

**ΣΤ. ΝΙΚΟΛΑΟΥ**  
ΚΑΘΗΓΗΤΟΥ Ε.Μ.Π.

---

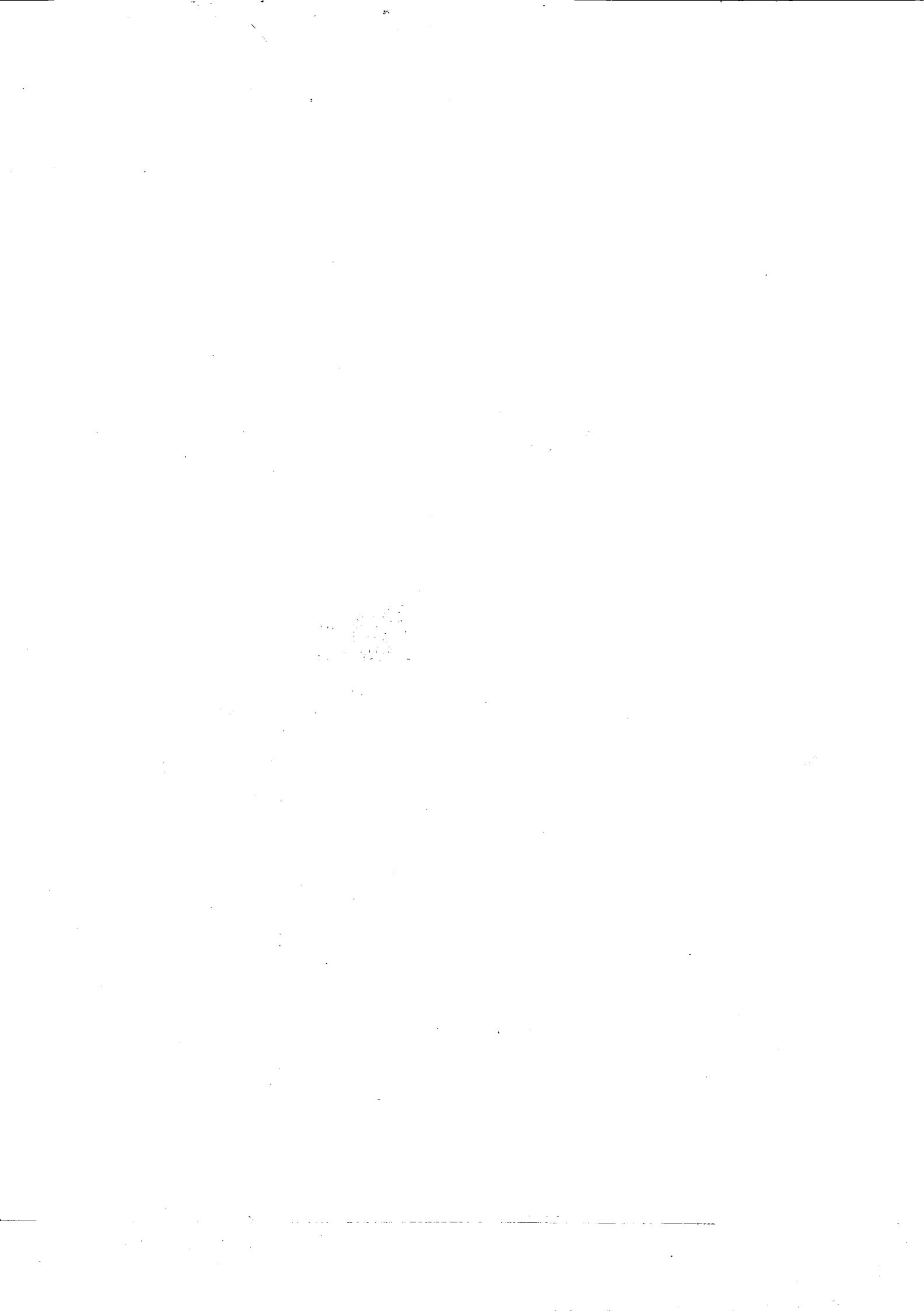
**μαθηματικών  
υδροδυναμικών  
εργών**

**ΤΕΥΧΟΣ Β'**

**ΑΘΗΝΑΙ 1973**

Ἐκδέδονται οατέ τάς παραδόσεις τοῦ καθηγητοῦ πρός χρῆσιν μόνον τῶν σπουδα-  
στῶν, ἀπαγορευμένης τῆς ἀνατυπώσεως, ἀναδημοσιεύσεως ἢ τῆς οἰονδήποτε τρό-  
πον ἄλλης χρήσεως τούτων, ἐν ὅλῳ ἢ ἐν μέρει, ἀνευ τῆς ἀδείας τοῦ Καθηγητοῦ, ὅ-  
στις οαὶ διατηρεῖ πᾶν δικαίωμα ἐπ' αὐτῶν.

Τέ γνησια ἀντίτυπα φέροντα τὴν ὑπογραφὴν οαὶ τὴν σφραγῖδα τοῦ καθηγητοῦ ἢ  
τὴν σφραγῖδα διαρεῖν διανομῆς αὐτῶν εἰς σπουδαστάς τοῦ Ε.Μ.Π. ὑπό τοῦ 'Υπουργε-  
οῦ, Εθνικῆς Παιδείας.





## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>6 ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ</b>	<b>Σελίς</b>
6.1 Εύσαγωγή	6-1
6.2 'Υδροστρόβιλοι 'Αντιδράσεως	6-3
6.2.1 Συγκρότημα Πρόσαγωγής	6-9
6.2.2 Συγκρότημα 'Υδραυλικοῦ Μηχανισμοῦ Στροβίλου	6-15
6.2.3 'Αγωγός 'Εξόδου	6-22
6.3 'Υδροστρόβιλοι Δράσεως	6-23
6.3.1 Διεύταξις Συστήματος Πρόσαγωγής	6-27
6.3.2 Δρομεύς	6-27
6.4 'Αναστρέψιμοι 'Αντλίαι - Στρόβιλοι	6-30
6.5 Βασικά Στοιχεῖα Θεωρητικῆς 'Αναλύσεως	6-34
6.5.1 Στρόβιλοι 'Αντιδράσεως	6-34
6.5.2 Στρόβιλοι Δράσεως	6-45
6.5.3 Συντελεστής Περιφερειακῆς Ταχύτητος	6-47
6.5.4 Συνθῆκαι 'Ομοιότητος	6-48
6.6 Γενικά Χαρακτηριστικά Λειτουργίας Στροβίλων	6-51
6.6.1 'Ωφέλιμον "Υψης Πτώσεως	6-54
6.6.2 Χαρακτηριστικά "Υψη Πτώσεως	6-60
6.6.3 Βαθμός 'Αποδόσεως	6-63
6.6.4 Εύδινός 'Αριθμός Στροφῶν	6-66
6.6.5 'Αριθμός Στροφῶν	6-69
6.6.6 Χαρακτηριστικά Διαγράμματα Λειτουργίας Στροβίλων	6-77
6.7 Τοποθέτησις Στροβίλων 'Αντιδράσεως ήας Σπηλαίωσις	6-95
6.7.1 Στοιχεῖα Θεωρητικῆς 'Αναλύσεως	6-97
6.7.2 Τοποθέτησις Στροβίλου 'Αντιδράσεως	6-103
6.7.3 Στάθμαι Διάρρυγος Φυγῆς	6-108
6.7.4 Γενικά Κριτήρια 'Ασφαλοῦς Λειτουργίας Στροβίλων	6-109
6.8 'Υπολογισμός Κυρίων Διαστάσεων Στροβίλων	6-110
6.8.1 Διαστάσεις Στροβίλων 'Αντιδράσεως	6-111
6.8.2 Διαστάσεις Στροβίλων Δράσεως	6-122
6.8.3 Στοιχεῖα Στροβιλομηχανῶν ήας 'Αριθμητικά Παραδείγματα	6-128



## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

‘Η ενδοσις του παρόντος συγγράμματος "Μαθήματα 'Υδροδυναμικών "Εργων", τεῦχος Β: αφορᾶ τας βασικές θεωρητικές αρχές καὶ ἐφαρμογές τῶν ὑδροστροβίλων τύπου. δράσεως καὶ ἀντιδράσεως. ’Επειδὴ ἡ γενική διάταξις καὶ αἱ βασικὲς διαστάσεις τοῦ σταθμοῦ παραγγῆς ἔξαρτῶνται κυρίως ἐν τοῦ τύπου καὶ διατάξεως τῆς στροβιλομηχανῆς, ἐκρέθη σκόπιμον ὅπως ἡ ἐπιλογή καὶ ἀνάπτυξις τῆς ὑλης ἐπενταθῇ εἰς ἀμφοτερούς τούς τομεῖς εἰδικότητος πολιτικοῦ καὶ μηχανολόγου μηχανικοῦ.

Κατὰ τὴν σύνταξιν τοῦ ἀνδρὸς χεῖρας συγγράμματος ἐλήφθησαν ὑπὸ ὄψιν κυρίως οἱ ἔξῆς παραγόντες : (α) ἡ παρουσίασις ἐκτενοῦς περιγραφῆς τῶν διαφόρων συγχρόνων τύπων στροβιλομηχανῶν συμπεριλαμβανομένου καὶ τοῦ τύπου ἀναστρεψίμου ἀντλίας-στροβίλου, (β) ἡ ἀνάπτυξις τῶν βασικῶν θεωρητικῶν ἀρχῶν εἰς τὴν περιοχήν ἐφαρμογῆς τῶν ὑδροστροβίλων δράσεως καὶ ἀντιδράσεως καὶ (γ) ἡ συστηματικὴ ἀνάπτυξις, βάσει εἴδισμάς την διαγραμμάτων, τῶν μεθόρισμοῦ τοῦ τύπου, διατάξεως καὶ βασικῶν διαστάσεων τῶν στροβιλομηχανῶν συγκεκριμένης ὑδροτηλεκτρικῆς ἐγκαταστάσεως.

Ο προσδιορισμός τῶν χαρακτηριστικῶν μεταβλητῶν στροβιλομηχανῆς βασίζεται ἐπὶ σχετικῶν υποχειρών συγχρόνων ὑδροτηλεκτρικῶν ἐγκαταστάσεων ἀνδρὸν τρόπον καὶ ιυρίως ἐν Η.Π.Α. Εἰδικῶτερον μελετᾶται ἡ ἐπένδρασις τοῦ εἰδικοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν ἐπὶ τῶν βασικῶν διαστάσεων καὶ τῆς διατάξεως τῆς στροβιλομηχανῆς, ὡς καὶ τοῦ συντελεστοῦ σπηλαιώσεως διὰ τὴν τοποθέτησιν καὶ ἀσφαλῆ λειτουργίαν ταύτης. Ή παροῦσα ὑλὴ τοῦ μαθήματος περιλαμβάνει 58 συναφῆ διαγράμματα, σχέδια καὶ εἰκόνας, τρία πλήρη ἀριθμητικά παραδείγματα καὶ διαφόρους πίνακας.

Τοῦ παρόν σύγγραμμα δύναται νᾶς χρησιμεύσῃ ἐν τῷ πρᾶξει διὰ τὴν ἐπιλογήν τοῦ τύπου καὶ τῶν βασικῶν διαστάσεων τῶν ὑδροστροβίλων δράσεως καὶ ἀντιδράσεως κατὰ τὰ στάδια ἐκπονήσεως τῆς προμελέτης, ὡς καὶ τῆς ἀρχικῆς φάσεως τῆς . μελέτης διὰ δημοπράτησιν τῶν ἔργων τοῦ σταθμοῦ παραγγῆς καὶ τῶν ὑδροστροβίλων. Διὰ τὴν τελικήν φάσιν ἐκπονήσεως τῆς μελέτης, σχεδίων καὶ προδιαγραφῶν δημοπρατήσεως τοῦ σταθμοῦ παραγγῆς καὶ τῶν στροβιλομηχανῶν ὃ μελετητής δέοντος ἐπέστησε νᾶς συμβουλευθῆται κατασκευαστικούς οἶκους διεθνῶς ἀνεγνωρισμένους.

Ἐπειδή ἐξ ἄλλου νᾶς εὐχαριστήσω θερμῶς τρόπῳ Α.Φιντικάνην, βοηθόν τῆς ἔδρας διὰ τὴν ὑπὸ αὐτοῦ ἐποπτείαν καὶ ἐπεξεργασίαν τῶν στοιχείων τῆς παρούσης ἐκδόσεως, ὡς καὶ τὴν βοηθόν Δεδα Β.Σταυροπούλου διὰ τρόπους ἔλεγχον τῶν δοκιμών καὶ πινάκων.

Αθήναι, Φεβρουάριος 1972.



## ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ

### 6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

"Έχουν παρέλθει πλέον τών είκοσι αίώνων αφ' ότου ό ανθρωπος έπενδησε τούς ύδραυλικούς τροχούς (water wheels) καὶ ήδυνήσῃ νὰ χρησιμοποιησῃ ἐπωφελῶς τὴν ἐνέργειαν τῶν ρεδντῶν καὶ πιπτόντων ὑδρῶν διὰ τὴν παραγγῆν ὡφελέμου ἔργου. Οἱ ύδραυλικοὶ τροχοὶ δύνανται νὰ θεωρηθοῦν ὡς αἱ ἀρχαιότεραι ύδραυλικαὶ μηχαναὶ, αἱ ὄποιαι ἐχρησιμοποιήθησαν διὰ τὴν ἐξυπηρέτησιν τῶν διαφόρων ἀναγκῶν τοῦ ἀνθρώπου.

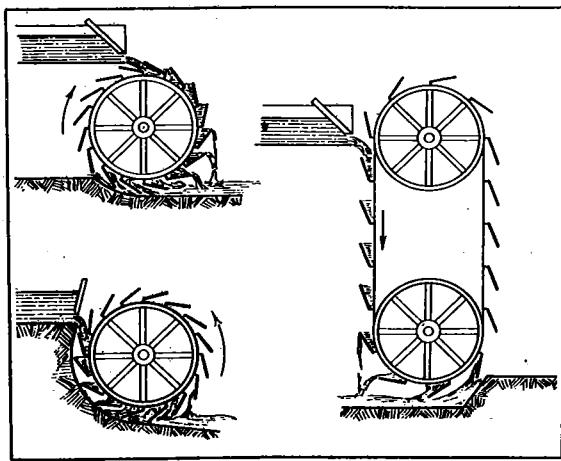
Οἱ ύδραυλικοὶ τροχοὶ δράσεως τοῦ διεγειρομένου τύπου ἐν τῶν ιδίων, ὡς ἐμφανεῖται εἰς τὸ Σχ. 6-1 ἐφηρμόσθησαν π.Χ. διὰ ἀρδευτικούς σημοποίους εὐρέως ὑπό τῶν Κινεζῶν. Οἱ ύδραυλικοὶ τροχοὶ ἐχρησιμοποιήθησαν ἐπίστης ὑπό τῶν "Ἀγγλῶν περὶ τὰ τέλη τοῦ 16ου αἰώνος μέχρι καὶ τοῦ 1666, διὰ τὴν ύδρευσιν τοῦ Λονδίνου ἐν τοῦ ποταμοῦ Ταμέσεως. Οἱ ύδραυλικοὶ τροχοὶ ἐφέροντο ἐπὶ τῆς περιφήμου τοξικῆς γεφύρας τοῦ Λονδίνου (London Bridge).

Γενικῶς ἐχρησιμοποιήθησαν διαφοροί τύποι ύδραυλικῶν τροχῶν, διεγειρόμενοι ἐν τῶν ἄνω ἢ ἐν τῶν ιδίων, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ Σχ. 6-1, τρίσιον ἐν τῷ Μέσῃ Ἀνατολῇ, οὗσιν καὶ ἐν Εὐρώπῃ κατὰ τὸν Μεσαίωνα. Ἀπό τοῦ τέλους τοῦ 12ου αἰώνος μέχρι καὶ τῶν ἀρχῶν τοῦ 19ου οἱ ύδραυλικοὶ τροχοὶ ἐχρησιμοποιήθησαν ἐπίστης καὶ διὰ βιομηχανικήν παραγγῆν.

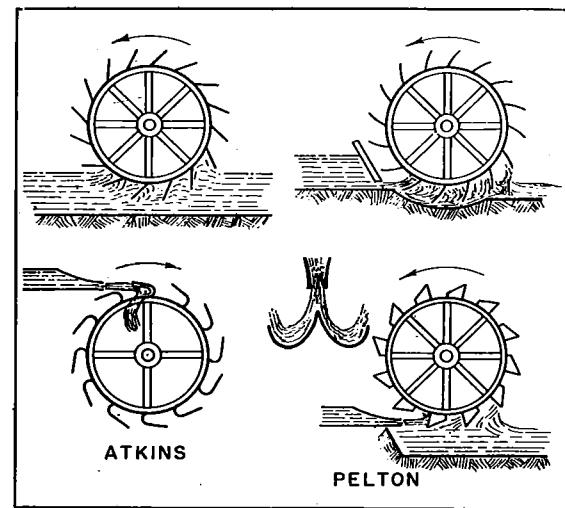
Οἱ ύδραυλικοὶ τροχοὶ διετηρήθησαν ὑπό τὴν βασικήν αὐτῶν μορφήν μέχρι καὶ τοῦ τέλους τοῦ 19ου αἰώνος, διότε διὰ τῆς ἀναπτύξεως τῶν συγχρόνων μέσων παραγγῆς ἡ λειτρικής ἐνεργείας, ὡς ἀνεφέρεται εἰς τὸ Κεφάλαιον 1, διεμορφώθησαν εἰς τὸν σύγχρονον τύπον τῶν ύδροστροβίλων, οἱ ὄποιαι διακρίνονται εἰς δύο χαρακτηριστικὰς κατηγορίας, τοὺς στροβίλους δράσεως ἢ ἐλευθέρας ἐντοξεύσεως (impulse turbines) καὶ τοὺς στροβίλους ἀντιδράσεως (reaction turbines). Εἰς τὸ Σχ. 6-1 ἐμφανούνται σχηματικῶς αἱ διαφοροὶ μορφαὶ τὰς ὄποιας ἔλαβον αἱ ύδραυλικαὶ μηχαναὶ δράσεως, συμπειλαμβανομένων τῶν τύπων Atkins καὶ Pelton. Οἱ στροβίλοι Pelton ἐπενοήθη ὑπό τοῦ Ἀμερικανοῦ L.A. Pelton τὸ ἔτος 1889.

'Ἐκ τῶν εἰκονιζομένων ύδροστροβίλων ἀντιδράσεως τοῦ Σχ. 6-1, διακρίνομεν τοὺς χαρακτηριστικούς τύπους Francis καὶ ēlliots. Οἱ στροβίλοι Francis ἐπενοήθη ὑπό τοῦ Ἀμερικανοῦ Μηχανικοῦ J.B. Francis τὸ ἔτος 1849. Οἱ Τσεχοσλοβάκοι Καθηγητῆς V. Kaplan εἰσήγαγε τὸν στροβίλον τύπου ēlliots τὸ 1913 διὰ ύδροδυναμικῆς ἐγκαταστάσεως μικροῦ υψούς πτώσεως, ἐπενδησεί δε ἀργότερον καὶ τὸν φερώνυμον στροβίλον τύπου ēlliots μετά ιενητῶν πτερυγῶν.

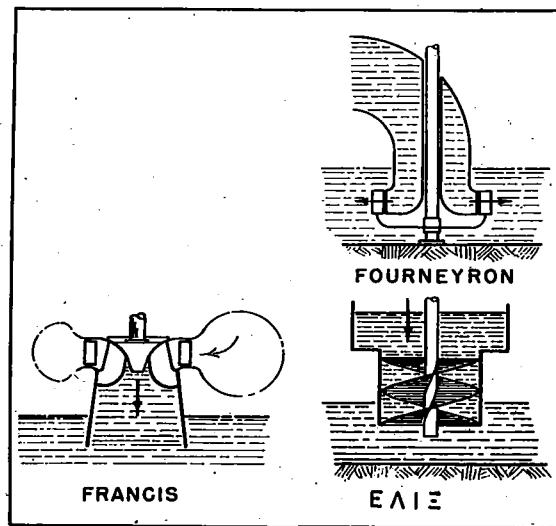
'Ἡ ἀξιοποίησις τῶν ύδροδυναμικῶν θέσεων διὰ τὴν παραγγῆν ἐνεργείας, ητίς καὶ ἐπέτρεψε τὴν ἔξελιξιν τῶν ύδροστροβίλων εἰς μεγάλης σημασίας ύδραυλικῆς μηχανῆς ἵσχυος ἐκατοντάδων χιλιαδῶν ἵππων, ἐπετεύχθη διὰ τῆς ιατρού εύθεταν ζεύξεως τοῦ ύδροστροβίλου μετά τῆς ἀντιστοίχου γεννητρίας ἡ λειτρικοῦ ρεύματος καὶ τῆς διαμορφώσεως τοῦ συγκροτήματος τῆς ύδροηλειτρικῆς μονάδος, ὡς ἐμφανεῖται ἐν τῷ Σχ. 6-2. Ἡ λειτουργία τοῦ συγκροτήματος τῆς ύδροηλειτρικῆς μονάδος γίνεται ὑπό μεγάλον ἀριθμόν στροφῶν, ὃ ὄποιος ἐξαρτᾶται ἐν τῶν χαρακτηριστικῶν λειτουργίας τῆς ύδραυ-



ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΤΡΟΧΟΙ  
ΔΙΕΓΕΙΡΟΜΕΝΟΥ ΤΥΠΟΥ ΕΚ ΤΩΝ ΑΝΩ



ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΤΡΟΧΟΙ ΔΙΕΓΕΙΡΟΜΕΝΟΥ  
ΤΥΠΟΥ ΕΚ ΤΩΝ ΚΑΤΩ ΚΑΙ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ  
ΔΡΑΣΕΩΣ (ATKINS, PELTON).



ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΣ

**Σχ. 6-1** Σχηματική παράστασις ύδραυλικών μηχανών.

λικής καὶ ἡλεκτρικῆς μηχανῆς τοῦ συγκροτήματος.

Οἱ σύγχρονοι ὑδροστρόβιλοι διαθέτουν βασικῶς ἀπλούστερον μηχανισμόν, οἱ δὲ ποιῶνται γὰρ λειτουργοῦν ὅμαλῶς καὶ ὑπόκεινται εὐκόλως εἰς τὴν ἀπαίτουμενην ρύθμισιν. Οἱ ὑδροστρόβιλοι εἶναι κατάλληλοι διὰ πολυετῆ χρῆσιν (30 ἔτῶν ἢ καὶ περισσότερον) καὶ δύνανται γὰρ ἀναλάβουν φορτία ἐντὸς δευτερολέπτων ἢ νέφορρέψουν τὰ φορτία στιγμιαῖς ἄνευ φθορᾶς τοῦ μηχανισμοῦ τῶν. Οἱ ὑδροστρόβιλοι εἶναι κατάλληλοι διὰ αὐτόματον λειτουργίαν καὶ δέν ἀπαίτουν ἐπιβλέψιν ἐπειδὸν ἀπολαδῆς ἐβδομάδας. Οὕτως οἱ ὑδροστρόβιλοι ἀποτελοῦν τὸ ὑπόβαθρον τῶν συγχρόνων συστημάτων ὑδροηλεκτρικῆς παραγωγῆς.

Διὰ τῶν συγχρόνων τύπων ὑδροστροβίλων ἐπιτυγχάνομεν ἀξιοποίησιν τῶν ὑδροδυναμικῶν θέσεων διὰ τὴν ὑψηλήν πτώσεως ἀπό 1,5 π. μέχρι καὶ 1800 π. περίπου, ἐνῷ ἡ μέχρι σήμερον ἐγκατεστημένη ἵσχυς τῶν ὑδροστροβίλων ὑπερβαίνει τούς 670.000 HP.

Εἰς τὸ Κεφάλαιον τοῦτο θάνατον ἀναφέρεται κυρίως εἰς τὰ βασικὰ στοιχεῖα ἐπιλογῆς τοῦ καταλλήλου τύπου στροβίλου ὑδροδυναμικῆς ἐγκαταστάσεως, διὰ τοῦτο ἔχει ἀδιάλογον σημασίαν τόσον εἰς τὴν γενικήν διαμόρφωσιν τοῦ σταθμοῦ παραγωγῆς, ὥστε καὶ εἰς τὴν λειτουργίαν τοῦ συγκροτήματος παραγωγῆς ἐνεργεῖας.

Οἱ σύγχρονοι ὑδροστρόβιλοι ἀντιδράσεως διακρίνονται κυρίως εἰς τοὺς στροβίλους τύπου Francis καὶ τοὺς στροβίλους τύπου ἀξιονικῆς ροῆς (propeller turbines), οἱ δὲ ποιῶνται περιλαμβάνονται τοὺς στροβίλους Kaplan μετά κινητῶν πτερυγίων (adjustable blade propeller) καὶ τὰς ἔλικας (fixed blade propeller).

## 6.2 ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΣ

Εἰς τοὺς στροβίλους, ἀντιδράσεως τὸ ὕδωρ ρέει ὑπό πίεσιν διὰ μέσου τοῦ ἀγαγοῦ προσαγωγῆς καὶ τῆς στροβιλομηχανῆς πρός τὴν διώρυγα φυγῆς ὡς ἐμφαίνεται εἰς τὰ Σχ. 6-25 καὶ 6-28. Ἐκεῖστη στροβιλομηχανή ἀποτελεῖται ἐν τοῦ τμήματος εἰσόδου τοῦ ὕδατος, τοῦ δρομέως καὶ τοῦ τμήματος ἐξόδου τοῦ ὕδατος πρός τὴν διώρυγα φυγῆς. Ἡ ροή τοῦ ὕδατος πρός τὸν στρεφόμενον δρομέα τύπου Francis, διὰ τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπό σταθερὰ πτερύγια, λαμβάνει χώραν ἐν τῷ ἔξω πρός τὰ ἔσω, ἡ δέ ἐκροή τοῦ ὕδατος διὰ μέσου τοῦ δρομέως γίνεται ὡς ἐμφαίνεται εἰς τὰ Σχ. 6-22 καὶ 6-23. Ἡ μορφή τοῦ δρομέως Francis δύναται νὰ εἶναι καθαρῶς ἀκτινικῆς ἢ σχεδόν ἀκτινικῆς ροῆς τῆς μορφῆς (2), ἢ μικτῆς ροῆς τῶν μορφῶν (4) ἔως (6), ὡς ἐμφαίνεται ἐν τῷ Σχ. 6-21.

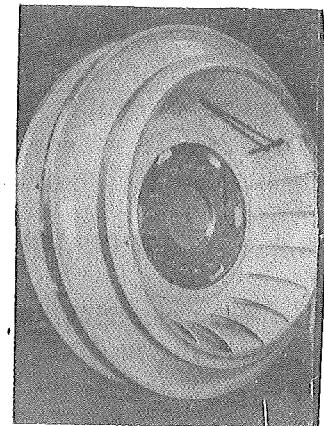
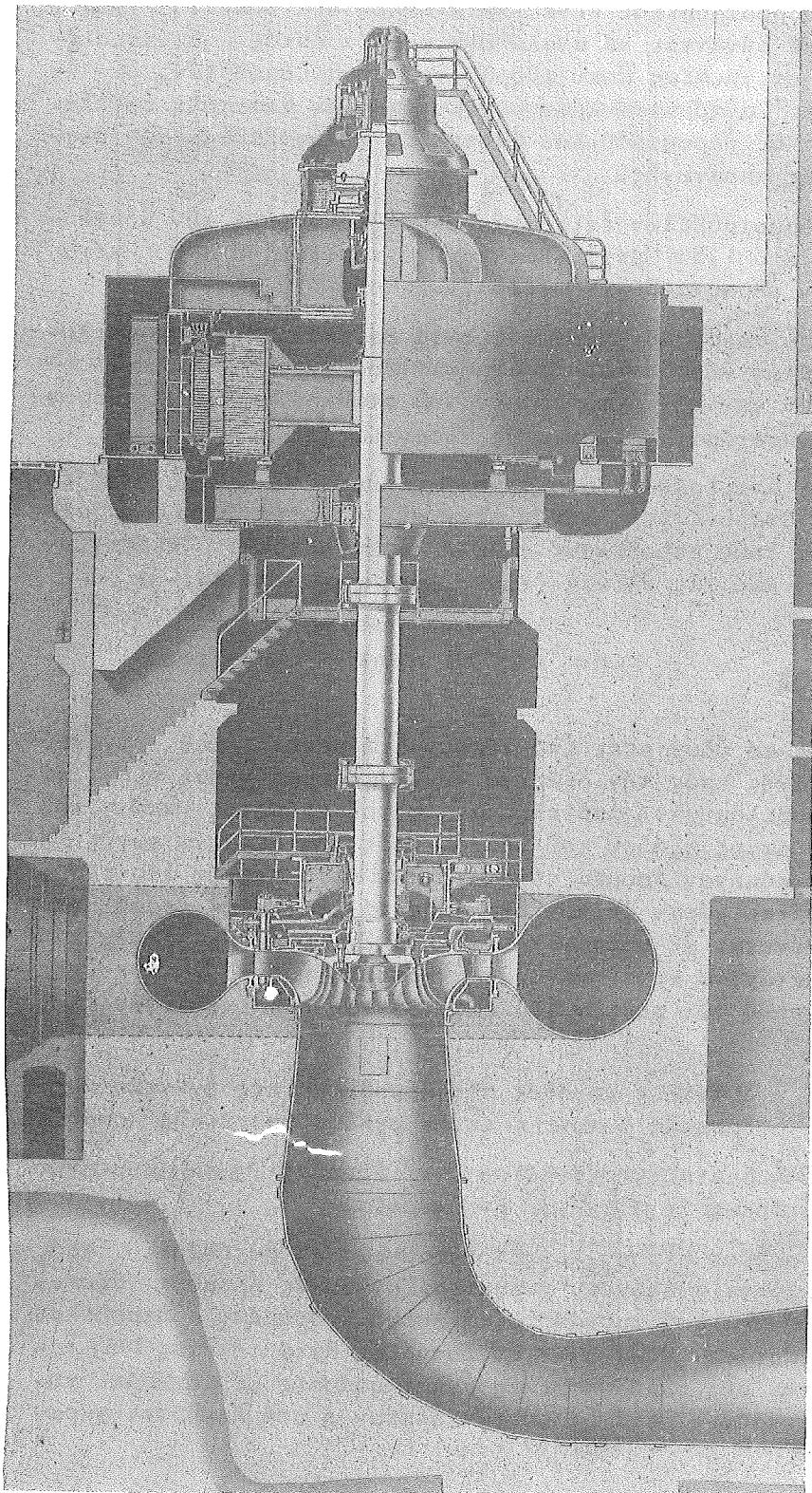
Εἰς τὸ Σχ. 6-2 ἐμφαίνεται ἡ διάταξις μονάδος τῆς ὑδροδυναμικῆς ἐγκαταστάσεως Hoover Dam ἐν H.P.A., ἐνθα δὲ δρομέως Francis εἶναι σχεδόν ἀκτινικῆς μορφῆς.

Εἰς τὸ Σχ. 6-4 ἐμφαίνεται ἡ διάταξις στροβίλου μετά δρομέως Francis μικτῆς ροῆς τῆς ὑδροδυναμικῆς ἐγκαταστάσεως Kesik Körümü ἐν Τουρκίᾳ.

Μὲν στρόβιλοι Kaplan, οἱ δὲ ποιῶνται φέρουν κινητὰ πτερύγια, ἐν ἀντιθέσει πρός τὰς ἔλικας αἱ δὲ ποιῶνται φέρουν ἀκίνητα πτερύγια, χαρακτηρίζονται ὡς δρομεῖς ἀξιονικῆς ροῆς βλέπε Σχ. 6-24. Εἰς τὸ Σχ. 6-5 ἐμφαίνεται ἡ μορφή δρομέως στροβίλου Kaplan τῆς ὑδροδυναμικῆς ἐγκαταστάσεως Lasele ἐν Σουηδίᾳ. Κατὰ τὸ ἔτος 1957 ἡρχισαν ἐπεισῆς γὰρ χρησιμοποιοῦνται εἰς ὑδροδυναμικῆς ἐγκαταστάσεις οἱ στρόβιλοι τύπου Deriaz, οἱ δὲ ποιῶνται φέρουν πτερύγια, διὰ μέσου τῶν ὀπίσων ἡ ροή λαμβάνει χώραν διαγωνίως, βλ. Σχ. 6-7.

