκες.

Παρόμοια όπως προηγουμένως, εφαρμόζεται το πρόγραμμα VLE για ενδιάμεσες συνθήκες p^{ms} και T^{ms} απ'όπου προκύπτουν οι τιμές των παραμέτρων. Στη συνέχεια εφαρμόζεται το πρόγραμμα FINAL.

7.4 Πίνακες αποτελεσμάτων.

Στους πίνακες 7.1 έως 7.12, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από δύο αναφορές χρησιμοποιώντας ως αρχικές μετρήσεις ογκομετρικές και μαζικές παροχές.

Οι πίνακες 7.1-7.3 και 7.7-7.9 παρουσιάζουν τ'αποτελέσματα από μελέτη αερίου συμπυκνώματος. Το ρευστό έχει σημείο δρόσου εργαστηριακά μετρημένο $p_d=12.48$ MPa σε θερμοκρασία $T=359.8$ K. Η πίεση που επικρατεί στην κορυφή της γεώτρησης είναι $p^{wh}=12.03$ MPa και η θερμοκρασία $T^{wh}=329.8$ K. Ο διαχωριστήρας λειτουργεί με συνθήκες $p^{sep}=4.24$ MPa και $T^{sep}=303.1$ K.

Οι πίνακες 7.4-7.6 και 7.10-7.12 παρουσιάζουν τ'αποτελέσματα από μελέτη υγρού. Το ρευστό έχει σημείο βρασμού εργαστηριακά μετρημένο $p_b=22.97$ MPa σε θερμοκρασία $T=407.6$ K. Η πίεση που επικρατεί στην κορυφή της γεώτρησης είναι $p^{wh}=7.83$ MPa και η θερμοκρασία είναι $T^{wh}=352$ K. Ο διαχωριστήρας λειτουργεί με συνθήκες $p^{sep}=0.43$ MPa και $T^{sep}=305.4$ K.

Αναλυτικά:

Πίνακες 7.1-7.3. Αποτελέσματα από επεξεργασία αερίου συμπυκνώματος. (Μετρήσεις: ογκομετρικές παροχές)

Πίνακες 7.4-7.6. Αποτελέσματα από επεξεργασία υγρού. (Μετρήσεις: ογκομετρικές παροχές)

Πίνακες 7.7-7.9. Αποτελέσματα από επεξεργασία αερίου συμ-
μπυκνώματος. (Μετρήσεις: μαζικές παροχές)

Πίνακες 7.10-7.12. Αποτελέσματα από επεξεργασία υγρού. (Με-
τρήσεις: μαζικές παροχές)

Σε κάθε πίνακα υπάρχουν οι ακόλουθοι συμβολισμοί:

I: Ογκομετρική παροχή αερίου σε κανονικές συνθήκες
(sm^3/day) υπολογίζοντας τα B_o και B_g βάσει των γραμμομορίων
(mole) του αερίου.

II: Ογκομετρική παροχή πετρελαίου σε κανονικές συνθήκες
(sm^3/day) υπολογίζοντας τα B_o και B_g βάσει των γραμμομορίων
(mole) του αερίου.

III: Ογκομετρική παροχή αερίου σε κανονικές συνθήκες
(sm^3/day) υπολογίζοντας τα B_o και B_g βάσει των R_s και r_s .

IV: Ογκομετρική παροχή πετρελαίου σε κανονικές συνθήκες
(sm^3/day) υπολογίζοντας τα B_o και B_g βάσει των R_s και r_s .

Αρχικά σε κάθε πίνακα υπάρχουν οι τιμές των ογκομετρικών
παροχών χωρίς να μεταβληθεί κανένας παράγοντας. Οι τιμές
αυτές αποτελούν τη βάση σύγκρισης.

Στην αρχή κάθε πίνακα αναγράφονται οι συνθήκες στις οποίες
έγινε η επεξεργασία.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.1

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΡΑ 4.24 MPa , 303.1 K

Μελέτη αερίου συμπυκνώματος.

(Ογκομετρικές παροχές)

I: Ογκομετρική παροχή του αερίου σε κανονικές συνθήκες (sm^3/day) υπολογίζοντας τα B_o και B_g βάσει των γραμμομορίων του αερίου.

II: Ογκομετρική παροχή του πετρελαίου σε κανονικές συνθήκες (sm^3/day) υπολογίζοντας τα B_o και B_g βάσει των γραμμομορίων του αερίου.

III: Ογκομετρική παροχή του αερίου σε κανονικές συνθήκες (sm^3/day) υπολογίζοντας τα B_o και B_g βάσει των R_s και r_s .

IV: Ογκομετρική παροχή του πετρελαίου σε κανονικές συνθήκες (sm^3/day) υπολογίζοντας τα B_o και B_g βάσει των R_s και r_s .

| | I | II | III | IV |
|-------------|-----------|-------|-----------|-------|
| αρχική τιμή | 207220.90 | 17.51 | 207508.10 | 17.49 |
| +10% Q_1 | 227758.90 | 17.51 | 228074.90 | 17.49 |
| -10% Q_1 | 186683.00 | 17.51 | 186941.30 | 17.49 |
| +10% Q_2 | 207405.10 | 19.25 | 207692.10 | 19.24 |
| -10% Q_2 | 207036.80 | 15.75 | 207324.10 | 15.74 |

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ FINAL ΣΕ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΡΥΤ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ-ΤΕΛΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

| | | | | |
|---|-----------|-------|-----------|-------|
| +10% R _s | 207405.10 | 17.51 | 207654.30 | 17.16 |
| -10% R _s | 207036.80 | 17.51 | 207356.30 | 17.83 |
| +10% MB ₁₁ ^{**c} | 207405.10 | 19.25 | 207508.10 | 17.49 |
| -10% MB ₁₁ ^{**c} | 207036.80 | 15.75 | 207508.10 | 17.49 |
| +10% MB ₁ ^{**p} | 207053.50 | 15.91 | 207508.10 | 17.49 |
| -10% MB ₁ ^{**p} | 207425.60 | 19.45 | 207508.10 | 17.49 |
| +10% MB _g ^{**p} | 207220.90 | 17.51 | 228074.90 | 17.49 |
| -10% MB _g ^{**p} | 207220.90 | 17.51 | 188455.60 | 17.49 |
| +10% MB _{gg} ^{**c} | 207220.90 | 17.51 | 188811.00 | 17.49 |
| -10% MB _{gg} ^{**c} | 207220.90 | 17.51 | 230360.10 | 17.49 |
| +10% MB _{lg} ^{**c} | 207220.90 | 17.51 | 207473.70 | 17.16 |
| -10% MB _{lg} ^{**c} | 207220.90 | 17.51 | 207543.80 | 17.83 |
| +10% d ₁ ^{**p} | 207405.10 | 19.25 | 207692.10 | 19.24 |
| -10% d ₁ ^{**p} | 207036.80 | 15.75 | 207324.00 | 15.74 |
| +10% d ₁₁ ^{**c} | 207053.50 | 15.91 | 207370.00 | 16.18 |
| -10% d ₁₁ ^{**c} | 207425.60 | 19.45 | 207786.10 | 20.13 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.2

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΟΥ ΕΠΙΧΡΑΤΟΥΝ ΣΤΗΝ ΚΟΡΥΦΗ ΤΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ:

12.03 MPa, 329.8 K

Μελέτη αερίου συμπυκνώματος.

(Ογκομετρικές παροχές)

I: Ογκομετρική παροχή του αερίου σε κανονικές συνθήκες (sm³/day) υπολογίζοντας τα B_o και B_g βάσει των γραμμομορίων του αερίου.

II: Ογκομετρική παροχή του πετρελαίου σε κανονικές συνθήκες (sm³/day) υπολογίζοντας τα B_o και B_g βάσει των γραμμομορίων του αερίου.

III: Ογκομετρική παροχή του αερίου σε κανονικές συνθήκες (sm³/day) υπολογίζοντας τα B_o και B_g βάσει των R_s και r_s.

IV: Ογκομετρική παροχή του πετρελαίου σε κανονικές συνθήκες (sm³/day) υπολογίζοντας τα B_o και B_g βάσει των R_s και r_s.

| | I | II | III | IV |
|---------------------|-----------|------|-----------|------|
| αρχική τιμή | 207281.40 | 6.57 | 207569.10 | 6.56 |
| +10% Q ₁ | 227866.00 | 6.57 | 228182.60 | 6.56 |
| -10% Q ₁ | 186696.80 | 6.57 | 186955.50 | 6.56 |
| +10% Q ₂ | 207425.00 | 7.23 | 207712.00 | 7.22 |

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ FINAL ΣΕ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ PVT ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ-ΤΕΛΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

| | | | | |
|-------------------------|-----------|------|-----------|------|
| -10% Q_2 | 207137.80 | 5.92 | 207424.70 | 5.91 |
| +10% R_s | 207425.00 | 6.57 | 207672.10 | 6.40 |
| -10% R_s | 207137.80 | 6.57 | 207460.40 | 6.74 |
| +10% MB_{11}^{**c} | 207425.00 | 7.23 | 207569.10 | 6.56 |
| -10% MB_{11}^{**c} | 207137.80 | 5.92 | 207569.10 | 6.56 |
| +10% MB_1^{***} | 207150.90 | 5.97 | 207569.10 | 6.56 |
| -10% MB_1^{***} | 207440.90 | 7.31 | 207569.10 | 6.56 |
| +10% MB_g^{***} | 207281.40 | 6.57 | 228182.60 | 6.56 |
| -10% MB_g^{***} | 207281.40 | 6.57 | 186955.60 | 6.56 |
| +10% MB_{gg}^{**c} | 207281.40 | 6.57 | 188829.50 | 6.56 |
| -10% MB_{gg}^{**c} | 207281.40 | 6.57 | 230473.00 | 6.56 |
| +10% MB_{1g}^{**c} | 207281.40 | 6.57 | 207532.40 | 6.40 |
| -10% MB_{1g}^{**c} | 207281.40 | 6.57 | 207605.80 | 6.74 |
| +10% d_1^{***} | 207425.00 | 7.23 | 207712.50 | 7.22 |
| -10% d_1^{***} | 207137.80 | 5.92 | 207425.70 | 5.91 |
| +10% d_{11}^{**c} | 207150.90 | 5.98 | 207470.50 | 6.12 |
| -10% d_{11}^{**c} | 207440.90 | 7.30 | 207683.30 | 7.09 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.3

ΕΝΔΙΑΜΕΣΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ: 8.137 MPa, 316.49 K

Μελέτη αερίου συμπυκνώματος.

(Ογκομετρικές παροχές)

I: Ογκομετρική παροχή του αερίου σε κανονικές συνθήκες (sm³/day) υπολογίζοντας τα B₀ και B_g βάσει των γραμμομορίων του αερίου.

II: Ογκομετρική παροχή του πετρελαίου σε κανονικές συνθήκες (sm³/day) υπολογίζοντας τα B₀ και B_g βάσει των γραμμομορίων του αερίου.

III: Ογκομετρική παροχή του αερίου σε κανονικές συνθήκες (sm³/day) υπολογίζοντας τα B₀ και B_g βάσει των R_s και r_s.

IV: Ογκομετρική παροχή του πετρελαίου σε κανονικές συνθήκες (sm³/day) υπολογίζοντας τα B₀ και B_g βάσει των R_s και r_s.

| | I | II | III | IV |
|---------------------|-----------|-------|-----------|-------|
| αρχική τιμή | 207551.90 | 15.18 | 206034.00 | 15.17 |
| +10% Q ₁ | 226069.10 | 15.18 | 226380.20 | 15.17 |
| -10% Q ₁ | 185434.80 | 15.18 | 185688.70 | 15.17 |
| +10% Q ₂ | 206010.00 | 16.70 | 206292.00 | 16.68 |
| -10% Q ₂ | 205493.80 | 13.67 | 205776.00 | 13.65 |

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ FINAL ΣΕ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΡVΤ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ-ΤΕΛΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

| | | | | |
|-------------------------------------|-----------|-------|-----------|-------|
| +10% R _s | 206010.00 | 15.18 | 206226.00 | 14.81 |
| -10% R _s | 205493.80 | 15.18 | 205842.00 | 15.53 |
| +10% MB ₁₁ ^{sc} | 206010.00 | 16.70 | 206034.00 | 15.17 |
| -10% MB ₁₁ ^{sc} | 205493.80 | 13.67 | 206034.00 | 15.17 |
| +10% MB ₁ ^{sc} | 205517.30 | 13.80 | 206034.00 | 15.17 |
| -10% MB ₁ ^{sc} | 206038.70 | 16.87 | 206034.00 | 15.17 |
| +10% MB _g ^{sc} | 205751.90 | 15.18 | 226380.20 | 15.17 |
| -10% MB _g ^{sc} | 205751.90 | 15.18 | 185688.70 | 15.17 |
| +10% MB _{gg} ^{sc} | 205751.90 | 15.18 | 187538.00 | 15.17 |
| -10% MB _{gg} ^{sc} | 205751.90 | 15.18 | 228640.80 | 15.17 |
| +10% MB _{1g} ^{sc} | 205751.90 | 15.18 | 205894.00 | 14.81 |
| -10% MB _{1g} ^{sc} | 205751.90 | 15.18 | 206174.00 | 15.53 |
| +10% d ₁ ^{sc} | 206010.00 | 16.70 | 206292.00 | 16.68 |
| -10% d ₁ ^{sc} | 205493.80 | 13.67 | 205776.00 | 13.65 |
| +10% d ₁₁ ^{sc} | 205517.30 | 13.80 | 205852.30 | 14.09 |
| -10% d ₁₁ ^{sc} | 206038.70 | 16.87 | 206246.60 | 16.41 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.4

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΡΑ: 0.43 MPa, 305.4 K

Μελέτη υγρού.

(Ογκομετρικές παροχές)

I: Ογκομετρική παροχή του αερίου σε κανονικές συνθήκες (sm³/day) υπολογίζοντας τα B₀ και B_g βάσει των γραμμομορίων του αερίου.

II: Ογκομετρική παροχή του πετρελαίου σε κανονικές συνθήκες (sm³/day) υπολογίζοντας τα B₀ και B_g βάσει των γραμμομορίων του αερίου.

III: Ογκομετρική παροχή του αερίου σε κανονικές συνθήκες (sm³/day) υπολογίζοντας τα B₀ και B_g βάσει των R_s και r_s.

IV: Ογκομετρική παροχή του πετρελαίου σε κανονικές συνθήκες (sm³/day) υπολογίζοντας τα B₀ και B_g βάσει των R_s και r_s.

| | I | II | III | IV |
|---------------------|----------|--------|----------|--------|
| αρχική τιμή | 36707.12 | 323.57 | 36758.02 | 323.87 |
| +10% Q ₁ | 40228.99 | 323.57 | 40284.84 | 323.87 |
| -10% Q ₁ | 33185.25 | 323.57 | 33231.19 | 323.87 |
| +10% Q ₂ | 36855.96 | 355.92 | 36907.00 | 356.26 |
| -10% Q ₂ | 36558.28 | 291.21 | 36609.04 | 291.48 |

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ FINAL ΣΕ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΡΥΤ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ-ΤΕΛΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

| | | | | |
|---|----------|--------|----------|--------|
| +10% R _s | 36855.96 | 323.57 | 36905.18 | 323.51 |
| -10% R _s | 36558.28 | 323.57 | 36610.12 | 324.23 |
| +10% MB ₁₁ ^{**c} | 36855.96 | 355.92 | 36758.02 | 323.87 |
| -10% MB ₁₁ ^{**c} | 36558.28 | 291.21 | 36758.02 | 323.87 |
| +10% MB ₁ ^{**p} | 36571.81 | 294.15 | 36758.02 | 323.87 |
| -10% MB ₁ ^{**p} | 36872.50 | 359.52 | 36758.02 | 323.87 |
| +10% MB _g ^{**p} | 36707.12 | 323.57 | 40284.84 | 323.87 |
| -10% MB _g ^{**p} | 36707.12 | 323.57 | 33231.19 | 323.87 |
| +10% MB _{gg} ^{**c} | 36707.12 | 323.57 | 33554.27 | 323.87 |
| -10% MB _{gg} ^{**c} | 36707.12 | 323.57 | 40673.03 | 323.87 |
| +10% MB _{1g} ^{**c} | 36707.12 | 323.57 | 36756.37 | 323.51 |
| -10% MB _{1g} ^{**c} | 36707.12 | 323.57 | 36759.67 | 324.23 |
| +10% d ₁ ^{**p} | 36855.96 | 355.92 | 36907.00 | 356.26 |
| -10% d ₁ ^{**p} | 36558.28 | 291.21 | 36609.04 | 291.48 |
| +10% d ₁₁ ^{**c} | 36595.39 | 299.28 | 36647.57 | 299.86 |
| -10% d ₁₁ ^{**c} | 36707.12 | 323.57 | 36758.02 | 323.87 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.5

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΟΥ ΕΠΙΚΡΑΤΟΥΝ ΣΤΗΝ ΚΟΡΥΦΗ ΤΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ:

7.83 MPa, 352.4 K

(Ογκομετρική Μελέτη υγρού.)

(Ογκομετρικές παροχές)

I: Ογκομετρική παροχή του αερίου σε κανονικές συνθήκες

(sm³/day) υπολογίζοντας τα B_o και B_g βάσει των γραμμομορίων του αερίου.

II: Ογκομετρική παροχή του πετρελαίου σε κανονικές συνθήκες (sm³/day) υπολογίζοντας τα B_o και B_g βάσει των γραμμομορίων του αερίου.

III: Ογκομετρική παροχή του αερίου σε κανονικές συνθήκες (sm³/day) υπολογίζοντας τα B_o και B_g βάσει των R_s και r_s.

IV: Ογκομετρική παροχή του πετρελαίου σε κανονικές συνθήκες (sm³/day) υπολογίζοντας τα B_o και B_g βάσει των R_s και r_s.

| | I | II | III | IV |
|---------------------|----------|--------|----------|--------|
| αρχική τιμή | 33651.16 | 329.91 | 33654.19 | 329.00 |
| +10% Q ₁ | 35949.79 | 329.91 | 35956.05 | 329.00 |
| -10% Q ₁ | 31352.54 | 329.91 | 31352.33 | 329.00 |
| +10% Q ₂ | 34717.92 | 362.90 | 34718.02 | 361.91 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.6

ΕΝΔΙΑΜΕΣΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ: 4.12711 MPa, 328,21.K

Μελέτη υγρού.

(Ογκομετρικές παροχές)

I: Ογκομετρική παροχή του αερίου σε κανονικές συνθήκες (sm³/day) υπολογίζοντας τα B₀ και B_g βάσει των γραμμομορίων του αερίου.

II: Ογκομετρική παροχή του πετρελαίου σε κανονικές συνθήκες (sm³/day) υπολογίζοντας τα B₀ και B_g βάσει των γραμμομορίων του αερίου.

III: Ογκομετρική παροχή του αερίου σε κανονικές συνθήκες (sm³/day) υπολογίζοντας τα B₀ και B_g βάσει των R_s και r_s.

IV: Ογκομετρική παροχή του πετρελαίου σε κανονικές συνθήκες (sm³/day) υπολογίζοντας τα B₀ και B_g βάσει των R_s και r_s.

| | I | II | III | IV |
|---------------------|----------|--------|----------|--------|
| αρχική τιμή | 33827.04 | 325.95 | 33961.86 | 328.18 |
| +10% Q ₁ | 35601.32 | 325.95 | 35738.64 | 328.18 |
| -10% Q ₁ | 32052.04 | 325.95 | 32184.38 | 328.18 |
| +10% Q ₂ | 35435.21 | 358.55 | 35581.03 | 361.00 |
| -10% Q ₂ | 32219.28 | 293.36 | 32343.12 | 295.36 |

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ FINAL ΣΕ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΡΥΤ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ-ΤΕΛΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

| | | | | |
|------------------------|----------|--------|----------|--------|
| -10% Q_2 | 32584.71 | 296.92 | 32590.66 | 296.11 |
| +10% R_s | 34717.92 | 329.91 | 34644.83 | 326.97 |
| -10% R_s | 32585.55 | 329.91 | 32651.20 | 331.06 |
| +10% MB_{11}^{**} | 34717.92 | 362.90 | 33654.19 | 329.00 |
| -10% MB_{11}^{**} | 32584.71 | 296.92 | 33654.19 | 329.00 |
| +10% MB_1^{***} | 32681.59 | 299.92 | 33654.19 | 329.00 |
| -10% MB_1^{***} | 34836.19 | 366.56 | 33654.19 | 329.00 |
| +10% MB_7^{***} | 33651.16 | 329.91 | 35956.05 | 329.00 |
| -10% MB_7^{***} | 33651.16 | 329.91 | 31352.33 | 329.00 |
| +10% MB_{gg}^{**} | 33651.16 | 329.91 | 31563.48 | 329.00 |
| -10% MB_{gg}^{**} | 33651.16 | 329.91 | 36209.02 | 329.00 |
| +10% MB_{1g}^{**} | 33651.16 | 329.91 | 33588.61 | 326.98 |
| -10% MB_{1g}^{**} | 33651.16 | 329.91 | 33719.77 | 331.02 |
| +10% d_1^{***} | 34717.92 | 362.90 | 34718.02 | 361.91 |
| -10% d_1^{***} | 32584.71 | 296.92 | 32590.66 | 296.11 |
| +10% d_{11}^{**} | 32681.52 | 299.92 | 32742.04 | 300.79 |
| -10% d_{11}^{**} | 34836.28 | 366.57 | 34755.16 | 363.06 |

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ FINAL ΣΕ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ PVT ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ-ΤΕΛΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

| | | | | |
|--------------------------------------|----------|--------|----------|--------|
| +10% R _s | 35433.98 | 325.95 | 35423.59 | 325.30 |
| -10% R _s | 32220.09 | 325.95 | 32474.03 | 331.11 |
| +10% MB ₁₁ ^{**c} | 35435.21 | 358.55 | 33961.86 | 328.18 |
| -10% MB ₁₁ ^{**c} | 32219.28 | 293.36 | 33961.86 | 328.18 |
| +10% MB ₁ ^{**p} | 32365.20 | 296.32 | 33961.86 | 328.18 |
| -10% MB ₁ ^{**p} | 35613.62 | 326.16 | 33961.86 | 328.18 |
| +10% MB _g ^{**p} | 33827.04 | 325.95 | 35738.64 | 328.18 |
| -10% MB _g ^{**p} | 33827.04 | 325.95 | 32184.38 | 328.18 |
| +10% MB _{gg} ^{**c} | 33827.04 | 325.95 | 32345.70 | 328.18 |
| -10% MB _{gg} ^{**c} | 33827.04 | 325.95 | 33961.86 | 328.18 |
| +10% MB _{1g} ^{**c} | 33827.04 | 325.95 | 33827.49 | 325.45 |
| -10% MB _{1g} ^{**c} | 33827.04 | 325.95 | 34096.23 | 330.91 |
| +10% d ₁ ^{**p} | 35435.21 | 358.55 | 35581.03 | 361.00 |
| -10% d ₁ ^{**p} | 32219.28 | 293.36 | 32343.12 | 295.36 |
| +10% d ₁₁ ^{**c} | 32365.29 | 296.32 | 32609.56 | 300.76 |
| -10% d ₁ ^{ic} | 35613.62 | 362.17 | 35585.41 | 361.09 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.7

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΡΑ: 4.24 MPa, 303.1 K

Μελέτη αερίου συμπυκνώματος.

(Μαζικές παροχές)

- I: Ογκομετρική παροχή του αερίου σε κανονικές συνθήκες (sm3/day) υπολογίζοντας τα Bo και Bg βάσει των γραμμομορίων του αερίου.
- II: Ογκομετρική παροχή του πετρελαίου σε κανονικές συνθήκες (sm3/day) υπολογίζοντας τα Bo και Bg βάσει των γραμμομορίων του αερίου.
- III: Ογκομετρική παροχή του αερίου σε κανονικές συνθήκες (sm3/day) υπολογίζοντας τα Bo και Bg βάσει των Rs και rs.
- IV: Ογκομετρική παροχή του πετρελαίου σε κανονικές συνθήκες (sm3/day) υπολογίζοντας τα Bo και Bg βάσει των Rs και rs.

| | I | II | III | IV |
|---------------------|-----------|-------|-----------|-------|
| αρχική τιμή | 207865.90 | 17.51 | 207865.60 | 17.49 |
| +10% Q ₁ | 228468.30 | 17.51 | 228468.20 | 17.49 |
| -10% Q ₁ | 187263.50 | 17.51 | 187263.20 | 17.49 |
| +10% Q ₂ | 208050.00 | 19.26 | 208049.60 | 19.24 |
| -10% Q ₂ | 207681.70 | 15.75 | 207681.70 | 17.16 |

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ FINAL ΣΕ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΡΥΤ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ-ΤΕΛΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

| | | | | |
|--|-----------|-------|-----------|-------|
| +10% R _s | 206050.00 | 17.51 | 208011.80 | 17.16 |
| -10% R _s | 207681.70 | 17.51 | 207713.80 | 17.83 |
| +10% MB ₁₁ ^{nc} | 208050.00 | 19.26 | 207865.60 | 17.49 |
| -10% MB ₁₁ ^{nc} | 207681.70 | 15.75 | 207865.60 | 17.49 |
| +10% MB ₁ ^{pp} | 207698.40 | 15.92 | 207865.60 | 17.49 |
| -10% MB ₁ ^{pp} | 208070.50 | 19.45 | 207865.60 | 17.49 |
| +10% MB _g ^{pp} | 189136.40 | 17.51 | 207865.60 | 17.49 |
| -10% MB _g ^{pp} | 230757.40 | 17.51 | 207865.60 | 17.49 |
| +10% MB _{gg} ^{nc} | 207865.90 | 17.51 | 189136.00 | 17.49 |
| -10% MB _{gg} ^{nc} | 207865.90 | 17.51 | 230757.40 | 17.49 |
| +10% MB _{1g} ^{nc} | 207865.90 | 17.51 | 207831.20 | 17.16 |
| -10% MB _{1g} ^{nc} | 207865.90 | 17.51 | 207901.40 | 17.83 |
| +10% d ₁₁ ^{nc} | 207698.40 | 15.92 | 207727.90 | 16.18 |
| -10% d ₁₁ ^{nc} | 208070.50 | 19.45 | 208027.70 | 19.03 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.8

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΟΥ ΕΠΙΚΡΑΤΟΥΝ ΣΤΗΝ ΚΟΡΥΦΗ ΤΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ:

12.03 MPa, 329.8

Μελέτη αερίου-συμπυκνώματος.

(Μαζικές παροχές)

I: Ογκομετρική παροχή του αερίου σε κανονικές συνθήκες (sm³/day) υπολογίζοντας τα B_o και B_g βάσει των γραμμομορίων του αερίου.

II: Ογκομετρική παροχή του πετρελαίου σε κανονικές συνθήκες (sm³/day) υπολογίζοντας τα B_o και B_g βάσει των γραμμομορίων του αερίου.

III: Ογκομετρική παροχή του αερίου σε κανονικές συνθήκες (sm³/day) υπολογίζοντας τα B_o και B_g βάσει των R_s και r_s.

IV: Ογκομετρική παροχή του πετρελαίου σε κανονικές συνθήκες (sm³/day) υπολογίζοντας τα B_o και B_g βάσει των R_s και r_s.

| | I | II | III | IV |
|---------------------|-----------|------|-----------|------|
| αρχική τιμή | 207859.20 | 6.58 | 207858.80 | 6.56 |
| +10% Q ₁ | 228501.60 | 6.58 | 228501.30 | 6.56 |
| -10% Q ₁ | 187216.80 | 6.58 | 187216.30 | 6.56 |
| +10% Q ₂ | 208002.80 | 7.23 | 208002.20 | 7.22 |

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ FINAL ΣΕ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ PVT ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ-ΤΕΛΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

| | | | | |
|-------------------------|-----------|------|-----------|------|
| -10% Q_2 | 207715.60 | 5.92 | 207715.50 | 5.91 |
| +10% R_s | 208002.80 | 6.58 | 207961.90 | 6.39 |
| -10% R_s | 207715.60 | 6.58 | 207750.20 | 6.74 |
| +10% MB_{11}^{**c} | 208002.80 | 7.23 | 207858.80 | 6.56 |
| -10% MB_{11}^{**c} | 207715.60 | 5.92 | 207858.80 | 6.56 |
| +10% MB_1^{***} | 207728.70 | 5.98 | 207858.80 | 6.56 |
| -10% MB_1^{***} | 208018.70 | 7.31 | 207858.80 | 6.56 |
| 10% MB_g^{***} | 189093.40 | 6.58 | 207858.80 | 6.56 |
| -10% MB_g^{***} | 230795.10 | 6.58 | 207858.80 | 6.56 |
| +10% MB_{gg}^{**c} | 207859.20 | 6.58 | 189092.90 | 6.56 |
| -10% MB_{gg}^{**c} | 207859.20 | 6.58 | 230794.90 | 6.56 |
| +10% MB_{1g}^{**c} | 207859.20 | 6.58 | 207822.20 | 6.39 |
| -10% MB_{1g}^{**c} | 207859.20 | 6.58 | 207897.50 | 6.74 |
| +10% d_{11}^{**c} | 207728.70 | 5.98 | 207760.30 | 6.12 |
| -10% d_{11}^{**c} | 208018.70 | 7.30 | 207973.00 | 7.09 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.9

ΕΝΔΙΑΜΕΣΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ: 8.137 MPa, 316.49 K

Μελέτη αερίου συμπυκνώματος.

(Μαζικές παροχές)

- I: Ογκομετρική παροχή του αερίου σε κανονικές συνθήκες (sm3/day) υπολογίζοντας τα Bo και Bg βάσει των γραμμομορίων του αερίου.
- II: Ογκομετρική παροχή του πετρελαίου σε κανονικές συνθήκες (sm3/day) υπολογίζοντας τα Bo και Bg βάσει των γραμμομορίων του αερίου.
- III: Ογκομετρική παροχή του αερίου σε κανονικές συνθήκες (sm3/day) υπολογίζοντας τα Bo και Bg βάσει των Rs και rs.
- IV: Ογκομετρική παροχή του πετρελαίου σε κανονικές συνθήκες (sm3/day) υπολογίζοντας τα Bo και Bg βάσει των Rs και rs.

| | I | II | III | IV |
|---------------------|-----------|-------|-----------|-------|
| αρχική τιμή | 206348.10 | 15.18 | 206346.20 | 15.16 |
| +10% Q ₁ | 226724.90 | 15.18 | 226723.10 | 15.16 |
| -10% Q ₁ | 185971.40 | 15.18 | 185969.30 | 15.16 |
| +10% Q ₂ | 206606.20 | 16.70 | 206603.90 | 16.68 |
| -10% Q ₂ | 206090.10 | 13.71 | 206088.50 | 13.65 |

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ FINAL ΣΕ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΡΥΤ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ-ΤΕΛΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

| | | | | |
|-------------------------------------|-----------|-------|-----------|-------|
| +10% Rs | 206606.50 | 15.18 | 206537.80 | 14.81 |
| -10% Rs | 206090.10 | 15.18 | 206145.40 | 15.54 |
| +10% MB ₁₁ ^{cc} | 206606.20 | 16.70 | 206346.20 | 15.16 |
| -10% MB ₁₁ ^{cc} | 206090.10 | 13.67 | 206346.20 | 15.16 |
| +10% MB ₁ ^{ccp} | 206113.50 | 13.80 | 206346.20 | 15.16 |
| -10% MB ₁ ^{ccp} | 206634.90 | 16.87 | 206346.20 | 15.16 |
| +10% MB _g ^{ccp} | 187823.80 | 15.18 | 206346.20 | 15.16 |
| -10% MB _g ^{ccp} | 228989.00 | 15.18 | 206346.20 | 15.16 |
| +10% MB _{gg} ^{cc} | 206348.10 | 15.18 | 187821.70 | 15.16 |
| -10% MB _{gg} ^{cc} | 206348.10 | 15.18 | 228987.20 | 15.16 |
| +10% MB _{1g} ^{cc} | 206348.10 | 15.18 | 206285.80 | 14.81 |
| -10% MB _{1g} ^{cc} | 206348.10 | 15.18 | 206409.50 | 15.53 |
| +10% d ₁₁ ^{cc} | 206113.50 | 13.80 | 206164.10 | 14.09 |
| -10% d ₁₁ ^{cc} | 206634.90 | 16.87 | 206558.20 | 16.41 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.10

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΡΑ: 0.43 MPa, 305.4 K

Μελέτη υγρού.