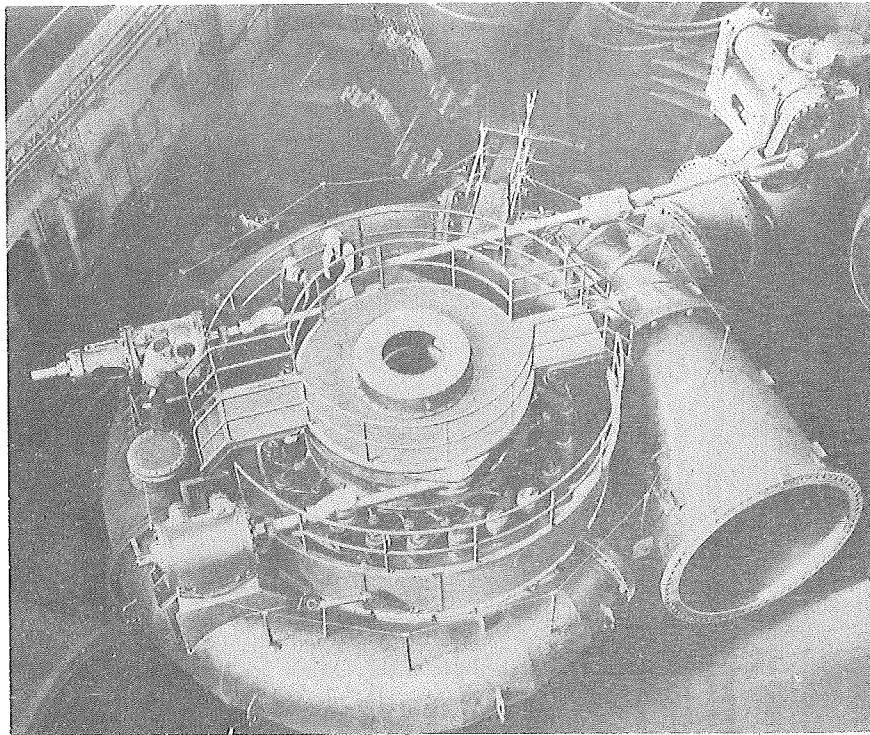
Τὰ κύρια τμήματα τῶν στροβίλων ἀντιδράσεως εἶναι τὰ κάτωθι :

- Τὸ τμῆμα εἰσόδου ἢ τὸ συγκρότημα προσαγωγῆς πρός τὸν δρομέα, τὸ δὲ ὀπίσων περιλαμβάνει ἐν γένει τὸ σπειροειδές κελυφός καὶ τὸν ὑδραυλικὸν μηχανισμὸν ρυθμίσεως τῆς ροῆς τοῦ ὕδατος. Εἰς τὸν μηχανισμὸν ρυθμίσεως συμπεριλαμβάνεται καὶ ὁ σερβιομηχανισμός μετά τοῦ ρυθμιστοῦ ταχύτητος.



Όλος αμος δρομεσ τύπου Francis έν χυτοχέλυβος της μονάδος Hoover. Διαμετρος είσοδου δρομέως 4,35m.

**Σχ. 6-2** Παραστατική τομή συγκροτήματος μονάδος μετά στροβίλου τύπου Francis της Έδρας ναμικής έγκαταστασεως Hoover έν ΗΠΑ. Έγκατεστημένη ίσχυς στροβίλου 115.000HP και γεννητρίας 82.500 KVA,  $H = 146 \text{ m}$ ,  $n = 145 \text{ rpm}$  και έτος έγκαταστασεως 1952.



**Σχ. 6-3** Δοκιμαστική συναρμολόγησις συγκροτήματος πειροειδούς κελύφους, σερβιομηχανισμού, μηχανισμού ρυθμιστικών πτερυγίων καί αυριόν σώματος στροβίλου τῆς θρούδυναμικής έγκαταστάσεως Ηονερέ έν Η.Π.Α. (βλ. έπισης Σχ. 6-2).

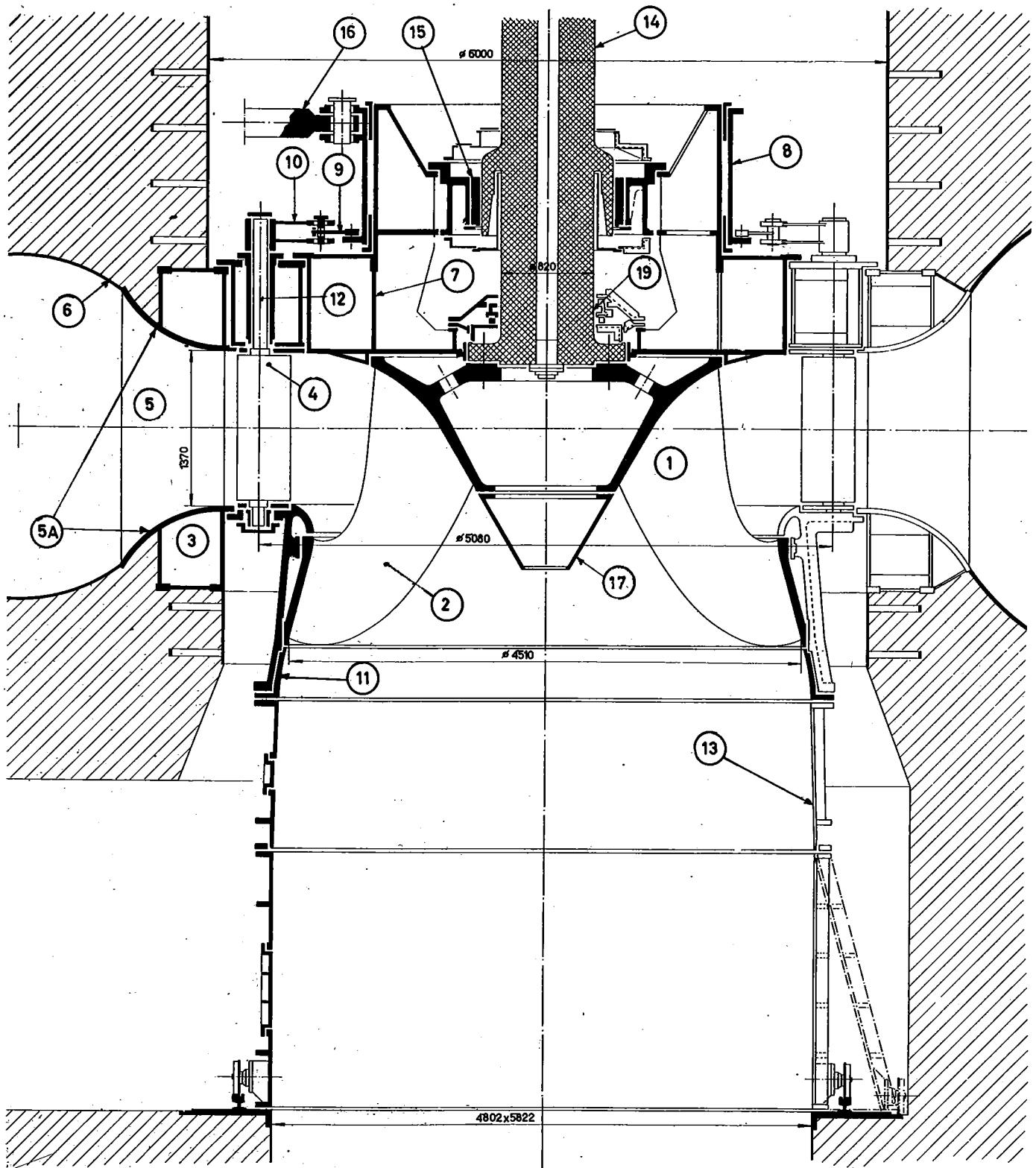
2. 'Ο δρομεύς " πτερωτή.

3. Το τμῆμα " το συγκρότημα ἐξεργάζεται τοῦ θρούδατος ἐν τοῦ στροβίλου πρός τήν διέρρυγα φυγῆς.

'Ο θρούδαυλικός μηχανισμός τοῦ συγκροτήματος προσαγγίζεται εἶναι διαμορφωμένος ἐν εἴδει στεφάνης, ἡ ὥποινα περιβάλλει τὸν στρεφόμενον δρομέα. 'Η στεφάνη φέρει πτερύγια ρυθμίσεως τῆς ροής τοῦ θρούδατος πρός τὸν δρομέα, δυνάμενα νᾶ στρέψαντας μέση στροφέων διατεταγμένων παραλλήλως πρός τὴν ἄτρακτον τοῦ στροβίλου. 'Υπό μόνιμον ιατρότασιν λειτουργίας τοῦ συνεχῶς ρέον θρόδωρον διέ τοῦ σπειροειδούς κελύφους ἐξερχεται διά μέσου τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων ὑπό ταχύτητας, ἡ διανομή τῶν ὀποίων εἰνοιεζεται διέ τῶν διανυσματικῶν τριγώνων ταχυτήτων εἰς τὰ Σχ. 6-20, 6-22 καὶ 6.23.

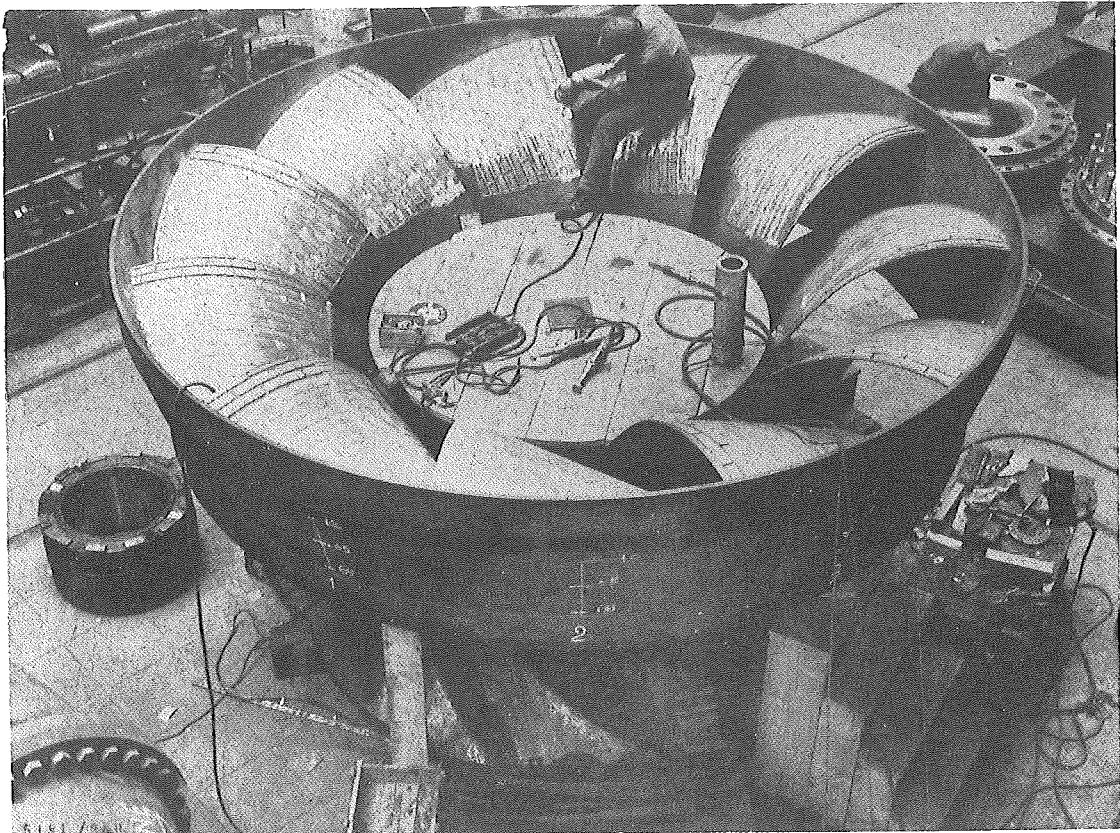
Αἱ χαρακτηριστικαὶ ἐπιφάνειαι τοῦ θρούδατος διέ μέσου τοῦ δρομέως, διέ δρομεῖς τύπου Francis μικτῆς ροής, εἶναι χοανοειδεῖς ἐπιφάνειαι ἐν περιστροφῆς συμμετρικαὶ ὡς πρός τὸν ἄξονα τοῦ δρομέως. Χαρακτηριστικαὶ μεσημβριναὶ γραμμαὶ ροής τοῦ θρούδατος διέ μέσου τοῦ δρομέως ἐμφαίνονται εἰς τὸ Σχ. 6-23. Τοῦ θρόδωρος ἐξερχόμενον τοῦ δρομέως ὡς ἐμφαίνεται ἐν τοῦ τοπικοῦ τριγώνου ἐξεργάζεται ταχυτήτων, τοῦ ὥποιον ἀντιστοιχεῖ εἰς μεσημβρινήν τομήν χαρακτηριστικῆς τινος ἐπιφανείας ροής, ρέει μετ' ἀπολύτου ταχύτητος  $V_2$  καὶ μεσημβρινῆς συνιστάσης  $V_{m2}$  καὶ προσαρμόζεται διέ τοῦ ἀγωγοῦ ἐξεργάζεται πρός τήν διέρρυγα φυγῆς.

Οὐ συνηθέστεροι τύποι ἀγωγῶν ἐξεργάζεται εἶναι ὁ εὐθύγραμμος ηλικιός ἀγωγῆς μετά αλλοιώσεως παρειών ἀπό 3<sup>ο</sup> ἕως 7<sup>ο</sup> ὡς πρός τὸν ἄξονα τοῦ καὶ ὁ ἀγωγῆς κεκαμμένης μορφῆς ὡς ἐμφαίνεται ἐν τῷ Σχ. 6-2. 'Ο ιεναμμένος ἀγωγῆς ἐξεργάζεται κατά κα-



**Σχ. 6-4-1** Τομή στροβίλου, ύπό κλιμακα 1 : 50.

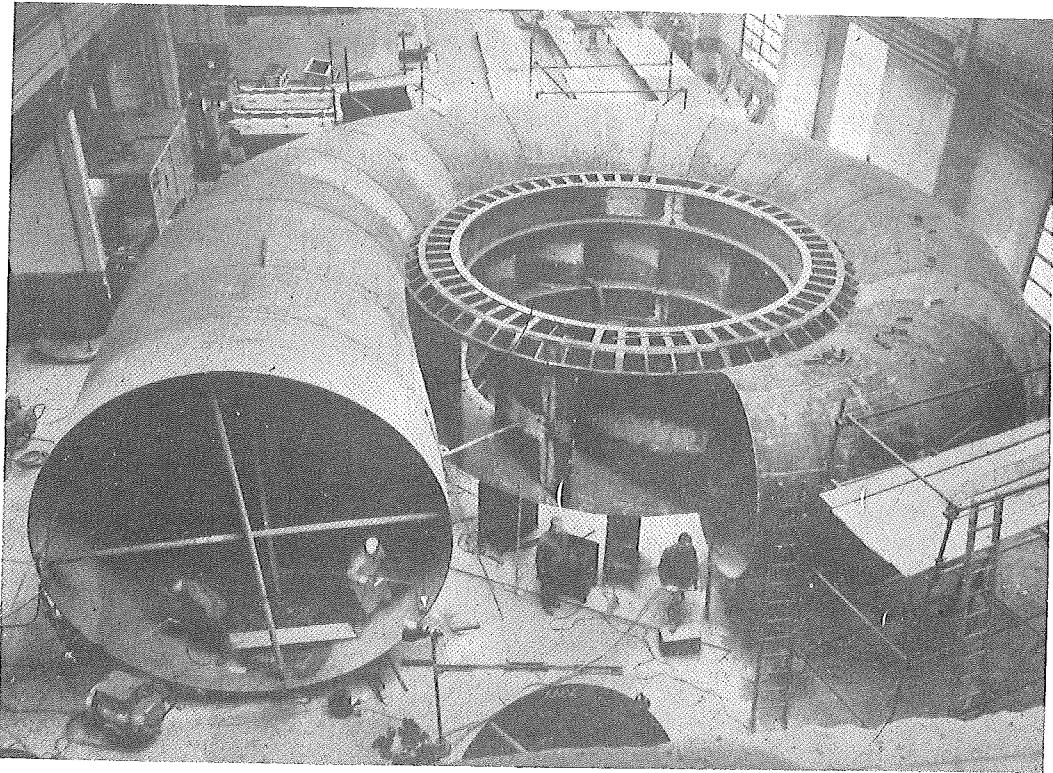
**Σχ. 6-4** Στροβίλος τύπου Francis ύδραυλικής έγκαταστάσεως Kesikkorju ἐν Τουρ-  
πια. Έγκατεστημένη ίσχυς στροβίλου 63.000 HP,  $H = 41 \text{ m}$ ,  $Q = 128 \text{ m}^3/\text{sec}$ ,  $n=125 \text{ rpm}$   
κατ' έτους έγκαταστάσεως 1961.



**Σχ. 6-4-2** Κατασκευή δρομέως μετά πτερυγίων έπενδεδυμένων έξ ανοξειδώτου χάλυβος.

**ΥΠΟΜΝΗΜΑ (Σχ. 6-4-1)**

- |   |  |
|---|--|
| (1) ΔΡΟΜΕΥΣ (ΠΤΕΡΩΤΗ)<br>RUNNER                       | (9) ΔΙΩΣΤΗΡ ΘΡΑΥΣΕΩΣ<br>BREAKING LINK                  |
| (2) ΠΤΕΡΥΓΙΟΝ ΔΡΟΜΕΩΣ<br>RUNNER BLADE                 | (10) ΣΤΡΟΦΑΛΟΣ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟΝ ΠΤΕΡΥΓΙΟΝ<br>GATE LEVER     |
| (3) ΚΑΤΩ ΔΑΚΤΥΛΙΟΣ<br>BOTTOM RING                     | (11) ΠΕΡΙΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΕΩΣ<br>DISCHARGE RING               |
| (4) ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟΝ ΠΤΕΡΥΓΙΟΝ<br>WICKET GATE              | (12) ΣΤΡΟΦΕΥΣ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟΥ ΠΤΕΡΥΓΙΟΥ<br>GUIDE VANE STEM |
| (5) ΟΔΗΓΟΝ ΠΤΕΡΥΓΙΟΝ<br>GUIDE VANE                    | (13) ΧΑΛΥΒΔΙΝΟΣ ΑΓΩΓΟΣ ΕΞΟΔΟΥ<br>DRAFT TUBE LINER      |
| (5A) ΔΑΚΤΥΛΙΟΣ(ΣΤΕΦΑΝΗ) ΟΔΗΓΩΝ ΠΤΕΡΥΓΙΩΝ<br>STAY RING | (14) ΑΤΡΑΚΤΟΣ<br>MAIN SHAFT                            |
| (6) ΣΠΙΡΙΟΕΙΔΕΣ ΚΕΛΥΦΟΣ<br>SPIRAL CASE                | (15) ΟΔΗΓΑ ΕΔΡΑΝΑ<br>GUIDE BEARING                     |
| (7) ΚΥΡΙΟΝ ΣΩΜΑ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ<br>HEAD COVER               | (16) ΣΕΡΒΟΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ<br>SERVOMOTOR                     |
| (8) ΣΤΕΦΑΝΗ ΡΥΘΜΙΣΕΩΣ<br>SHIFTING RING                | (17) ΚΟΝΟΣ ΔΡΟΜΕΩΣ<br>RUNNER CONE                      |



**Σχ. 6-4-3** Δοκιμαστική συναρμολόγησης σπειροειδούς κελύφους ύδροδυναμικής έγκαταστάσεως Kessikkorū.

νόνα είν' τάς συγχρόνους ύδροδυναμικάς έγκαταστάσεις ιας παρουσιάζειεν ἔναντι τοῦ εύθυγράμμου τύπου, ὡρισμένα οἰκονομικά πλεονεκτήματα ἀπό τῆς ἀπόφεως διαμορφώσεως τῆς ύποδομῆς τῶν μονάδων τοῦ σταθμοῦ παραγωγῆς ιας τῆς μειώσεως τῶν ἀπαιτουμένων ἐκσιαφῶν διε τὴν θεμελίωσιν τῆς ύποδομῆς.

Είς τούς στροβίλους Kaplan ιας τάς ἔλινας τό σύστημα προσαγωγῆς εἶναι γενικῶς παρόμοιον πρός τούς στροβίλους Francis ὡς πρός τόν ύδραυλικόν μηχανισμόν ρυθμίσεως τοῦ ὅδατος. 'Μις ἥδη ἀνεφέρθη, ἡ ροή τοῦ ὅδατος διε μέσου τοῦ δρομέως εἶναι ἀξιονική, αὶ δέ χαρακτηριστικάς ἐπιφάνειας ροῆς δύνανται να θεωρηθοῦν ὡς ηὐλενδρικαὶ ἡ ιατρά προσέγγισιν ουλινδρικαὶ. 'Ο δρομεύς διαφέρει ούσιαδῶς τοῦ στροβίλου Francis, φέρων συνήθως ἀπό 3 ἕως 10 πτερύγια. Ταὶ ἄκρα τῶν πτερυγίων εἶναι ἐλεύθερα ιας δέν φέρονται ἐπὶ στεφάνης, ὡς προκειμένου περὶ τῶν στροβίλων Francis. Τό ἐλεύθερον διάκενον μεταξὺ τῶν ἄκρων τῶν πτερυγίων ιας τοῦ περιβλήματος τοῦ δρομέως, βλέπε Σχ. 6-5, εἶναι ἐλάχιστον. 'Η σχετική ταχύτης τῆς ροῆς τοῦ ὅδατος διε μέσου τῶν πτερυγίων, βλέπε μορφήν δρομέως 7, τοῦ Σχ. 6-21, εἶναι λίαν ὑψηλή.

Είς τούς στροβίλους Kaplan ταὶ ιενητὰ πτερύγια τοῦ στρεφομένου δρομέως διατίσσονται ἀκτινικῶς ὡς πρός τόν δρομέα, δύνανται δέ να περιστραφοῦν ιατρά τὴν λειτουργίαν τοῦ στροβίλου περὶ στροφεῖς διατεταγμένους ἀκτινικῶς πρός τό οὔριον σῶμα τοῦ δρομέως. 'Η μετακίνησις ιας ὁ προσανατολισμός τῶν πτερυγίων ἐπιτυγχάνεται διε τοῦ σερβιμηχανισμοῦ ιας τοῦ μηχανισμοῦ ρυθμίσεως τῶν πτερυγίων, ὁ ὄποῖος εὑρίσκεται ἐντός τῆς πλήμνης τοῦ δρομέως. Τόσον ταὶ πτερύγια τοῦ δρομέως, ὅσον ιας τό ρυθμιστικά πτερύγια τοῦ συστήματος προσαγωγῆς ρυθμίζονται ταυτοχρόνως διε μέσου τοῦ ρυθμιστοῦ ταχύτητος (governor). Διε μικρὸν ἄνοιγμα τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων τοῦ συστήματος προσαγωγῆς, ταὶ πτερύγια τοῦ στρεφομένου δρομέως προσανατολίζονται πρός άριζοντειον ἐπίπεδον.

Είς τας συγχρόνους ύδροδυναμικάς έγκαταστάσεις, βλέπε έπιζης Σχ. 3-1, οι στροβίλοι Francis έχουν χρησιμοποιηθῆ μέχρι να είναι μεγάλου ύψους πτώσεως 672m, ώστε προκειμένου περί της ύδροδυναμικής έγκαταστάσεως Rossstag ένα Αύστρια έγκατεστημένης ίσχυος μονάδος 58,4 MW, ἐνῷ οι στροβίλοι Kaplan έχουν χρησιμοποιηθῆ μέχρι να είναι μεγάλου ύψους πτώσεως 88m, ώστε προκειμένου περί της ύδροδυναμικής έγκαταστάσεως Nemibia ένα Ιταλία, έγκατεστημένης ίσχυος στροβίλου 18.000 HP.

Είσ τα Σχ. 6-4 καὶ 6-5 ἐμφανοῦνται οἱ κύριοι μηχανισμοὶ τῶν στροβίλων Francis καὶ Kaplan ἀντιστοίχως.

Είς το Σχ. 6-6, είκονες εταιρία δρομεύς της υδροδυναμικής έγκαταστάσεως Isola Serafini ἐν Ἰταλίᾳ, ὁ ὄποιος εἶναι τύπου Kaplan, διαμέτρου 7,69 μ., καὶ φέρει 4 κινητά πτερύγια.

Δι' ὅψη πτώσεως μικρότερα τῶν 10 ἵνα 12 m, ὁ στρόβιλος Kaplan δύναται να διαταχθῇ κεκλιμένος, βλέπε Σχ. 6-9, ᾧ ὁρίζοντιος ὡς ἐμφαίνεται εἰς τὰ Σχ. 3-15, 3-16 καὶ 6-16. Ουδέτερα διατάσσεται στρόβιλος καλεῖται συνήθως σωληνοειδῆς. Ο ἀγωγός ἔξεδου τοῦ στροβίλου διατάσσεται ὁρίζοντιως κατ' ἐπέκτασιν τοῦ ἀγωγοῦ προσαγγῆς. Εἰς τὸ Σχ. 6-9 ἡ γεννήτρια τοῦ σωληνοειδοῦς στροβίλου εὑρίσκεται ἐντός τοῦ συστήματος προσαγγῆς, ἐνῷ εἰς τὰ Σχ. 3-15, 3-16 καὶ 6-16 ἡ γεννήτρια φέρεται εἰς τὸν ἔδιον θλασμὸν μετά τοῦ αυρίσου σώματος τοῦ στροβίλου.

Προκειμένου περί στροβίλων Kaplari ιατακορύφου νας κενλιμένης διατάξεως, ή κενλιμένη διάταξις, ώς έμφανεται ἐν τοῦ Σχ. 6-9, εἶναι ἡ πλέον οἰκονομική. Διασυγκρίσεως τῶν διατάξεων τούτων προκύπτει ὅτι : (α) Το ἀπαιτούμενον μῆκος τῆς μονάδος εἶναι περίπου το ἀύτο δι', ἀμφοτέρας ταξ περιπτώσεις, (β) Ἡ ἀπαιτούμενη ἔκσκαψη θεμελιώσεως νας το ἀπαιτούμενον πλάτος τῆς μονάδος δια κενλιμένη διάταξιν τοῦ στροβίλου εἶναι ιατά πολύ μικρότερα τῆς ιατακορύφου διατάξεως νας (γ) Ἡ γενική διάταξις τῶν ηυρίσκων χώρων τοῦ σταθμοῦ παραγγῆς μετά κενλιμένου στροβίλου εἶναι ἡ πλέον οἰκονομική.

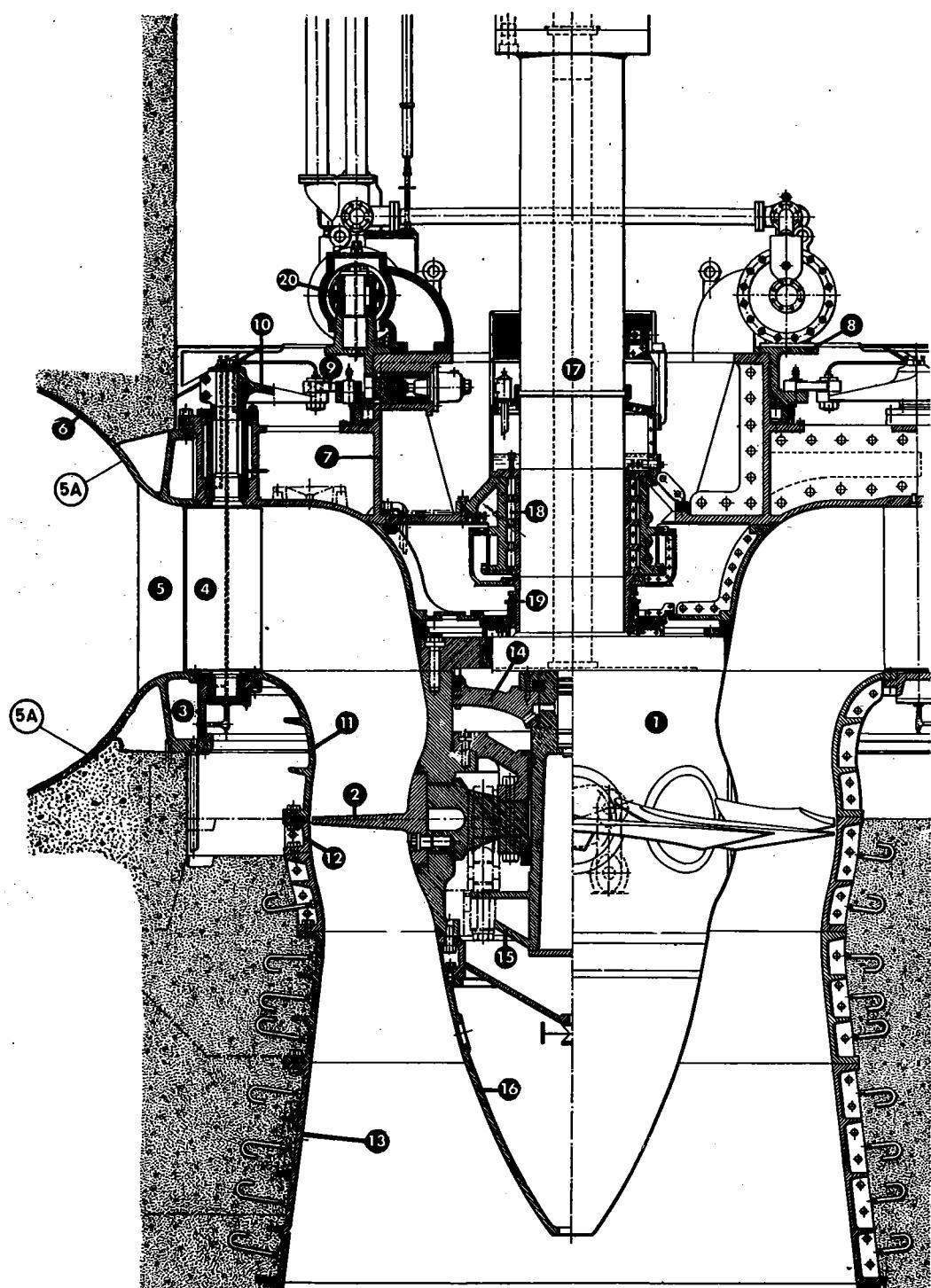
‘Η έμφαινομένη κεκλιμένη διάσταξις στροβίλου Kaplan τοῦ Σχ. 6-9 εἶναι παρομοία τῆς διατάξεως τῶν μονόδων τῆς θύρας δροδυναμικῆς ἐγκαταστάσεως Ozark ἐπὶ τοῦ ποταμοῦ Arkansas ἐν H.P.A. ‘Η ἐγκατάστασις αὗτη διαθέτει στροβίλους ἐγκατεστημένης λόγχυος 33.800 HP, δι' ὧν φέλιμον ύψος πτώσεως 7,90 m, καὶ ἀριθμὸν στροβίλου 60,2 ρρπ μαζί γεννητράς 514,3 ρρπ. ‘Η διάμετρος τοῦ δρομέως εἶναι 8,0 m.

#### **6.2.1 Συγκρότημα Προσαγωγῆς**

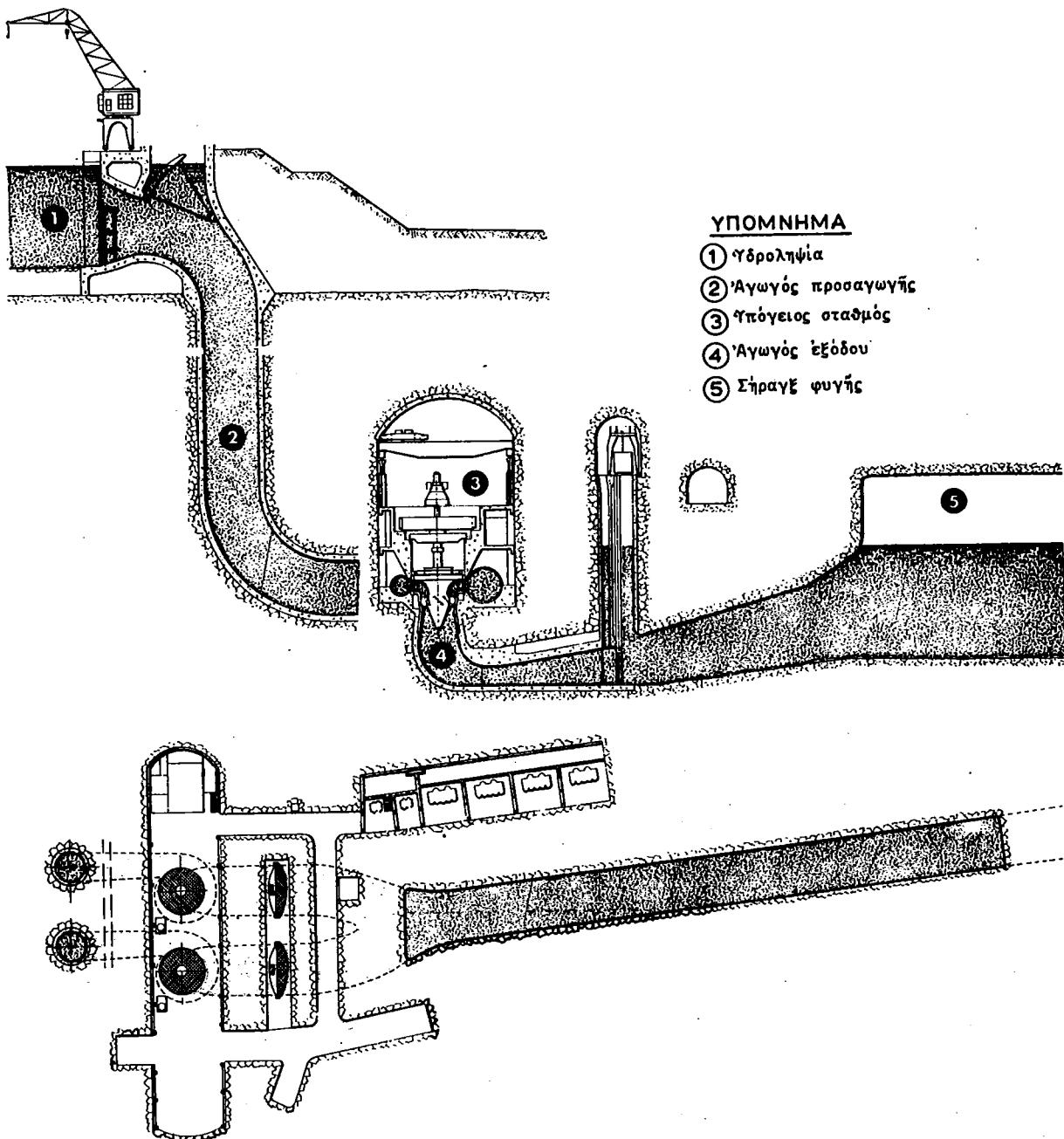
Τέ συγκρότημα προσαγωγῆς ἀποτελεῖται κυρίως ἐν τοῦ σπειροειδοῦς κελύφους (spiral case), τοῦ δακτυλίου ἢ στεφάνης (stay ring), ἢ ὅποια φέρει τὰ ὄδηγα πτερύγια (guide vanes) οὰς τοῦ μηχανισμοῦ τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων. Ἐν Σχ. 6-3 εἰκονίζεται τὸ συγκρότημα προσαγωγῆς τῆς ὑδροδυναμικῆς ἐγκαταστάσεως Hoover Dam, οاتά τήν δοκιμαστικήν συναρμολόγησιν τοῦ στροβίλου. Ἡ διάταξις τοῦ στροβίλου ἐμφαίνεται ἐν Σχ. 6-2.