(Μαζικές παροχές)

I: Ογκομετρική παροχή του αερίου σε κανονικές συνθήκες (sm³/day) υπολογίζοντας τα B₀ και B_g βάσει των γραμμομορίων του αερίου.

II: Ογκομετρική παροχή του πετρελαίου σε κανονικές συνθήκες (sm³/day) υπολογίζοντας τα B₀ και B_g βάσει των γραμμομορίων του αερίου.

III: Ογκομετρική παροχή του αερίου σε κανονικές συνθήκες (sm³/day) υπολογίζοντας τα B₀ και B_g βάσει των R_s και r_s.

IV: Ογκομετρική παροχή του πετρελαίου σε κανονικές συνθήκες (sm³/day) υπολογίζοντας τα B₀ και B_g βάσει των R_s και r_s.

| | I | II | III | IV |
|---------------------|----------|--------|----------|--------|
| αρχική τιμή | 36882.94 | 323.57 | 36884.59 | 323.86 |
| +10% Q ₁ | 40422.39 | 323.57 | 40424.06 | 323.86 |
| -10% Q ₁ | 33343.49 | 323.57 | 33345.11 | 323.86 |
| +10% Q ₂ | 37031.79 | 355.93 | 37033.57 | 356.26 |
| -10% Q ₂ | 36734.1 | 291.21 | 36735.61 | 291.48 |

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ FINAL ΣΕ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΡΥΤ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ-ΤΕΛΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

| | | | | |
|-------------------------------------|----------|--------|----------|--------|
| +10% R _s | 37031.79 | 323.57 | 37031.75 | 323.51 |
| -10% R _s | 36734.10 | 323.57 | 36737.09 | 324.23 |
| +10% MB ₁₁ ^{sc} | 37031.79 | 355.93 | 36884.59 | 323.86 |
| -10% MB ₁₁ ^{sc} | 36734.1 | 291.21 | 36884.59 | 323.86 |
| +10% MB ₁ ^{sp} | 36747.63 | 294.18 | 36884.59 | 323.86 |
| -10% MB ₁ ^{sp} | 37048.32 | 359.52 | 36884.59 | 323.86 |
| +10% MB _g ^{sp} | 33667.73 | 323.57 | 36884.59 | 323.86 |
| -10% MB _g ^{sp} | 40811.98 | 323.57 | 36884.59 | 323.86 |
| +10% MB _{gg} ^{sc} | 36882.94 | 323.57 | 33669.35 | 323.86 |
| -10% MB _{gg} ^{sc} | 36882.94 | 323.57 | 40813.65 | 323.86 |
| +10% MB _{1g} ^{sc} | 36882.94 | 323.57 | 36882.94 | 323.51 |
| -10% MB _{1g} ^{sc} | 36882.94 | 323.57 | 36886.24 | 324.23 |
| +10% d ₁₁ ^{sc} | 36747.63 | 294.18 | 36750.52 | 294.72 |
| -10% d ₁₁ ^{sc} | 37048.32 | 323.52 | 37048.09 | 323.41 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.11

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΟΥ ΕΠΙΚΡΑΤΟΥΝ ΣΤΗΝ ΚΟΡΥΦΗ ΤΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ:

7.83 MPa, 352 K

Μελέτη υγρού.

(Μαζικές παροχές)

I: Ογκομετρική παροχή του αερίου σε κανονικές συνθήκες (sm³/day) υπολογίζοντας τα B_o και B_g βάσει των γραμμομορίων του αερίου.

II: Ογκομετρική παροχή του πετρελαίου σε κανονικές συνθήκες (sm³/day) υπολογίζοντας τα B_o και B_g βάσει των γραμμομορίων του αερίου.

III: Ογκομετρική παροχή του αερίου σε κανονικές συνθήκες (sm³/day) υπολογίζοντας τα B_o και B_g βάσει των R_s και r_s.

IV: Ογκομετρική παροχή του πετρελαίου σε κανονικές συνθήκες (sm³/day) υπολογίζοντας τα B_o και B_g βάσει των R_s και r_s.

| | I | II | III | IV |
|---------------------|----------|--------|----------|--------|
| αρχική τιμή | 33817.87 | 329.92 | 33788.27 | 328.99 |
| +10% Q ₁ | 35896.73 | 329.92 | 36103.47 | 328.99 |
| -10% Q ₁ | 31502.69 | 329.92 | 31473.08 | 328.99 |
| +10% Q ₂ | 34884.48 | 362.89 | 34851.91 | 361.89 |

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ FINAL ΣΕ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ PVT ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ-ΤΕΛΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

| | | | | |
|-------------------------|----------|--------|----------|--------|
| -10% Q_z | 32751.26 | 296.92 | 32724.64 | 296.09 |
| +10% R_s | 34884.48 | 329.92 | 34778.83 | 326.97 |
| -10% R_s | 32752.24 | 329.92 | 32785.36 | 331.05 |
| +10% MB_{11}^{**c} | 34884.48 | 362.89 | 33788.27 | 328.99 |
| -10% MB_{11}^{**c} | 32751.26 | 296.92 | 33788.27 | 328.99 |
| +10% MB_1^{***} | 32848.29 | 299.93 | 33788.27 | 328.99 |
| -10% MB_1^{***} | 35002.9 | 366.57 | 33788.27 | 328.99 |
| +10% MB_g^{***} | 31714.96 | 329.92 | 33788.27 | 328.99 |
| -10% MB_g^{***} | 36387.61 | 329.92 | 33788.27 | 328.99 |
| +10% MB_{gg}^{**c} | 33817.87 | 329.92 | 31685.35 | 328.99 |
| -10% MB_{gg}^{**c} | 33817.87 | 329.92 | 36358.03 | 328.99 |
| +10% MB_{1g}^{**c} | 33817.87 | 329.92 | 33722.65 | 326.97 |
| -10% MB_{1g}^{**c} | 33817.87 | 329.92 | 33854.72 | 331.05 |
| +10% d_{11}^{**c} | 32848.22 | 299.92 | 32876.20 | 300.78 |
| -10% d_{11}^{**c} | 35003.00 | 366.57 | 34889.15 | 363.04 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.12

ΕΝΔΙΑΜΕΣΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ: 4.12711 MPa, 328.71 K

Μελέτη υγρού.

(Μαζικές παροχές)

I: Ογκομετρική παροχή του αερίου σε κανονικές συνθήκες (sm³/day) υπολογίζοντας τα B₀ και B_g βάσει των γραμμομορίων του αερίου.

II: Ογκομετρική παροχή του πετρελαίου σε κανονικές συνθήκες (sm³/day) υπολογίζοντας τα B₀ και B_g βάσει των γραμμομορίων του αερίου.

III: Ογκομετρική παροχή του αερίου σε κανονικές συνθήκες (sm³/day) υπολογίζοντας τα B₀ και B_g βάσει των R_s και r_s.

IV: Ογκομετρική παροχή του πετρελαίου σε κανονικές συνθήκες (sm³/day) υπολογίζοντας τα B₀ και B_g βάσει των R_s και r_s.

| | I | II | III | IV |
|---------------------|----------|--------|----------|--------|
| αρχική τιμή | 33878.72 | 325.95 | 33987.68 | 328.16 |
| +10% Q ₁ | 35658.66 | 325.95 | 35767.63 | 328.16 |
| -10% Q ₁ | 32098.77 | 325.95 | 32207.71 | 328.16 |
| +10% Q ₂ | 35486.64 | 358.59 | 35606.48 | 360.97 |
| -10% Q ₂ | 32270.79 | 293.39 | 32368.87 | 295.34 |

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ FINAL ΣΕ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΡΥΤ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ-ΤΕΛΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

| | | | | |
|-------------------------|----------|--------|----------|--------|
| +10% R_s | 35486.64 | 325.95 | 35449.21 | 325.78 |
| -10% R_s | 32271.77 | 325.95 | 32500.03 | 331.09 |
| +10% MB_{11}^{**c} | 35486.64 | 358.55 | 33987.68 | 328.16 |
| -10% MB_{11}^{**c} | 32270.79 | 293.36 | 33987.68 | 328.16 |
| +10% MB_1^{***} | 32416.96 | 296.32 | 33987.68 | 328.16 |
| -10% MB_1^{***} | 35665.3 | 362.17 | 33987.68 | 328.16 |
| +10% MB_g^{***} | 32260.13 | 325.95 | 33987.68 | 328.16 |
| -10% MB_g^{***} | 35857.13 | 325.95 | 33987.68 | 328.16 |
| +10% MB_{gg}^{**c} | 33878.72 | 325.95 | 32369.07 | 328.16 |
| -10% MB_{gg}^{**c} | 33878.72 | 325.95 | 35606.29 | 328.16 |
| +10% MB_{1g}^{**c} | 33878.72 | 325.95 | 33853.22 | 325.44 |
| -10% MB_{1g}^{**c} | 33878.72 | 325.95 | 34132.47 | 331.09 |
| +10% d_{11}^{**c} | 32416.96 | 296.32 | 32635.53 | 300.75 |
| -10% d_{11}^{**c} | 35665.3 | 326.17 | 35611.00 | 361.06 |

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Ο Γ Δ Ο Ο

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα τελικά συμπεράσματα από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων. Σκοπός κατά την επεξεργασία αυτή, είναι να διαπιστωθεί κατά πόσο η μεταβολή κάθε παράγοντα επηρεάζει τις ογκομετρικές παροχές του υγρού και του αερίου σε κανονικές συνθήκες, οι οποίες υπολογίζονται μέσω των εξισώσεων [6.56], [6.59], [6.60], [6.63], [6.76], [6.79], [6.80] και [6.83]. Οι αναφορές (συνολικά 11) χωρίστηκαν σε δύο κατηγορίες, ανάλογα αν πρόκειται για αέριο συμπίκνωμα ή υγρό και πραγματοποιήθηκε ξεχωριστή μελέτη για κάθε κατηγορία.

Σε κάθε αναφορά που χρησιμοποιήθηκε, εφαρμόστηκε το πρόγραμμα FINAL απ'όπου υπολογίστηκαν οι τιμές των ογκομετρικών παροχών σε κανονικές συνθήκες. Στη συνέχεια οι παραπάνω τιμές συγκρίθηκαν με τις τιμές, οι οποίες προέκυψαν μεταβάλλοντας κάθε παράγοντα κατά +10% και -10% της τιμής του και εκφράστηκαν οι επί τοις εκατό μεταβολές. Συνολικά το πρόγραμμα εφαρμόστηκε 1320 φορές. Οι μεταβολές που παρατηρήθηκαν σε όλες τις αναφορές, συνοψίστηκαν και απεικονίζονται στα σχήματα 8.1-8.16.

Θεωρήθηκε ότι ο διαχωριστήρας λειτουργεί με απόδοση 100% επομένως ισχύουν οι τύποι:

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

$$S_{1g}=1 \quad [8.1]$$

$$S_{1l}=0 \quad [8.2]$$

$$S_{2g}=0 \quad [8.3]$$

$$S_{2l}=1 \quad [8.4]$$

8.1 Συμπεράσματα χρησιμοποιώντας ως αρχικές μετρήσεις ογκομετρικές παροχές.

Στα σχήματα 8.1-8.8 υπάρχουν οι ακόλουθοι αριθμητικοί συμβολισμοί, οι οποίοι αντιπροσωπεύουν απόκλιση από την πραγματική τιμή της παραμέτρου της τάξης του $\pm 10\%$, η οποία οφείλεται σε πιθανό λάθος στη μέτρηση ή στην εκτίμηση. Κάθε αριθμός δηλώνει την παρακάτω μεταβολή:

1. Μεταβολή $+10\%$ του Q_1 .
2. Μεταβολή -10% του Q_1 .
3. Μεταβολή $+10\%$ του Q_2 .
4. Μεταβολή -10% του Q_2 .
5. Μεταβολή $+10\%$ του R_s .
6. Μεταβολή -10% του R_s .
7. Μεταβολή $+10\%$ του MB_{11}^{sc} .
8. Μεταβολή -10% του MB_{11}^{sc} .
9. Μεταβολή $+10\%$ του MB_1^{ssp} .
10. Μεταβολή -10% του MB_1^{ssp} .
11. Μεταβολή $+10\%$ του MB_g^{ssp} .
12. Μεταβολή -10% του MB_g^{ssp} .

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

13. Μεταβολή +10% του MB_{gg}^{sc} .
14. Μεταβολή -10% του MB_{gg}^{sc} .
15. Μεταβολή +10% του MB_{lg}^{sc} .
16. Μεταβολή -10% του MB_{lg}^{sc} .
17. Μεταβολή +10% του d_1^{sp} .
18. Μεταβολή -10% του d_1^{sp} .
19. Μεταβολή +10% του d_{11}^{sc} .
20. Μεταβολή -10% του d_{11}^{sc} .

Σε κάθε σχήμα δίνονται επίσης τα όρια της ανώτερης και της κατώτερης πίεσης και θερμοκρασίας στα πλαίσια των οποίων πραγματοποιήθηκε η μελέτη.

8.1.1 Μελέτη αερίου συμπυκνώματος.

Μελετώντας το ιστόγραμμα 8.1 και τον τύπο [6.56], ο οποίος δίνει το Q_{gas}^{sc} εκφράζοντας τα B_o και B_g βάσει των γραμμομορίων του αερίου, προκύπτει:

Αύξηση (ή μείωση) του Q_1 κατά 10% της τιμής του, προκαλεί σταθερή αύξηση της παροχής του αερίου σε Κ.Σ περίπου σε ποσοστό 9.8% Από τον τύπο [6.56] παρατηρείται ότι το αποτέλεσμα αν και αποτελείται από την τιμή δύο αθροισμάτων, έχει αυξηθεί (ή μειωθεί) περίπου στο ποσοστό μεταβολής του Q_1 . Αφού πρόκειται για αέριο συμπύκνωμα, η τιμή του δεύτερου μέλους είναι συγκριτικά πολύ χαμηλότερη από την τιμή του πρώτου μέλους, οπότε δεν επηρεάζει το τελικό αποτέλεσμα. Η μέ-

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

τρηση του Q_1 πρέπει να είναι ακριβής γιατί επηρεάζει άμεσα την ογκομετρική παροχή του αερίου σε Κ.Σ.

Μεταβάλλοντας τις άλλες παραμέτρους παρατηρείται μεταβολή της ογκομετρικής παροχής του αερίου σε Κ.Σ από 0.02–3.79%. Το ποσοστό μεταβολής αυξάνει καθώς μειώνονται οι συνθήκες λειτουργίας του διαχωριστήρα (p , T) αφού αυτόματα αυξάνονται και οι τιμές του μοριακού βάρους και της πυκνότητας του υγρού. Για τον λόγο αυτό ιδιαίτερα ακριβείς πρέπει να είναι οι μετρήσεις όταν οι συνθήκες είναι χαμηλές ($p < 500$ psia, $T < 150$ F).