Τοῦ ὕδωρ εἰσιρέει ἐκ τοῦ ἀγαγοῦ προσαγαγῆς πρός τοῦ σπειροειδές κελυφος, τοῦ ὁ-  
ποῖον συνδέεται μετά τοῦ δακτυλίου τῶν ὄδηγῶν πτερυγίων. Τοῦ σπειροειδές κελυφος  
ἀποτελεῖ τοῦ κεντρίου σῶμα τοῦ στροβίλου. Ἡ διατομή τοῦ εὐθυγράμμου τμήματος εἰ-  
σινδού τοῦ σπειροειδοῦς κελυφους εἶναι υποκλινή. Ἡ διατομή τοῦ κελυφους μειοῦται  
όμοιωμάρφως κατά μῆκος τῆς περιφερείας του, οὕτως ὥστε εἰς τὸ ἄκρον τοῦ κελυφους  
ἔνθα τοῦτο τέμνει τὸ εὐθυγράμμον τμῆμα εἰσινδού, να διεωρῆται ἀμελητέα. Τοῦ ὕδωρ ρέει  
όμαλῶς καὶ ὑπὸ σχεδόν σταθεράν μέσην ταχύτητα κατά μῆκος τοῦ σπειροειδοῦς κελυ-  
φους ὄδηγούμενον πρός την δρομέα κατά τὴν ἔδραν οπατεύθυνσιν πρός τὴν φοράν περι-  
στροφῆς τοῦ δρομέως.

Δι' ύψη πτώσεως ἄνω τῶν 25 π ἕως 30 π τοῦ σπειροειδές οὐκαπευθεταὶ συνήθως ἐν χαλυβδίνου ἀγαγοῦ, ὃ ὅποῖς περιβάλλεται ἐν γένει ἐξ ἀπλισμένου σκυροδέματος οὐκάντος ὅλην σχεδόν τὴν περιφέρειάν του. Ο χαλύβδινος ἀγαγός ἀποτε-



**Σχ. 6-5** Τομή στροβίλου τύπου Kaplan, ύπογειου ύδροδυναμικής έγκαταστάσεως La - sele ἐν Σουηδίᾳ. Έγκατεστημένη λειχής στροβίλου 87.200 HP, H=52m, Q=137m<sup>3</sup>/sec, n = 150 rpm.

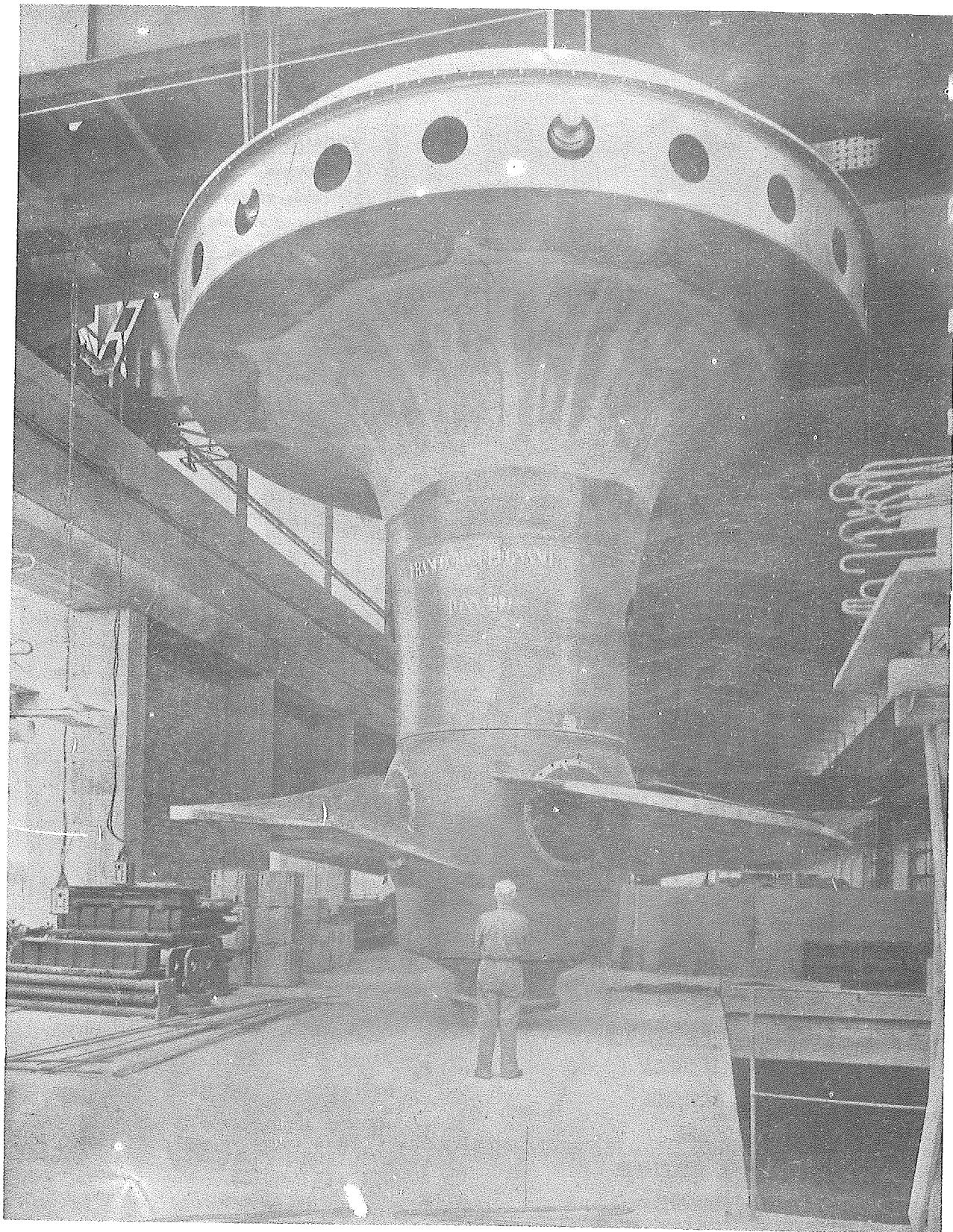


**Σχ. 6-5-1** Κατά μήκος τομή ύπογειου θρόδυναμικής έγκαταστάσεως Lassele ἐν Σουηδίᾳ.

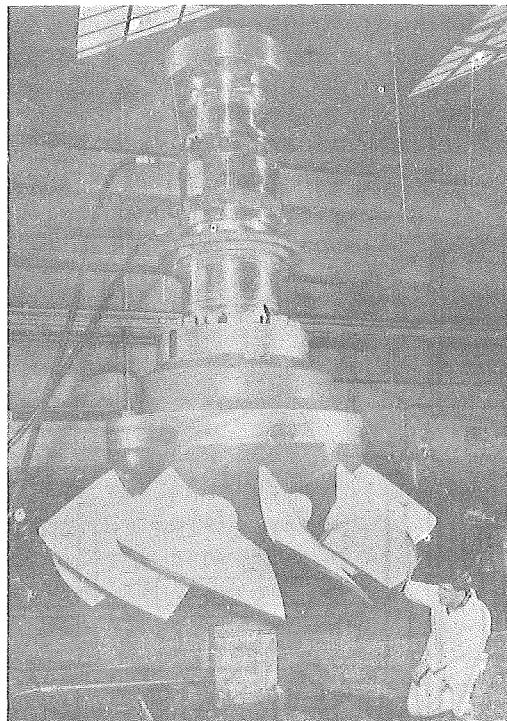
#### ΥΠΟΜΝΗΜΑ (Σχ. 6-5)

- ① ΔΡΟΜΕΥΣ (ΠΤΕΡΩΤΗ)  
RUNNER
- ② ΠΤΕΡΥΓΙΟΝ ΔΡΟΜΕΩΣ  
RUNNER BLADE
- ③ ΚΑΤΩ ΔΑΚΤΥΛΙΟΣ  
BOTTOM RING
- ④ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟΝ ΠΤΕΡΥΓΙΟΝ  
WICKET GATE
- ⑤ ΟΔΗΓΟΝ ΠΤΕΡΥΓΙΟΝ  
GUIDE VANE
- ⑥ ΔΑΚΤΥΛΙΟΣ(ΣΤΕΦΑΝΗ) ΟΔΗΓΟΝ ΠΤΕΡΥΓΙΟΝ  
STAY RING
- ⑦ ΣΠΕΙΡΟΕΙΔΕΣ ΚΕΛΥΦΟΣ  
SPIRAL CASE
- ⑧ ΚΥΡΙΟΝ ΣΩΜΑ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ  
HEAD COVER
- ⑨ ΣΤΕΦΑΝΗ ΡΥΘΜΙΣΕΩΣ  
SHIFTING RING
- ⑩ ΔΙΟΣΤΗΡ ΘΡΑΥΣΕΩΣ  
BREAKING LING

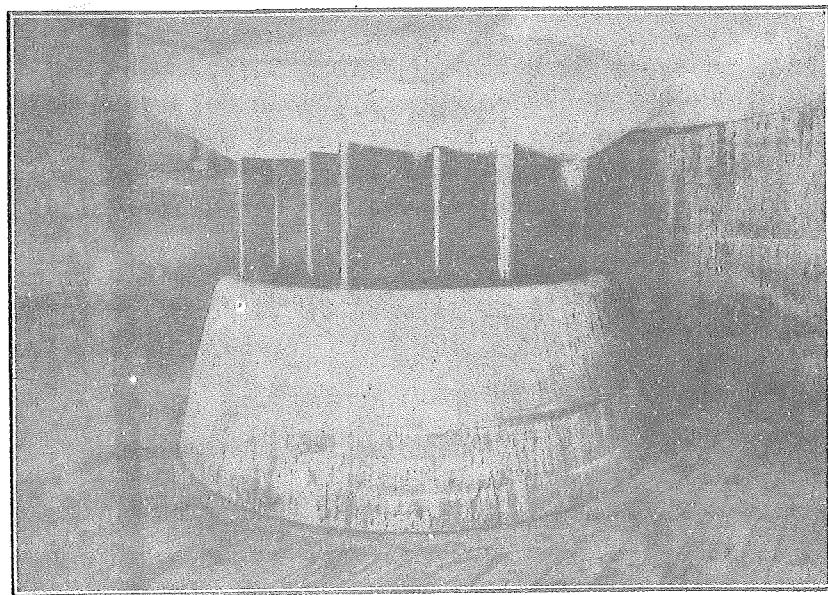
- ⑩ ΣΤΡΟΦΑΔΟΣ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟΥ ΠΤΕΡΥΓΙΟΥ  
GATE LEVER
- ⑪ - ⑫ ΠΕΡΙΒΛΗΜΑ ΔΡΟΜΕΩΣ  
DISCHARGE RING
- ⑬ ΧΑΛΥΒΔΙΝΟΣ ΑΓΟΓΟΣ ΕΞΟΔΟΥ  
DRAFT TUBE LINER
- ⑭ ΣΕΡΒΟΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΔΡΟΜΕΩΣ  
RUNNER SERVOMOTOR
- ⑮ ΣΤΑΥΡΟΚΕΦΑΛΗ  
CROSSHEAD
- ⑯ ΚΩΝΟΣ ΔΡΟΜΕΩΣ  
RUNNER CONE
- ⑰ ΑΤΡΑΚΤΟΣ  
MAIN SHAFT
- ⑱ ΟΔΗΓΑ ΕΔΡΑΝΑ  
GUIDE BEARING
- ⑲ ΔΑΚΤΥΛΙΟΣ ΣΤΕΓΑΝΟΤΗΤΟΣ  
SHAFT SEAL
- ⑳ ΣΕΡΒΟΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ  
SERVOMOTOR



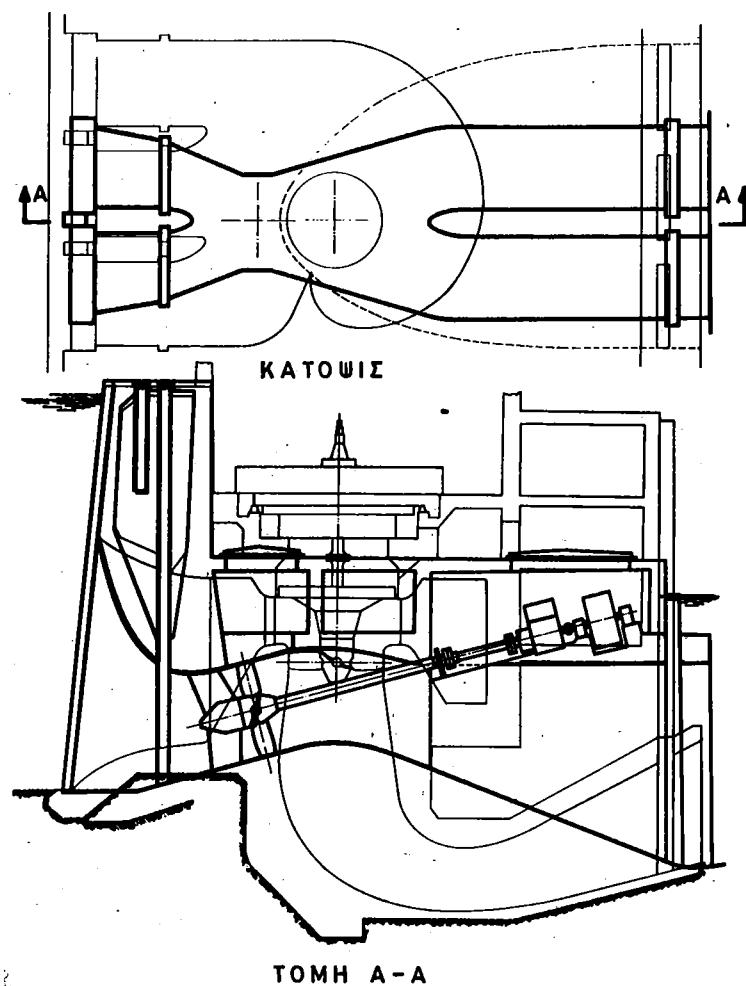
**Σχ. 6-6.** Δρομεύς τύπου Kaplano μετά 4 κινητῶν πτερυγών ύδροδυναμικής έγκαταστά - σεως Isola Serafini ἐν Ἰταλίᾳ. Έγκατεστημένη ἵσχυς στροβίλου 12.000 HP,  $H=7,5\text{m}$ ,  $Q = 187 \text{ m}^3/\text{sec}$ ,  $n = 53,5 \text{ rpm}$ , διάμετρος δρομέως 7,69 m ηας ἔγκαταστάσεως 1957.



**Σκ. 6-7** Δρομεύς διαγωνισου ροής τύπου Deriaz ίδροδυναμικής έγκαταστάσεως Cul-ligran εν Σκατσφ. Έγκατεστημένη ίσχυς στροβίλου 30.500 HP,  $H_n = 55$  m,  $n = 300$  rpm



**Σκ. 6-8** Είκανη έσωτερηκής διατάξεως σπειροειδούς ιελμφους έν σκυροδέματος στροβίλου τύπου Kaplan, έγκατεστημένης ίσχυος 2.500 HP,  $H = 6,40$  m καζ  $n = 138,50$  rpm.



**Σχ. 6-9** Συγκριτική διάμετρους μονάδος μετά στροβίλων τύπου Kaplan, κατακορύφου καθηκοντής ατράκτου.

λεῖταιέν χαλυβδίνων φύλλων συνδεομένων μεταξύ των συνήθιστων δια' ἡλεκτροσυγκολλήσεως. Παλαιότερον το σπειροειδές κέλυφος κατασκευάζετο καὶ ἐκ χυτοσιδήρου. Ἡ διατομή τοῦ σπειροειδοῦς κελύφους προσεγγίζει τὴν κυκλικήν.

Δι' ὑψη πτώσεως μικρότερα τῶν 25π το σπειροειδές κέλυφος κατασκευάζεται ἐξ ὀπλισμένου σκυροδέματος, ἢ δὲ διατομή τοῦτον εἶναι περίπου ὄρθιγωνική, ὡς ἐμφανεῖται εἰς τὰ Σχ. 6-8, 6-25 καὶ 6-54.

Ο δακτύλιος τῶν ὀδηγῶν πτερυγίων κατασκευάζεται ἐκ χαλυβίσιος ἢ ἐκ χυτοχάλυβος. Ταὶ ὀδηγὰ πτερύγια συνδέονται καθέτως πρὸς τὸν δακτύλιον ἐν εἴδει νευρώσεων καὶ διατάξσονται ὁμοιομόρφως κατὰ μῆκος τῆς περιφερείας τοῦ δακτυλίου καὶ ὑπὸ τῆς λίδαν γωνίαν προσανατολισμοῦ ὡς πρὸς το σπειροειδές κέλυφος.

Η διεταξίς τοῦ συγκροτήματος σπειροειδοῦς κελύφους καὶ δακτυλίου ὀδηγῶν πτερυγίων δέοντα νᾶ ἐξασφαλίζει τὴν ἵνανοποιητικήν λειτουργίαν τοῦ στροβίλου ὑπὸ τὸν μεγαλύτερον δυνατόν βαθμόν ἀποδύσεως. Ταὶ ρυθμιστικὰ πτερύγια δέοντα νᾶ ἐξασκοῦν τὴν ἐλαχίστην παρεμβολήν εἰς τὴν δίοδον τοῦ ὕδατος εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην.

Ο δακτύλιος τῶν ὀδηγῶν πτερυγίων δέοντα νᾶ δύναται νᾶ παραλλάξῃ ἀσφαλῶς διὰ μεσου τῶν ὀδηγῶν πτερυγίων καὶ τῶν ἐξατερικῶν νευρώσεων τὰ ὑπεριείμενα φορτία συμπεριλαμβανομένων καὶ τῶν φορτίων ἐκ τῆς γεννητρίας, διὰ διαφόρους συνθήκας φορτίσεως συμπεριλαμβανομένης καὶ τῆς περιπτώσεως καθ' ἥν το σπειροειδές κέλυφος εἶναι κενόν ὕδατος. Ο δακτύλιος δέοντα ἐπίσης νᾶ ἀντέχῃ εἰς τὴν ἀναληφήν τῶν μεγίστων ἐσωτερικῶν ὑδροδυναμικῶν πιέσεων.

Η διεταξίς τοῦ δακτυλίου τῶν ὀδηγῶν πτερυγίων ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς διαμορφώσεως τοῦ σπειροειδοῦς κελύφους. Διὰ χαλυβίδινα σπειροειδῆ κελύφη, ὃ δακτύλιος τῶν ὀδηγῶν πτερυγίων κατασκευάζεται συνήθως ἐνιαῖος μετὰ τῶν ὀδηγῶν πτερυγίων. Ο δακτύλιος συνδέεται μετά τοῦ σπειροειδοῦς κελύφους ὡς ἐμφανεῖται εἰς τὰ Σχ. 6-4-1, 6-4-3 καὶ 6-5. Διὰ σπειροειδῆ κελύφη ἐκ σκυροδέματος ὃ δακτύλιος τῶν ὀδηγῶν πτερυγίων φέρει συνήθως κατακόρυφα πτερύγια ἀκαμψίας, τὰ ὅποια εἶναι ἀνεξάρτητα τῶν ἐτέρων ἐξαρτημάτων τῆς στροβιλομηχανῆς καὶ τὰ ὅποια ἀγκυροῦνται ἐπὶ τῆς κωνικῆς βάσεως καὶ τῆς ὀροφῆς τοῦ σπειροειδοῦς κελύφους. Η διεταξίς τοῦ δακτυλίου τῶν ὀδηγῶν πτερυγίων διὰ τὴν περίπτωσιν αὐτῆς ἐξαρτᾶται κυρίως ἀπὸ τας γενικαῖς διαστάσεις τοῦ σπειροειδοῦς κελύφους.

Εἰς τὰ Σχ. 6-8 εἰνοικεῖται ἡ ἐσωτερική διεταξίς σπειροειδοῦς κελύφους ἐκ σκυροδέματος μετὰ τοῦ δακτυλίου ὀδηγῶν πτερυγίων στροβίλου Kaplan δι' ὑψοῦ πτώσεως 6,40 π. Εὺς τὸ ἐν λόγῳ σχῆμα διακρίνομεν τὰ ὀδηγὰ πτερύγια, τὰ ὅποια ἀποτελοῦνται ἐκ χαλυβδίνων ἐλασμάτων καὶ ἐπίσης τὰ κατακόρυφα χυτοσιδηρά πτερύγια ἀκαμψίας, τὰ ὅποια ἀγκυροῦνται ἐντός τοῦ σκυροδέματος καὶ φέρουν τὰ φορτία τῆς ἀναδομῆς.

Ο δακτύλιος τῶν ὀδηγῶν πτερυγίων κατασκευάζεται, ἀναλόγως τοῦ μεγέθους του, ἐνιαῖος ἢ εἰς τμήματα, τὰ ὅποια συνδέονται μεταξύ των διὰ κοχλιώσεως καὶ ἡλεκτροσυγκολλήσεως εἰς το ἐργοτάξιον.

## 6.2.2 Συγκρότημα 'Υδραυλικοῦ Μηχανισμοῦ Στροβίλου

### 6.2.2.1 Μηχανισμὸς Ρυθμιστικῶν Πτερυγίων

Διὰ τοῦ μηχανισμοῦ τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων, ὡς ἐμφανεῖται εἰς τὰ Σχ. 6-4 καὶ 6-5, ἐπιτυγχάνεται ἡ πλήρης ρύθμισις τῆς παροχῆς τοῦ ὕδατος καὶ τῆς ἴσχυος τοῦ στροβίλου, διὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ στροβίλου ὑπὸ τὸν ἀπαιτούμενον ἀριθμόν στροφῶν. Ταὶ ρυθμιστικὰ πτερύγια συνδέονται μεταξύ των διὰ κινητήρασμοῦ μηχανισμοῦ, ὃ ὅποιος φέρεται συνήθως ὑπεράνω τοῦ κυρίου σώματος (head cover) τοῦ στροβίλου καὶ ὃ ὅποιος περιλαμβάνει τὸν σερβιομηχανισμόν.

Ἐκαστον τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων λαμβάνει τὸν κατάλληλον προσανατολισμόν διὰ

ταῦ στροφέως του.<sup>6</sup> Απαντά τα πτερύγια λαμβάνουν τήν αὔτην γωνίαν προσανατολισμού πρός τον δρομέα διεξ τοῦ μηχανισμοῦ τῆς στεφάνης ρυθμίσεως τῶν πτερυγίων (shifting ring), ὃ ὀποῖος συνδέεται μετά τῶν στροφών τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων, ἃς δεικνύεται εἰς τὸ Σχ. 6-19.

‘Ο ἀπαιτούμενος ἀριθμός ρυθμιστικῶν πτερυγίων ἐκλέγεται βάσει τοῦ ἀριθμοῦ πτερυγίων τοῦ δρομέως, οὗτας ἀστε ἡ ρυθμισις τῆς λειτουργίας τοῦ στροβίλου να γίνεται ὅμαλης καὶ ἄνευ ιραδιασμῶν.

Το σημεῖον τοῦ μεγίστου βαθμοῦ ἀπόδοσεως στροβίλων τύπου Francis ἀντιστοιχεῖ συνήθως εἰς χαρακτηριστικήν τυνα θέσειν τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων, ἐλευθέρου ἀνοίγματος μεταξύ των περὶ τὰ 0,60 ἕως 0,80 τοῦ πλήρους ἀνοίγματος τούτων, ὡς ἀναφέρεται ἐν παρ. 6.6.6.1.

Δια τῆς στροφῆς τῶν πτερυγίων ἐκατέρωθεν τῆς θεσεώς ταῦτης ἐπιτυγχάνεται ἡ ἀπαντουμένη ρύθμισις τῆς διαθεσίμου παροχῆς πρός τὸν δρομέα. "Μαν τὰ ρυθμιστικά πτερύγια καταλαβούν τὴν θέσιν πλήρους κλεισμάτος (full closure), καθ' ἥν τὰ ἄκρα τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων εὑρίσκονται ἐν πλήρῃ ἐπαφῇ μεταξύ των, ὡς δεινούσεται εἰς τὸ Σχ. 6-19, ἡ λειτουργία τοῦ δρομέως διακρίπεται.

“Οταν τα πτερύγια εύρεθούν είς την θέσιν πλήρους άνοιγματος (full gate opening) ή διαθέσιμος παροχή πρός τόν δρομέα εἶναι ή μεγίστη. Ή μηχανισμός τών ρυθμιστικών πτερυγίων όφελει να διαθέτῃ την ίνανδητητα διακοπής τῆς λειτουργίας του στροβίλου διά μετακινήσεως τών πτερυγίων ἐν τῇσι θέσεως πλήρους άνοιγματος είς την θέσιν πλήρους ηλεισματος ἐντρις δευτερολέπτων. Δια τὴν θέσιν πλήρους ηλεισματος τών ρυθμιστικών πτερυγίων οι πάντας συνθήκας τῆς συνήθους λειτουργίας τῆς άνδροδυναμικῆς ἐγκαταστάσεως, οι πάντας θυροφράγματα τῆς άνδροληψίας παραμένουν ἀνοικτά, τα ρυθμιστικά πτερύγια του στροβίλου οπόκεινται είς πλήρη άνδροδυναμικήν πίεσιν, συμπεριλαμβανομένης οι πάντας πιέσεως τῆς άφειλομένης είς το φαινόμενον τῆς άνδραυλικῆς ικρύσεως κατά το ηλείσιμον τών ουθματικῶν πτερυγίων.

‘Ο μηχανισμός τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων δέον να ἔξασφαλίζῃ τήν λειτουργίαν τούτων μετά τῆς ἐλαχίστης φθορᾶς. Ή ἀπατουμένη ρυθμιστική ἐκάστοτε ρυθμιστικοῦ πτερυγίου ἐν περιπτώσει ἐλαττώματικῆς λειτουργίας δέον να γίνεται ἀνεξαρτήτως τῶν ἑτερών πτερυγίων.

‘Ο στροφαλος ἐκάστου ρυθμιστικοῦ πτερυγίου συνδέεται μετά τῆς στεφάνης ρυθμίσεως διὰ τοῦ διωστήρος θραύσεως, ὡς δεινούνεται εἰς τὰ Σχ. 6-4, 6-5 ή αὲ 6-19. Ο διωστήρ θραύσεως δέον γά διαθέτῃ τὴν ἀπαιτουμένην ἀντοχήν διὰ τὴν ἀνάληψιν τῶν μεγίστων φορτίσεων κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ μηχανισμοῦ τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων.’ Εν περιπτώσει ἐμπλοκῆς ἐνδεῖ τὴν περισσοτέρων πτερυγίων, ὁ διωστήρ θραύσεται κατὰ τὴν μετακίνησιν τοῦ μηχανισμοῦ ἐν τῷ θέσεων ἀνοίγματος ἢ οὐδεισμάτος, προστατεύων οὕτω τὸν πόρλοις πον μηχανισμόν ρυθμίσεως.

‘Η διάταξις ήας ηατασκευή τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων δέον γά εἴασφαλέζη διε τῆν περπτωσιν ἀποσυνδέσεως ρυθμιστικοῦ πτερυγίου ἐκ τοῦ μηχανισμοῦ ρυθμίσεως, τῇν ὅμαλῃν λειτουργίαν τοῦ δρομέως, ἃνευ παρεμβολῆς τοῦ πτερυγίου εἰς τὴν στροφήν τούτου. ‘Η θραύσις διωστῆρος τινᾶς δέον γά μήν εἴπιφέρη τῇν προϊδευτικήν θραύσιν τῶν παρακειμένων διωστήρων.

Τά ρυθμιστικά πτερύγια καὶ οἱ στροφεῖς τούτων κατασκευάζονται ἐν χυτοχάλυβος ἢ σφυρηλάτου χάλυβος. Ὁ ίδιος στροφεὺς τοῦ ρυθμιστικοῦ πτερυγίου φέρει χιτῶνιον ἢ ἀγορευδάντου χάλυβος. Ἔναστος στροφεὺς φέρει τριθεῖς ἐν κασσιτέρου μετά διατάξεως λιπανσεώς οἱ ὄποιοι τοποθετοῦνται περὶ τὸν ίδιον δαιτύλιον καὶ ἐπὶ τοῦ κυρίου σάματος τοῦ στροφείλου.

Είς ύδροδυναμικής έγκαταστάσεις μεγάλου ύψους πτώσεως, ή καὶ ἀναλόγως τῆς διατάξεως τοῦ συστήματος τῶν ἀγαγῶν προσαγγῆς, ἀπαιτεῖται δι', ἐκάστην μονάδα δικλείς περιστρεπτοῦ δίσκου (τύπου πεταλούδας – butterfly valve), η ὥποια τοποθετεῖται ἀνάντη τοῦ σπειροειδοῦς κελύφους. Αἱ δικλείδες λειτουργοῦν ἐν ἄρρᾳ ἀνάγκης. πρὸς

μείωσιν τών διαφρούν διαδικτους τών ρυθμιστικών πτερυγίων ή από την περίοδον του πλήρους αλεισμάτων τούτων ή κατά την συντήρηση τών μονάδων.

### 6.2.2.2 Σερβομηχανισμός και Ρυθμιστής Ταχύτητος

Η λειτουργία τών στροβίλων ύπό μεταβαλλομένας συνθήκας φορτίου ή στροφών, ύπό την προϋπόθεσην δε σχεδόν σταθερού ύψους πτώσεως έντονος προσαγομένης ποστητού του ή διπολικής έπιτυγχάνεται, ώστε εδόμενον, διαδικτού μηχανισμού τών ρυθμιστικών πτερυγίων.

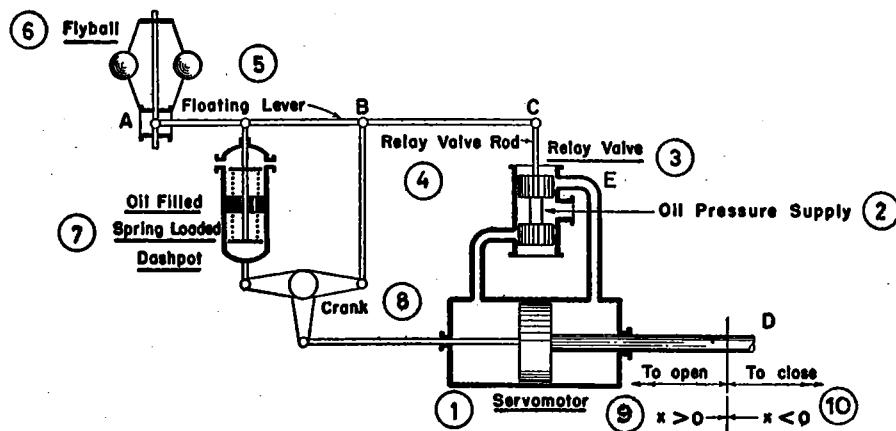
Διαδικτού μετακίνησης τών ρυθμιστικών πτερυγίων διαδικτού μεταβαλλομένης συνθήκας φορτίου ή πατεριτού μετακίνησης την έπειτα σηματικών δυνάμεων έπειτα ταύτης. Η μετακίνησης τών ρυθμιστικών πτερυγίων αναλόγως του ή προσαγομένης πτώσεως διαδικτού μεταβαλλούντων παλινδρομικών παλινδρομικών διαδικτού μεταβαλλούντων πεπεισμένου έλασης. Εκαστον έμβολων συνδέεται διαδικτού βάσητρου μεταξύ της στεφάνης ρυθμιστικής τών πτερυγίων. Το έλασιον ρέει πρός έκαστον ουλινδρού διαδικτού μηχανισμού ρυθμιστικής διακλείδωσης ύπό πίεσιν συνήθως 15 έως 24 atm. Ο ένας λόγω ύδραυλικής μηχανισμού μετακίνησης της στεφάνης ρυθμιστικής καλείται σερβομηχανισμός (servomotor).

Είναι το ένα Σχ. 6-3 είναι η ζήτηση συγκρότημα του σερβομηχανισμού του στροβίλου της υδροδυναμικής έγκαταστάσεως Ηούνερ Dam διακρίνομεν την στεφάνη ρυθμιστικής διπολικής συνδέεται μεταξύ των δύο βάσητρων του σερβομηχανισμού. Ανωθεν της στεφάνης ρυθμιστικής διακρίνομεν το ούριον σώμα του στροβίλου μεταξύ της κεντρικής άποψης διαδικτού ποικιλίας διέρχεται ή απρακτού του δρομέως.

Είναι το Σχ. 6-10 έμφασης της σχηματιστικής παραστασίας διατάξεως του ρυθμιστού ταχύτητος (governor) στροβίλου, διπολικού περιλαμβάνει τον σερβομηχανισμόν. Ο ρυθμιστής ταχύτητος ή αποτελείται από την ρυθμιστική παραστασία της μηχανισμού:

- (α) Τον σερβομηχανισμό, διπολικού μετακίνησης αύτοματης της σύστημα της στεφάνης ρυθμιστικής καλείται τών ρυθμιστικών πτερυγίων, αναλόγως του φορτίου.
- (β) Της ρυθμιστικής διπλοεμβόλου διακλείδωσης, διαδικτού μετακίνησης τροφοδοτούμενη το έλασιον ύπό πίεσιν πρός τον σερβομηχανισμόν.
- (γ) Τον φυγοκεντρικού ρυθμιστού, διπολικού συνδέεται διαδικτού συστήματος έπαναγγής (compensation) μεταξύ του σερβομηχανισμού.
- (δ) Τον συστήματος έπαναγγής, το διπολίον αποτελείται ή την μοχλών ή βάσητρων ή παναγγής καλείται το διπολίον συνδέει έπειτα την ρυθμιστική διακλείδωση το ούριον ή παναγγής (dashpot). Διαδικτού συστήματος έπαναγγής έπιτυγχάνεται ή συγκρότημα του ήλου συγκροτήματος είναι την έπιτυγχανήτην απάλληλον θέσην, κατά τρόπον ήστε, είτε κατόπιν αύξησης, είτε κατόπιν μειώσεως του φορτίου, διπολικός στροφών του στροβίλου νέα παραμένει τελικώς διπολικός (στροφαίς συγχρονισμού είναι ήλεκτρικός δίκτυον). Ο μηχανισμός έπαναγγής είναι συνήθως ήλεκτρονικής ή μηχανικής αντιστοίχως.
- (ε) Τον ουλινδρού έπαναγγής, διπολικού φέρει έλασιον καλείται περιλαμβάνει ήλεκτρικής ήλεκτρονικής ή μηχανικής συστημάτων τον παραπάνω απότομο έπιτυγχάνεται ή διπολική λειτουργία του στροβίλου ώστε καλείται ή έξουδετέρωσης τών ταλαντώσεων, αιώνα ποικαλούνται ή της έπειτα προσαγομένης πτώσεως του φυγοκεντρικού ρυθμιστού. Ο φυγοκεντρικής ρυθμιστής καλείται διπολικής συστήματος ήλεκτρονικής ή μηχανικής πρωτευούσης καλείται δευτερεύουσης ή παναγγής αντιστοίχως.

Τα σύγχρονα συστήματα ρυθμιστών ταχύτητος είναι ήλεκτρικά - ύδραυλικά (electric-hydraulic), μαγνητικά (magnetic) ή ηλεκτρονικά (electronic amplifier). Διαδικτού συστημάτων τούτων έπιτυγχάνεται ή ήλεκτρονικής απότοματος ρυθμιστού της λειτουργίας των στροβίλων.



Υ Π Ο Μ Ν Η Μ Α

- (1) ΣΕΡΒΟΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ
- (2) ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΕΛΑΙΟΥ ΥΠΟ ΠΙΕΣΙΝ
- (3) ΔΙΠΛΟΕΜΒΟΛΟΣ ΔΙΚΛΕΙΣ
- (4) ΒΑΚΤΡΟΝ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΗΣ ΔΙΚΛΕΙΔΟΣ
- (5) ΜΟΧΛΟΣ ΡΥΘΜΙΣΕΩΣ
- (6) ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ
- (7) ΚΥΛΙΝΔΡΟΣ ΕΠΑΝΑΓΩΓΗΣ
- (8) ΣΤΡΟΦΑΛΟΣ
- (9) ΠΡΟΣ ΘΕΣΙΝ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ
- (10) ΠΡΟΣ ΘΕΣΙΝ ΚΛΕΙΣΙΜΑΤΟΣ

**Σχ. 6-10** Σχηματική παράστασις τοῦ συγκροτήματος ρυθμιστοῦ ταχύτητος καὶ σερβομηχανισμοῦ μετά πρωτευούσης καὶ δευτερευούσης ἐπαναγωγῆς.

Ο φυγοκεντρικός ρυθμός στήσις, βλέπε Σχ. 6-10, κινεῖται δια τηλεοπτικού κινητήρος, όπου λειτουργεί εν συγχρονισμῷ μετά τοῦ στροβίλου. Τοῦ έμβολον τοῦ σερβιμηχανισμού, ως δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα, ευρίσκεται περίπου εἰς τὸ μέσον τῆς διαδρομῆς του, ἐνθα τὸ ρυθμός πτερύγια εἶναι εἰς θέσην 50 % τοῦ πλήρους ἀνοίγματος αὐτῶν. Περαιτέρω ἀνάπτυξις ἐπί τοῦ θέματος τοῦ ρυθμού ταχύτητος ἀναφέρεται εἰς τὸ Κεφάλαιον 9.

Τοῦ διαθέσιμον ἔργον ὑπό τοῦ σερβιμηχανισμοῦ ὄργεται ὡς τὸ γινόμενον τῆς ὀλικῆς δυνάμεως, ἢ διπούα ἀνάπτυξισσεται ὑπό τῆς πιέσεως τοῦ ἐλασσού, τῆς ἐνεργούσης ἐπί τοῦ έμβολου ἢ τῶν ἐμβόλων τοῦ σερβιμηχανισμοῦ κατὰ τὴν ὀνομαστικήν περισσόδον τῆς διαδρομῆς τοῦ έμβολου, ἐπί τὴν διαδρομήν τοῦ έμβολου. Δια σερβιμηχανισμούς μετά μεγάλων συσκευῶν ρυθμόσεως ἢ τιμῆς τοῦ ἀπαιτούμενου ἔργου κυμαίνεται ἀπό 4.000 τκg ἕως 10.000 τκg ἢ περισσότερον.

Τοῦ κατά προσέγγισιν ἔργον (capacity) A, τοῦ ὀπούν ἀπαιτεῖται δια τὴν ρύθμο-σιν τῶν ρυθμούς πτερυγίων τοῦ στροβίλου, καθορίζεται βάσει τῆς σχέσεως (6.1). Η μεταβλητή A ἐκφράζεται εἰς τκg (meter kilogram).

$$A = C \frac{I}{\sqrt{H_n}} \quad (6.1)$$

Ἐνθα εἶναι :

I : ἐγκατεστημένη ἴσχυς στροβίλου, HP

$H_n$  : ὀφέλιμον ύψος πτώσεως, m

C : ἐμπειρικός συντελεστής, λαμβανόμενος

C = 1,5 ἕως 1,8 δια στροβίλους Francis καὶ

C = 2,5 ἕως 3,0 δια στροβίλους Kaplan ἢ ἐλικας.

Ο ἀκριβής προσδιορισμός τοῦ ἔργου A τοῦ σερβιμηχανισμοῦ γίνεται βάσει πειρα-ματικῶν ἐρευνῶν ὑπό τοῦ κατασκευαστοῦ.

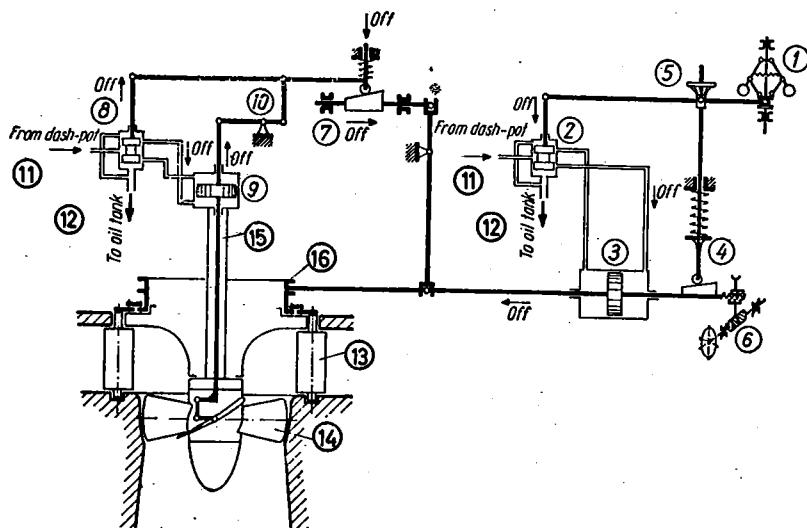
Η ἐπιτρεπόμενη ταχύτης ἐλασσού εἰς τὰς θυρίδας τῶν σωληνῶν περιστροφανισμούς κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 4,0m/sec ἕως 4,5m/sec.

Εἰς τὸ Σχ. 6-11 ἐμφαίνεται σχηματικῶς ἢ διατάξεις τοῦ σερβιμηχανισμοῦ καὶ τοῦ ρυθμού ταχύτητος τῶν ρυθμούς πτερυγίων στροβίλου τύπου Kaplan ὡς καὶ τῶν τεσσάρων κινητῶν πτερυγίων τοῦ δρομέως.

### 6.2.2.3 Δρομεύς

Οι ἀνεφέρθη προηγουμένως τὸ ὕδωρ διερχόμενον δια μέσου τοῦ συγκροτήματος προσα-γωγῆς κατευθύνεται πρὸς τὸν δρομέα, ὃ ὀπούν φέρει εἰδικῶς διαμορφωμένα πτερύγια ὅμοια μορφών διανεμημένα περὶ τὸν ἀξονά του. Οι ἐμφαίνεται ἐπὶ τῆς σχηματικῆς ἀπει-κονίσεως τῶν ἐπιφανειῶν ροῆς τοῦ Σχ. 6-23, βλέπε ἐπίσης γραμμής ροῆς Σχ. 6-22, ἢ ἵδεατῇ μορφῇ τῶν πτερυγίων τοῦ δρομέως θά τοι ἐκεῖνη ἢ ὀποία θά συνέπειπτε μὲ τὰς χαρακτηριστικὰς ἐπιφανειας ροῆς, ἐνῷ ἀφ' ἐτέρου ἢ ἵδεατῇ διατάξεις τῶν πτερυγίων θά ἀπήτῃ ἀπεριβριστὸν ἀριθμὸν πτερυγίων ὅμοια μορφών διανεμημένων περὶ τὸν ἀξονά τοῦ δρομέως. Από πρακτικῆς ἀπόψεως ὃ ἀριθμός τῶν πτερυγίων εἶναι περιωρισμένος, τὸ δέ πτερύγια διαμορφούνται καταλλήλως πρὸς ἐπιτευξίν τῆς βελτίστης λειτουργίας τοῦ δρομέως, βάσει τῶν χαρακτηριστικῶν λειτουργίας του καὶ τῆς ἐμπειρίας τοῦ κατα-σκευαστοῦ.

Ο δρομεύς συνδέεται σταθερῶς μετά τῆς ἀτράκτου αὐτοῦ, ἢ ὀπούα εὑρίσκεται ἐν ζεύξει μετά τῆς γεννητρίας. Εἰς τὰς στροβιλομηχανᾶς μέρος τῆς διαθεσίμου ἐνεργείας τοῦ συνεχῶς διαρρέοντος τὸν δρομέα ὕδατος, μετατρέπεται εἰς ὀφέλιμον μηχανικὸν ἔργον ἐπί τῆς κινητηρίου ἀτράκτου, τῆς στρεφομένης σταθερῶς ὑπό ροπήν M<sub>R</sub> καὶ γωνιακήν ταχύτητα ω. Τοῦ ὑπόδλοιπον ποσόν τῆς ἀρχικῆς διαθεσίμου ἐνεργείας



## Υ Π Ο Μ Ν Η Μ Α

- |                           |                               |
|---------------------------|-------------------------------|
| ① ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ | ⑨ ΣΕΡΒΟΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ             |
| ② ΔΙΠΛΟΕΜΒΟΛΟΣ ΔΙΚΛΕΙΣ    | ⑩ ΕΠΑΝΑΓΩΓΗ                   |
| ③ ΣΕΡΒΟΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ         | ⑪ ΕΚ ΤΟΥ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ ΕΠΑΝΑΓΩΓΗΣ |
| ④ ΕΛΑΤΗΡΙΟΝ ΕΠΑΝΑΓΩΓΗΣ    | ⑫ ΠΡΟΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΝ ΕΛΑΙΟΥ       |
| ⑤ ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΟΣ     | ⑬ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟΝ ΠΤΕΡΥΓΙΟΝ       |
| ⑥ ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΟΣ ΡΥΘΜΙΣΙΣ   | ⑭ ΠΤΕΡΥΓΙΟΝ ΔΡΟΜΕΩΣ           |
| ⑦ ΓΡΑΜΜΙΚΟΝ ΕΚΚΕΝΤΡΟΝ     | ⑮ ΑΤΡΑΚΤΟΣ                    |
| ⑧ ΔΙΠΛΟΕΜΒΟΛΟΣ ΔΙΚΛΕΙΣ    | ⑯ ΣΤΕΦΑΝΗ ΡΥΘΜΙΣΕΩΣ           |

**Σχ. 6-11** Σχηματική παρέστασις τού συγκροτήματος ρυθμιστού ταχύτητος κας σερβομηχανισμού ρυθμίσεως τών ρυθμιστικών κας κινητών πτερυγίων δρομέως τύπου Karpfen.

μετατρέπεται είς έτεραν μορφήν μή ὀφελέμου ἐνεργείας, χαρακτηριζόμενην ὡς ἀπώλεια. Ἡ ὑπό τῆς στρεφομένης ἀτράκτου τοῦ δρομέως παραλαμβανομένη ὀφέλιμος ἴσχυς  $I_R$ , ἵτοι τοῦ ἀνδρικοῦ χρόνου ὀφέλιμον ἔργον τοῦ δρομέως, δίδεται ἐκ τῆς κάτωθι σχέσεως :

$$I_R = M_R w \quad (6.2)$$

‘Υπό μόνιμον κατάστασιν λειτουργίας τῆς στροβιλομηχανῆς, τοῦ συνεχῶς καὶ σταθερῆς ρεον διετὸς τοῦ στρεφομένου δρομέως ὕδωρ μεταδίδει ἐπ' αὐτοῦ ροπήν  $M_R$ , ἡ ὄποια ἰσούται πρός τὴν διαφοράν τῆς συστροφῆς τοῦ ὕδατος μεταξύ τῆς εἰσόδου (ἐπιφανείας  $E_1$ ) καὶ τῆς ἔξοδου (ἐπιφανείας  $E_2$ ) τοῦ δρομέως, βλέπε Σχ. 6-22 ἕως 6-24 καὶ παρ. 6.5.1.

‘Ο δρομεύς ἐπομένως δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς ὁ ἐναλλακτηριανής ἐνεργείας, ἔνθα μερος τῆς διαθεσίμου ποσότητος τῆς ἐνεργείας τοῦ ὕδατος μετατρέπεται είς μηχανικόν ἔργον ἐπειδή τῆς στρεφομένης ἀτράκτου.

‘Ο δρομεύς τύπου Francis κατασκευάζεται συνήθως ὀλόσωμος ἢ ἐκ διαφόρων τμημάτων, ταῦτα ὄποια δι’ ἡλεκτροσυγκολλήσεως σχηματίζουν τὸν ὀλόσωμον δρόμεαν. Ἡ προστασία τῆς ἐπιφανείας τῶν πτερυγίων τοῦ δρομέως ἔναντι τοῦ φαινομένου τῆς πηλαιώσεως καὶ ἡ ἀπαντησία ἀσφαλοῦς λειτουργίας τοῦ δρομέως καθιστοῦν ἀπαραίτητον τὴν κατασκευήν τῶν πτερυγίων ἐκ μετάλλου ἐνίστοτε μετ’ ἐπιστρώσεως τῆς πλεόν ὑψηλῆς ἀντοχῆς. Ταῦτα πτερυγία δύνανται συνήθως νὰ κατασκευασθοῦν ἐκ χυτοχάλυβος, ἢ ἐκ χυτοχάλυβος ὁ ὄποιος φέρει ἐπιστρωσιν ἐξ ἀνοξειδώτου χάλυβος περιεκτικότητος 18% χρωμίου καὶ 8% νικελίου, ἢ ἐκ χυτοχάλυβος μετ’ ἐπιστρώσεως περιεκτικότητος 13% χρωμίου ἢ ἐτέρων χημικῶν προσμετέων ἵναντις ἀνθεκτικότητος ἔναντι διαβρώσεως. Ο δρομεύς δέον νὰ διαστέτῃ τὴν ἀπαλτουμένην ἀντοχήν διετὸς τῆς ἀνδληφιν τῶν φορτίων ἕδρους βάρους καὶ τοῦ βάρους τῆς ἀτράκτου, ὡς ἐπιστημονικοῦ ἀνθεκτικότητος ἔναντι διαβρώσεως. Ο δρομεύς δέον νὰ διαστέτῃ τὴν ἀπαλτουμένην ἀντοχήν διετὸς τῆς ἀνδληφιν τῶν φορτίων αἱ ὄποιαι ὀφελίονται είς τὴν λειτουργίαν τοῦ δρομέως ὑπὸ διαφόρους συνθήκας ὡς λ.χ. μεγέστου ἀριθμοῦ στροφῶν, μεγέστου ὀφελέμου ὕψους πτώσεως, ἀεργου λειτουργίας κ.λ.π. ‘Ο δρομεύς ὀφελεῖ ἐπιστημονικοῦ λειτουργῆς μετέ τῶν ἐλαχίστων ιραδασμῶν.

‘Ο κῶνος καὶ ἡ ἀτράκτος τοῦ δρομέως Francis ἡ Kaplan συνδέονται μεταξύ των ὡς ἐμφανεῖται είς ταῦτα Σχ. 6-4 καὶ 6-5. Ο κῶνος κατασκευάζεται ἐνίστοτε ἐκ 13% χρωμιούχου χάλυβος.

“Αναθεν τοῦ δρομέως διατάσσεται τὸ κύριον σῶμα τοῦ στροβίλου. Μεταξύ τοῦ κάτω δακτυλίου τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων καὶ τοῦ χαλυβδίνου ἀγωγοῦ ἔξοδου, παρεμβάλλεται πέριξ τοῦ δρομέως τὸ μεταλλικόν περίβλημα τοῦ δρομέως.

Διετὸς δρομεύς τύπου Kaplan τὸ περίβλημα τοῦ δρομέως διαμορφοῦται καταλλήλως, ὡς δεικνύεται είς ταῦτα Σχ. 6-5, οὕτως ὥστε αἱ χαρακτηριστικαὶ ἐπιφάνειαι τοῦ ροτός νὰ ἴναντοιούνται τὰς συνθήκας τῆς ἀξονικῆς ροτός.

Τὸ κύριον σῶμα τοῦ στροβίλου ὡς καὶ τὸ περίβλημα τοῦ δρομέως κατασκευάζονται ἐκ χυτοχάλυβος ἢ ἐκ χαλυβδίνων ἐλασμάτων μετέ τὴν ἡλεκτροσυγκολλήσεως. Ἐκαστον τῶν ἐν λόγῳ ἐξαρτημάτων κατασκευάζεται είς ἐν ὀλόσωμον τεμάχιον, ἐκτός ἐδόν αἱ διαστάσεις ἐκάστου ὑπαγορεύουσιν, ἀναλογικῶς τῶν συνθηκῶν μεταφορᾶς τῶν ἐξαρτημάτων είς τὸ ἔργο τάξιον, τὴν κατασκευήν των είς περισσότερα τεμάχια.

Τὸ κύριον σῶμα τοῦ στροβίλου ὡς καὶ ὁ κάτω δακτυλίος τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων φέρουν στεφάνας καὶ δακτυλίους στεγανότητος. Ταῦτα ἐξασφαλίζουν τὴν ἴναντοιούτηταν στεγανότητα μεταξύ τῶν κινητῶν καὶ σταθερῶν μηχανισμῶν τοῦ στροβίλου, δύνανται δέ νὰ ἀντικατασταθοῦν ἐν περιπτώσει φθορᾶς.

Αἱ στεφάναι στεγανότητος κατασκευάζονται ἐκ χρωμιούχου ἀνοξειδώτου χάλυβος καὶ χρησιμεύουσιν ἐπιστημονικοῦ εἰς τὴν εύθυγράμμησιν τῶν ἐσωτερικῶν ἐπιφανειῶν τοῦ περίβληματος τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων καὶ τοῦ δακτυλίου τῶν δακτυλίων πτερυγίων.

Οἱ δακτυλίοι στεγανότητος τοποθετοῦνται είς τὸ διάκενον τὸ σχηματιζόμενον είς

ταύτα τούς αὐτούς περιβλήματος καὶ τῆς οὐδέτα στεφάνης τούς δρομέως.

Οἱ δακτύλιοι στεγανότητος τούς δρομέως λαμβάνουσιν ἐνώπιον ματανδρίοις μορφήν, οαλούνται δέ λαβυρίνθοις δακτύλιοι.

Τό αύριον σῶμα τούς στροβίλους περιλαμβάνει ἔδρανα διατά ταύτα ρυθμιστικά πτερύγια καὶ τριβεῖς ἐξ ὄρειχαλιού μετ' ἐπενδύσεως ὡς λ.χ. ἐξ ὑλικοῦ τείλοπον.<sup>6</sup> Εκαστον ἔδρανον φέρει ἐπίστης δακτυλίους στεγανότητος ἐν συνθετικοῦ ἐλαστικοῦ.

### 6.2.3 Αγωγὸς Ἐξόδου

Τό γόνατον διερχόμενον διατά μέσου τούς στρεφομένους δρομέως προσάγεται πρός τὴν διώρυγα φυγῆς μέσψ τούς ἀγωγοῦ ἔξεδου, διατά τούς ἀποτελεῖ ἐπέκτασιν τούς συγκροτήματος προσαγωγῆς καὶ τούς δρομέως. Ἡ διατομή τούς ἀγωγοῦ ἔξεδου εἰς τὴν θέσιν τούς περιβλήματος τούς δρομέως εἶναι κυκλική, αὐξανομένη σχεδόν ὅμοιομέρφως κατὰ μῆκος τούτου, μεταβαλλεται δέ εἰς ὄρθιογωνικήν κατὰ τὴν ἔξοδον τούς ἀγωγοῦ παρὰ τὴν διώρυγα φυγῆς.

Ἡ στέψις τούς ἀγωγοῦ ἔξεδου παρὰ τὴν διώρυγα φυγῆς τοποθετεῖται οὐδέτανεν τῆς ἐλαχίστης στάθμης τῆς διώρυγος φυγῆς. Οὕτως ἡ ροή τούς ὑδατούς διατά μέσου τούς συγκροτήματος τούς στροβίλους εἶναι συνεχής, ἀπαντα δέ τα τμήματα τούς συγκροτήματος κατά τὴν λειτουργίαν τούς ὑδροστροβίλους εἶναι πεπληρωμένα ὑπό τούς ὑδατούς.

Ἡ γραφική ἀπεικόνισις τῆς μεταβολῆς τῆς γραμμῆς ἐνεργείας κατὰ τὴν ροήν γόνατος μέσψ στροβίλου ἀντιδράσεως δεικνύεται εἰς τὰ Σχ. 6-25, 6-27. Εἰς τό Σχ. 6-46 ἐμφαίνεται ἡ τομή στροβίλου ἀντιδράσεως τούς ὄποιους τό διεύρυντιον ἐπίπεδον ἀναφορᾶς ἔχει τοποθετηθῆναι ὑπεράνω τῆς στάθμης τῆς διώρυγος φυγῆς.

Ἡ ὑψομετρία τῆς διαφορᾶς  $H_s$  μεταξύ τῆς θέσεως 4 ἔξεδου τούς δρομέως καὶ τῆς στάθμης τῆς διώρυγος φυγῆς καλεῖται ὑψος ἀναρροφήσεως. Εἰς τὴν θέσιν 4 ἀντιστοιχεῖ ἡ ἐσωτερική διάμετρος τούς δρομέως  $D_2$  ἢ  $D_3$ , βλέπε Σχ. 6-46. Ἡ μέση ταχύτης ἐκροής τούς ὑδατούς εἰς τὴν θέσιν 4 διατά τὴν συνθήκην λειτουργίας τούς δρομέως ὑπό πλήρεις ἄνοιγμα τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων δύναται νᾶ εἶναι περίπου τῆς τάξεως ἀπό 6 m/sec ἕως 10 m/sec. Μεταξύ τῶν θέσεων 4 καὶ 5, βλέπε Σχ. 6-46, ἡ μέση ταχύτης τούς ὑδατούς μειούται βαθμιαίως, οὕτως ὥστε εἰς τὴν θέσιν 5 τῆς ἔξεδου τούς ἀγωγοῦ πρός τὴν διώρυγα φυγῆς τό μεγεθός τῆς μέσης ταχύτητος τούς ὑδατούς νᾶ εἶναι περίπου τῆς τάξεως τούς 1 m/sec ἕως 2,5 m/sec.

Διατά μενιμον ροήν μεταξύ τῶν θέσεων 4 καὶ 5 τούς στροβίλους καὶ βάσει τῶν ἔξι σώματον ἐνεργείας μεταξύ τῶν ὑπό τούς ὑψούς θέσεων, βλέπε σχέσεις (6.107), (6.109) καὶ (6.110), εἶναι προφανές ὅτι διατά τῆς καταλλήλου διατάξεως τούς ἀγωγοῦ ἔξεδου μεταξύ τῶν θέσεων 4 καὶ 5 ἐπιδιώκεται ἡ μετατροπή τούς μεγέστου μέρους τῆς διατάσσεμης κινητικῆς ἐνεργείας τούς ὑδατούς εἰς ὧφελίμον μηχανικόν ἔργον. Τούτο ἐπιτυγχάνεται: (α) Διατά τῆς μειώσεως τῆς μέσης ταχύτητος τούς ὑδατούς εἰς τὴν θέσιν ἔξεδου 5 εἰς ἐλαχίστην τινα τιμήν καὶ (β) Διατά τῆς μειώσεως τῶν ἀπωλειῶν ἐνεργείας λόγῳ τριβῶν ηλπ. κατὰ μῆκος τούς ἀγωγοῦ ἔξεδου.

Ἡ διατά τούς ἀνωτέρω τρόπου ἀξιοποίησις τούς μεγαλυτέρους δυνατοῦ ποσοστοῦ τῆς διατάσσεμης κινητικῆς ἐνεργείας τούς ὑδατούς μεταξύ τῆς ἐλευθέρας στάθμης τούς ταμιευτήρος καὶ τῆς στάθμης τῆς διώρυγος φυγῆς διατά τὴν παραγωγήν ὀφελίμου ἔργου ἔχει ὀδιάζουσαν σημασίαν διατά τᾶς ἐγκαταστάσεις μέσου ἡ μικροῦ ὑψούς πτώσεως. Οἱ στροβίλοι ἀντιδράσεως διατά τῆς τοποθετήσεως των περί τὴν στάθμην τῆς διώρυγος φυγῆς ἡ χαμηλώτερον, βλέπε Σχ. 6-25 καὶ 6-27, προσφέρονται διατά τὴν μεγέστην κατὰ τό δυνατόν ἀξιοποίησιν τούς διαθέσιμους ὑψούς πτώσεως. Οἱ στροβίλοι δράσεως ἐν ἀντιστάσει πρός τούς στροβίλους ἀντιδράσεως τοποθετούνται εἰς ἵναν ποιητικόν ὑψούς ὑπεράνω τῆς ἀνωτάτης στάθμης τῆς διώρυγος φυγῆς, βλ. Σχ. 6-26, μή δυνάμενοι νᾶ ἀξιοποιηθούν τὴν ὑψομετρίαν διαφοράν  $Z_M$  μεταξύ δρομέως καὶ στάθμης διώρυγος φυγῆς.

Οι συνηθέστεροι τύποι άγωγών εξόδου στροβίλων αντιδράσεως είναι οι ένεδει κεκαμμένου βραχίονος, οι όποιοι έμφανεται είς τα Σχ. 6-25 κατ' 6-53 κατ' οι εύθυγραμμος ιωνικός. Ο κεκαμμένος άγωγός έφαρμαζεται συνηθέστερον είς τας συγχρόνους υδροδυναμικάς έγκαταστάσεις. Ο τύπος αύτός παρουσιάζεται εναντι τού εύθυγράμμου ιωνικού τύπου σιθαρά πλεονεκτήματα, διατάσσεται της συγχρόνης ιωνικού τύπου σιθαρά πλεονεκτήματα, διατάσσεται της υποδομής της μονάδος, συμπεριλαμβανομένης κατ' της μειώσεως τών άπαντου μένων έκσκαφών της υποδομής της μονάδος. Ο εύθυγραμμος ιωνικός τύπος τοποθετεῖται κατακορύφως κατ' σπανιότερον όριζοντας ως περιγράφεται έν Κεφαλαίῳ 7.

Διατάσσεται συγχρόνους υδροδυναμικάς έγκαταστάσεις κατ' προκειμένου περί στροβίλων τύπου Francis τού ίδιου μερος τού άγωγού εξόδου, βλ. Σχ. 6-4, αποτελεῖται συνήθως άποικης ιωνικής μεταλλικής τμήμα, τού όποιον δύναται να μεταπινησθῇ διατάσσεται τού δρομέως έν τών κάτω, σταν άπαντη η πειδηρότητας τού δρομέως της γεννητρίας πρός άφαντεσιν τού δρομέως τού στροβίλου δια μέσου τού στάτου. Ο άγωγός εξόδου φέρεται η πειδηρότητας κεκαμμένου βραχίονα έν σιδηροπαγούς σκυροδέματος, οι όποιοι καταλήγει συνήθως είς την δεικνυομένην έν τῷ Σχ. 6-53 διατάξειν μεσθ' ένδεις ή δύο ένδιαμέσων βαθμων. Ο άγωγός εξόδου η πειδηρότητας διατάσσεται δια χαλυβδίνου άγωγού κατά μήκος τού κεκαμμένου βραχίονος μέχρι κατ' τού άνδιντη άκρου τών ένδιαμέσων βαθμων. Κριτήρια η πειδηρότητας τού χαλυβδίνου άγωγού άναφερονται είς την παρ. 6.8.1.3. Είς τού κατάντη στάτου άγωγού εξόδου κατ' έντεις τών βαθμων διατάσσονται υποδοχαί δια την τοποθέτησιν τών θυροφραγμάτων κατά την συντήρησιν τών μονάδων.

### 6.3 ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ ΔΡΑΣΕΩΣ

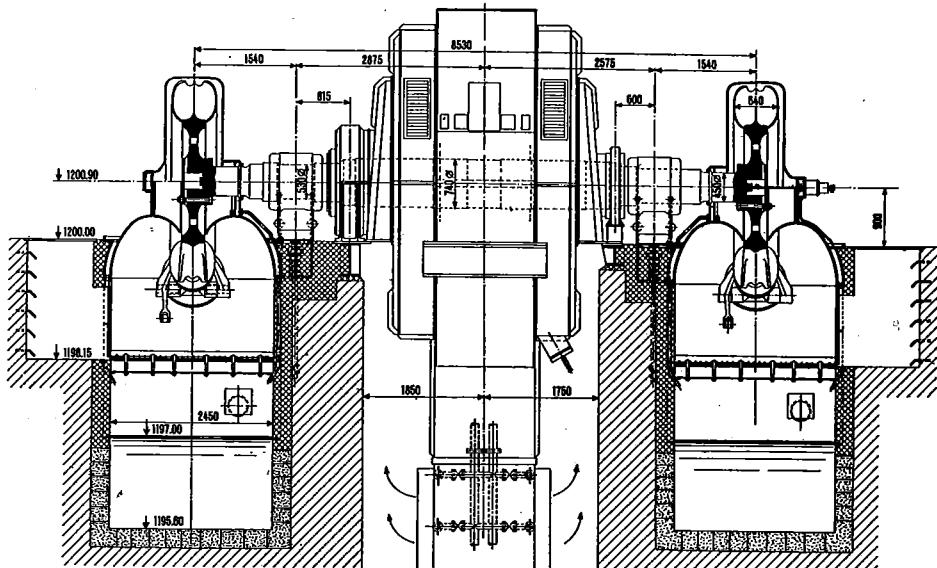
Οι στροβίλοι δράσεως χαρακτηρίζονται γενικώς ως στροβίλοι Pelton, παρ' όλον ίστι ή αρχική μορφή τών σκαφιδών τού δρομέως, ή όποια έχρησιμοποιείται υπό τού L.A. Pelton τού έτος 1889, ήτο διαφορετικής μορφής τών συγχρόνων σκαφιδών τών είκονιζομένων έν τῷ Σχ. 6-14.