Παρόμοια, βάσει του σχήματος 8.2 και του τύπου [6.59] ο οποίος δίνει το $Q_{0.11}^{sc}$ εκφράζοντας τα B_0 και B_g βάσει των γραμμομορίων του αερίου, παρατηρούνται σταθερές μεταβολές στην τιμή της παροχής του υγρού σε Κ.Σ, της τάξης του 10%. Αφού $r_s = 0$ η τιμή του πρώτου μέλους της εξίσωσης [6.59] μηδενίζεται και η μεταβολή κάθε παράγοντα επηρεάζει άμεσα το τελικό αποτέλεσμα, οπότε οι μετρήσεις όλων των παραμέτρων πρέπει να είναι ακριβείς.

Από το σχήμα 8.3 και τον τύπο [6.60] ο οποίος υπολογίζει το Q_{gas}^{sc} εκφράζοντας τα B_0 και B_g βάσει των R_s και r_s , προκύπτει ότι η μεταβολή του Q_1 προκαλεί σταθερή μεταβολή στην τιμή της παροχής του αερίου σε Κ.Σ. Αφού πρόκειται για αέριο συμπίκνωμα, η τιμή του δεύτερου μέλους είναι συγκριτικά πολύ

χαμηλότερη από την τιμή του πρώτου μέλους, οπότε δεν επηρεάζεται το τελικό αποτέλεσμα.

Σταθερό επίσης παρουσιάζεται το ποσοστό μεταβολής της ογκομετρικής παροχής του αερίου σε Κ.Σ, όταν μεταβάλλεται το MB_{gg}^{sc} και MB_{lg}^{sc} . Η τιμή του MB_{gg}^{sc} κυμαίνεται στις αναφορές μεταξύ των τιμών 17.32–35.29, οπότε η μεταβολή της τιμής του κυμαίνεται στα ίδια πλαίσια. Δεδομένου ότι η τιμή $1/MB_{gg}^{sc}$ πολλαπλασιάζεται με το Q_1 , το οποίο είναι της τάξης του $3.5 \cdot 10^5 \text{ m}^3/\text{day}$, η μεταβολή είναι σημαντική για αυτό και οι μετρήσεις πρέπει να είναι ακριβείς.

Σταθερή και πολύ μικρή είναι η μεταβολή που παρουσιάζεται μεταβάλλοντας το MB_{lg}^{sc} το οποίο ανήκει στο δεύτερο μέρος της σχέσης [6.60].

Μεταβάλλοντας τις υπόλοιπες παραμέτρους, η παροχή του αερίου σε Κ.Σ. μεταβάλλεται κατά 0.02–3.7%. Η μεταβολή είναι ανάλογη της αύξησης των συνθηκών πίεσης και θερμοκρασίας του διαχωριστήρα.

Από τον σχήμα 8.4 και τον τύπο [6.63] προκύπτει ότι οι μεταβολές των παραμέτρων προκαλούν άμεση μεταβολή της παροχής του υγρού σε Κ.Σ. Το πρώτο μέλος της εξίσωσης [6.63] είναι 0 (αφού $rs=0$) οπότε η μεταβολή των τιμών επηρεάζει άμεσα το τελικό αποτέλεσμα. Παρατηρήθηκε ότι αυξάνοντας τις συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας μειώνεται το ποσοστό μεταβολής της

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

παροχής αφού αυξάνονται τα R_s και MB_{1g}^{sc} . Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται κατά τη μέτρηση των παραπάνω τιμών όταν έχουμε υψηλές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας.

8.1.2 Μελέτη υγρού.

Συνοψίζοντας τ'αποτελέσματα στο σχήμα 8.5 και βάσει του τύπου [6.56] ο οποίος δίνει το Q_{gas}^{sc} εκφράζοντας τα B_o και B_g βάσει των γραμμομορίων του αερίου προκύπτει:

Μεταβάλλοντας το Q_1 παρατηρείται μεταβολή της τελικής τιμής της παροχής του αερίου σε Κ.Σ από 6.73-9.2% Ο όγκος του υγρού που παράγεται σε συνθήκες διαχωριστήρα δεν μεταβάλλεται σε σύγκριση με τον όγκο που προέρχεται από αέριο συμπύκνωμα, αλλά μειώνεται σημαντικά ο παραγόμενος όγκος του αερίου. Παρατηρήθηκε ότι όσο μικρότερος είναι ο όγκος του υγρού, τόσο μεγαλύτερη είναι και η μεταβολή της παροχής του αερίου σε Κ.Σ που παρατηρείται.

Μεταβάλλοντας τους υπόλοιπους παράγοντες παρατηρείται μεταβολή της τιμής από 0.07-7.9% Το ποσοστό μεταβολής αυξάνει όσο μειώνονται οι συνθήκες p και T , αφού άμεσα αυξάνονται το μοριακό βάρος του υγρού, η πυκνότητα του υγρού και το Q_2 . Ιδιαίτερα ακριβείς πρέπει να είναι οι μετρήσεις όταν οι συνθήκες είναι χαμηλές ($p < 500$ psia, $T < 150$ F).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Παρόμοια, βάσει του σχήματος 8.6 και του τύπου [6.59] ο οποίος δίνει το Q_{o11}^{sc} , εκφράζοντας τα B_o και B_g βάσει των γραμμομορίων του αερίου παρατηρούνται σταθερές μεταβολές στην τιμή της παροχής του υγρού σε Κ.Σ η οποία είναι της τάξης του 10%. Αφού $rs=0$ η τιμή του πρώτου μέλους της εξίσωσης [6.59] μηδενίζεται και η μεταβολή κάθε παράγοντα επηρεάζει άμεσα την παροχή του υγρού σε κανονικές συνθήκες.

Από το τύπο [6.60] και το σχήμα 8.7 παρατηρείται μεταβολή στην παροχή του αερίου από 6.73–9.2%, όταν μεταβάλλεται το Q_1 . Ο όγκος του αερίου που παράγεται σε συνθήκες διαχωριστήρα μειώνεται συγκριτικά με τον όγκο του αερίου που παράγεται από αέριο συμπύκνωμα, ενώ παράλληλα δεν αλλάζει η τάξη μεγέθους του παραγόμενου όγκου υγρού. Παρατηρήθηκε ότι όσο μικρότερος είναι ο όγκος του υγρού, τόσο μεγαλύτερη είναι και η μεταβολή που σημειώνεται.

Σημαντική είναι η μεταβολή που παρατηρείται όταν μεταβάλλεται το MB_{gg}^{sc} . Αν και η τιμή του δεύτερου μέλους της εξίσωσης [6.60] παραμένει σχεδόν σταθερή, μεταβάλλεται σημαντικά η τιμή του πρώτου μέλους. Για τον λόγο αυτό με ιδιαίτερη ακρίβεια πρέπει να είναι μετρημένη η τιμή του MB_{gg}^{sc} .

Σταθερή και πολύ μικρή είναι η μεταβολή που παρουσιάζεται μεταβάλλοντας το MB_{1g}^{sc} το οποίο ανήκει στο δεύτερο μέρος της σχέσης [6.60].

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τον σχήμα 8.8 και τον τύπο [6.63] προκύπτει ότι οι μεταβολές των παραμέτρων προκαλούν άμεση μεταβολή της τελικής τιμής της παροχής του υγρού σε Κ.Σ. Το πρώτο μέλος της εξίσωσης [6.63] είναι 0 (αφού $r_s=0$) οπότε η μεταβολή των τιμών επηρεάζει άμεσα το τελικό αποτέλεσμα. Παρατηρήθηκε ότι αυξάνοντας τις συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας μεταβάλλεται και το ποσοστό μεταβολής της παροχής, αφού αυξάνονται τα R_s και MB_{1g}^{sc} . Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται κατά την μέτρηση των παραπάνω τιμών όταν έχουμε υψηλές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας.

8.2 Συμπεράσματα χρησιμοποιώντας ως αρχικές μετρήσεις μαζικές παροχές.

Συγκρίνοντας τους τύπους [6.56], [6.59], [6.60] και [6.63], οι οποίοι ως αρχικές μετρήσεις χρησιμοποιούν ογκομετρικές παροχές με τις σχέσεις [6.76], [6.76], [6.80] και [6.83] οι οποίες εφαρμόζονται στην περίπτωση μαζικών παροχών, συμπεραίνεται ότι για την εφαρμογή των δεύτερων σχέσεων δεν είναι απαραίτητες οι τιμές α) της πυκνότητας του υγρού σε συνθήκες διαχωριστήρα d_1^{sc} β) της πίεσης p και της θερμοκρασίας T λειτουργίας του διαχωριστήρα γ) του συντελεστή συμπιεστότητας Z .

Θεωρείται ότι η απόδοση του διαχωριστήρα είναι 100% άρα ισχύει:

$$M1l=0 \text{ και } M2g=0.$$

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κάθε αριθμός στα σχήματα 8.9-8.16, δηλώνει την παρακάτω μεταβολή:

1. Μεταβολή +10% του M_{1g} .
2. Μεταβολή -10% του M_{1g} .
3. Μεταβολή +10% του M_{21} .
4. Μεταβολή -10% του M_{21} .
5. Μεταβολή +10% του R_s .
6. Μεταβολή -10% του R_s .
7. Μεταβολή +10% του MB_{11}^{sc} .
8. Μεταβολή -10% του MB_{11}^{sc} .
9. Μεταβολή +10% του MB_1^{sup} .
10. Μεταβολή -10% του MB_1^{sup} .
11. Μεταβολή +10% του MB_g^{sup} .
12. Μεταβολή -10% του MB_g^{sup} .
13. Μεταβολή +10% του MB_{gg}^{sc} .
14. Μεταβολή -10% του MB_{gg}^{sc} .
15. Μεταβολή +10% του MB_{1g}^{sc} .
16. Μεταβολή -10% του MB_{1g}^{sc} .
17. Μεταβολή +10% του d_{11}^{sc} .
18. Μεταβολή -10% του d_{11}^{sc} .

Είναι χαρακτηριστικό ότι οι μεταβολές που σημειώθηκαν, είναι ίδιες με αυτές που παρατηρήθηκαν όταν σαν αρχικές μετρήσεις χρησιμοποιήθηκαν ογκομετρικές παροχές. Η μόνη εξαίρεση είναι η μεταβολή που παρατηρείται όταν μεταβάλλεται το MB_g^{sup} το οποίο επηρεάζει την ογκομετρική παροχή του αερίου

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

κανονικές συνθήκες εκφρασμένη μέσω των γραμμομορίων του αερίου.

Σε κάθε σχήμα δίνονται επίσης τα όρια της ανώτερης και της κατώτερης πίεσης και θερμοκρασίας στα πλαίσια των οποίων πραγματοποιήθηκε η μελέτη.

8.2.1 Μελέτη αερίου συμπυκνώματος.

Συγκρίνοντας τα σχήματα 8.1 και 8.9 προκύπτει ότι οι μεταβολές στην τιμή της παροχής είναι παρόμοιες. Η μόνη διαφορά παρατηρείται όταν μεταβάλλεται η τιμή του MB_g^{**p} οπότε σημειώνεται σταθερή και υψηλή μεταβολή στην παροχή του αερίου, η οποία χρησιμοποιεί σαν αρχικές μετρήσεις μαζικές παροχές. Το MB_g^{**p} ανήκει στο πρώτο μέλος της σχέσης [6.76] και δεδομένου ότι πρόκειται για αέριο συμπύκνωμα με υψηλή τιμή του M_g , η μεταβολή της παροχής είναι υψηλή. Για τον λόγο αυτό, η μέτρηση του MB_g^{**p} πρέπει να διεξάγεται με ιδιαίτερη προσοχή.

Συγκρίνοντας τα σχήματα 8.2 με 8.10, 8.3 με 8.11 και 8.4 με 8.12, παρατηρείται ότι οι μεταβολές των τιμών των παροχών που προκύπτουν από τους τύπους [6.79], [6.80], [6.83] είναι παρόμοιες.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

8.2.2 Μελέτη υγρού.

Παράμοια όπως παραπάνω, έτσι και στην περίπτωση υγρού οι μεταβολές είναι ίδιες. Παρατηρείται όμως σημαντική μεταβολή της παροχής του αερίου σε Κ.Σ που προκύπτει από το τύπο [6.76], όταν μεταβάλλεται το MB_g^{sc} γι αυτό η μέτρησή του πρέπει να διεξάγεται με ακρίβεια.

Συγκρίνοντας τα σχήματα 8.6 με 8.14, 8.7 με 8.15 και 8.8 με 8.16, παρατηρούνται ίδιες μεταβολές.

8.3 Τελικά συμπεράσματα.

Συνοψίζοντας τα παραπάνω, πρέπει αν επισημανθεί ότι ιδιαίτερα σημαντική είναι η ακρίβεια μέτρησης του Q_1 , όταν πρόκειται για αέριο συμπύκνωμα. Επίσης όσο χαμηλές είναι οι συνθήκες p, T τόσο αυξάνει η ανάγκη καλύτερων μετρήσεων. Όσο αφορά τον υπολογισμό της παροχής του πετρελαίου σε Κ.Σ, επειδή στις περισσότερες περιπτώσεις $rs=0$, η παροχή προκύπτει άμεσα από τις τιμές των MB_{11}^{sc} , d_1^{sc} , MB_1^{sc} και d_{11}^{sc} . Η παραμικρή απόκλιση κατά την μέτρηση ή την εκτίμηση των παραπάνω παραμέτρων επηρεάζει άμεσα την τιμή της παροχής.

Συνοψίζοντας τα συμπεράσματα από τη μελέτη ρευστού το οποίο σε συνθήκες ταμειυτήρα βρίσκεται σε υγρή φάση, προέκυψε ότι όσο μειώνονται οι συνθήκες λειτουργίας του διαχωριστήρα (p, T) τόσο μεγαλύτερη πρέπει να είναι η ακρίβεια μέτρησης

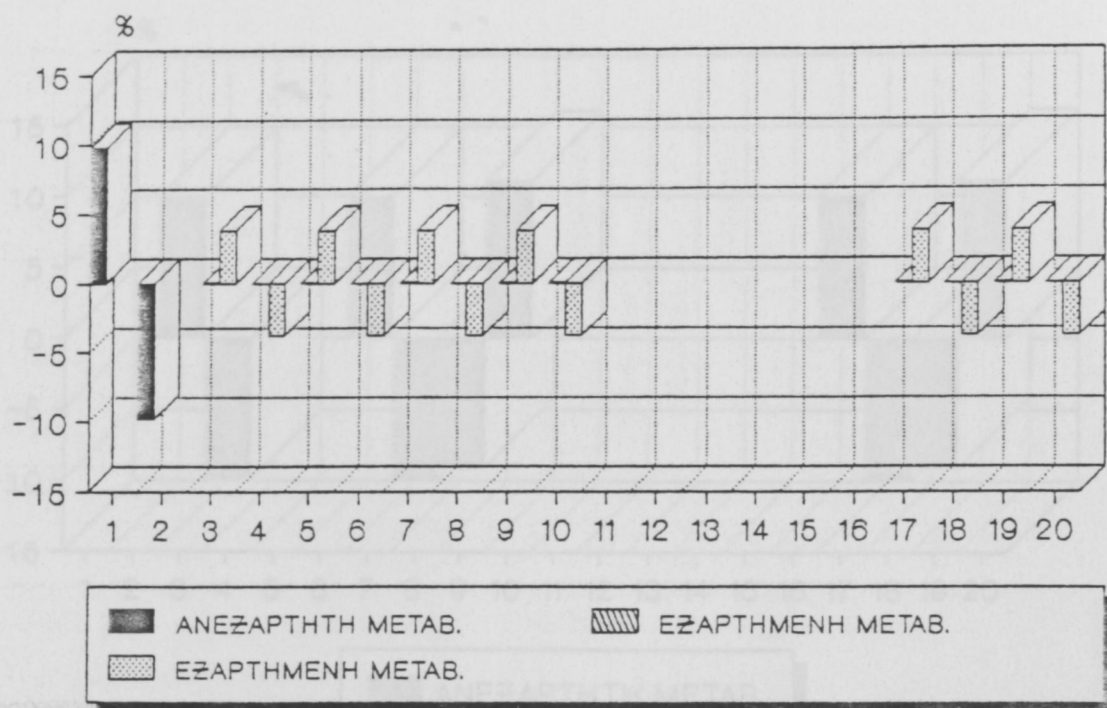
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

των παραμέτρων και ιδιαίτερα του MB_{gg}^{sc} . Για τον ίδιο λόγο όπως παραπάνω, όταν υπολογίζεται η παροχή του υγρού σε Κ.Σ ακριβείς πρέπει να είναι οι μετρήσεις των MB_{11}^{sc} , d_1^{scp} , MB_1^{scp} και d_{11}^{sc} .