Οι στροβίλοι δράσεως χρησιμοποιούνται συνήθως δι' ύψη περίπου άποικης 190 πού κατ' ίδια, κυρίως δια μεγάλα ύψη πτώσεως της τάξεως ίδιων τών 500 πού, ως έμφανεται έν τῷ Σχ. 3-1. Οι στροβίλοι δράσεως έχουν χρησιμοποιείται μέχρι κατ' μεγάλου ώφελέμου ύψους πτώσεως 1750 πού, ως προκειμένου περί της υδροδυναμικής έγκαταστάσεως Reisseck έν Αύστρεια, έγκατεστημένης ίσχυος 31.000 HP.

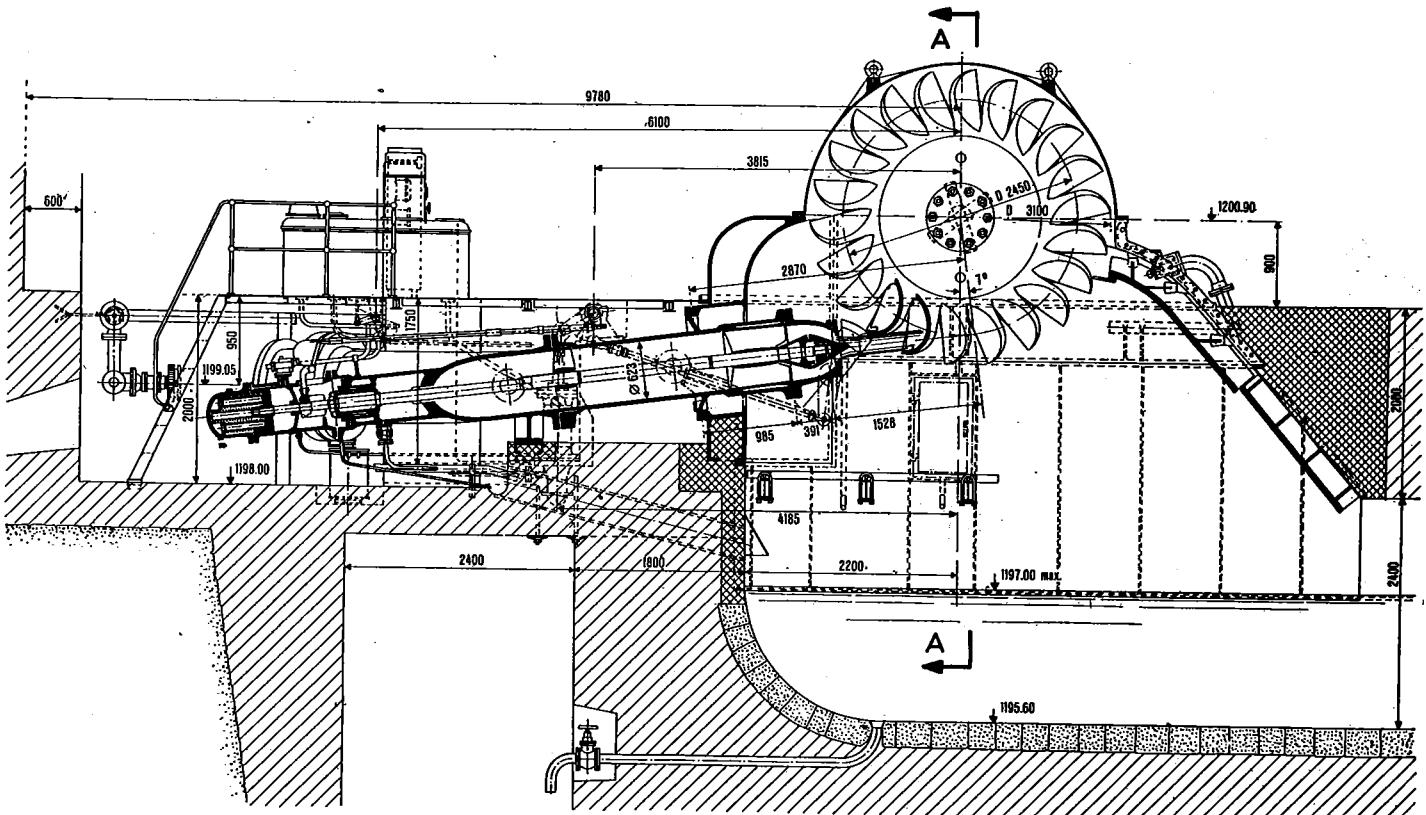
Ιδιαίτεροι χαρακτηριστικοί τών στροβίλων δράσεως είναι ή έν γένει ομαλή λειτουργία των κατ' ή ψηλότερη βαθμός άποδοσεως δια λειτουργίαν υπό μερικόν άνοιγμα τών άκρων σφυσίων.

Τα κύρια τμήματα τών στροβίλων δράσεως είναι τα καταθίτι :

- Τα τμήμα είσοδου ή το συγκρότημα προσαγωγής πρός τον δρομέα, το όποιον περιλαμβάνει τούς άγωγούς προσαγωγής είσοδου κατ' τον μηχανισμόν ρυθμίσεως κατ' ατευθύνσεως της υδατίνης δέσμης έντοξεύσεως, οι όποιοι αποτελεῖται έν τών άκρων σφυσίων κατ' λοιπών έξαρτημάτων. Είς τον μηχανισμόν ρυθμίσεως συμπεριλαμβάνεται ο σερβιμηχανισμός μετά τού ρυθμιστού ταχύτητος.
- Ο έναλλον της της ένεργειας, ήτοι ο δρομεύς, οι όποιοι αξιοποιεύται την διαστίμονα κινητική ένέργειαν της έν τού άκρων σφυσίου έξερχομένης υδατίνης δέσμης, δια μετατροπής ταύτης είς μηχανικόν έργον.
- Τα τμήμα έξοδου τού υδατού πρός την διάρυγα φυγής, το όποιον περιλαμβάνει το περιβλητικό τού δρομέως κατ' τών άκρων σφυσίων, το όποιον τοποθετεῖται ίσχυον της διάρυγας φυγής.



TOMH A-A



ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΜΗ

**Σχ. 6-12** Διάταξις στροβίλου δράσεως (τύπου Pelton), μετά δύο δρομέων καὶ ένδις ακροφυσίου ἀνὰ δρομέα, τῆς ὑδροδυναμικῆς ἐγκαταστάσεως Tinzen, ἐν Ἐλβετίᾳ. Ἔγκατεστημένη ἵσχυς στροβίλου 34.000 HP,  $H = 472 \text{ m}$ ,  $Q = 6,2 \text{ m}^3/\text{sec}$ ,  $n = 333,3 \text{ rpm}$ .

Αἱ ἐφαρμοζόμεναι διατάξεις εἰς τὰς συγχρόνους ὑδροδυναμικὰς ἐγκαταστάσεις μετά στροβίλων δράσεως εἶναι συνήσιας αἱ ἔξης :

1. Μετά δύο δρομέων ἐν ζεῦξει δι' ὄριζοντας ἀτράκτου, διατασσόμενων ἐκατέρωθεν τῆς γεννητρίας. "Εκαστος τῶν δρομέων φέρει ἐν ἀκροφύσιον, βλ. Σχ. 6-12, ἦ δύο ἀκροφύσια.
2. Μεθ' ἑνδεῖ δρομέως, κατακορύφου ἀτράκτου ναὶ τεσσάρων ἀκροφύσιων διατασσόμενων ὡς ἐμφανεταὶ ἐν τῷ Σχ. 6-13, ἦ σπανιώτερον μεθ' ἑνδεῖ δρομέως ναὶ δύο ἦ ἕξη ἀκροφύσιων.

'Ἐν τῷ Σχ. 6-12 ἐμφανεταὶ διάταξις στροβίλου δράσεως. 'Ο στροβίλος ἀποτελεῖται ἐν δύο δρομέων, οἱ ὄποιοι εὑρίσκονται ἐν ζεῦξει ἐκατέρωθεν τῆς γεννητρίας δι' ὄριζοντας ἀτράκτου. "Εκαστος τῶν στρεφομένων δρομέων φέρει ἐπὶ τῆς περιφερεῖας αὐτοῦ διατεταγμένα σημαφόδια (buckets). 'Η προσαγωγὴ τοῦ ὑδατος πρᾶξις ἐκαστον δρομέα γίνεται ἐφαπτομενικῶς, μέσῳ ἀκροφύσιον (pozzle). Λόγῳ τῆς ἐπικρατούμενης μεγάλης πιέσεως ἐντὸς τοῦ ἀγωγοῦ προσαγωγῆς, τὸ ὑδωρ ἐκτοξεύεται ἐκ τοῦ ἀκροφύσιον ὑπὸ μορφῆς δέσμης, μεθ' ὑψηλῆς ἀπολύτου ταχύτητος  $V_1$ , ὡς ἐμφανεταὶ σηματικῶς εἰς τὸ Σχ. 6-21. 'Η ὑδατήνη δέσμη προσβάλλουσα ταυτοχρόνως δύο ἦ τρεις σημαφόδια τοῦ δρομέως, ἐξασπεῖ ἐπ' αὐτοῦ οἰνητικήν ροπήν δεδουσα περιστροφικήν κίνησιν, βλέπε Σχ. 6-56. 'Η ἐπὶ τοῦ σημαφόδιον προσπλευτουσα δέσμη ὑδατος διαχωρίζεται ὑπὸ τῆς κεντρικῆς αίχμης τοῦ σημαφόδιον εἰς δύο τμήματα, ὡς ἐμφανεταὶ ἐν τῷ Σχ. 6-21. Τὸ ὑδωρ ἐκρέον ἐκατέρωθεν τοῦ σημαφόδιον μετ' ἀπολύτου ταχύτητος  $V_2$ , ἔνθα  $V_2 \ll V_1$ , κατευθύνεται πρᾶξις τῆς διώρυγας φυγῆς.

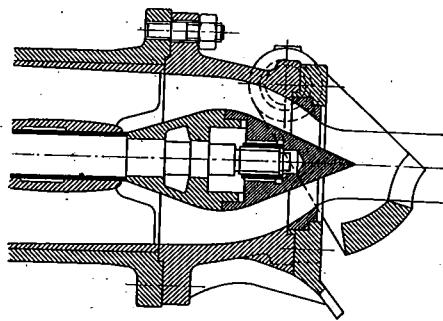
'Μηδὲ ἐμφανεταὶ ἐν τῷ Σχ. 6-12 ὁ ἄξων τῆς ἀτράκτου τοῦ δρομέως εὑρίσκεται 3.90π ὑπεράνω τῆς μεγίστης στάθμης τῆς διώρυγος φυγῆς. 'Η γενική διάταξις τῶν στροβίλων δράσεως, συμπεριλαμβανομένων τοῦ δρομέως ναὶ τῶν ἀκροφύσιων, δέον ὄπως εὑρίσκεται εἰς ἵκανοποιητικόν ὑψος ὑπεράνω τῆς ἀνωτάτης στάθμης τῆς διώρυγος φυγῆς, ἐν ἀντιθέσει πρᾶξις τοῦ στροβίλου ἀντιδράσεως, οἱ δρομεῖς τῶν ὄποιων τοποθετούνται ἐνίστοτε κατατάσθεν τῆς κατωτάτης στάθμης τῆς διώρυγος φυγῆς. Τοιστοτερόπως ὡς ἐμφανεταὶ ἐν τῷ Σχ. 6-26, ἐπέρχεται σημειώσιμη μείωσις τοῦ ὄφελού τοῦ πτώσεως, ἐν συγκρίσει πρᾶξις τοῦ στροβίλου ἀντιδράσεως.

'Μηδὲ οἰνητική μείωσις τοῦ δρομέως ὄποιον ναὶ τῆς τμήματος τῶν ἀκροφύσιων περιβάλλοντας διαίτη μεταλλικοῦ στεγανοῦ καλύμματος τοῦ ὄποιον ἀγκυροῦται ἐπὶ τῶν παρειῶν ναὶ τῆς ὄροφῆς τῆς διώρυγος φυγῆς.

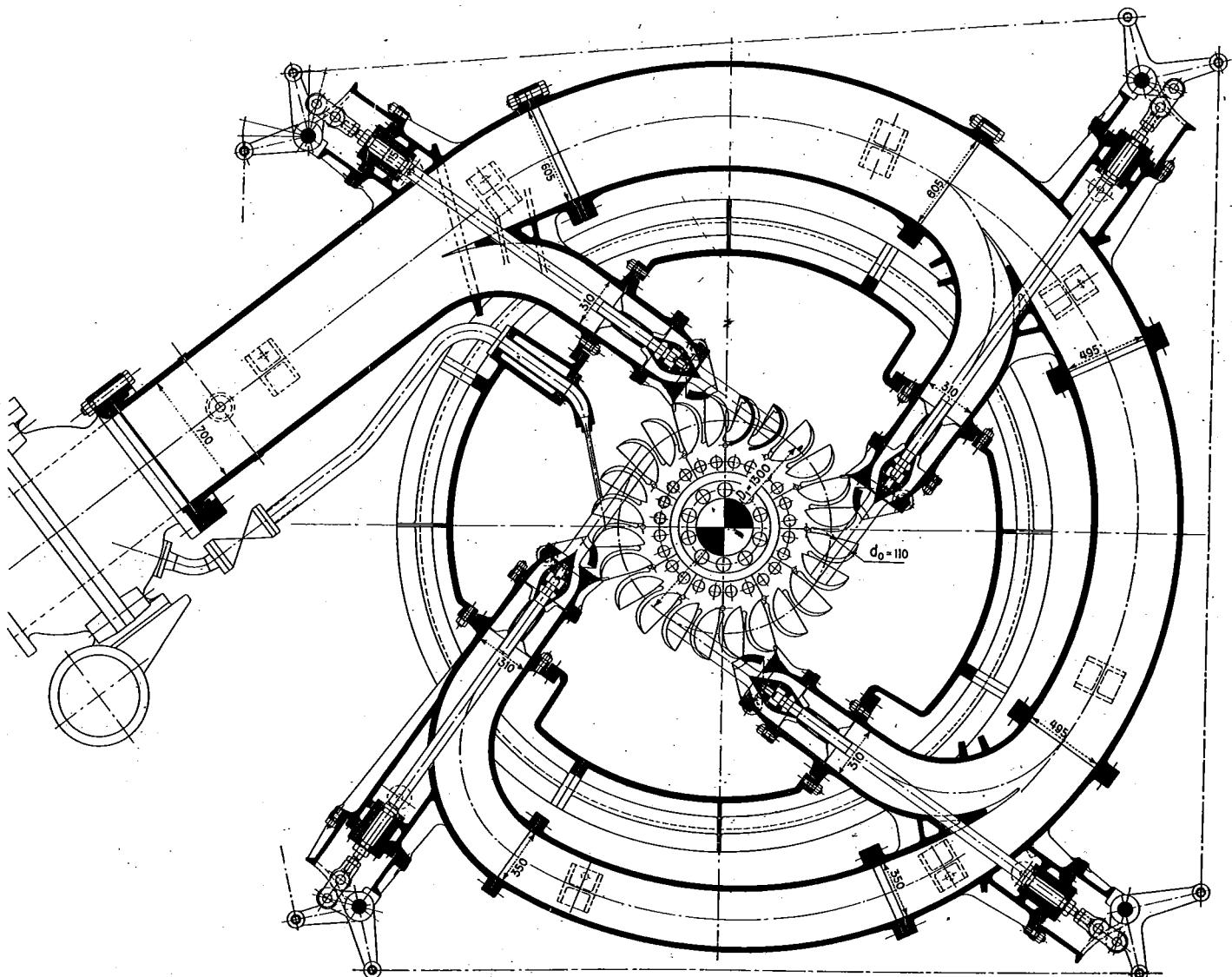
'Η διάταξις δρομέως μετά ὄριζόντας ἀτράκτου ναὶ δύο ἀκροφύσιων ἀπαιτεῖ ἀνάτητη τῶν ἀκροφύσιων εἰδικήν διακλάδωσιν τοῦ ἀγωγοῦ προσαγωγῆς, ἷ ὄποια συνδέεται διαίτη κεναμένου ἀγωγοῦ πρᾶξις ἐκαστον ἀκροφύσιον.

'Μηδὲ οἰνητική δρομέως μετά ὄριζόντας ἀτράκτου ναὶ τεσσάρων ἀπαιτεῖ τῆς σηματικούς ἀπεικόνιζομένην διαμόρφωσιν τοῦ ἀγωγοῦ προσαγωγῆς πρᾶξις ἐκαστον ἀκροφύσιον. 'Η διάταξις αὕτη ἀπαιτεῖ σηματικήν χῶρον διαίτη τῆς διαμόρφωσιν τοῦ περιβάλλοντος τοῦ δρομέων συστήματος προσαγωγῆς. Τὸ σύστημα προσαγωγῆς διαμορφοῦται μετά μεγάλης ἀκτίνος πρᾶξις μείωσις τῶν ἀπωλειῶν ἐνεργείας. Εἰς τῷ Σχ. 6-13 ἷ ἀκτίς τοῦ ἄξονος προσαγωγῆς εἶναι περίπου 3,0 π. Προκειμένου περὶ περισσοτέρων τοῦ ἑνὸς ἀκροφύσιων ἀνά δρομέα ναὶ διαίτη τῆς ἀσφαλῆς λειτουργίαν τοῦ στροβίλου, τοποθετεῖται σφαίρεις δικλείσις εἰς τὸ ἄκρον τοῦ κυρίου ἀγωγοῦ προσαγωγῆς ὡς ἐμφανεταὶ ἐν τῷ Σχ. 6-13.

Γενικῶς ἔναντι τῆς διατάξεως μετά μοναδικοῦ δρομέως μεθ' ὄριζόντας ἀτράκτου ναὶ δύο ἀκροφύσιων προτιμάται, ἀπό τῆς ἀπόρφεως ἐξοικονομήσεως χώρου ναὶ ἵκανοποιητικήτερας λειτουργίας τῆς μονάδος, ἷ ὄριζόντας διάταξις μετά δύο δρομέων ἐν ζεῦξει ναὶ ἑνὸς ἀκροφύσιον ἀνά δρομέα.



Τομή άκροφυσισού.



**Σχ. 6-13** Όριζοντια τομή στροβίλου δράσεως (τύπου Pelton), μετά κατακορύφου άτρακτου κατ' 4 άκροφυσισαν. Έγκατεστημένη ίσχυς στροβίλου 13.350 HP κατ'  $H = 394$  m.

### 6.3.1 Διάταξις Συστήματος Προσαγωγῆς

‘Η ρύθμισης τῆς παροχῆς τοῦ ὕδατος οὐ τῆς ἀποδιδομένης ἵσχυος ἀναλόγως τῶν ἀπαιτήσεων τοῦ φορτίου, ἐπειταγχάνεται μέση τῆς ιιιιητῆς βελόνης ρυθμίσεως παροχῆς τοῦ ἀκροφυσίου, ἡ ὅποια δύναται νᾶ μετακινῆται αὐξομειώνουσα τὴν ἐλευθέραν διατομήν ἐντοξεύσεως τῆς δέσμης τοῦ ὕδατος.

‘Η βελόνη ρυθμίσεως παροχῆς εἶναι αύτομάτου ρυθμίσεως, συνδεομένη μετά τοῦ συγκροτήματος τοῦ σερβιμηχανισμοῦ οὐ τοῦ ρυθμιστοῦ ταχύτητος. ‘Η διάταξις τῆς βελόνης ρυθμίσεως παροχῆς ἐμφάνεται λεπτομερῶς εἰς τὰ Σχ. 6-13 οὐδὲ 6-21.

Παρά τὸ στόμιον τοῦ ἀκροφυσίου διατάσσεται ὁ ὄνυξ ἀσφαλείας ἀποκλίσεως τῆς δέσμης, ὃς δεικνύεται εἰς τὰ Σχ. 6-12 οὐδὲ 6-13, ὁ ὄποιος συνδέεται δια συστήματος μοχλῶν οὐδὲ ράβδων μετά τοῦ ρυθμιστοῦ ταχύτητος. Εἰς περίπτωσιν ἀποτόμου ἀπορρίψεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ φορτίου ὁ ὄνυξ ἀσφαλείας ἀποκλίσεως τῆς δέσμης μετακινεῖται μέση τοῦ ρυθμιστοῦ ταχύτητος ἔναντι τῆς ἐκτοξευμένης δέσμης οὐδὲ τὸ ὕδωρ ἐκτρέπεται πρός τὴν διώρυγα φυγῆς. ‘Η βελόνη ρυθμίσεως παροχῆς τοῦ ἀκροφυσίου τότε μετακινεῖται διακόπτοντας τὴν ἐκροήν δια μέσου τοῦ ἀκροφυσίου βαθμιαίως, οὕτως ὥστε αἱ ἐσωτερικαὶ ὑδροδυναμικαὶ πιέσεις, συμπεριλαμβανομένων οὐδὲ τῶν πιέσεων λόγῳ ὑδραυλικῆς ιρούσεως, νᾶ εὔρεσικαντας ἐντὸς ἀνεκτῶν ὅρων. ‘Ο χρόνος πλήρους άλεισμάτος τῆς βελόνης ρυθμίσεως παροχῆς εἶναι συνήθως τῆς ταξεώς ἑνὸς λεπτοῦ.

‘Η ρύθμισης τῆς παροχῆς γίνεται ἐνώπιον δια βιοθητικοῦ ἀκροφυσίου ἀντε τοῦ ὄνυχος ἀσφαλείας ἀποκλίσεως τῆς δέσμης. Κατὰ τὴν ἀπόρριψιν τοῦ φορτίου δια λειτουργίας τοῦ ρυθμιστοῦ ταχύτητος μέρος τῆς παροχῆς τοῦ υφίσιου ἀκροφυσίου ἐκτρέπεται πρός τὸ βιοθητικόν ἀκροφύσιον οὐδὲ ἡ παροχή διακόπτεται δια μέσου τοῦ υφίσιου ἀκροφυσίου ὃς ἀνεφέρθη προηγουμένως.

Τὰ ἀκρα τοῦ ἀκροφυσίου ὃς οὐδὲ ἡ ιιιιητή βελόνη ρυθμίσεως τῆς παροχῆς λόγῳ τῶν μεγάλων ταχυτήτων τῆς δέσμης τοῦ ὕδατος εἶναι λάλια εὐπαθῆ εἰς τὴν διαβρωσιν ἐξ ὕδατος φέροντος προσμέτεις ἄμμου ἡ ἐτέρας προσμέτεις χημικῶς ἐνεργούσις. Δια τὴν οατασκευήν τῶν ἀκροφυσίων χρησιμοποιεῖται συνήθως χυτοχάλιψ, ἐνῷ τὸ στόμιον τοῦ ἀκροφυσίου οὐδὲ ἡ ιιιιητή βελόνη ρυθμίσεως τῆς παροχῆς οατασκευάζονται ἐξ ἀνοξειδώτου χάλυβος.

### 6.3.2 Δρομεύς

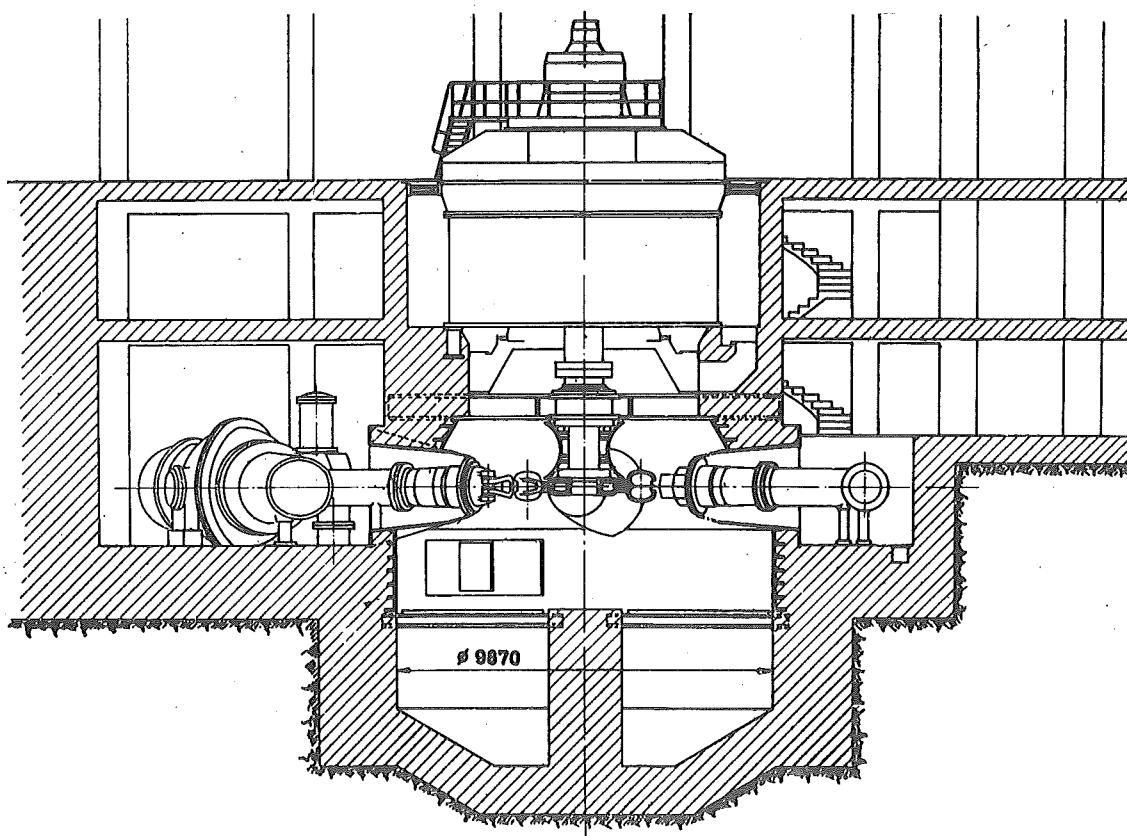
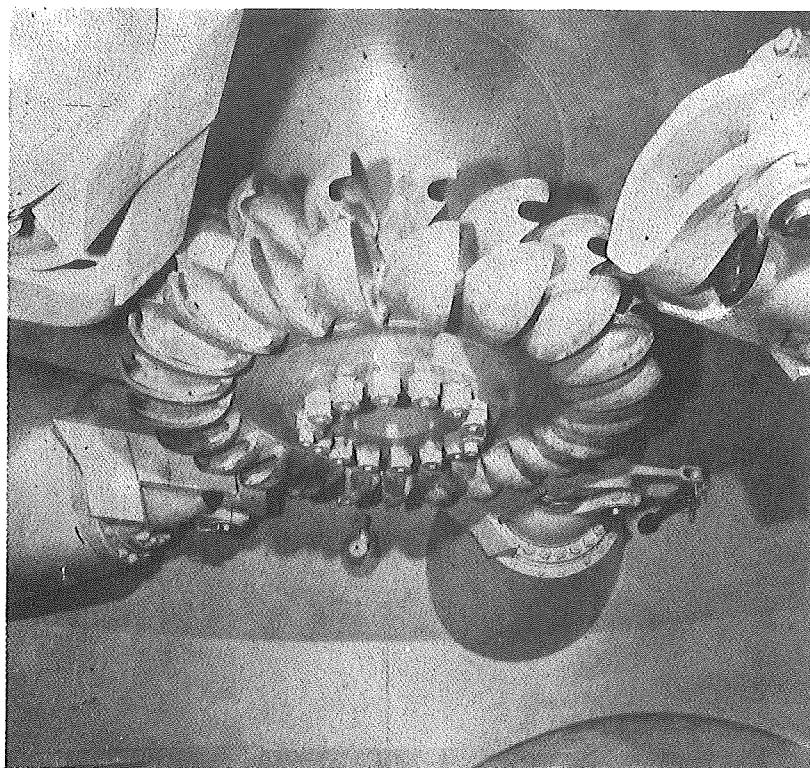
‘Η διάταξις τῶν σκαφεδῶν ἐπὶ τῆς περιφερείας τοῦ δρομέως εἰκονίζεται ἐν τῷ Σχ. 6-14, προκειμένου περὶ τοῦ δρομέως μετά οατακορδόφου ἀτράκτου τῆς υδροδυναμικῆς ἐγκαταστάσεως Grosio ἐν Ἰταλίᾳ. ‘Ο δρομεύς φέρει 4 ἀκροφύσια, ἡ ἐγκατεστημένη ἵσχυς τοῦ στροβίλου εἶναι 144.000 ΗΡ, τὸ δέ ψηφις πτώσεως εἶναι περὶ τὰ 600 π.

Τὰ σκαφεδῶα φέρονται ἐπὶ τοῦ σώματος τοῦ δρομέως δια κοχλιώσεων, ὃς δεικνύεται ἐν τῷ Σχ. 6-21 ἡ οατασκευάζονται ἐνιαίως μετά τοῦ σώματος τοῦ δρομέως ὃς ἐμφανεῖται ἐν τῷ Σχ. 6-14. Λόγῳ τῆς μεγάλης ἐπιπονήσεως εἰς τὴν ὄποιαν ὑπόκεινται τὰ σκαφεδῶα οὐδὲ τοῦ ιιιιηνοῦ διαβρώσεως τῶν οατά τὴν ιρούσιν τῆς δέσμης τοῦ ὕδατος ἐπ’ αὐτῶν, ὃς ἡδη ἀνεφέρθη ἐν παρ. 6.3.1 προκειμένου περὶ τῶν ἀκροφυσίων, τὸ ύλικον ἐν τοῦ ὄποιον οατασκευάζονται τὰ σκαφεδῶα δέον νᾶ εἶναι μεγάλης ἀντοχῆς. Εἰς τὰς συγχρόνους υδροδυναμικές ἐγκαταστάσεις τὰ σκαφεδῶα οατασκευάζονται ἐξ ἀνοξειδώτου χάλυβος.

‘Η διαμόρφωσης τῶν σκαφεδῶν, ἡ ὄποια δέον νᾶ εἶναι οανοποιητική ἀπό υδραυλικῆς ἀπόφεως, ἐπιδρᾷ σημαντικῶς ἐπὶ τοῦ βαθμοῦ ἀποδόσεως τῆς μονάδος. Χαρακτηριστικαὶ διαστάσεις τοῦ σκαφεδῶου συναρτήσει τῆς διαμέτρου τῆς υδατίνης δέσμης ἐκτοξεύσεως δέδονται εἰς τὰ Σχ. 6-21. Τὸ πάχος τῆς υδατίνης δέσμης ἐκτοξεύσεως δέν ύπερβασίει συνήθως τὰ 0,25 π.



**Σχ. 6-14** Δρομεύς δρασεως (τύπου Pelton), μετά κατακορύφου άτρακτου κατ' 4 άκροφυσιών, της ύδροδυναμικής έγκαταστάσεως Grossio στην Ιταλία, έγκατεστημένης το σχήματος 144.000 HP,  $H = 600 \text{ m}$ ,  $Q = 20,35 \text{ m}^3/\text{sec}$ ,  $n = 333,3 \text{ rpm}$  κατ' έτους 1963.



Σχ. 6-14-1 Διεύταξις μονάδος ύδροδυναμικής έγκαταστάσεως Grosio .

Η διαδικασία τού δρομέως ή όποια, έξαρταται στην διαστάσεων κατ' αριθμού τών σκαφιδών, κυμαίνεται συνήθως μεταξύ του 12 πλαστικού κατ' 18 πλαστικού της διαμέτρου της ύδατος δέσμης έκτοξενσεως.

Αἱ ἄτρακτοι τῶν δρομέων τρόπον τῆς κατακορύφου, σύμφωνα κατ' αριθμού των σκαφιδών, καταλλήλων έδρανων.

Λαβυρίνθιοι δακτύλιοι στεγανότητος τοποθετούνται επίσης επί τῶν ἀτράκτων του δρομέως εἰς τὰς θέσεις του περιβλήματος του στροβίλου.

#### 6.4 ΑΝΑΣΤΡΕΨΙΜΟΙ ΑΝΤΛΙΑΙ - ΣΤΡΟΒΙΛΟΙ

Μηχανική άνεφερθη ἐν Κεφαλαίῳ 3, αἱ ἔγκαταστάσεις ἀντλήσεως - ταμιεύσεως διαθέτουν ύδροδυναμικές μηχανές τῆς κατηγορίας ἀντλίας - στροβίλου.

Η ἀντλία - στροβίλος θεωρεῖται ὡς ἐνταίνεται υδροδυναμική μηχανή διπλής σκοπιμότητος, η όποια δύναται να λειτουργήσῃ ὡς ἔξης : (α) Μηχανή εργοστροβιλομηχανή εἰς τὴν ὄποιαν προσδιδεται ἐν τῷ ἔξω μηχανικῇ ἐνέργεια διει τὴν περιστροφήν του δρομέως, ἥτοι διει τὴν περιστροφήν τῆς ἀτράκτου τῆς μηχανῆς δαπανᾶται ποσότης τις μηχανικοῦ ἔργου ἀνά μονάδα χρόνου κατ' (β) Μηχανή στροβίλος ἡ ύδρωσινητήρ, ἐνθα μερος τῆς ἐνεργείας του ύδατος μετατρέπεται εἰς μηχανικὸν ἔργον επί τῆς περιγραφῆς.

Αἱ ύδροδυναμικές μηχανές κατηγορίας ἀντλίας - στροβίλου ἀφοροῦν κυρίως τὸν τύπον τῆς ἀναστρεψίμου μηχανῆς, η όποια λειτουργεῖ ὡς ἀντλία διει περιστροφής του δρομέως κατὰ τινα φοράν κατ' αὐτήν την περιστροφής τού δρομέως κατ' ἀντίθετον φοράν. Ο τύπος οὗτος ἐφαρμόζεται εύρεως. Απασαὶ αἱ ἔγκαταστάσεις ἀντλήσεως ταμιεύσεως ἐν Β. Αμερικῇ ἀπό τού 1954 κατ' ἐντεῦθεν εἶναι τού τύπου ἀναστρεψίμου ἀντλίας - στροβίλου, βλέπε ἐπίσης πίνακα 3.7.

Ἐτερος τύπος ύδροδυναμικῆς μηχανῆς τῆς κατηγορίας ἀντλίας - στροβίλου εἶναι τῆς μηχανῆς, η όποια παρ' ὅλον ὅτι ἔχει ἀναπτυχθή, δεν ἐφαρμόζεται εύρεως λόγῳ περιωρισμένης ἐμπειρίας.

Αἱ ύδροδυναμικές μηχανές ἀντλίας - στροβίλοι διακρίνονται γενικῶς εἰς τούς κατατάσις τύπους ἀναλογικές τῆς μορφῆς του δρομέως :

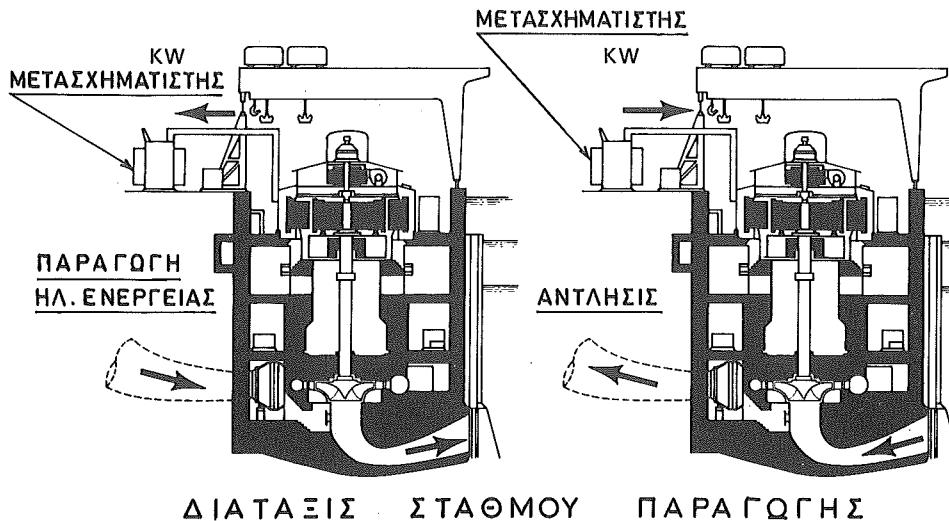
(α) Ακτινικής ροής ἡ τού τύπου Francis.

(β) Μικτής ροής ἡ διαγωνιστικής ροής, αἱ όποιαι βασικῶς εἶναι παραδοτικαι πρός τὸν τύπον Deriaz κατ' αὐτῶν ὄποιαν τὰ πτερύγια εἶναι κινητά ἡ ἀκίνητα.

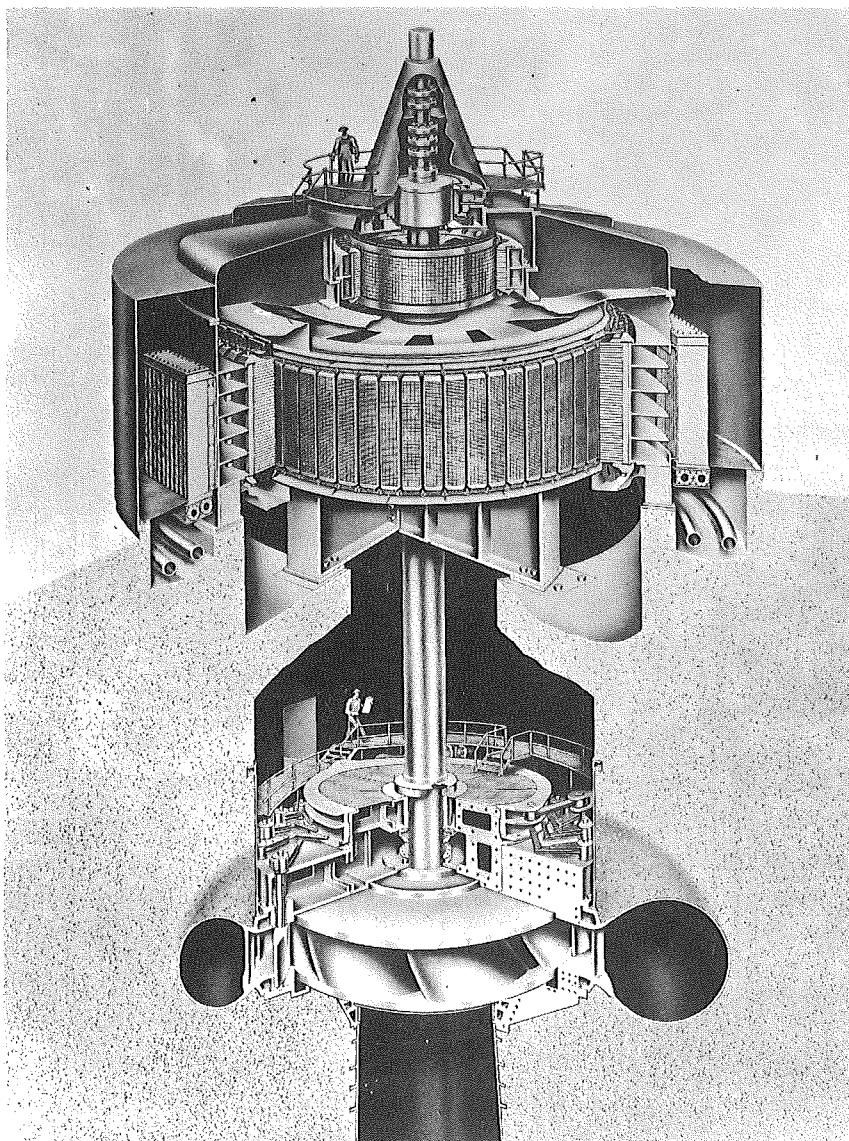
(γ) Καθαρῶς ἀξιονικής ροής ἡ ἐλεικοστροβίλους, αἱ όποιαι περιλαμβάνουν τού τύπους Kaplan ἡ ἔλικας.

Η διακρίσις τῶν τύπων ἀντλιῶν - στροβίλων δύναται να γίνη ἐπίσης βάσει τῆς κατακορύφου ἡ ὄριζοντας διατάξεως τῆς ἀτράκτου του δρομέως, ἡ βάσει του ἀριθμού τῶν δρομέων, οἱ όποιοι τοποθετούνται ἐν σειρᾷ ἐπί τῆς αὐτῆς ἐν γένει ἀτράκτου, ὅποτε διακρίνονται εἰς μονοβαθμίους ἡ πολυβαθμίους στροβίλομηχανάς. Εκάστη βαθμίς ἀποτελεῖται ἐν δρομέως κατ' ουγκοτήματος ἀκινήτων ὁδηγῶν πτερυγίων.

Εἰς τὸ Σχ. 6-15 ἐμφαίνεται ἡ διάταξις μονάδος ἔγκαταστάσεως τινάς ἀντλήσεως ταμιεύσεως ἡ όποια φέρει ἀναστρεψιμον ἀντλίαν - στροβίλον τύπου Francis ἀκτινικής ροής κατ' αἰνητήρα - γεννήτριαν. Διει τῆς συγκρίσεως τῆς διατάξεως τῆς ἔγκαταστάσεως τού Σχ. 6-15 μετά τῆς συμβατικῆς ύδροδυναμικῆς ἔγκαταστάσεως Hoover τού Σχ. 6-2, προκύπτει ὅτι ἡ διάταξις τῆς μονάδος τῶν ἐν λόγῳ δύο ἔγκαταστάσεων εἶναι βασικῶς παρομοία πλήν τῆς μορφῆς τῶν ὑπ' ὄψιν δρομέων. Μηχανής τῆς πρός τὴν τοποθέτησιν τῶν ύδροδυναμικῶν μηχανῶν τύπου Francis, ὡς πρός τὴν διέπουσαν στάθμην τῆς διάρρυγος φυ-

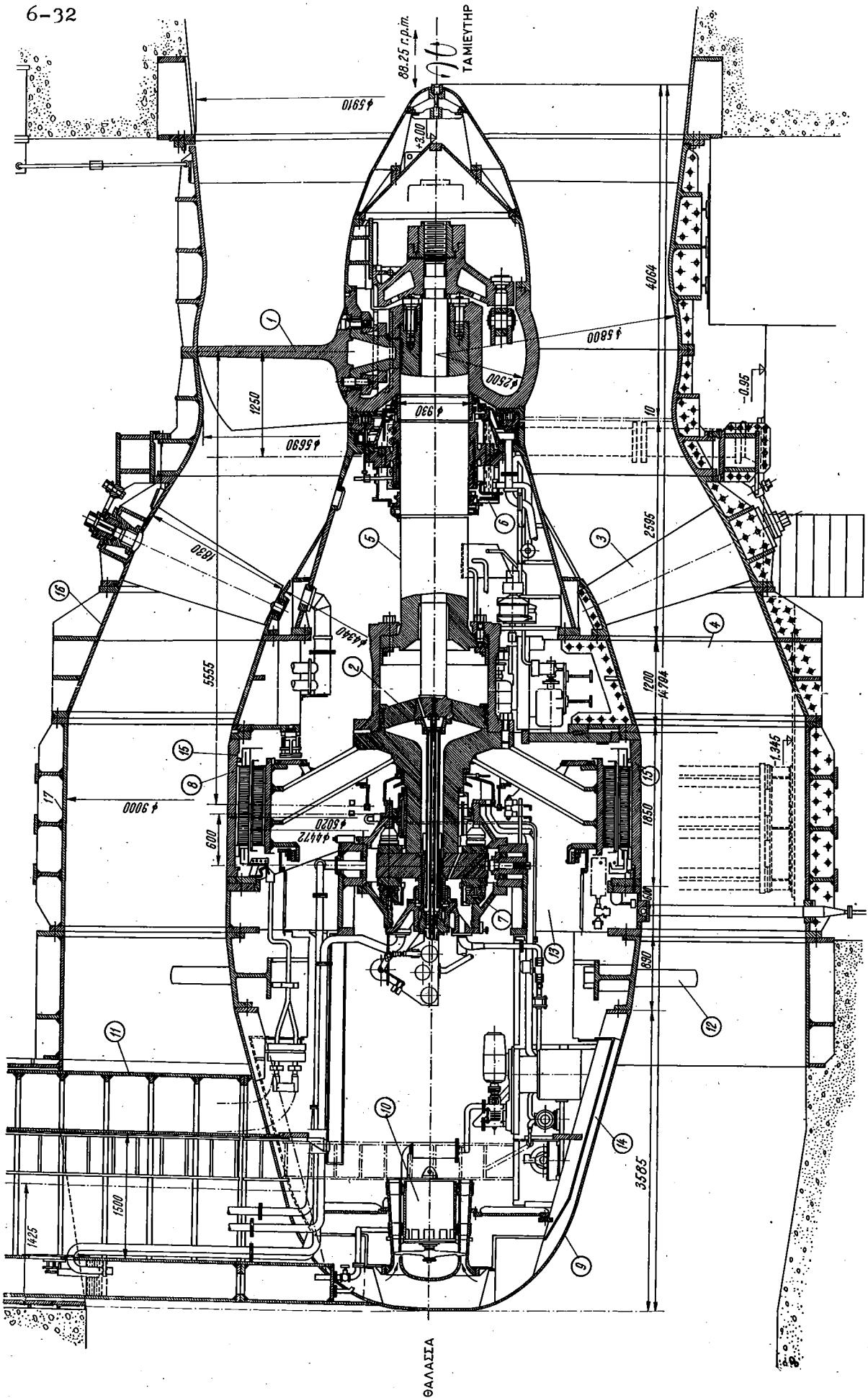


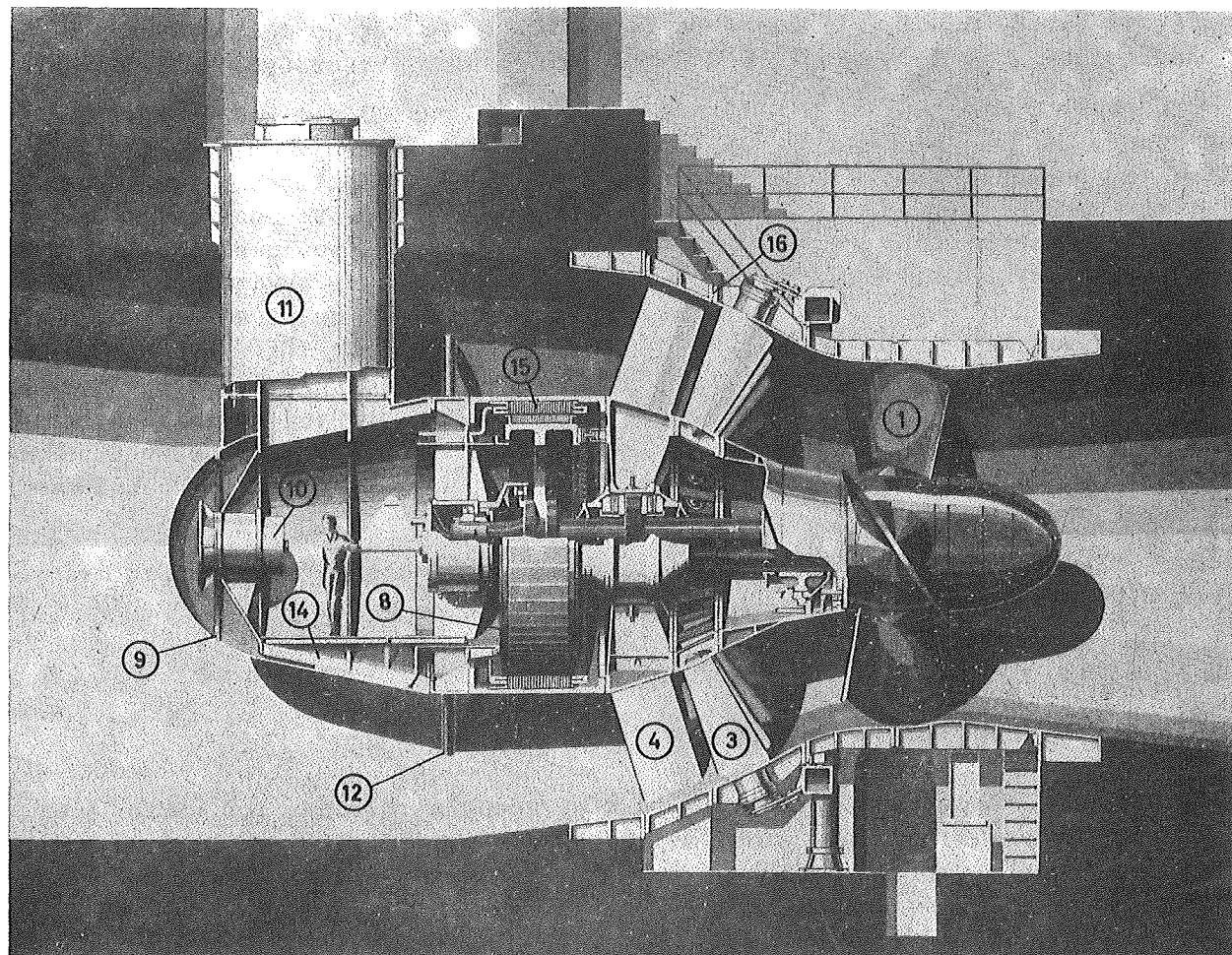
ΔΙΑΤΑΞΙΣ ΣΤΑΘΜΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ



ΠΑΡΑΣΤΑΤΙΚΗ ΤΟΜΗ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΜΟΝΑΔΟΣ ΑΝΤΛΗΣΕΩΣ - ΤΑΜΙΕΥΣΕΩΣ

**Σχ. 6-15** Παραστατική τομή συγκροτήματος μονάδος άντλησεως-ταμιεύσεως μεταξύ στροβίλου - άντλιας ή αντινικής ροής τύπου Francis καὶ γεννητρίας - ινινητήρος.





#### ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- |                                   |                                      |
|-----------------------------------|--------------------------------------|
| (1) ΠΤΕΡΥΓΙΟΝ ΔΡΟΜΕΩΣ             | (9) ΣΩΛΗΝΟΕΙΔΕΣ ΠΕΡΙΒΛΗΜΑ            |
| (2) ΣΕΡΒΟΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ               | (10) ΕΞΑΕΡΙΣΤΗΡ                      |
| (3) ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟΝ ΠΤΕΡΥΓΙΟΝ         | (11) ΦΡΕΑΡ ΠΡΟΣΠΕΛΑΣΕΩΣ              |
| (4) ΟΔΗΓΟΝ ΠΤΕΡΥΓΙΟΝ              | (12) ΑΝΤΗΡΙΔΕΣ ΣΤΗΡΙΞΕΩΣ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ   |
| (5) ΑΤΡΑΚΤΟΣ                      | (13) ΒΑΣΙΣ ΕΔΡΑΣΕΩΣ ΩΣΤΙΚΟΥ ΕΔΡΑΝΟΥ  |
| (6) ΑΚΤΙΝΙΚΟΝ ΟΔΗΓΟΝ ΕΔΡΑΝΟΝ      | (14) ΠΤΕΡΥΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΖΥΞΕΩΣ      |
| (7) ΑΚΤΙΝΙΚΟΝ ΚΑΙ ΩΣΤΙΚΟΝ ΕΔΡΑΝΟΝ | (15) ΚΥΡΙΟΝ ΣΩΛΗΝΟΕΙΔΕΣ ΣΩΜΑ         |
| (8) ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ                     | (16) ΠΕΡΙΒΛΗΜΑ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΩΝ ΠΤΕΡΥΓΙΩΝ |
|                                   | (17) ΠΕΡΙΒΛΗΜΑ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ             |

**Σχ. 6-17** Παραστατική τομή συγκροτήματος μονάδος παλιρροιακής έγκαταστάσεως Rance σε νησί Γαλλία. Έγκατεστημένη λόγω σωληνωτιδούς άντλιας - στροβίλου (άξονυκής ροής) 13.500 HP, H = 1-11 m, Q = 260 m<sup>3</sup>/sec, n = 93,75 iρπ ηας διαμέτρου δρομέως 5,35m.

γῆς, ο τύπος τῆς ἀναστρεψίμου ἀντλίας - στροβίλου, ἐν συγκρίσει πρός τὸν ὑδροστροβίλον, ἀπαιτεῖ χαμηλοτέραν τοποθεσίαν.

Εἰς τὰ Σχ. 6-16 καὶ 6-17 ἐμφαίνονται αἱ διατάξεις τῆς μονάδος τῶν παλιρροιακῶν ὑδροδυναμικῶν ἔγκαταστάσεων Saint Malo καὶ Rance ἀντιστοίχως ἐν Γαλλίᾳ.

Προκειμένου περὶ τῆς ἔγκαταστάσεως Rance, βλ. παρ. 3.4.4 καὶ Σχ. 3-15, αἱ μονάδες φέρουν σωληνοειδεῖς ἀναστρεψίμους ἀντλίας - στροβίλους ἀξιονικῆς ροής. Τὸ περιβλήμα τοῦ συγκροτήματος τῆς γεννητρίας καὶ τοῦ κυρίου σώματος τοῦ στροβίλου ἔχει κατασκευασθῆ ἐν κελνφουσ ἐκ χυτοχάλυβος τὸ ὄποιον φέρει νευρώσεις. Τὸ φορτίον τῆς μονάδος μεταβιβάζεται δι' ἀγκυρώσεως τῶν ἐκ προεντεταμένου σκυροδέματος ἀντηρίδων ἐπὶ τοῦ μεταλλικοῦ περιβλήματος τῆς μονάδος. Εἴς τὴν ἔγκαταστάσιν Saint Malo ἡ ἀντλία - στροβίλος φέρει 12 ρυθμούστικα πτερύγια. Τὸ συνολικόν βάρος τῆς γεννητρίας εἶναι περίου 50 τόννοι. Ἡ διάμετρος ἐξδού τῆς στροβίλομηχανῆς εἶναι 5,80 m, τὸ δέ βάρος ταύτης εἶναι 50 τόννοι. Τὸ ὄλιγον βάρος τοῦ συγκροτήματος τῆς μονάδος ἀνέρχεται εἰς 400 τόννους. Εἴς τὸ ἄκρον τοῦ συγκροτήματος τῆς μονάδος διατάσσεται κατακρυφον φρέαρ ἐπισκέψεως ταύτης, τὸ ὄποιον ἐπικοινωνεῖ μετα τοῦ σταθμοῦ παραγγῆς. Αἱ φάσεις λειτουργίας τῶν μονάδων Saint Malo καὶ Rance ἐμφαίνονται σχηματικῶς εἰς τὸ Σχ. 3-17.

Ο συνολικός βαθμός ἀποδόσεως τῆς μονάδος διὰ τὴν παραγγήν ἐνεργεῖας ἀνέρχεται εἰς 0,86 καὶ δι' ἀντλησιν εἰς 0,72.

## 6.5 ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΕΩΣ

Αἱ πλέον βασικαὶ θεωρητικαὶ σχέσεις, αἱ ὄποιαι ἀφοροῦν τὴν ροήν τοῦ ὑδατος διὰ μέσου τῶν ὑδροδυναμικῶν μηχανῶν, ἥτοι τῶν ὑδροστροβίλων καὶ τῶν ἀντλιῶν ἡ ἐργοστροβίλομηχανῶν, βασίζονται ἐπὶ τοῦ θεωρήματος τῆς ποσότητος κινήσεως καὶ τῆς ἐξισώσεως τοῦ Euler, ἡ ὄποια διετυπώθη περὶ τὸ 1750.

Εἰς τὸ κεφαλαίον τοῦτο ἀναπτύσσονται αἱ ἐξισώσεις αἱ ἀφορῶσαι τὴν ροήν τοῦ ὑδατος διὰ μέσου τοῦ δρομέως τῶν ὑδροστροβίλων ἀντιδράσεως καὶ δράσεως. Διὰ τὴν διατύπωσιν τῶν βασικῶν ἐξισώσεων τὸ ὕδωρ θεωρεῖται ὡς ρευστὸν ὕδανικον, ἥτοι ἀσυμπίεστον καὶ μή συνεκτικόν.

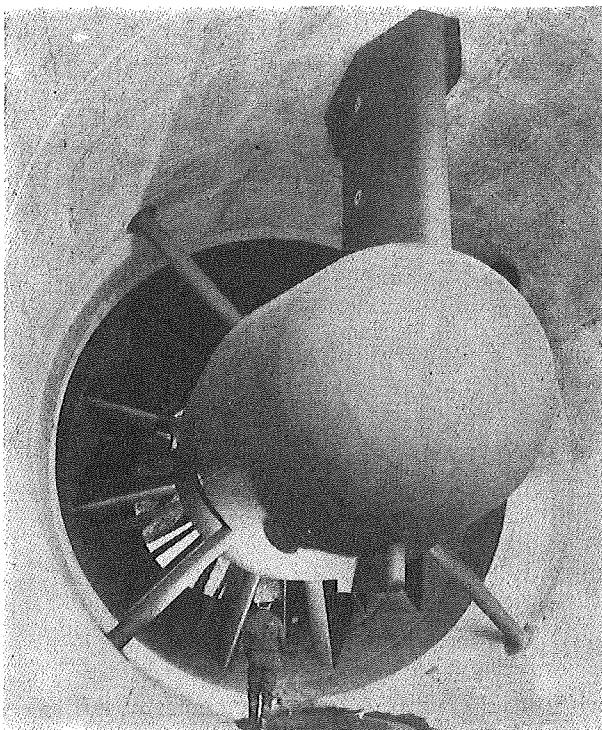
### 6.5.1 Στρόβιλοι Ἀντιδράσεως

Εἰς τὸ Σχ. 6-22 ἐμφαίνεται σχηματικῶς ἡ μορφή δρομέως ιαθαρᾶς ἀκτινικῆς ροής. Τοῦ δρομέως περιστρεψιμού μετά σταθερᾶς γωνιακῆς ταχύτητος ως καὶ ὑπὸ πλήρεος ἀνοιγματοῦ σταθμούστικης πτερυγίων τὸ ὕδωρ διέρχεται διὰ μέσου τῶν ρυθμούστικων πτερυγίων καὶ τευθυνδρενον πρός τὸν δρομέα.

Αἱ ταχύτητες διέδονται τοῦ ὑδατος διὰ μέσου τῶν κυλινδρικῶν ἐπιφανειῶν εἰσόδου  $E_1$  καὶ εἰσόδου  $E_2$  τοῦ δρομέως ἀπεικονίζονται διανυσματικῶς διὰ τῶν τριγώνων ταχυτήτων ὡς ἐμφαίνεται ἐν τῷ Σχ. 6-22.

"Ἐστω  $V_1$ , ἡ ταχύτης διέδονται τοῦ ὑδατος διὰ τῆς  $E_1$ , ὡς πρός ἀκτινητον σύστημα ἀναφορᾶς, ἡ ὄποια καλεῖται ἀπολυτος ταχύτης εἰσόδου εἰς τὸν δρομέα." Εστω δὲ  $W_1$ , ἡ σχετική ταχύτης διέδονται τοῦ ὑδατος διὰ τῆς  $E_1$ , ὡς πρός τὸ σύστημα ἀναφορᾶς τοῦ στρεψιμού δρομέως μετά σταθερᾶς γωνιακῆς ταχύτητος ω. Βάσει τοῦ διανυσματικοῦ τριγώνου εἰσόδου τῶν ταχυτήτων διὰ τὸ σημεῖον 1, ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας  $E_1$ , ἔχομεν :

$$\overrightarrow{V_1} = \overrightarrow{W_1} + \overrightarrow{U_1} \quad (6.3)$$



**Σχ. 6-18** "Μψις ἐν τοῦ ταμιευτήρος σωληνοειδοῦς ἀντλίας - στροβίλου τῆς παλιρροι-  
ακῆς ἐγκαταστάσεως Rance ἐν Γαλλίᾳ (Βλ. ἐπέσης Σχ. 3-15 καὶ 6-17)."

ἔνσα αἱ ταχύτητες τοῦ ὅδατος ὡς πρᾶς τὴν  $E_1$  συμβολίζονται ὡς οὐταθι :

$V_1$  : ἀπόλυτος ταχύτης εἰσόδου, m/sec

$W_1$  : σχετική ταχύτης εἰσόδου, m/sec

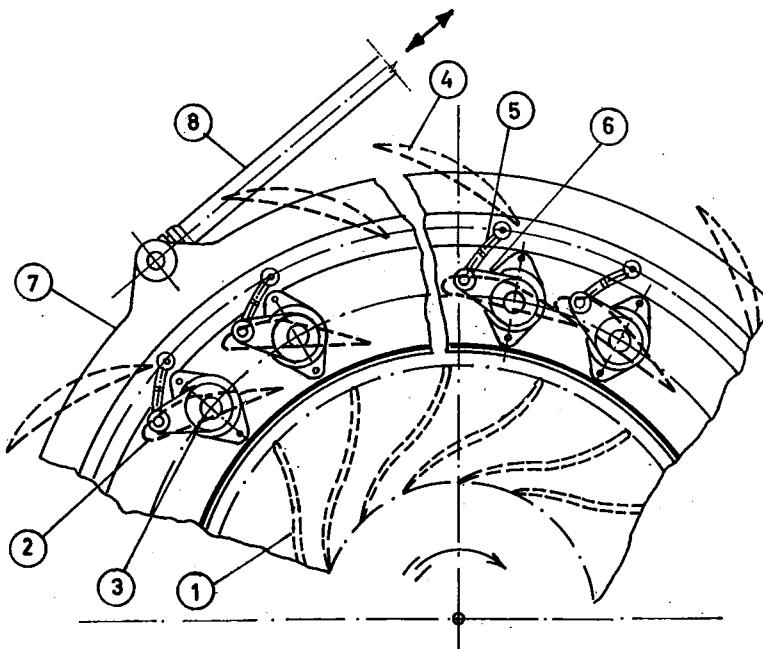
$U_1$  : γραμμική ταχύτης σημείου ἀναφορᾶς 1 ἐπε τοῦ δρομέως, m/sec

Ἡ σχετική ιερησις τοῦ ὅδατος διὰ τοῦ δρομέως ἐν τοῦ σημείου 1, πρᾶς τὸ ση-  
μεῖον 2 ἐπε τῆς ἐσωτερικῆς ἐπιφανείας  $E_2$  τοῦ δρομέως, ἀπεικονίζεται ἐν τῇς χαρα-  
κτηριστικῆς γραμμῆς ροῆς 1-2, ἡ ὅποια ἐφάπτεται τῷ σχετικῷ ταχυτήτων εἰσόδου οαὶ  
οαὶ ἐξόδου  $W_1$  οαὶ  $W_2$  ἀντιστοίχως. Ἡ ἀπόλυτος ιερησις τοῦ ὅδατος διὰ τοῦ δρομέως  
μεταξύ τῶν σημείων 1 οαὶ 2, ἀπεικονίζεται ἐν τῇς χαρακτηριστικῆς γραμμῆς ροῆς ἡ ὅ-  
ποια ἐφάπτεται τῷ σημείῳ ταχυτήτων εἰσόδου οαὶ ἐξόδου  $V_1$  οαὶ  $V_2$  ἀντιστοίχως ὡς  
ἐμφανεται ἐν τῷ Σχ. 6-22. Αἱ χαρακτηριστικαὶ γραμμαὶ ροῆς ὄριζουν τὰς χαρακτη-  
ριστικὰς ἐπιφανείας ροῆς τοῦ ὅδατος, τῷ ὅποιων αἱ γενέτειραι εἰναι εύθεται πα-  
ράλληλοι πρᾶς τρόπονα z .