Κατά τους υπολογισμούς χρησιμοποιώντας ως αρχικές μετρήσεις μαζικές παροχές, ακριβής πρέπει να είναι η μέτρηση του MB_g^{scp} ιδιαίτερα όταν πρόκειται να υπολογιστεί η ογκομετρική παροχή του αερίου σε Κ.Σ.

Οι μετρήσεις οι οποίες απαιτούνται για τον υπολογισμό των ογκομετρικών παροχών σε Κ.Σ όταν οι αρχικές μετρήσεις παροχών σε συνθήκες διαχωριστήρα είναι μαζικές, είναι λιγότερες από εκείνες που απαιτούνται όταν οι αρχικές μετρήσεις παροχών είναι ογκομετρικές. Κι αυτό γιατί κατά τους πρώτους υπολογισμούς δεν είναι απαραίτητες οι τιμές της d_1^{scp} , των συνθηκών λειτουργίας του διαχωριστήρα p , T και του συντελεστή συμπίεστότητας του αερίου Z . Ενδείκνυται λοιπόν ο υπολογισμός των ογκομετρικών παροχών του υγρού και του αερίου σε Κ.Σ χρησιμοποιώντας ως αρχικές μετρήσεις μαζικές παροχές.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ



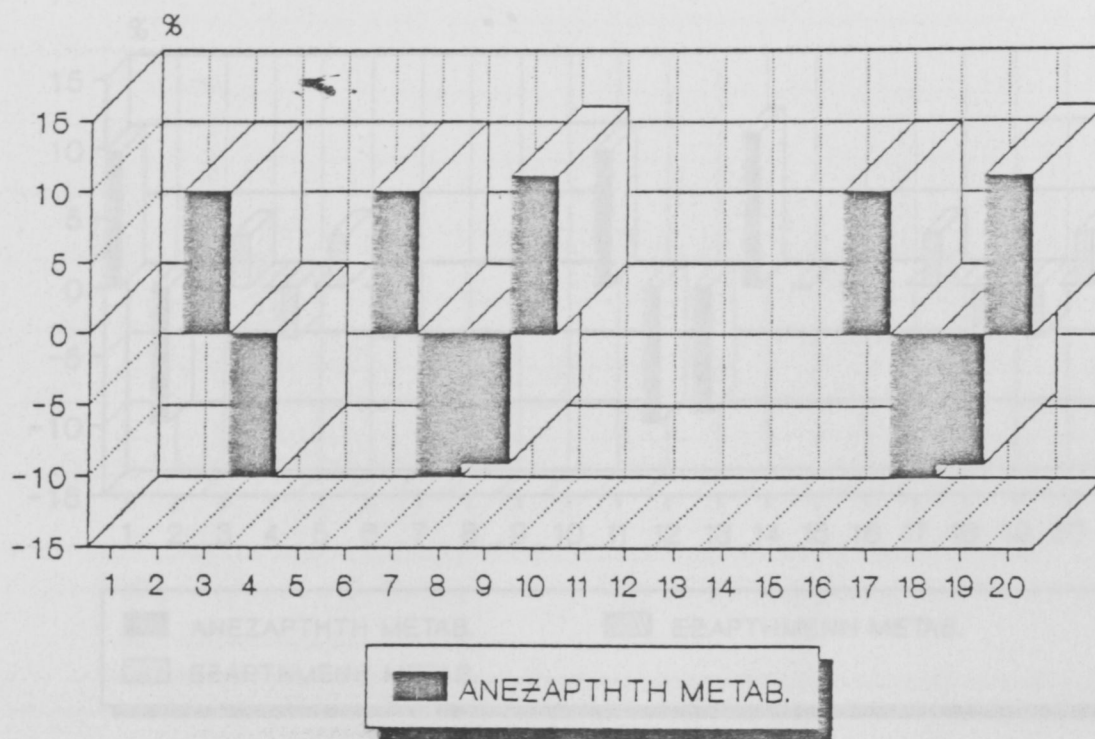
| | | |
|----------|-------------|-----------------|
| | Πίεση (MPa) | Θερμοκρασία (K) |
| Ανώτερη | 21.53 | 354.82 |
| Κατώτερη | 0.84 | 280.93 |

ΣΧΗΜΑ 8.1

Η επί τοις εκατό μεταβολή της ογκομετρικής παροχής του αερίου εκφρασμένη μέσω των γραμμομορίων, συναρτήσει της μεταβολής κάθε παράγοντα. Μελέτη αερίου συμπυκνώματος.

(Μετρήσεις: ογκομετρικές παροχές)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ



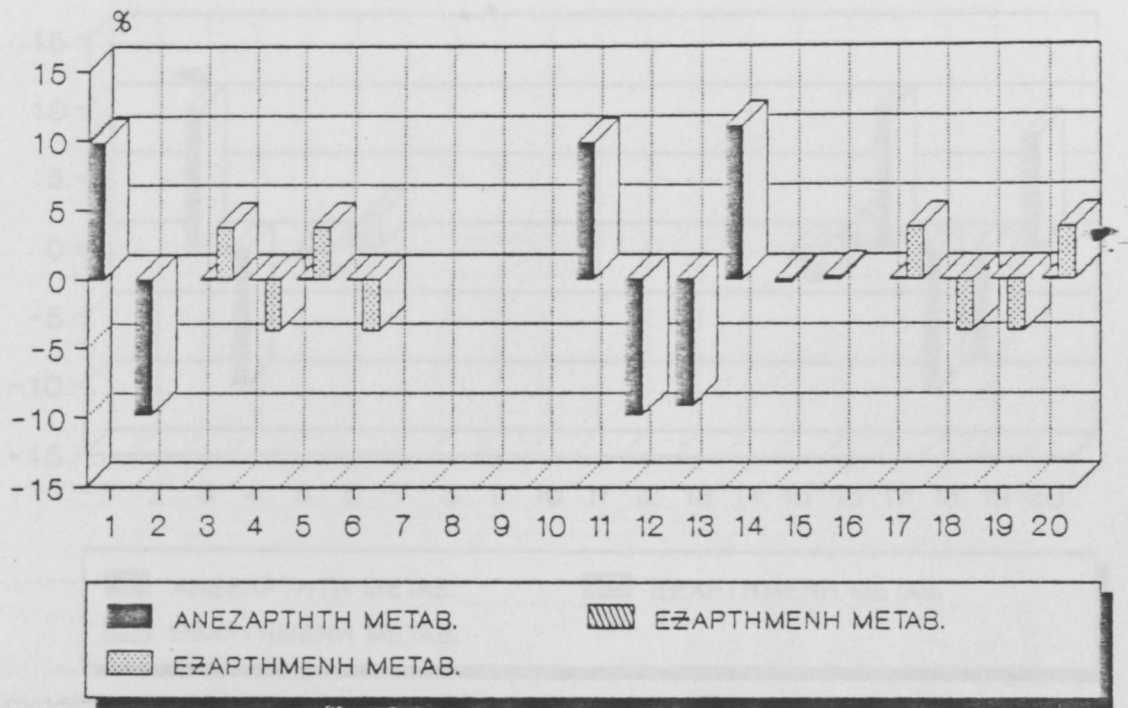
| | Πίεση (MPa) | Θερμοκρασία (K) |
|----------|-------------|-----------------|
| Ανώτερη | 21.53 | 354.82 |
| Κατώτερη | 0.84 | 280.93 |

ΣΧΗΜΑ 8.2

Η επί τοις εκατό μεταβολή της ογκομετρικής παροχής του υγρού εκφρασμένη μέσω των γραμμομορίων, συναρτήσει της μεταβολής κάθε παράγοντα. Μελέτη αερίου συμπυκνώματος.

(Μετρήσεις: ογκομετρικές παροχές)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ



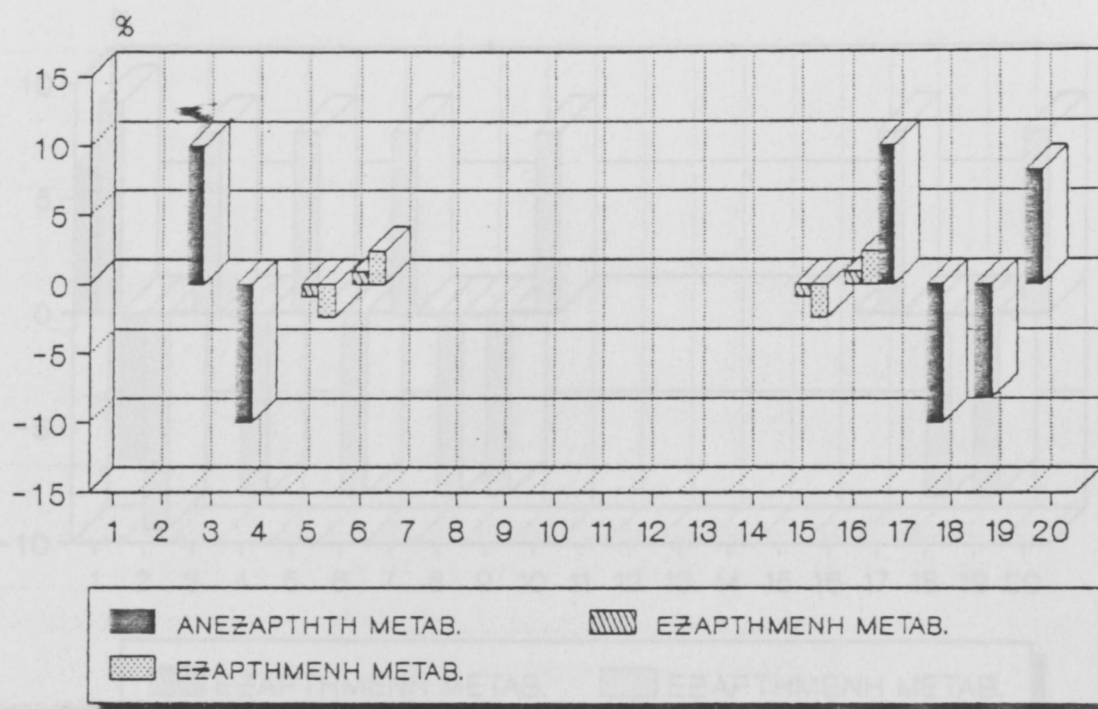
| | | |
|----------|-------------|-----------------|
| | Πίεση (MPa) | Θερμοκρασία (K) |
| Ανώτερη | 21.53 | 354.82 |
| Κατώτερη | 0.84 | 280.93 |

ΣΧΗΜΑ 8.3

Η επι τοις εκατό μεταβολή της ογκομετρικής παροχής του αερίου εκφρασμένη μέσω των R_s και r_s , συναρτήσκει της μεταβολής κάθε παράγοντα. Μελέτη αερίου συμπυκνώματος.

(Μετρήσεις: ογκομετρικές παροχές)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ



| | Πίεση (MPa) | θερμοκρασία (K) |
|----------|-------------|-----------------|
| Ανώτερη | 21.53 | 354.82 |
| Κατώτερη | 0.84 | 280.93 |

ΣΧΗΜΑ 8.4

Η επι τοις εκατό μεταβολή της ογκομετρικής παροχής του υγρού εκφρασμένη μέσω των R_s και r_s , συναρτήσει της μεταβολής κάθε παράγοντα. Μελέτη αερίου συμπυκνώματος.

(Μετρήσεις: ογκομετρικές παροχές)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ



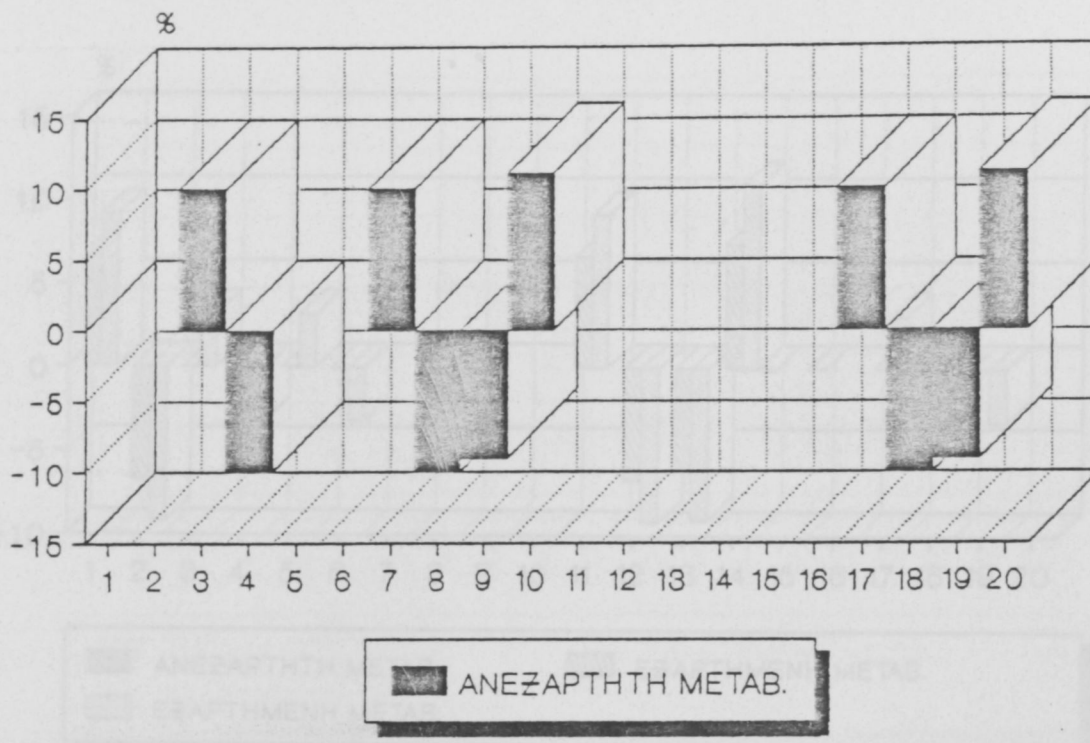
| | Πίεση (MPa) | Θερμοκρασία (K) |
|----------|-------------|-----------------|
| Ανώτερη | 7.83 | 352 |
| Κατώτερη | 0.43 | 305.4 |

ΣΧΗΜΑ 8.5

Η επί τοις εκατό μεταβολή της ογκομετρικής παροχής του αερίου εκφρασμένη μέσω των γραμμομορίων, συναρτήσει της μεταβολής κάθε παράγοντα. Μελέτη υγρού.