Διὰ τὸ σημεῖον 2 τῆς ἐπιφανείας  $E_2$ , βάσει τοῦ διανυσματικοῦ τριγώνου ἐξόδου  
τῷ ταχυτήτων, ἵσχει οατ' ἀναλογίαν πρᾶς τὴν (6.3) ἡ οὐταθι σχέσις :

$$\overrightarrow{V_2} = \overrightarrow{W_2} + \overrightarrow{U_2} \quad (6.4)$$

ἔνσα αἱ ταχύτητες τοῦ ὅδατος ὡς πρᾶς τὴν  $E_2$  συμβολίζονται ὡς οὐταθι :



#### ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- |                              |                               |
|------------------------------|-------------------------------|
| (1) ΠΤΕΡΥΓΙΟΝ ΔΡΟΜΕΩΣ        | (5) ΔΙΩΣΤΗΡ                   |
| (2) ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟΝ ΠΤΕΡΥΓΙΟΝ    | (6) ΣΤΡΟΦΑΛΟΣ ΡΥΘΜ. ΠΤΕΡΥΓΙΟΥ |
| (3) ΣΤΡΟΦΕΥΣ ΡΥΘΜ. ΠΤΕΡΥΓΙΟΥ | (7) ΣΤΕΦΑΝΗ ΡΥΘΜΙΣΕΩΣ         |
| (4) ΟΔΗΓΟΝ ΠΤΕΡΥΓΙΟΝ         | (8) ΒΑΚΤΡΟΝ                   |

**Σχ. 6-19** Σχηματική διάταξις τοῦ μηχανισμοῦ τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων.

$V_2$  : ἀπόβλυτος ταχύτης ἐξέδου, m/sec

$W_2$  : σχετική ταχύτης ἐξέδου, m/sec

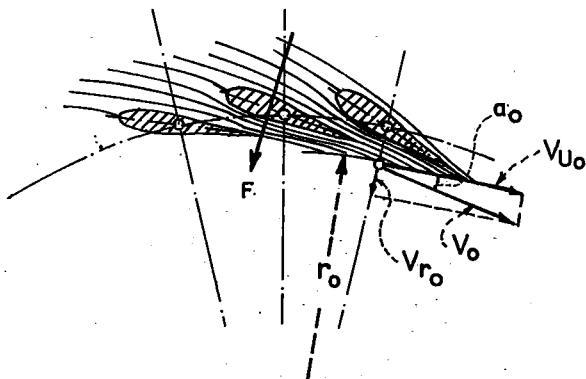
$U_2$  : ,ραμμική ταχύτης σημείου ἀναφορᾶς 2 ἐπει τοῦ δρομέως, m/sec

Αἱ γωνίαι  $\alpha_1$  ιας  $\alpha_2$  τῶν διανυσματικῶν τριγώνων ταχυτήτων ιαλούνται ἀπόβλυτοι γωνίαι . εἰσέδου ιας ἐξέδου τοῦ ̄δατος ἀντιστοίχως. Δια τῆς περιφερειακῆς ταχύτητας ἐν σημείων 1 ιας 2 τοῦ δρομέως ἔχομεν ἀντιστοίχως :

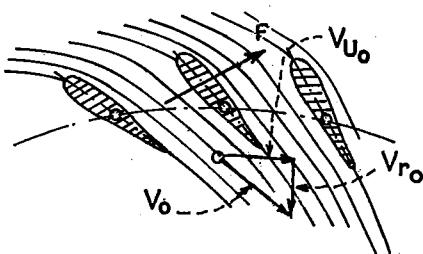
$$U_1 = \omega r_1 \quad \text{ιας} \quad U_2 = \omega r_2 \quad (6.5)$$

γωνιακή ταχύτης, rad/sec ή sec<sup>-1</sup>

τοῦ περιφερειακῆς ταχύτητες τοῦ δρομέως  $U$  ἐκφράζονται συναρτήσει τοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν  $n$ , ως ἐξῆς :



ΕΙΣ ΘΕΣΙΝ 50% ΤΟΥ ΠΛΗΡΟΥΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ



ΕΙΣ ΘΕΣΙΝ ΠΕΡΑΝ ΤΟΥ ΠΛΗΡΟΥΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ

**F:** Συνισταμένη ύδροδυναμικών πιέσεων  
ένεργοςσα ἐπί τοῦ πτερυγίου

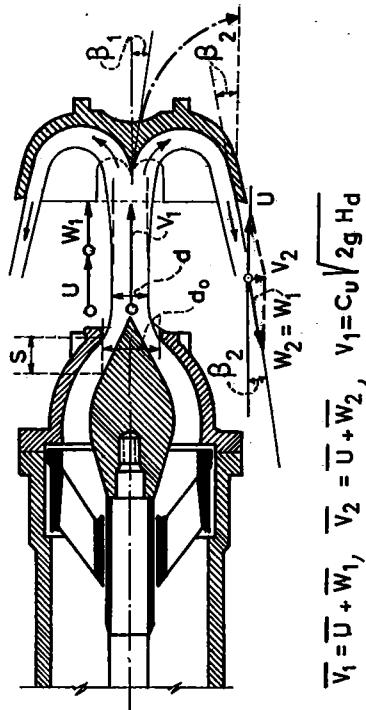
**Σχ. 6-20** Τομαί τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων διὰ διαφόρους θέσεις ἀνοίγματος.

$$U_1 = \frac{\pi D_1 n}{60} \quad \text{καὶ} \quad U_2 = \frac{\pi D_2 n}{60} \quad (6.6)$$

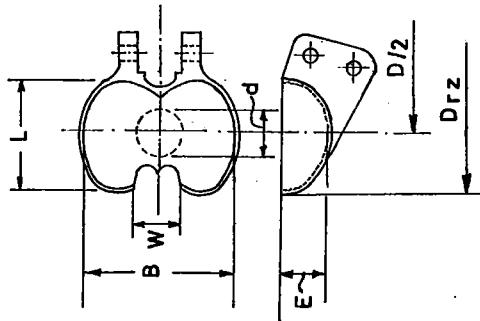
Ἐνθα π : ἀριθμός στροφῶν ἀνά λεπτόν (xpm).

‘Ως ἀνεφερθῆ προηγουμένως διὰ μδνιμον ροήν τοῦ ὕδατος διὰ τῶν κυλινδρικῶν ἐπιφανειῶν  $E_1$  καὶ  $E_2$ , δι’ οἰαδῆποτε σημεῖα 1 καὶ 2 χαρακτηριστικῆς τινᾶς γραμμῆς ροῆς, κεύμενα ἀντιστοίχως ἐπί τῶν ἐπιφανειῶν  $E_1$  καὶ  $E_2$ , αἱ ἀντιστοίχοι ἀπόλυτοι ταχύτητες ροῆς τοῦ ὕδατος θεῖ εἶναι  $V_1$  καὶ  $V_2$ . “Εστα  $dQ$  ἡ στοιχειώδης παροχή ἡ ὁ ἀνά μονάδα χρόνου διερχόμενος ὅγνος τοῦ ὕδατος διὰ τῶν ἐπιφανειῶν  $dE_1$  καὶ  $dE_2$  τῶν στοιχείων 1 καὶ 2 ἀντιστοίχως.

Συμφώνως πρός τὸ θεώρημα τῆς ποσότητος αινήσεως, ἡ ροπή τῆς ποσότητος αινήσεως τοῦ εἰσρέοντος καὶ ἐκρέοντος ὕδατος διὰ μέσου τοῦ δρομέως διὰ τὸ ὑπ’ ὄφιν σύστημα μάζης τοῦ ὕδατος καὶ διὰ συνολικῆν παροχῆν διὰ μέσου τῶν ἐπιφανειῶν  $E_1$  καὶ  $E_2$  (ἡ τῆς εἰς χρόνον τὸ διερχομένης διὰ τῶν ὑπ’ ὄφιν διατομῶν συνολικῆς ποσότητος μάζης τοῦ ρευστοῦ), δέδεται ἐκ τῆς ιδιαίτερης γενικῆς σχέσεως :

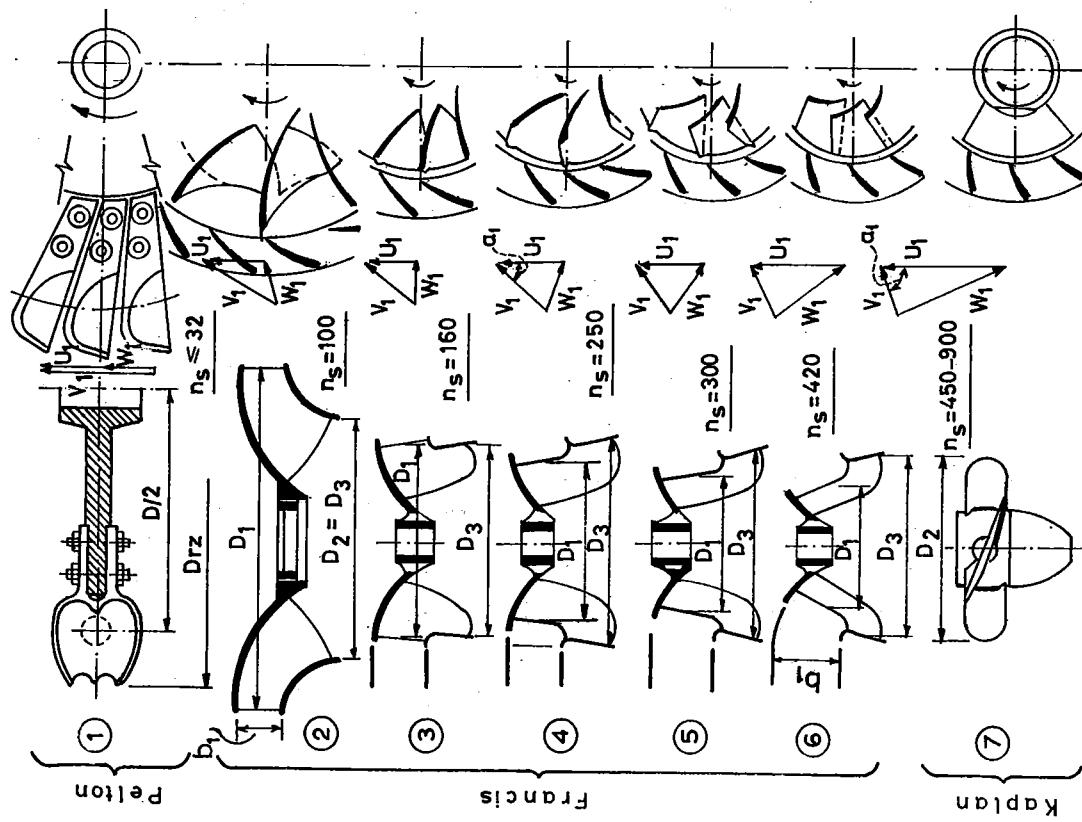


ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΟΝ ΤΡΙΓΩΝΟΝ  
ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ PELTON



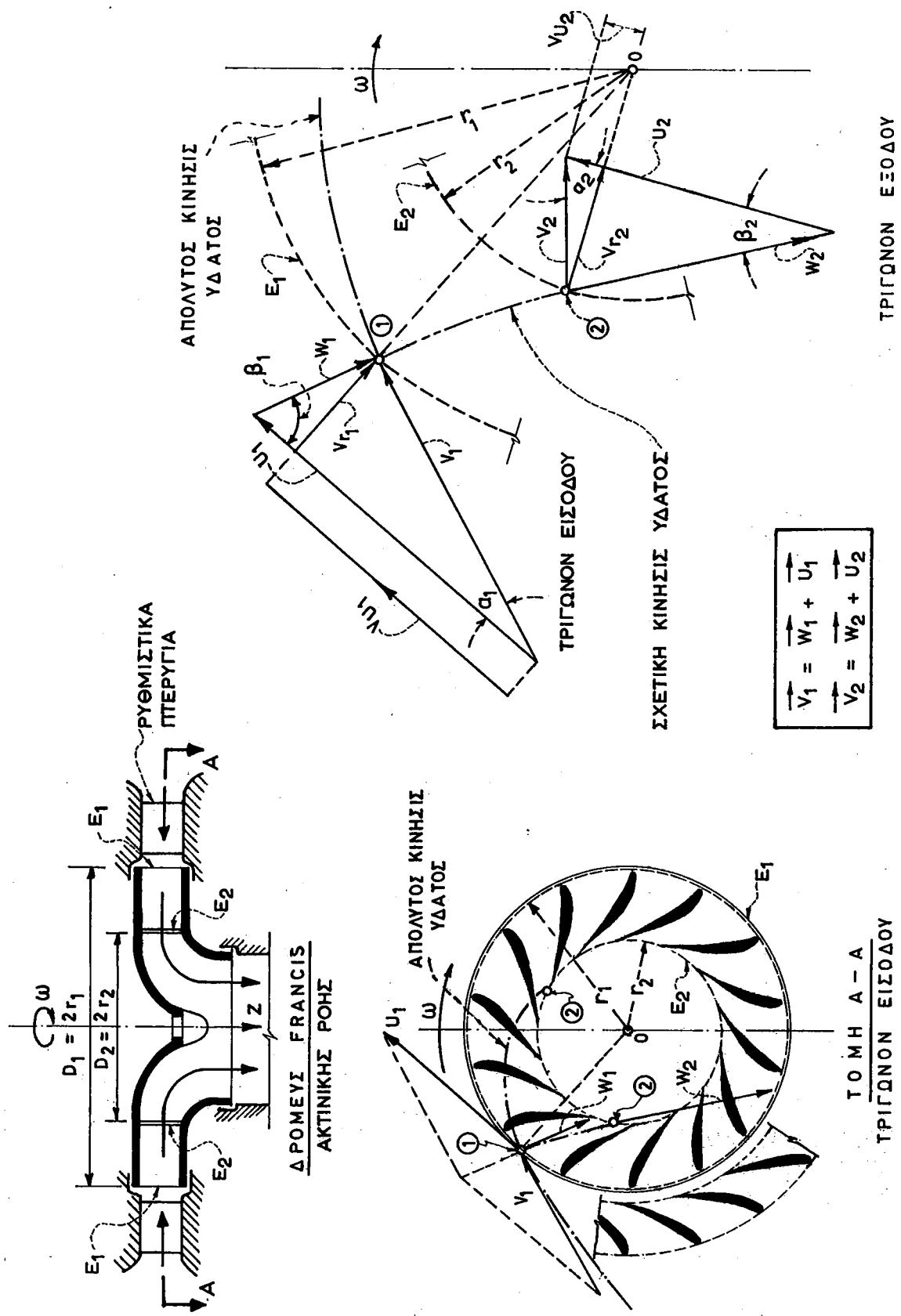
$B = 2,8 - 4,0 d$
$L = 2,5 - 2,8 d$
$E = 0,95 d$
$\beta_1 \sim 3^\circ \div 7^\circ$
$\beta_2 \sim 4^\circ \div 7^\circ$
$W = 1,1 - 1,2 d$

ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ ΜΟΡΦΗΣ ΣΚΑΦΙΔΙΟΥ



ΜΟΡΦΑΙ ΔΡΟΜΕΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΩΝ ηs ΚΑΙ Η

Σκ. 6-21 Μορφαίς δρομέων οι οποίες χρηματοκοπούν παραδοσιαίς τρόπους συμπληρώνουν τριγωνικά υγρά χυτήρων.



Σχ. 6-22 Σχηματική παράστασης την διαγνωματική τριγωνική ταχυτήων δρομέως δικτύων ροής (τύπου Francis).

$$\frac{m}{t} r V = \rho \int_Q r V \sin \alpha dQ \quad (6.7)$$

Ενθα είναι :

$m$  : μάζα ρευστού διερχόμενου μέσω τών έπιφανειῶν  $E_1$  ή  $E_2$  είς χρόνον  $t$ ,  $kg \ sec^2 / m$ .

$\rho$  : πυκνότης τοῦ ύδατος,  $kg \ sec^2 / m^4$

$r$  : απόστασις τοῦ στοιχείου ἐν τοῦ άξονος περιστροφῆς τοῦ δρομέως,  $m$

$V$  : απόλυτης ταχύτης τοῦ ύδατος,  $m/sec$

Όσυνα: περιφερειακή συνιστώσα τής  $V$ ,  $m/sec$

Η ροπή ή όποια έξασκεται υπό τοῦ ύδατος έπει τοῦ δρομέως, βλ. έπισης σχέσιν (6.2), ισούται ως γνωστόν ἐν τής Μηχανικῆς πρᾶς τήν διαφοράν τής ροπῆς τής ποσότητος κινήσεως μεταξύ τών ύπ' ὄψιν έπιφανειῶν  $E_1$  καὶ  $E_2$ , δύναται δε να ένθρασκῇ βάσει τής σχέσεως (6.7) συναρτήσει τών  $V_1$  συνα<sub>1</sub> καὶ  $V_2$  συνα<sub>2</sub> ως κάτωθι :

$$M_R = \rho \int_Q r_1 V_1 \sin \alpha_1 dQ - \rho \int_Q r_2 V_2 \sin \alpha_2 dQ \quad (6.8)$$

Τού δεξιόν σημείος τής σχέσεως (6.8) θεωρεῖται έπισης ως η συστροφή τοῦ ρευστού μεταξύ τής εύρους καὶ έξιδου ἐν τοῦ δρομέως.

Έδει αμφότεροι οι ὄροι  $r_1 V_1 \sin \alpha_1$ ,  $r_2 V_2 \sin \alpha_2$  θεωρηθοῦν ως σταθεροί, η έξισεις (6.8) γράφεται :

$$M_R = \rho Q (r_1 V_1 \sin \alpha_1 - r_2 V_2 \sin \alpha_2) \quad (6.9)$$

Η παραδοχή τής σχέσεως  $r V \sin \alpha = C$  (σταθερά) προκειμένου περὶ μονίμου ροής α-συμπιεστού καὶ μή συνεκτικού ρευστού, σημαίνει ότι η ροή είναι αστροβιλος μετά κυλιοφορίας (irrotational vortex), ύπονοεῖται δε ότι δι' απόσας τάς γραμμάς ροής έκαστης διατομῆς τοῦ όλου ρεύματος φορτίον παραμένει σταθερόν.

Η αποδειδομένη η ώφελιμος ίσχυς τοῦ δρομέως  $I_R$  δύναται να ένθρασκῇ συναρτήσει τοῦ έσωτερου ύψους τοῦ δρομέως  $H_R$ , βάσει τών σχέσεων (6.2), (6.73) καὶ (1.4), όπου  $\eta_\sigma \sim \eta_h$ , ως έξης :

$$I_R = M_R \omega = \gamma Q H_R \quad (6.10)$$

Η σχέσις μεταξύ τών  $H_R$  καὶ  $H_\eta$  είναι ζεταίρης έπισης είς τοῦ Σχ. 6-27.

Διαδικασμόν τών σχέσεων (6.5), (6.9) καὶ (6.10) καὶ δια  $\gamma = \rho g$  θα έχω μεν :

$$H_R = \frac{U_1 V_1 \sin \alpha_1 - U_2 V_2 \sin \alpha_2}{g} \quad (6.11)$$

Η σχέσις (6.11) αντιπροσωπεύει τήν γνωστήν έξισην Euler καὶ ισχύει δι' οίαγδρηποτε κινητήριον στροβιλομηχανήν.

Η έξιση της Euler δέδει τοῦ διαθέσιμον ύψος ένεργειας δια μέσου τοῦ δρομέως τήν μεταβολήν τής όλης ένεργειας τοῦ ρευστοῦ, συμπεριλαμβανομένων καὶ τών απωλειῶν ένεργειας δια ροήν από  $E_1$  εἰς  $E_2$ , η όποια μετατρέπεται εἰς μηχανικόν έργον περιστροφῆς τοῦ δρομέως.

Η σχέσις (6.11) δύναται να γραφῇ έπισης ως κάτωθι, βλ. καὶ Σχ. 6-22 :

$$H_R = \frac{U_1 V_{U_1} - U_2 V_{U_2}}{g}$$

.6.1

Έκ τοῦ Σχ. 6-22, λαμβάνοντες ύπ' ὄψιν τὰ διανυσματικά τριγωνα ταχυτήτων εἰσδόου καὶ ἔξερδου τοῦ δρομέως, ἔχομεν :

$$\begin{aligned} W_1^2 &= U_1^2 + V_1^2 - 2U_1 V_1 \sin \alpha_1 \\ \text{καὶ} \quad W_2^2 &= U_2^2 + V_2^2 - 2U_2 V_2 \sin \alpha_2 \end{aligned} \quad (6.13)$$

Διαδ συνδυασμοῦ τῶν σχέσεων (6.11) καὶ (6.13) εὑρίσκομεν τὴν σχέσιν :

$$H_R = \frac{U_1^2 - U_2^2}{2g} + \frac{V_1^2 - V_2^2}{2g} - \frac{W_1^2 - W_2^2}{2g} \quad (6.14)$$

Ἐνθα εἶναι :

$\frac{U_1^2 - U_2^2}{2g}$  : μεταβολὴ τοῦ πιεζομετρικοῦ ὑψους, ἡ ὁποία ὀφείλεται εἰς τᾶς φυγοκεντρικᾶς δυνάμεις λόγῳ ουκλοφορίας, π.

$\frac{V_1^2 - V_2^2}{2g}$  : μεταβολὴ τοῦ ὑψους τῆς ιινητικῆς ἐνεργείας, π

$\frac{W_1^2 - W_2^2}{2g}$  : μεταβολὴ τοῦ πιεζομετρικοῦ ὑψους, ἡ ὁποία ὀφείλεται εἰς τὴν μεταβολὴν τῆς σχετικῆς ταχύτητος, π

Αἱ σχέσεις (6.12) καὶ (6.14) θεωροῦνται ὡς βασικαὶ διὰ τὴν λειτουργίαν τῶν στροβίλων διὰ διαφρόνων τεμάς τῶν μεταβλητῶν  $Q$ ,  $w$ ,  $H_R$ .

Διὰ τὴν περιπτωσιν καθ' ᾧ η ροπή τῆς ποσούτητος ιινήσεως ἡ η συστροφή εἰς τὸ σημεῖον ἔξερδου τοῦ ὕδατος εἶναι μηδέν, ἥτοι  $V_{U_2} = 0$ , η  $\alpha_2 = 90^\circ$ , η σχέσις (6.12) γράφεται :

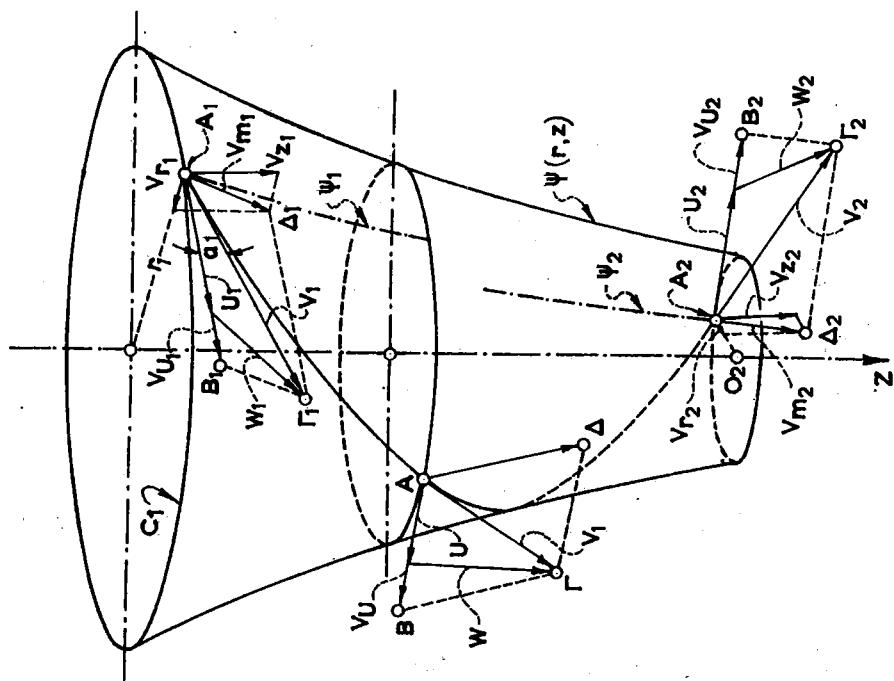
$$H_R = \frac{U_1 V_{U_1}}{g} \quad (6.15)$$

Κατὰ τὴν λειτουργίαν τῶν στροβίλων ὑπὸ μεγιστον βαθμὸν ἀποδδειώσῃ ποσούτης  $V_2$  συναῳ ἡ  $V_{U_2}$  εἶναι πολὺ μικρά, θεωρουμένη ὡς ἀμελητέα. Η σχέσις (6.15) εἶναι ἐπομένως χαρακτηριστική τῆς καταστάσεως ταύτης λειτουργίας τοῦ στροβίλου.

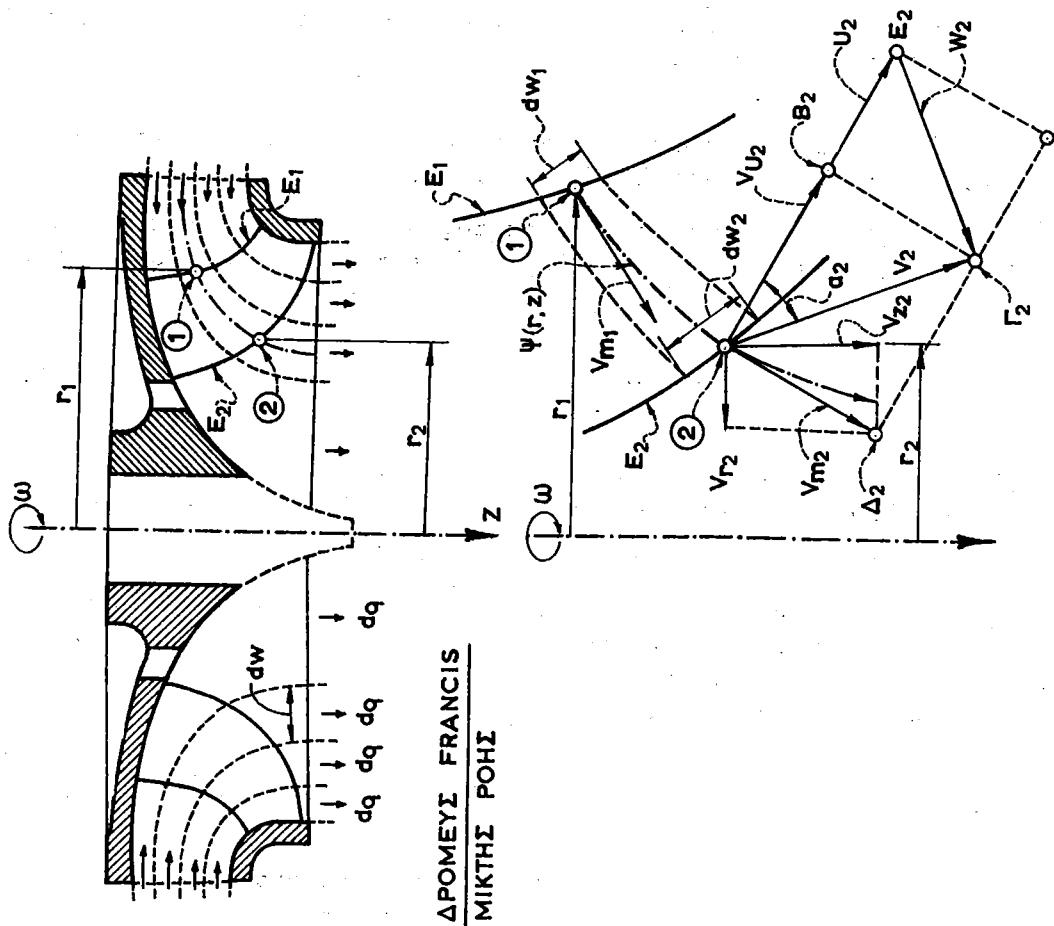
Η διαμέρφωσις τῶν πτερυγίων τοῦ δρομέως ἔξαρτᾶται ἐν τῇς μεσησ χαρακτηριστικῆς ἐπιφανείας ροπῆς ἡ ὁποία ὀρίζεται ἐν τῇς σχετικῆς ιινήσεως τοῦ ὕδατος διὰ μεσου τοῦ δρομέως, ὡς λ.χ. προιειμένου περὶ τῆς γραμμῆς ροπῆς τοῦ ὕδατος μεταξύ τῶν σημείων 1 καὶ 2 ὡς ἐμφαίνεται ἐν τῷ Σχ. 6-22.

Έκ τῆς σχέσεως (6.15) καὶ τοῦ διανυσματικοῦ τριγωνού ταχυτήτων εἰσόδου τοῦ Σχ. 6-22 εἶναι προφανῆς ἡ ἐπέδρασις τοῦ  $H_R$  ἐπὶ τῆς περιφερειακῆς ταχύτητος τοῦ δρομέως  $U_1$ , ὡς καὶ ἐπὶ τῶν  $V_1$  καὶ  $W_1$ .

Αἱ ἀνωτέρω θεωρητικαὶ ἀρχαὶ αἱ χαρακτηριζουσαι τὴν λειτουργίαν δρομέως καθαρῶς ἀκτινηκῆς ροπῆς δύναται να ἐφαρμοσθοῦν ἐπίσης καὶ ἐπὶ δρομέως μικτῆς ροπῆς εἰς τὸν ὁποῖον αἱ ἐπιφάνειαι  $E_1$  καὶ  $E_2$  δεν εἶναι ουλινδρικαὶ, ἀλλὰ ἐν περιστροφῆς συμμετρικαὶ περὶ τὸν κατακρυφον ἀξονα περιστροφῆς τοῦ δρομέως. Αἱ ἐπιφάνειαι αὐτοῦ

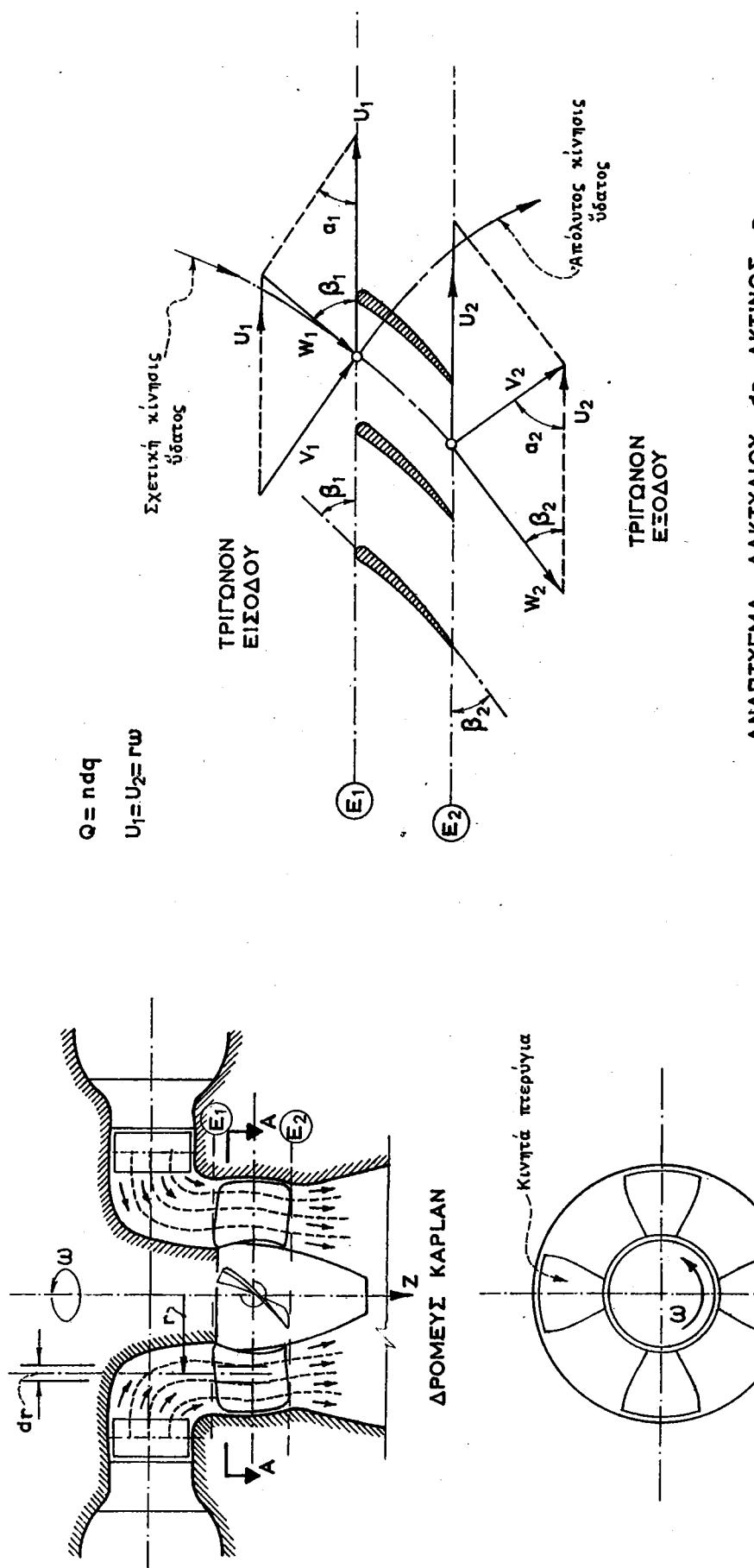


ΣΧ. 6-23-2



ΣΧ. 6-23-1

**ΣΧ. 6-23** Σχηματική παράσταση διανομές ταχυτής σε μια αντίδιαφανή κατεύθυνση στον περιφερειακό χώρο για έναν φρανσίσιο ροτόρα με μικτή ροή.



**Σχ. 6-24.** Σχηματική παρέσταση τῶν διανυσματικῶν τριγώνων παραγόντων δρομεών ροής (της που Καρλαν).

ταυ ἔχουν διαμορφωθῆ ιαταλλήλως καὶ τέμνουν ταῦ τοιχώματα τοῦ δρομέως ὡς ἐμφαῖνε - ταυ εἰς τὸ Σχ. 6-23-1, ὅπου αἱ Ε<sub>1</sub>, καὶ Ε<sub>2</sub>, ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰς μεσημβρινάς τομάς τῶν ὑπ' ὄφιν ἐπιφανειῶν. Αἱ χαρακτηριστικαὶ ἐπιφάνειαι ροῆς τοῦ ὑδατος δια μεσου τοῦ δρομέως εἶναι χοανοειδεῖς ἐπιφάνειαι ἐπίσης ἐκ περιστροφῆς συμμετρικαὶ περὶ τὸν ἄξονα τοῦ. Αἱ γενέτειραι τῶν ἐπιφανειῶν αὐτῶν ὄργανονται ἐκ τῶν μεσημβρινῶν γραμμῶν ροῆς ψ (x, z). Δια διαροβίλουσι μικτῆς ροῆς ή διανομῆς τῆς ἀπολύτου ταχύτητος τοῦ ὑδατος, χαρακτηρίζεται ἐκ τῶν συνιστωσῶν V<sub>u</sub> καὶ V<sub>r</sub> καὶ τῆς ἀξονικῆς συνιστώσης V<sub>z</sub>. Η διανομῆς ἀφ' ἑτέρου τῆς ἀπολύτου ταχύτητος V, τῆς περιφερειακῆς U καὶ τῆς σχετικῆς ταχύτητος W μεταβάλλεται ἐν γένει ιατρικοῖς μῆκος τῶν μεσημβρινῶν τομῶν Ε<sub>1</sub>, καὶ Ε<sub>2</sub>. Κατ' ἀντιστοιχίαν πρός τὸν δρομέα ἀκτινικῆς ροῆς, βλ. Σχ. 6-22, η σχετική ιερησις τοῦ ὑδατος δια τοῦ δρομέως μικτῆς ροῆς, δύναται ν' ἀπεικονισθῇ δια τῶν τοπικῶν τριγωνῶν εἰσόδου, ἀντιστοιχούντων εἰς μεσημβρινήν γραμμήν χοανοειδοῦς τινᾶς ἐπιφανείας ροῆς λαμβανομένης δε ἐπὶ πλεόν ὑπ' ὄφιν καὶ τῆς ἀξονικῆς συνιστώσης V<sub>z</sub>.