(Μετρήσεις: ογκομετρικές παροχές)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ



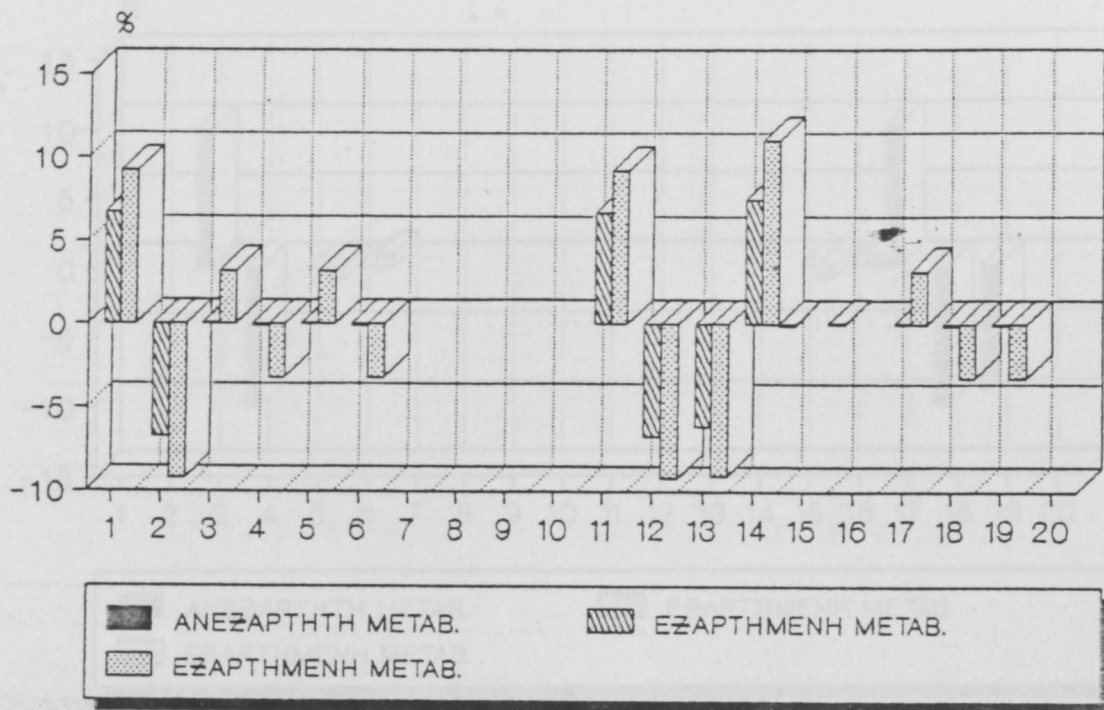
| | Πίεση (MPa) | Θερμοκρασία (K) |
|----------|-------------|-----------------|
| Ανώτερη | 7.83 | 352 |
| Κατώτερη | 0.43 | 305.4 |

ΣΧΗΜΑ 8.6

Η επι τοις εκατό μεταβολή της ογκομετρικής παροχής του υγρού εκφρασμένη μέσω των γραμμομορίων, συναρτήσει της μεταβολής κάθε παράγοντα. Μελέτη υγρού.

(Μετρήσεις: ογκομετρικές παροχές)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ



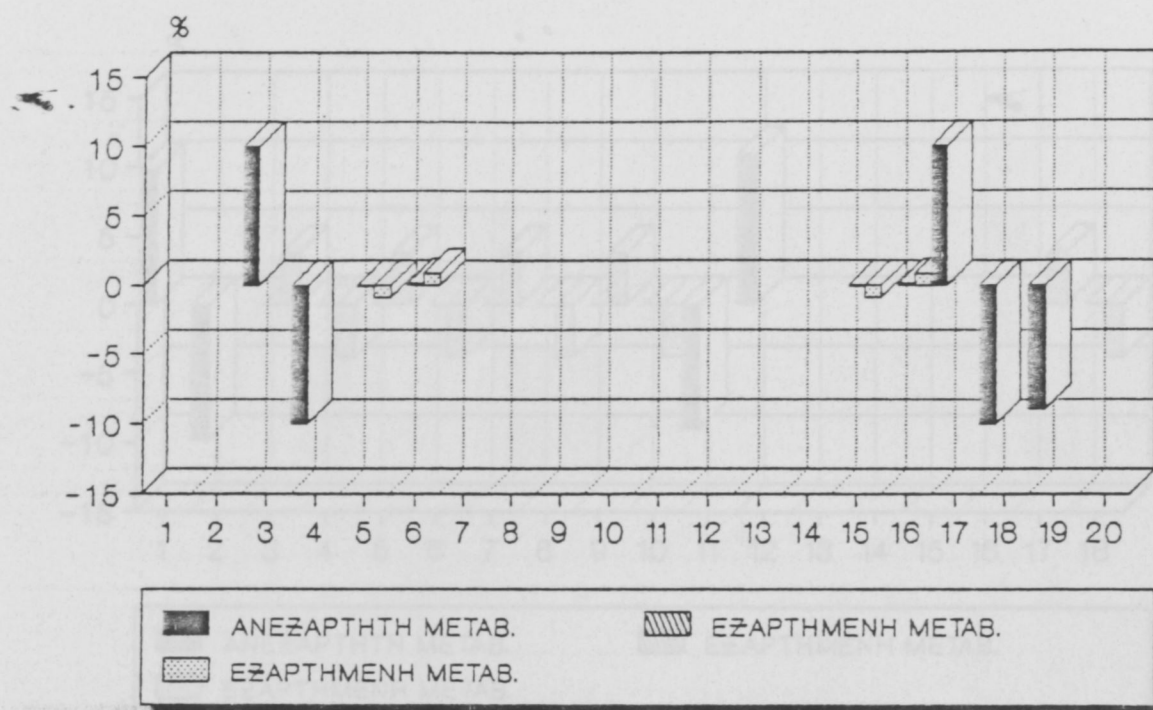
| | | |
|----------|-------------|-----------------|
| | Πίεση (MPa) | Θερμοκρασία (K) |
| Ανώτερη | 7.83 | 352 |
| Κατώτερη | 0.43 | 305.4 |

ΣΧΗΜΑ 8.7

Η επι τοις εκατό μεταβολή της ογκομετρικής παροχής του αερίου εκφρασμένη μέσω των R_s και r_s , συναρτάσει της μεταβολής κάθε παράγοντα. Μελέτη υγρού.

(Μετρήσεις: ογκομετρικές παροχές)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ



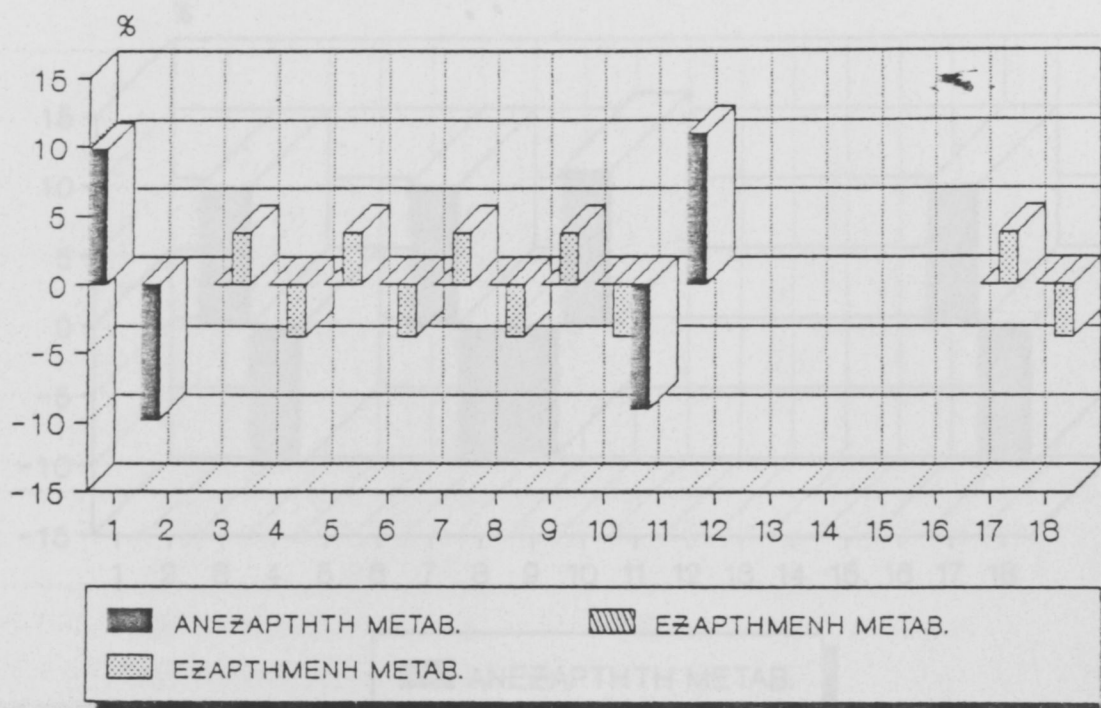
| | | |
|----------|-------------|-----------------|
| | Πίεση (MPa) | Θερμοκρασία (K) |
| Ανώτερη | 7.83 | 352 |
| Κατώτερη | 0.43 | 305.4 |

ΣΧΗΜΑ 8.8

Η επι τοις εκατό μεταβολή της ογκομετρικής παροχής του υγρού εκφρασμένη μέσω των R_s και r_s , συναρτήσει της μεταβολής κάθε παράγοντα. Μελέτη υγρού.

(Μετρήσεις: ογκομετρικές παροχές)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ



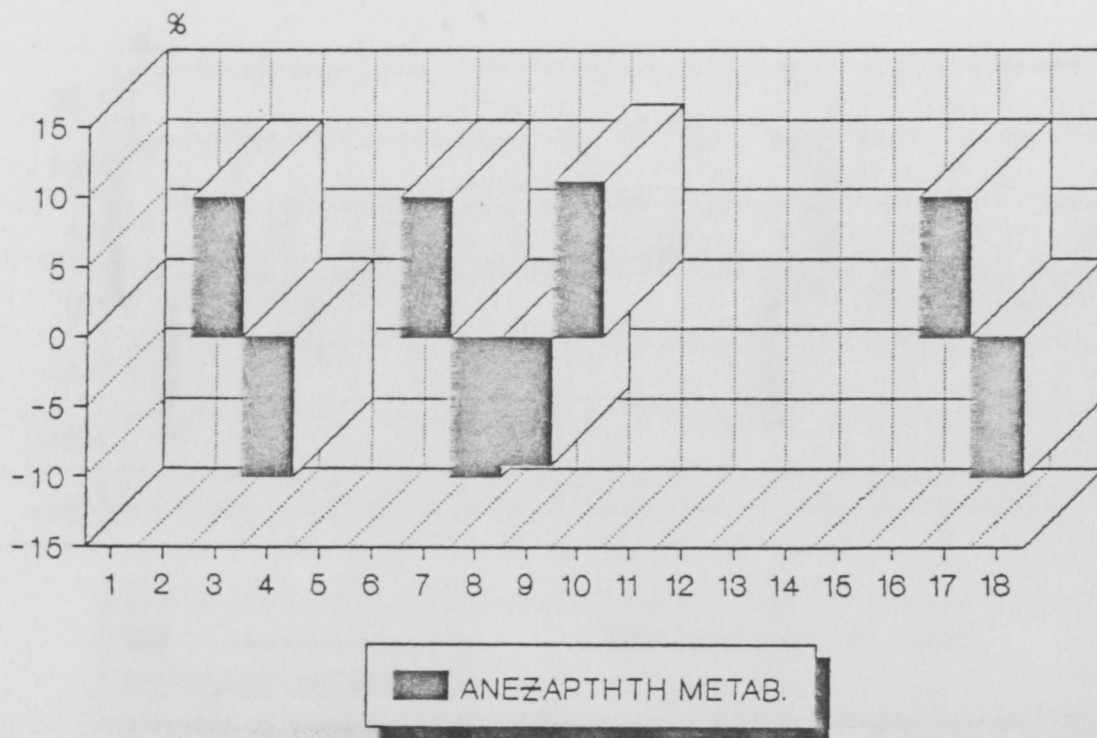
| | Πίεση (MPa) | Θερμοκρασία (K) |
|----------|-------------|-----------------|
| Ανώτερη | 21.53 | 354.82 |
| Κατώτερη | 0.84 | 280.93 |

ΣΧΗΜΑ 8.9

Η επί τοις εκατό μεταβολή της ογκομετρικής παροχής του αερίου εκφρασμένη μέσω των γραμμομορίων, συναρτήσει της μεταβολής κάθε παράγοντα. Μελέτη αερίου συμπυκνώματος.

(Μετρήσεις: μαζικές παροχές)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ



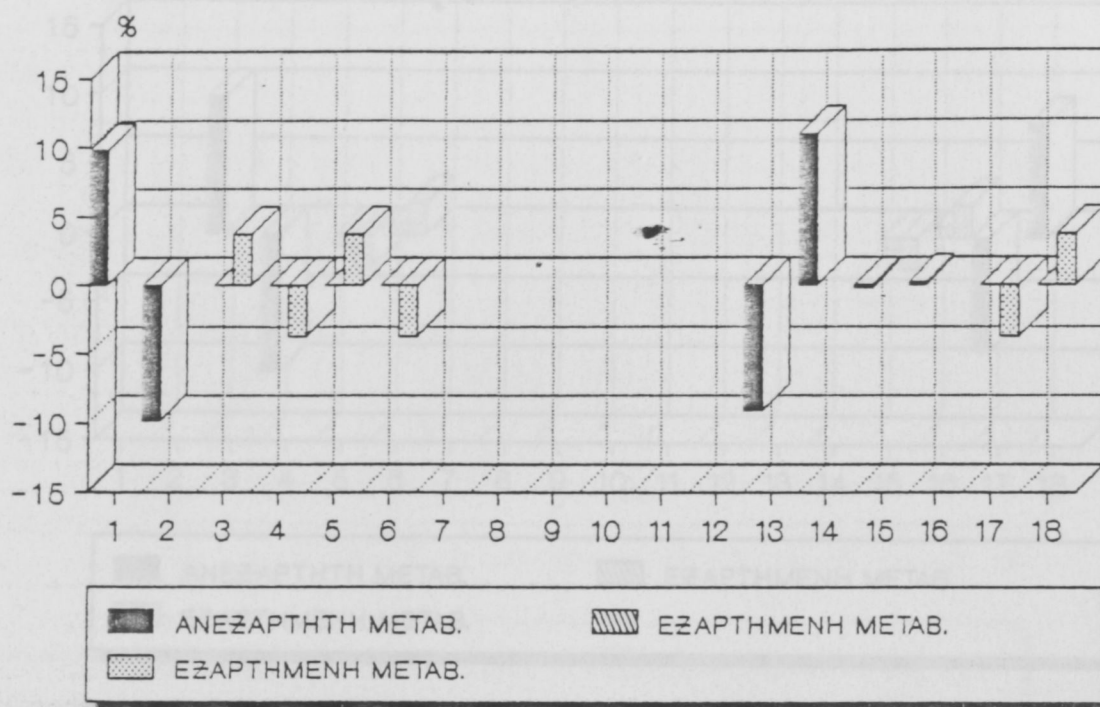
| | Πίεση (MPa) | Θερμοκρασία (K) |
|----------|-------------|-----------------|
| Ανώτερη | 21.53 | 354.82 |
| Κατώτερη | 0.84 | 280.93 |

ΣΧΗΜΑ 8.10

Η επί τοις εκατό μεταβολή της ογκομετρικής παροχής του υγρού εκφρασμένη μέσω των γραμμομορίων, συνάρτησε της μεταβολής κάθε παράγοντα. Μελέτη αερίου συμπυκνώματος.

(Μετρήσεις: μαζικές παροχές)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ



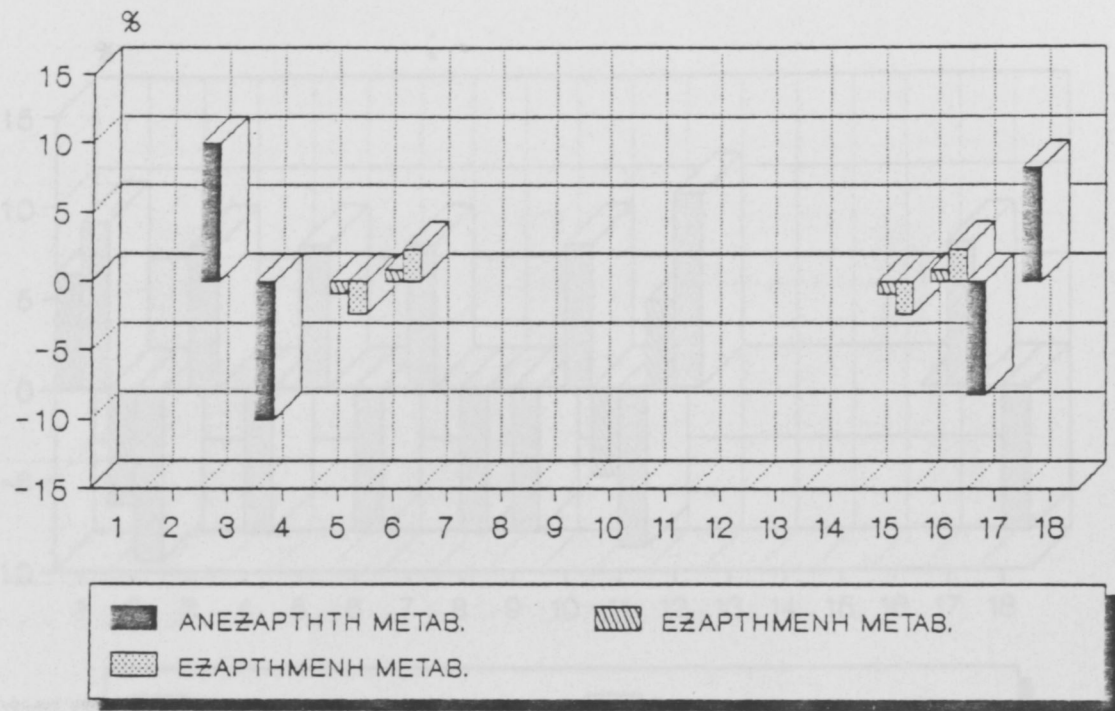
| | Πίεση (MPa) | Θερμοκρασία (K) |
|----------|-------------|-----------------|
| Ανώτερη | 21.53 | 354.82 |
| Κατώτερη | 0.84 | 280.93 |

ΣΧΗΜΑ 8.11

Η επι τοις εκατό μεταβολή της ογκομετρικής παροχής του αερίου εκφρασμένη μέσω των R_s και r_s , συναρτήσει της μεταβολής κάθε παράγοντα. Μελέτη αερίου συμπυκνώματος.

(Μετρήσεις: μαζικές παροχές)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ



| | Πίεση (MPa) | Θερμοκρασία (K) |
|----------|-------------|-----------------|
| Ανώτερη | 21.53 | 354.82 |
| Κατώτερη | 0.84 | 280.93 |

ΣΧΗΜΑ 8.12

Η επι τοις εκατό μεταβολή της ογκομετρικής παροχής του υγρού εκφρασμένη μέσω των R_s και r_s ; συναρτήσει της μεταβολής κάθε παράγοντα. Μελέτη αερίου συμπυκνώματος.
(Μετρήσεις: μαζικές παροχές)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ



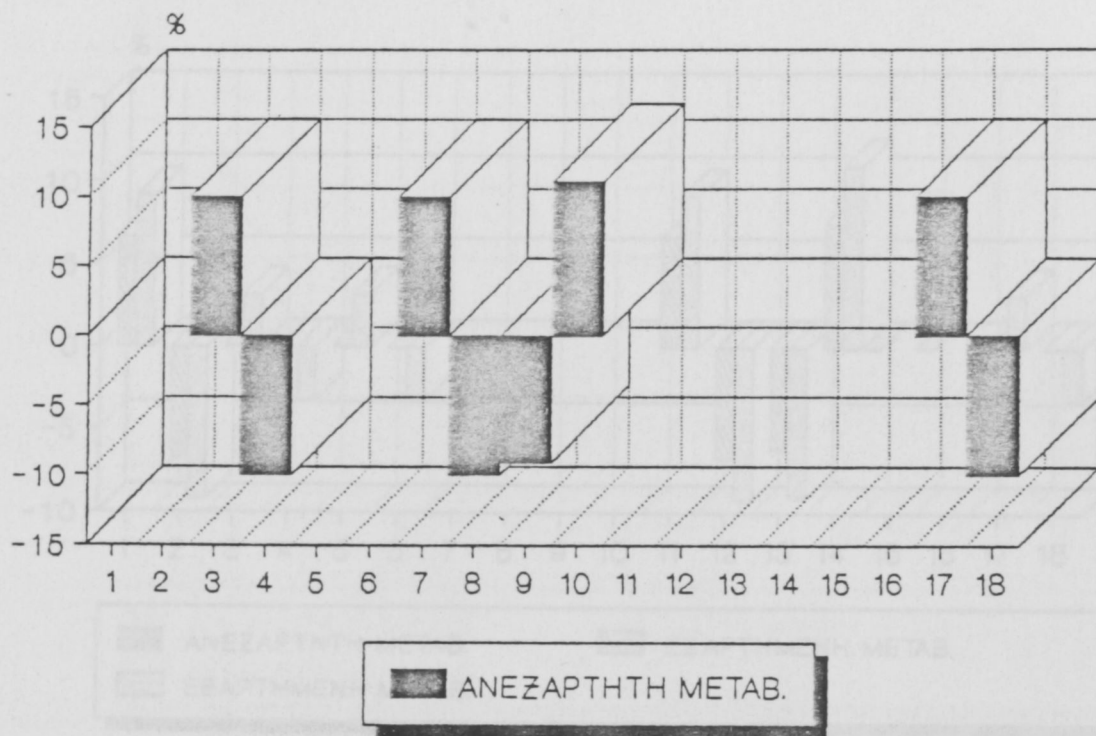
| | | |
|----------|-------------|-----------------|
| | Πίεση (MPa) | Θερμοκρασία (K) |
| Ανώτερη | 7.83 | 352 |
| Κατώτερη | 0.43 | 305.4 |

ΣΧΗΜΑ 8.13

Η επί τοις εκατό μεταβολή της ογκομετρικής παροχής του αερίου εκφρασμένη μέσω των γραμμομορίων, συναρτήσει της μεταβολής κάθε παράγοντα. Μελέτη υγρού.

(Μετρήσεις: μαζικές παροχές)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ



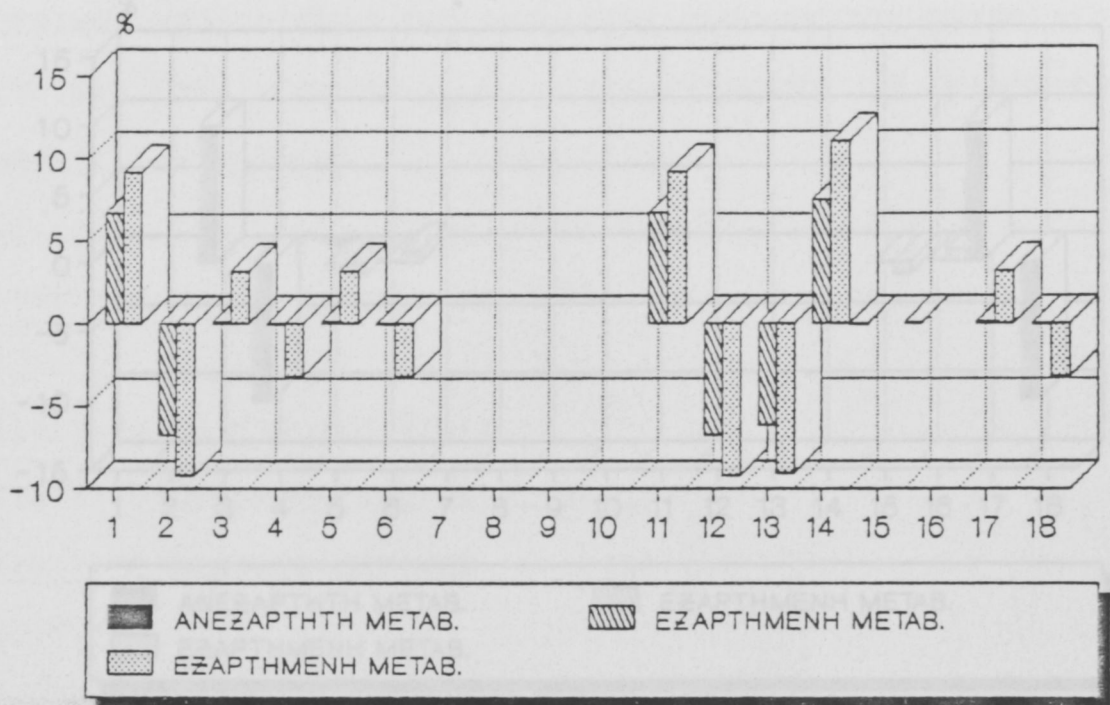
| | Πίεση (MPa) | Θερμοκρασία (K) |
|----------|-------------|-----------------|
| Ανώτερη | 7.83 | 352 |
| Κατώτερη | 0.43 | 305.4 |

ΣΧΗΜΑ 8.14

Η επί τοις εκατό μεταβολή της ογκομετρικής παροχής του υγρού εκφρασμένη μέσω των γραμμομορίων, συναρτήσει της μεταβολής κάθε παράγοντα. Μελέτη υγρού.

(Μετρήσεις: μαζικές παροχές)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ



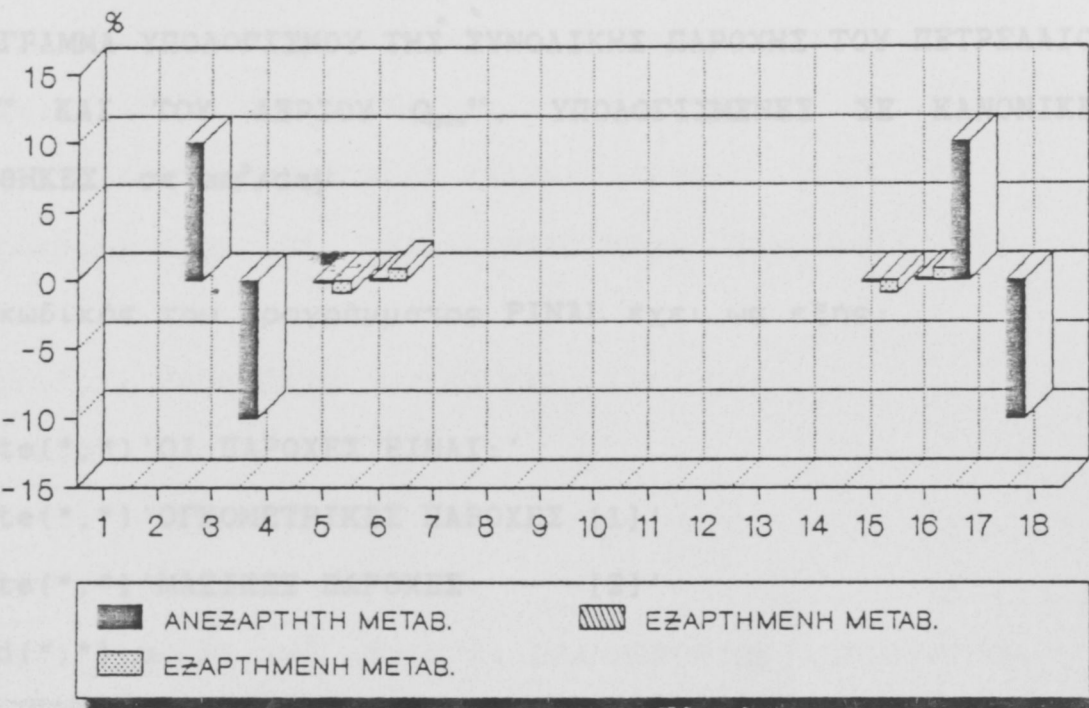
| | Πίεση (MPa) | Θερμοκρασία (K) |
|----------|-------------|-----------------|
| Ανώτερη | 7.83 | 352 |
| Κατώτερη | 0.43 | 305.4 |

ΣΧΗΜΑ 8.15

Η επι τοις εκατό μεταβολή της ογκομετρικής παροχής του αερίου εκφρασμένη μέσω των R_s και r_s , συναρτήσκει της μεταβολής κάθε παράγοντα. Μελέτη υγρού.

(Μετρήσεις: μαζικές παροχές)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ



| | | |
|----------|-------------|-----------------|
| | Πίεση (MPa) | Θερμοκρασία (K) |
| Ανωτερη | 7.83 | 352 |
| Κατώτερη | 0.43 | 305.4 |

ΣΧΗΜΑ 8.16

Η επι τοις εκατό μεταβολή της ογκομετρικής παροχής του υγρού εκφρασμένη μέσω των R_s και r_s , συναρτήσει της μεταβολής κάθε παράγοντα. Μελέτη υγρού.

(Μετρήσεις: μαζικές παροχές)

Π Α Ρ Α Ρ Τ Η Μ Α Α

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΤΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ
 Q_{oil}^{sc} ΚΑΙ ΤΟΥ ΑΕΡΙΟΥ Q_{gas}^{sc} , ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΕΝΕΣ ΣΕ ΚΑΝΟΝΙΚΕΣ
 ΣΥΝΘΗΚΕΣ, σε sm^3/day ΤΡΙΚΑ ΚΛΑΣΜΑΤΑ ΕΙΝΑΙ:

```
write(*,*) 'S1g=', S1g, 'S1l=', S1l, 'S2g=', S2g, 'S2l=', S2l
```

Ο κωδικός του προγράμματος FINAL έχει ως εξής:

```
write(*,*) 'ΥΠΟΛΟΓΙΣΣ: K/100 ΚΑΙ (1-K/100)'
```

```
write(*,*) 'ΟΙ ΠΑΡΟΧΕΣ ΕΙΝΑΙ:'
```

```
write(*,*) 'ΟΓΚΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΠΑΡΟΧΕΣ [1]'
```

```
write(*,*) 'ΜΑΖΙΚΕΣ ΠΑΡΟΧΕΣ [2]'
```

```
read(*,*) u 'ΣΤΗ ΤΗΝ ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΓΡΑΜΜΟΜΟΡΙΩΝ ΑΕΡΙΟΥ/ΤΡΟ-
```

```
if(u.eq.1) then 'ΤΑ (MOLAR RATIO GAS/FEED) ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ
```

```
write(*,*) 'ΔΩΣΕ ΤΗΝ ΚΑΘΑΡΗ ΟΓΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΠΑΡΟΧΗ ΤΟΥ ΑΕΡΙΟΥ,'
```

```
write(*,*) 'Q1, ΚΑΙ ΤΗΝ ΚΑΘΑΡΗ ΟΓΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΠΑΡΟΧΗ ΤΟΥ ΥΓΡΟΥ,'
```

```
write(*,*) 'Q2, ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΡΑ (M3/DAY)'
```

```
read(*,*) Q1,Q2 'Η ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΓΡΑΜΜΟΜΟΡΙΩΝ ΑΕΡΙΟΥ/ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ'
```

```
write(*,*) 'ΔΩΣΕ ΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΡΑ ΣΕ ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ
```

```
write(*,*) 'ΤΗΣ ΕΚΑΤΟ, k%'
```

```
read(*,*) t 'ΑΝ
```

```
if(t.eq.100) then
```

```
A=Q1
```

```
B=Q2
```

```
S1g=1
```

```
S1l=0
```

```
S2g=0
```

```
S2l=1 'ΤΑ ΟΓΚΟΜΕΤΡΙΚΑ ΚΛΑΣΜΑΤΑ ΕΙΝΑΙ:'
```

```
write(*,*) 'ΑΦΟΥ Η ΑΠΟΔΟΣΗ ΕΙΝΑΙ 100% :'
```


ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

```
write(*,*)'ΣΤΟ ΡΕΥΜΑ 1 ΕΙΝΑΙ:',A,'M3/DAY ΚΑΙ '
write(*,*)'ΣΤΟ ΡΕΥΜΑ 2 ΕΙΝΑΙ:',B,'M3/DAY'
write(*,*)'ΤΑ ΟΓΚΟΜΕΤΡΙΚΑ ΚΛΑΣΜΑΤΑ ΕΙΝΑΙ:'
write(*,*)'S1g=',S1g,'S1l=',S1l,'S2g=',S2g,'S2l=',S2l
else
write(*,*)'ΥΠΟΛΟΓΙΣΕ: k/100 ΚΑΙ (1-k/100)'
t1=t/100
t2=1-t1
write(*,*) t1,t2
write(*,*)'ΔΩΣΕ ΤΗΝ ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΓΡΑΜΜΟΜΟΡΙΩΝ ΑΕΡΙΟΥ/ΤΡΟ- '
write(*,*)'ΦΟΔΟΣΙΑ (MOLAR RATIO GAS/FEED) ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ'
write(*,*)'ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΡΑ'
read(*,*) x1
if(0.4.lt.x1.and.lt.0.6) then
write(*,*)'ΕΠΕΙΔΗ Η ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΓΡΑΜΜΟΜΟΡΙΩΝ ΑΕΡΙΟΥ/ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ'
write(*,*)'ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΡΑ ΕΙΝΑΙ',x1,'ΘΕΩΡΕΙΤΑΙ'
write(*,*)'ΟΤΙ ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΕΙ ΕΙΣΡΟΗ ΤΗΣ ΜΙΑΣ ΦΑΣΗΣ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ'
write(*,*)'ΑΛΛΗ'
A=Q1
B=Q2
S1g=1
S1l=0
S2g=0
S2l=1
write(*,*)'ΤΑ ΟΓΚΟΜΕΤΡΙΚΑ ΚΛΑΣΜΑΤΑ ΕΙΝΑΙ:'
write(*,*)'S1g=',S1g,'S1l=',S1l,'S2g=',S2g,'S2l=',S2l
```

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

```

else
if(x1.gt.0.6) then
write(*,*)'ΘΕΩΡΕΙΤΑΙ ΣΑΝ ΚΥΡΙΑΡΧΗ ΦΑΣΗ Η ΑΕΡΙΑ'
B=Q2+Q2*t2
A=Q1-Q2*t2
S1g=1
S1l=0
S2g=t2*Q2/B
S2l=Q2/B
write(*,*)'ΤΑ ΟΓΚΟΜΕΤΡΙΚΑ ΚΛΑΣΜΑΤΑ ΕΙΝΑΙ:'
write(*,*)'S1g=',S1g,'S1l=',S1l,'S2g=',S2g,'S2l=',S2l
endif
if(x1.lt.0.4) then
write(*,*)'ΘΕΩΡΕΙΤΑΙ ΣΑΝ ΚΥΡΙΑΡΧΗ ΦΑΣΗ Η ΥΓΡΗ'
A=Q1+Q1*t2
B=Q2-Q1*t2
S1g=Q1/A
S1l=Q1*t2/A
S2g=0
S2l=1
write(*,*)'ΤΑ ΟΓΚΟΜΕΤΡΙΚΑ ΚΛΑΣΜΑΤΑ ΕΙΝΑΙ:'
write(*,*)'S1g=',S1g,'S1l=',S1l,'S2g=',S2g,'S2l=',S2l
endif
endif
endif
else

```

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

```
write(*,*)'ΔΩΣΕ ΤΙΣ ΚΑΘΑΡΕΣ ΜΑΖΙΚΕΣ ΠΑΡΟΧΕΣ M1g, M1l, M2g'
write(*,*)'ΚΑΙ M2l ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΡΑ (KG/DAY)'
read (*,*)Q3,Q4,Q5,Q6
endif
write(*,*)'ΔΩΣΕ ΤΑ Rs ΚΑΙ rs, ΣΕ SM3/SM3'
read(*,*) R1s, r2s
write(*,*)'ΔΩΣΕ ΤΟ ΜΟΡΙΑΚΟ ΒΑΡΟΣ ΤΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΤΟ ΟΠΟΙΟ ΕΧΕΙ'
write(*,*)'ΠΡΟΚΥΨΕΙ ΑΠΟ ΥΓΡΟ ΚΑΙ ΤΟ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟ ΠΟΥ ΕΧΕΙ '
write(*,*)'ΠΡΟΚΥΨΕΙ ΑΠΟ ΑΕΡΙΟ ΣΕ ΚΑΝΟΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ,'
write(*,*)'MBlg,sc ΚΑΙ MBgg,sc '
read(*,*) Wlgsc,Wggsc
write(*,*)'ΔΩΣΕ ΤΟ ΜΟΡΙΑΚΟ ΒΑΡΟΣ ΤΟΥ ΥΓΡΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΑΕΡΙΟΥ'
write(*,*)'ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΡΑ, MB1,sep ΚΑΙ MBg,sep'
write(*,*)'ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΑ'
read(*,*) Wlsep, Wgsep
write(*,*)'ΔΩΣΕ ΤΟ ΜΟΡΙΑΚΟ ΒΑΡΟΣ ΤΟΥ ΥΓΡΟΥ ΤΟ ΟΠΟΙΟ ΕΧΕΙ'
write(*,*)'ΠΡΟΚΥΨΕΙ ΑΠΟ ΥΓΡΟ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΝΟΝΙΚΕΣ, MB1l,sc'
read(*,*) W1lsc
write(*,*)'ΔΩΣΕ ΤΑ ΓΡΑΜΜΟΜΟΡΙΑ ΤΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΠΡΟΚΥ-'
write(*,*)'ΨΕΙ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΚΤΟΝΩΣΗ ΤΟΥ ΥΓΡΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΑΕΡΙΟΥ'
write(*,*)'ΤΟΥ ΔΙΑΧΩΣΤΗΡΑ ΣΕ ΚΑΝΟΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ, n1lg ΚΑΙ'
write(*,*)'n1gg, ΣΕ ΚΜΟΛΕ'
read(*,*) b1lg, b1gg
write(*,*)'ΔΩΣΕ ΤΗΝ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΥΓΡΟΥ Η ΟΠΟΙΑ ΕΧΕΙ ΠΡΟ-
```


ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

```

write(*,*)'ΚΥΨΕΙ ΑΠΟ ΥΓΡΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΗ ΠΟΥ ΕΧΕΙ'
write(*,*)'ΠΡΟΚΥΨΕΙ ΑΠΟ ΑΕΡΙΟ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΝΟΝΙΚΕΣ d11,sc'
write(*,*)'ΚΑΙ dgl,sc ΣΕ KG/M3 '
read(*,*) d11sc,dglsc
if(u.eq.1) then
write(*,*)'ΔΩΣΕ ΤΗΝ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΥΓΡΟΥ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ'
write(*,*)'ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΡΑ d1,sep, ΣΕ KG/M3'
read(*,*) dlsep
endif
if(u.eq.1) then
write(*,*)'ΔΩΣΕ ΤΗΝ ΠΙΕΣΗ p ΚΑΙ ΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ T ΤΟΥ'
write(*,*)'ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΡΑ ΣΕ Pa ΚΑΙ Κ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΑ, ΤΟΝ ΣΥ-'
write(*,*)'ΝΤΕΛΕΣΤΗ ΣΥΜΠΙΕΣΤΟΤΗΤΑΣ Z ΚΑΙ ΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ Tsc'
write(*,*)'ΣΕ ΚΑΝΟΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΚΦΡΑΣΜΕΝΗ ΣΕ Κ'
read(*,*) p, Ts, e, Tsc
else
write(*,*)'ΔΩΣΕ ΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΣΕ ΚΑΝΟΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ '
write(*,*)'ΕΚΦΡΑΣΜΕΝΗ ΣΕ Κ'
read(*,*) Tsc
endif
if(u.ep.1) then
write(*,*)'===== '
write(*,*)'ΓΙΑ ΤΟ ΑΕΡΙΟ (ΣΕ SM3/DAY) Ο ΒΑΣΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ ΕΙΝΑΙ: '
write(*,*)'Qgas,sc=Q1*S1g*bg+Q1*S1l*bo*Rs+Q2*S2g*bg+'
write(*,*)'Q2*S2l*bo*Rs'
write(*,*)'===== '

```

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

```

write(*,*) 'ΓΙΑ ΤΟ ΥΓΡΟ (ΣΕ SM3/DAY) Ο ΒΑΣΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ ΕΙΝΑΙ:'
write(*,*) 'Qgas,sc=Q1*S1g*bg*rs+Q1*S1l*bo+Q2*S2g*bg*rs+'
write(*,*) 'Q2*S2l*bo'
write(*,*) '===== '
write(*,*) 'Με απόδοση διαχωριστήρα:',t, '%'
write(*,*) '~~~~~'
write(*,*) '1η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ: ΕΚΦΡΑΖΟΝΤΑΙ ΤΑ bo ΚΑΙ bg ΒΑΣΕΙ ΤΩΝ'
write(*,*) 'ΓΡΑΜΜΟΜΟΡΙΩΝ ΤΟΥ ΑΕΡΙΟΥ. ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΝΤΑΙ: QIgas,sc'
write(*,*) 'ΚΑΙ QIoil,sc ΣΕ SM3/DAY:'
h1=(b1gg*p*Tsc*9.84*0.000001)/(Ts*e)
h2=((1-b1lg)*W1lsc*dlsep)/(Wlsep*d1lsc)
h5=(Q1*S1g)+(Q2*S2g)
h6=(Q1*S1l)+(Q2*S2l)
QIgas,sc=(h1*h5)+(R1s*h2*h6)
QIoil,sc=(h1*r2s*h5)+(h2*h6)
write(*,*) QIgas,sc, QIoil,sc
write(*,*) '~~~~~'
write(*,*) '2η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ: ΕΚΦΡΑΖΟΝΤΑΙ ΤΑ bo ΚΑΙ bg ΒΑΣΕΙ ΤΩΝ'
write(*,*) 'Rs ΚΑΙ rs. ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΝΤΑΙ: QIIgas,sc ΚΑΙ'
write(*,*) 'QIIoil,sc ΣΕ SM3/DAY:'
h3=(p*1.2*0.0001*Tsc*Wgsep)/((Ts*e)*(r2s*dglsc*Tsc+12.178*
Wggsc))
h4=(dlsep*Tsc)/(R1s*Wlgsc*12.178+Tsc*d1lsc)
QIIgas,sc=(h5*h3)+(R1s*h6*h4)
QIIoil,sc=(h5*r2s*h3)+(h6*h4)
write(*,*) QIIgas,sc, QIIoil,sc

```

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

```

write(*,*)'~~~~~
else
write(*,*)'=====
write(*,*)'ΓΙΑ ΤΟ ΑΕΡΙΟ (ΣΕ SM3/DAY) Ο ΒΑΣΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ ΕΙΝΑΙ:'
write(*,*)'Qgas,sc=(M1g/dg,sep)*bg+(M1l/dl,sep)*bo*Rs+'
write(*,*)' (M2g/dg,sep)*bg+(M2l/dl,sep)*bo*Rs '
write(*,*)'=====
write(*,*)'ΓΙΑ ΤΟ ΥΓΡΟ (ΣΕ SM3/DAY) Ο ΒΑΣΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ ΕΙΝΑΙ:'
write(*,*)'Qoil,sc=(M1g/dg,sep)*bg*rs+(M1l/dl,sep)*bo+'
write(*,*)' (M2g/dg,sep)*bg*rs+(M2l/dl,sep)*bo '
write(*,*)'=====
write(*,*)'~~~~~
write(*,*)'1η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ: ΕΚΦΡΑΖΟΝΤΑΙ ΤΑ bo ΚΑΙ bg ΒΑΣΕΙ ΤΩΝ'
write(*,*)'ΓΡΑΜΜΟΜΟΡΙΩΝ ΤΟΥ ΑΕΡΙΟΥ. ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΝΤΑΙ: QIgas,sc'
write(*,*)'ΚΑΙ QIoil,sc ΣΕ SM3/DAY:'
h7=(Q3+Q5)
h8=(Q4+Q6)
h9=((0.082054*Tsc*b1gg)/(Wgsep)
h10=((1-b1lg)*W1lsc)/(Wlsep*d1lsc))
QIgas,sc=((h7*h9)+(h8*h10*R1s))
QIoil,sc=((h7*h9*r2s)+(h10*h8))
write(*,*)QIgas,sc, QIoil,sc
write(*,*)'~~~~~
write(*,*)'2η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ: ΕΚΦΡΑΖΟΝΤΑΙ ΤΑ bo ΚΑΙ bg ΒΑΣΕΙ ΤΩΝ'
write(*,*)'Rs ΚΑΙ rs. ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΝΤΑΙ: QIIgas,sc ΚΑΙ'
write(*,*)'QIIoil,sc ΣΕ SM3/DAY:'

```



```

h11=(Tsc/((r2s*dglsc*Tsc)+(12.178*Wggsc)))
h12=(Tsc/((R1s*12.178*Wlgsc)+(dllsc*Tsc)))
QIIgassc=((h7*h11)+(h8*h12*R1s))
QIIoilsc=((h7*r2s*h11)+(h8*h12))
write(*,*) QIIgassc, QIIoilsc
write(*,*) '~~~~~'
endif
stop
end

```

Shrivani, A.S. and D.N. Dukument, (1987), "Development of an Efficient Algorithm for the Calculation of Two-Phase Flash Equilibria", SPE Reservoir Engineering, November, pp. 695-702.

4. Буротонс, Н. (1986), Задавање постојећег стања система "Μακρινά Τυμειωθέντα", Πολυτεχνείο Αθηνών.

5. Varotsis, N. (1989) "A Robust Prediction Method for Rapid Phase-Behavior Calculations", SPE Reservoir Engineering, May, pp. 237-243.

6. Ahmed, T. (1991) "A Practical Equation of State", SPE Reservoir Engineering, February, pp.137-146.

7. Firpoorabadi, A. (1988) "Reservoir-Field Phase Behavior and Volumetric Prediction With Equation of State", Journal of Petroleum Technology, April, pp. 397-406.

Β Ι Β Λ Ι Ο Γ Ρ Α Φ Ι Α

8. Ahmed, T. (1988) "Comparative Study of Eight Equations of

1. Arnold, K. and M. Stewart, (1986), "Surface Production Operations", Design of Oil-Handling Systems and Facilities, Volume 1, pp. 1, 33-35.

2. Smith H.V, (1987), "Petroleum Engineering Handbook", Oil and Gas Separators, Chapter 12, pp. 12.2, 12.6-12.11, 12.13-12.17, 12.21-12.23, 12.35.

3. Abhvani, A.S. and D.N. Beaumont, (1987), "Development of an Efficient Algorithm for the Calculation of Two-Phase Flash Equilibria", SPE Reservoir Engineering, November, pp. 695-702.

4. Βαρότσης, Ν. (1990), Σημειώσεις παραδόσεων στο μάθημα "Μηχανική Ταμιευτήρων", Πολυτεχνείο Κρήτης.

5. Varotsis, N. (1989) "A Robust Prediction Method for Rapid Phase-Behavior Calculations", SPE Reservoir Engineering, May, pp. 237-243.

6. Ahmed, T. (1991) "A Practical Equation of State", SPE Reservoir Engineering, February, pp.137-146.

7. Firoozabadi, A. (1988) "Reservoir-Fluid Phase Behavior and Volumetric Prediction With Equation of State", Journal of Petroleum Technology, April, pp. 397-406.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

8. Ahmed, T. (1988) "Comparative Study of Eight Equations of State for Predicting Hydrocarbon Volumetric Phase Behavior", SPE Reservoir Engineering, February, pp. 337-348.