Θεωρήσωμεν τὴν χοανοειδῆ ἐπιφάνειαν ροῆς προβαλλομένην ἐν μεσημβρινῇ τομῇ δια τῆς ιαμπύλης 1-2. Τοῦ σημεῖα 1 καὶ 2 κεῖνται ἐπὶ τῶν ἐπιφανειῶν Ε<sub>1</sub>, καὶ Ε<sub>2</sub> τοῦ δρομέως ὡς εἰκονίζεται εἰς τὸ Σχ. 6-23-1. Ἐπὶ τοῦ σχήματος διακρίνομεν ἐπίσης ὅτι η ἐπιφάνεια αὐτῆ δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς η μεσημβρινῶν τομῶν σωλήνης ροῆς στοιχειῶδους πλάτους dW<sub>1</sub> καὶ dW<sub>2</sub> εἰς τὰς θέσεις 1 καὶ 2 ἀντιστοιχίας. Αἱ γενέτειραι τῶν περιβαλλουσῶν χοανοειδῶν ἐπιφανειῶν τοῦ σωλήνης δια τῆς 1-2 η δια τῆς ἐν περιστροφῆς χοανοειδοῦς ἐπιφανείας ψ (x, z) καὶ ψ<sub>2</sub> (x, z). Ο σωλήνη ροῆς ἀποτελεῖ τότε τὸν στοιχειῶδη δρομέα. Ο στοιχειῶδης δρομεύς δύναται νὰ ἀπεικονισθῇ δια τῆς μεσημβρινῆς χοανοειδοῦς ἐπιφανείας δια τῆς 1-2 η δια τῆς ἐν περιστροφῆς χοανοειδοῦς ἐπιφανείας ψ (x, z) εἰκονίζεται εἰς τὸ Σχ. 6-23-2. Ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ταύτης δεικνύεται στοιχειῶδες ροῦνδην νῆμα τοῦ ὄποιον ἀπεικονίζεται δια τῆς στρεβλῆς ιαμπύλης A<sub>1</sub>AA<sub>2</sub>. Η ἀπόλυτος ταχύτης V μορίου ὑδατος διαγράφοντος τὴν A<sub>1</sub>AA<sub>2</sub> εἰς οἰονδήποτε σημεῖον ταύτης A ἀπεικονίζεται δια τοῦ διανυσματος ΑΓ, τὸ ὄποιον ἐφάπτεται τῆς A<sub>1</sub>AA<sub>2</sub>. Τοῦ ΑΓ κεῖται ἐπίσης ἐπὶ τοῦ ὄπειρον τοῦ ὄποιον ἐφάπτεται ἐπὶ τῆς χοανοειδοῦς ἐπιφανείας εἰσόδου τοῦ δρομέως Ε<sub>1</sub>, τὸ ἐπειρεδον τοῦτο δια τῶν εὐθειῶν A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>, καὶ A<sub>1</sub>Δ<sub>1</sub>, ἐκδιποτη τῶν ὄποιων ἐφάπτεται ἀντιστοιχίας τοῦ ιανλού C<sub>1</sub>, καὶ τῆς μεσημβρινῆς γραμμῆς ψ<sub>1</sub>. Αἱ A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>, καὶ A<sub>1</sub>Δ<sub>1</sub>, σχηματίζουν προφανῶς ὄρθην γωνίαν. Η ἀπόλυτος ταχύτης V, ἔχει ὡς συνιστώσας τὴν περιφερειακήν ταχύτητα V<sub>u1</sub> = A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>, καὶ τὴν μεσημβρινήν ταχύτητα V<sub>m1</sub>. Εἰς τὸ σημεῖον A<sub>1</sub> η ἀπόλυτος ταχύτης, συμφώνως πρός τὸ τριγωνον ταχυτήτων εἰσόδου, δύεται ἐκ τῆς ιατρικῆς σχέσεως :

$$\vec{V}_1 = \vec{V}_{u_1} + \vec{V}_{r_1} + \vec{V}_{z_1} \quad (6.16)$$

Ἐνθα εἶναι :

$$\vec{V}_{u_1} = A_1B_1 = \vec{V}_1 \text{ συνα}_1, \quad \vec{V}_{m_1} = A_1\Delta_1 = \vec{V}_{r_1} + \vec{V}_{z_1} \quad (6.17)$$

Κατ' ἀναλογίαν εἰς τὸ σημεῖον A<sub>2</sub>, θα ἔχωμεν :

$$\vec{V}_2 = \vec{V}_{u_2} + \vec{V}_{r_2} + \vec{V}_{z_2} \quad (6.18)$$

Ἐνθα εἶναι :

$$\vec{V}_{u_2} = A_2B_2 = \vec{V}_2 \text{ συνα}_2, \quad \vec{V}_{m_2} = A_2\Delta_2 = \vec{V}_{r_2} + \vec{V}_{z_2} \quad (6.19)$$

Η διανομῆ τῶν ταχυτήτων V, U καὶ W ἐμφαῖνεται εἰς τὸ Σχ. 6-23-2. Κατ' ἀναλογίαν πρός τὰ ἀνωτέρω δυνάμεις ἐπίσης νὰ προσδιορίσωμεν τὴν διανομῆν ταχυτήτων εἰς τὰ σημεῖα 1 καὶ 2 τῆς ιαμπύλης 1-2 δια τῆς εἰκονιζομένην περίπτωσιν τοῦ Σχ. 6-23-1.

Δυνάμεις έπομενως να προσδιαρύσσαμεν παραμοίως πρός τα δύνατερα, την διανομήν τῶν ταχυτήτων V, U, W, βλ. Σχ. 6-23-1, είς τα σημεῖα εἰσόδου καὶ ἔξοδου 1 καὶ 2 ἀντιστοίχως, χωρονοειδοῦς τινός ἐπιφανείας ροῆς, ἡ ὄποια ὑρίζεται ἐν μεσημβρινῇ τομῇ διὰ τῆς καμπύλης 1-2. Διὰ τόν στοιχειώδη δρομέα μικτῆς ροῆς ἵσχουν ἐπίσης καὶ ἀναλογίαν πρός τούς δρομεῖς ἀκτινικῆς ροῆς αἱ βασικαὶ σχέσεις Euler, ἐξισώσεις (6.11) καὶ (6.12).

Ἐν τῷ Σχ. 6-24, ἐμφαίνεται ἡ μορφὴ δρομέως μετὰ ινητῶν πτερυγίων, ἀξονικῆς ροῆς. Αἱ χαρακτηριστικαὶ ἐπιφάνειαι ροῆς δύναται να θεωρηθοῦν ἐν γένει οὐλινδρικαὶ, ὅπότε ἡ ἀκτινικὴ συνιστῶσα  $V_x$  τῆς ἀπολύτου ταχύτητος  $V$ , ἴσοῦται πρός μηδέν. Ἐάν θεωρήσωμεν ὅτι αἱ χαρακτηριστικαὶ οὐλινδρικαὶ ἐπιφάνειαι ροῆς ἀπέχουν ἀλλήλων κατὰ τὴν στοιχειώδη ἀπόστασιν διὰ καὶ ὅτι αἱ ἐπιφάνειαι  $E_1$ , καὶ  $E_2$  δύνανται να ληφθοῦν ὡς ἐπίπεδοι, τὰ διανυματικά τρέγανα ταχυτήτων εἰσόδου καὶ ἔξοδου ἀπεικονίζονται ὡς δεινούστατα εἰς τὸ Σχ. 6-24. Αἱ περιφερειακαὶ ταχύτητες εἰσόδου καὶ ἔξοδου  $U_1$ , καὶ  $U_2$  ἀντιστοίχως διὰ οὐλινδρικήν ἐπιφάνειαν ροῆς ἀκτινοῦ  $r$ , παραμένουν σταθεραὶ, ὅπότε ἐν τῆς σχέσεως (6.12) διὰ  $U = U_1 = U_2 = w$  ἔχομεν :

$$H_R = U \frac{(V_{U_1} - V_{U_2})}{g} \quad (6.20)$$

### 6.5.2 Στρόβιλοι Δράσεως

Ἐν τῷ Σχ. 6-12, ἐμφαίνεται ἡ διαταξις στροβίλου δράσεως μεθ' ἑνός ἀκροφυσίου. Τὸ ὕδωρ προσάγεται ἐφαπτομενικῶς μέσψ τοῦ ἀκροφυσίου πρός τόν δρομέα καὶ ἐκτοξεύεται ὑπὸ μορφῆς δέσμης, ἡ ὄποια προσκρούει ταυτοχρόνως ἐπὶ δύο ἔως τριῶν σημαφιδῶν, τοῦ δρομέως οὕτω περιστρεφομένου. Ἡ προσβολὴ τῶν δρομέων ὑπὸ τοῦ ὕδατος εἶναι μερικῇ ἐν ἀντιθέσει πρός τούς δρομεῖς τύπου ἀντιδράσεως οἱ ὄποιοι θεωροῦνται δρομεῖς διακτικῆς προσβολῆς.

Ἐν τῷ Σχ. 6-21 ἐμφαίνεται σηματικῶς ἡ διαταξις ἀκροφυσίου καὶ σημαφιδῶν τινος, ἔνθα τὸ ὕδωρ ἐκτοξεύεται διὰ μέσου τοῦ ἀκροφυσίου ἐλευθέρως ὑπὸ μορφῆς λεπτῆς δέσμης, ἀπολύτου ταχύτητος  $V'$ . Διὰ μετακινήσεως τῆς ουλητῆς βελόνης τοῦ ἀκροφυσίου ἡ ἐλευθέρα διατομή ἐκτοξεύεται τῆς δέσμης ὕδατος μεταβάλλεται. Ἡ διατομὴ τῆς δέσμης εἶναι θεωρητικῶς οὐλική.

Ἡ δέσμη τοῦ ὕδατος προσβάλλει τὸ σημαφίδιον ἐπὶ τῆς μεσαίας διαχωριστικῆς του ἀκμῆς καὶ διαχωρίζεται εἰς δύο τμήματα. Κατὰ τόν διαχωρισμὸν τῆς δέσμης ὑπὸ τῆς ἀκμῆς τοῦ σημαφιδῶν, ἔκαστον τμῆμα τῆς δέσμης λαμβάνει τὴν μορφὴν τῆς ἐλλειψοῦ - διοῖς ἐπιφανείας τοῦ σημαφιδῶν. Ἡ δέσμη περατερῶς ἐκτρέπεται ἐν τοῦ σημαφιδῶν συμμετρικῶς καὶ ὑπὸ γωνίαν  $180^\circ - \beta_2$  ὡς πρός τόν ἀξονα τοῦ σημαφιδῶν. Ἡ ἀπόλυτος ταχύτης ἐξόδου, τῆς δέσμης  $V_2$  εἶναι κατὰ πολὺ μικροτέρα τῆς  $V_1$ , καὶ ἐξαρτᾶται ἐν τῆς γωνίας  $\beta_2$  ἡ ὄποια συνήθως λαμβάνεται ἀπὸ  $3^\circ$  ἕως  $7^\circ$ .

Ἡ ροή τῆς δέσμης καθ' ὅλην τὴν διαδρομήν ταύτης μετά τὴν ἔξοδον τῆς ἐν τοῦ ἀκροφυσίου γίνεται ὑπὸ ἀτμοσφαιρικήν πίεσιν, ἡ δε οὐλητικὴ διατομὴ τῆς δέσμης μεταοῦται ἀμεσως μετά τῆς ἔξοδον. Ἡ διατομὴ τῆς δέσμης μετά ταῦτα αὐξάνει μέχρι τοῦ διαχωρισμοῦ της ὑπὸ τοῦ σημαφιδῶν. Ἡ σχετικὴ ταχύτης τοῦ ὕδατος κατὰ τὴν ροήν διὰ τοῦ σημαφιδῶν παραμένει σταθερά, ἔχομεν δέ  $W_1 = W_2$ , βλ. Σχ. 6-21. Ἡ μορφὴ τοῦ δρομέως δράσεως εἶναι ἀξονικῆς ροῆς.

Ὑπό τῆς προϋπόθεσιν μονόμου ροῆς ἐπὶ ἐπιπέδου τὸ ὄποιον εὑρίσκεται εἰς ἀπόστασιν  $r_0$  καὶ  $\alpha_1 = 0^\circ$ , ἡ ἀναπτυσσομένη ροή τηρεψεως ἐπὶ τοῦ δρομέως διέδεται, βάσει τῆς σχέσεως (6.9). ἔνθα  $r_1 = r_2 = r_0$ , ἐν τῆς καταστάσει σχέσεως :

$$M_R = \rho Q r_0 (V_1 - V_2 \sin \alpha_2) \quad (6.21)$$

κατ'  $M_R = \rho Q r_0 (V_1 - U + W_2 \sin \beta_2) \quad (6.22)$

Διεύ  $U = r_0 \omega$ , ή όποιας της στρεφομένης ατράκτου τού δρομέως παραλαμβανομένη ώφελιμος ίσχυς  $I_R$ , θα είναι :

$$I_R = M_R \omega = \rho Q U (V_1 - U + W_2 \sin \beta_2) \quad (6.23)$$

Το ώφελιμον υψος τού δρομέως δύναται να έκφρασθη αναλόγως προς τήν σχέσιν (6.11) ώς εξής :

$$H_R = \frac{U (V_1 - U + W_2 \sin \beta_2)}{g} \quad (6.24)$$

Λαμβάνοντες όπ' όψιν τήν έπειδρασιν της έπιφανειακής αντιστάσεως τού σκαφεδίου κατά τήν ροήν τού ύδατος διεύ τού σκαφεδίου έχομεν :

$$W_2 = k (V_1 - U) \quad (6.25)$$

Ένθα  $k$  συντελεστής, οσος περιπου προς 0,90.

Διεύ συνδυασμού τών σχέσεων (6.24) κατ' (6.25) έχομεν τήν γενικήν σχέσιν :

$$H_R = \frac{U}{g} (V_1 - U) (1 + k \sin \beta_2) \quad (6.26)$$

Διεύ  $\beta_2 = 0$ , κατ'  $k = 1,0$  έχομεν  $\max(1 + k \sin \beta_2) = 2$  κατ' ή σχέσις (6.26) γράφεται :

$$H_R = \frac{2U(V_1 - U)}{g} \quad (6.27)$$

Η συνθήκη καθηγή  $\beta_2 = 0$  δεν δύναται να έφαρμοσθη από πρακτικής απόφεως, καθ' ότι τού ύδωρ δεν θα δύναται να διελθῃ διεύ τού έπομένου σκαφεδίου. Συνήθως η γωνία  $\beta_2$  λαμβάνεται οση προς  $7^{\circ}$ .

Η βελτίστη περιφερειακή ταχύτης  $U$ , ητοι ή λειτουργία τού δρομέως ώποδ μέγιστον  $H_R$  ή όποιας τήν μεγιστην αποδιδομένης ίσχυος  $I_R$ , δεδεται έκ τών καταθετικών σχέσεων :

$$\frac{dH_R}{dU} = \frac{2(V_1 - 2U)}{g} = 0 \quad \text{ή} \quad U = \frac{V_1}{2} \quad (6.28)$$

Διεύ συνδυασμού τών σχέσεων (6.27) κατ' (6.28), έχομεν :

$$H_R \approx \frac{2U^2}{g} \quad (6.29)$$

Διεύ  $U = W_1 = W_2$  κατ'  $\beta_2 \approx 0$ , ή σχέσις (6.23) γράφεται ώς εξής :

$$I_R \approx 2\rho U^2 Q \quad (6.30)$$

Αν ανωτέρω σχέσεις (6.27) έως (6.30) δεν ανταποκρίνονται πλήρως είς της έντη πράξει συνθήκας, λειτουργίας τών στροβίλων δράσεως, λόγη της αντιστάσεως τών

σημαφοριδών κατ' αυτήν την άπωλειάν ένεργειας κατά τήν περιστροφήν του δρομέως. Η βελτίστη περιφερειακή ταχύτης διατίθεται σε μετρητόν βαθμόν αποδόσεως, βλ. έπεισης πεντακά 6.1., μεταβλητού μεταξύ των κατωθι τιμών :

$$U = (0,42 \sim 0,47) V_1 = (0,42 \sim 0,47) \sqrt{2gH_n} \quad (6.31)$$

Ένσα  $H_n$  δηλούται το ώφελιμον ύψος πτώσεως, βλ. σχέση (6.68) κατ' Σχ. 6-26.

### 6.5.3 Συντελεστής Περιφερειακής Ταχύτητος

Η περιφερειακή ταχύτης του δρομέως  $U_1$ , διατίθεται είσοδου  $D_1$ , βλ. Σχ. 6-22, 6-23 κατ' 6-51, δύναται να έκφρασθη γενικώς βάσει τής σχέσεως (6.31) διατίθεται σχέσεως :

$$U_1 = \varphi_1 \sqrt{2gH_n} \quad (6.32)$$

Ο συντελεστής  $\varphi_1$ , διατίθεται περιστρεφόμενον υπό σταθεράν γωνιακήν ταχύτηταν, έκφραζεται τόν λόγον τής περιφερειακής ταχύτητος σημείου τινά του δρομέως είναι απόστασιν  $x_1$  έντο τού αξονος περιστροφής του δρομέως πρός τήν θεωρητικήν ταχύτηταν του υδατος (sprouting velocity)  $V_1$ . Διατίθεται ώφελιμον ύψος πτώσεως  $H_n$  θα έχωμεν  $V_1 = \sqrt{2gH_n}$ .

Ο συντελεστής φ καλείται καλείται γενικώς συντελεστής περιφερειακής ταχύτητος διατίθεται ύπο σπιν διάμετρον του δρομέως (speed coefficient "velocity ratio" "peripheral coefficient"). Ο συντελεστής φ θεωρείται ως χαρακτηριστική αδιαστατος παράμετρος τής λειτουργίας τών διαφόρων τύπων στροβίλων. Ο συντελεστής περιφερειακής ταχύτητος φ<sub>3</sub> αντιστοιχεί είσι τήν διάμετρον έξοδου  $D_3$  του δρομέως κατ' χρησιμοποιείται είσι τόν προσδιορισμόν τής χαρακτηριστικής ταύτης διαμέτρου τών στροβίλων αντιδράσεως.

Η περιφερειακή ταχύτης του δρομέως  $U_1$  έκφραζεται συναρτήσει του αριθμού στροφών του δρομέως ανά λεπτόν  $n$ , ώς έξης :

$$U_1 = \frac{\pi D_1 n}{60} \quad (6.33)$$

Διατίθεται συνδυασμόν τών σχέσεων (6.32) κατ' (6.33), ο συντελεστής φ έκφραζεται είσι τό μετρικόν σύστημα μετρήσεως ως έξης :

$$\varphi_1 = \frac{\pi D_1 n}{60 \sqrt{2gH_n}} = \frac{D_1 n}{85 \sqrt{H_n}} \quad (6.34)$$

Ένσα :  $g = 9,81 \text{ m/sec}^2$

Διατίθεται βρεττανικόν σύστημα μετρήσεως, ένσα αίσι μεταβλητάν  $D_1$  κατ'  $H_n$  έκφραζονται είσι feet, έχομεν :

$$\varphi_1 = \frac{D_1 n}{153 \sqrt{H_n}} \quad (6.35)$$

Διατίθεται τήν χαρακτηριστικήν διάμετρον έξοδου του δρομέως  $D_3$ , βλ. Σχ. 6-51, κατ' αναλογίαν πρός τάς σχέσεις (6.34) κατ' (6.35) διατίθεται μετρικόν κατ' βρεττανικόν σύστημα μετρήσεως, έχομεν αντιστοίχως :

$$\varphi_3 = \frac{D_3 n}{85 \sqrt{H_n}} \quad (6.36)$$

καὶ

$$\varphi_3 = \frac{D_3 n}{153 \sqrt{H_n}} \quad (6.37)$$

Αἱ διαμετροι τοῦ δρομέως  $D_1$ ,  $D_3$  δύνανται νᾶ προσδιορισθοῦν ἐκ τῶν σχέσεων (6.34) ἔως (6.37) ἐφ' ὅσον γνωρίζομεν ἀντιστοίχως τοὺς συντελεστάς  $\varphi_1$ , καὶ  $\varphi_3$ , ὡς καὶ τάς μεταβλητάς  $H_n$  καὶ π.

Ωἱ συντελεσταὶ  $\varphi_1$ ,  $\varphi_3$  δύνανται ἐπίσης νᾶ ἐκφρασθοῦν συναρτήσει τοῦ εἰδικοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν  $n_s$ , προκειμένου περὶ στροβίλων ἀντιδράσεως, βάσει τῶν ἐμπειριῶν σχέσεων (6.133) ἔως (6.136). Τό διάγραμμα τοῦ Σχ. 6-51 ἐκφράζει τὴν μεταβολήν τῶν  $\varphi_1$ , καὶ  $\varphi_3$  συναρτήσει τοῦ  $n_s$ . Ἐν τοῦ διαγράμματος παρατηροῦμεν ὅτι οἱ συντελεσταὶ  $\varphi_1$ , καὶ  $\varphi_3$  μεταβάλλονται : (α) ἀπὸ 0,72 ἔως 0,85 καὶ (β) ἀπὸ 0,50 ἔως 1,88, ἀντιστοίχως.

Ωἱ συντελεσταὶ περιφερειακῆς ταχύτητος διὰ στροβίλους ἀντιδράσεως καὶ δράσεως ἐκφράζονται ἐπίσης διὰ τῶν σχέσεων (6.139) καὶ (6.166) ἀντιστοίχως.

Διὰ στροβίλους δράσεως ὡς ἀνεφέρθη ἐν παρ. 6.5.2 αἱ τιμαὶ φ μεταβάλλονται μεταξὺ τοῦ 0,42 καὶ 0,47, ὡς ἐμφανεῖται καὶ ἐκ τοῦ ιδίου ιδίωτος πίνακος :

ΤΙΝΑΞ 6.1 - ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΟΥ ΠΕΡ. ΤΑΧΥΤΗΤΟΣ ΣΤΡΟΒΙΛΩΝ ΔΡΑΣΕΩΣ ΥΠΟ ΒΕΛΤΙΣΤΟΝ ΒΑΘΜΟΝ ΑΠΟΔΟΣΕΩΣ						
$n_{S_J}$	8,9	13,4	17,8	22,3	26,8	31,2
φ	0,47	0,46	0,45	0,44	0,433	0,425
$n_{S_J}$ : Εἰδικὸς ἀριθμός στροφῶν δρομέως μεσ' ἐνδιάμεσον (μετριανὸν σύστημα).						

#### 6.5.4 Συνδηκαι Ὀμοιότητος

Αἱ χαρακτηριστικαὶ μεταβληταὶ τῆς λειτουργίας τῶν στροβίλων καὶ ἐργοστροβιλομηχανῶν  $Q$ ,  $H_R$  ἢ  $H_n$ , π. καὶ  $I_R$  τῶν σχέσεων (6.6), (6.10) καὶ (6.11), ἐν συνδυασμῷ μετατῆς μορφῆς τοῦ δρομέως καθορίζουσι τάς διαφέρουσις χαρακτηριστικὰς συνθήκας λειτουργίας τῆς στροβιλομηχανῆς. Ἡ σχέσις μεταξὺ τοῦ  $H_R$  καὶ  $H_n$  κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ δρομέως δίδεται ἐκ τῆς σχέσεως (6.60).

Κατὰ τὴν ἀξιοποίησιν ὑδροδυναμικῆς θέσεως ἡ ἐκμεταλλεύσιμος παροχὴ καὶ τὸ διαθέσιμον ύψος πτώσεως ύψος στανταὶ ὡς ὕδομεν σημαντικὰς διακυμάνσεις. Τό σημεῖον τῆς βελτίστης λειτουργίας στροβιλομηχανῆς, καθ' ὃ ἡ στροβιλομηχανή λειτουργεῖ ὑπὸ τῶν βελτιστῶν βαθμῶν ἀποδόσεως, δύναται νᾶ ἐπιτευχθῆ ἡ ἀναφέρεται ἐν παρ. 6.6.6 διε τῆς καταλλήλου ἐπιλογῆς τῶν χαρακτηριστικῶν μεταβλητῶν  $Q$ ,  $H_n$ , π. καὶ  $I_R$ . Ἡ ἀλληλοεξαρτησίς καὶ ἐπίδρασις τῶν μεταβλητῶν τούτων ἐπὶ τῆς λειτουργίας τοῦ στροβίλου καὶ τοῦ βαθμοῦ ἀποδόσεώς του ἐμφανεῖται εἰς τὰ διαγράμματα τῶν Σχ. 6-32 ἔως 6-40. Ἡ λειτουργία τοῦ στροβίλου ὑπὸ βελτιστῶν βαθμῶν ἀποδόσεως δύναται νᾶ διατηρηθῆ ἐντὸς ὥρισμάνων ὅρων τῶν μεταβλητῶν  $Q$  καὶ  $H_n$ , ἐφ' ὅσον μεταβάλλεται ὁ ἀ-

ριθμός στροφών. Δια τῆς μεταβολής ἐπέστησ τῶν φυσικῶν διαστάσεων τοῦ δρομέως στροβιλομηχανῆς ὑπό τὴν προϋπόθεσιν διατηρήσεως τῆς γεωμετρικῆς ὁμοιότητος, διευρύνονται αἱ συνθήκαι λειτουργίας τῆς στροβιλομηχανῆς ὑπό βέλτιστον βαθμόν ἀποδόσεως.

Ἡ ἐπιλογή τῶν χαρακτηριστικῶν στοιχείων ὡς καὶ τῶν ἐπιτρεπομένων ὄρων λειτουργίας στροβιλομηχανῆς ἀναλόγως τῶν διαφόρων συνθηκῶν λειτουργίας, ἐπιτυγχάνεται δια τῆς ἐφαρμογῆς τῶν ἀρχῶν τῆς δυναμικῆς ὁμοιότητος. Δια τῆς γεωμετρικῆς τινα μορφήν δρομέως δυνάμεων να καθορίσωμεν βάσει τῆς δυναμικῆς ὁμοιότητος, τὴν ἐπέδρασιν τῆς μεταβολῆς τῶν φυσικῶν διαστάσεων ἢ τοῦ ἀριθμοῦ στροφών μελέτης τῆς στροβιλομηχανῆς ἐπὶ τῆς σχέσεως τῶν μεταβλητῶν  $Q$ ,  $H_p$  καὶ π.

Περαιτέρω οὐτὸς ἀναφερθεῖται εἰς στροβίλους, παρ' ὅλον ὅτι αἱ ἀρχαὶ τῆς ὑδραυλικῆς ὁμοιότητος ἴσχουν γενικῶς καὶ δια ἐργοστροβιλομηχανᾶς. Αἱ ἀρχαὶ πλήρους ὑδραυλικῆς ὁμοιότητος μεταξύ δύο συστημάτων προϋποθέτουν γεωμετρικήν, κινηματικήν καὶ δυναμικήν ὁμοιότητα τούτων.

Δύο στροβίλοι συερούνται γεωμετρικῶς ὁμοιούς, ἐφ' ὅσον ἀπαντεῖς οἱ λόγοι τῶν ἀντιστοίχων μηκῶν τῶν συνδεόντων ὁμολογα σημεῖα τῶν στροβίλων εἶναι ἵστοι. Γεωμετρικῶς ὁμοιούς στροβίλοι συερούνται καὶ ινηματικῶς ὁμοιούς, ἐφ' ὅσον οἱ λόγοι τῶν συνιστωσῶν τῆς ταχύτητος εἰς ἀπαντα τα διαφορούς σημεῖα τῶν ὑπὸ ὅψιν συστημάτων θένται ἵστοι. Εἰς δύο συστήματα ινηματικῶς ὁμοιαὶ αἱ τροχιαὶ ὁμολογων σωματιδίων γενικῶς εἶναι ὁμολογούς καμπύλαι. Δυναμική ὁμοιότης μεταξύ δύο γεωμετρικῶς καὶ ινηματικῶς ὁμοίων στροβίλων, προϋποθέτει ὅτι δια τα ὑπὸ ὅψιν συστήματα οἱ λόγοι ἀπασχόν τῶν ὁμολογων δυνάμεων θένται ἵστοι.

Ἡ συνθήκη ινηματικῆς ὁμοιότητος δια δύο γεωμετρικῶς ὁμοίων στροβίλων ἴνανοποιεῖται ἐφ' ὅσον, εἰς ἀντίστοιχα ὁμολογα σημεῖα τῶν ὑπὸ ὅψιν συστημάτων τέ τριγωνα τῶν ταχυτήτων εἶναι ὁμοια.

Ἀναφερόμενοι λ.χ. εἰς τα διανυσματικά τρίγωνα ταχυτήτων τῶν σημείων 1 ἢ 2, τῶν Σχ. 6-22 καὶ 6-23, συνάγομεν ὅτι ὁ λόγος τῶν ἀπολύτων καὶ σχετικῶν ταχυτήτων V καὶ W πρός τὴν περιφερειακήν ταχύτητα U εἶναι σταθερός δι' ἀπαντα τα διανυσματικά τρίγωνα ταχυτήτων ὁμολογων σημείων δύο ινηματικῶς ὁμοίων στροβίλων.

Ἡ ινηματική ὁμοιότης προκειμένου περὶ τῶν διανυσματικῶν τριγώνων ταχυτήτων, δια σημεῖα τοῦ δρομέως εἰς ἀπόστασιν r ἐν τοῦ ἄξονος περιστροφῆς του, παραλειπομένης δε τῆς ἐπιδράσεως λόγῳ μεταβολῶν τῆς τυρβίδους ροῆς, ἐνφράζεται γενικῶς ἐπὶ τῶν ιδιαῖς σχέσεων :

$$\frac{V}{U} = C_1, \quad \frac{V_U}{U} = C_2, \quad \frac{W}{U} = C_3 \quad (6.38)$$

Ἐνθα

$$U = \frac{\pi D n}{60} \quad (6.39)$$

Ἡ παροχή ὕδατος δια μέσου ουλινδρικῆς ἐπιφανείας E, τοῦ δρομέως, διαμέτρου D = 2r, δεδεται ἐν τῆς ιδιαῖς σχέσεως :

$$Q \propto VD^2 \quad (6.40)$$

Δια συνδυασμοῦ τῶν σχέσεων (6.38) καὶ (6.39), ἡ σχέση (6.40) γράφεται καὶ ὡς ἔξης :

$$\frac{Q}{n D^3} = C_4 \quad (6.41)$$

Αἱ ποσότητες  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ ,  $C_4$  λαμβάνονται ὡς σταθερα.

Η δυναμική όμοιότητας έκφραζεται γενικώς βάσει τών σχέσεων (6.15) κατ' (6.38) ως κάτωθι :

$$\frac{H_R}{R} = \frac{UV}{g} \propto \frac{V^2}{g} \propto \frac{W^2}{g} \quad (6.42)$$

Διαδ συνδυασμού τών σχέσεων (6.40) κατ' (6.42) έχομεν την γενικήν έξισωσιν ή διπολικά έκφραζεται την υδραυλικήν όμοιότητα ως κάτωθι :

$$\frac{D^2 \sqrt{H_R}}{Q} = C_5 \approx \frac{D^2 \sqrt{H_p}}{Q} \quad (6.43)$$

"Ενθα λαμβάνομεν κατά προσέγγισιν  $H_R \approx H_p \approx H$  κατ'  $C_5 = σταθερά$ . Η ποσότητας Η θεωρεῖται ως το δίλικδη ύψος πτώσεως κατά την λειτουργίαν τού στροβίλου.

Η έπειρροη τής μεταβολής τών π κατ' D έπει τών Q, Η διαδ δύο όμοιόγους στροβίλους, βάσει τών σχέσεων όμοιότητος (6.41) κατ' (6.43), δεδεται άντιστοιχως έκ τών κάτωθι σχέσεων :

$$\frac{Q_1}{n_1 D_1^3} = \frac{Q_2}{n_2 D_2^3} = C_4 \quad \text{η} \quad Q_2 = C_4 n_2 D_2^3 \quad (6.44)$$

κατ'

$$\frac{Q_1}{\sqrt{H_1 D_1^2}} = \frac{Q_2}{\sqrt{H_2 D_2^2}} = \frac{1}{C_5} \quad \text{η} \quad Q_2 = C_5 \sqrt{H_2 D_2^2} \quad (6.45)$$

Διαδ συνδυασμού τών σχέσεων (6.44) κατ' (6.45) έχομεν :

$$\frac{\sqrt{H_1}}{n_1 D_1} = \frac{\sqrt{H_2}}{n_2 D_2} = C \quad \text{η} \quad H_2 = C n_2^2 D_2^2 \quad (6.46)$$

Διαδ συνδυασμού τών (6.44) κατ' (6.46) παρατηται :

$$\frac{I_1}{Q_1 H_1} = \frac{I_2}{Q_2 H_2} \quad (6.47)$$

Ένθα οι βαθμοίς άποδοσεως τών στροβίλων  $n_{σ_1} = n_{σ_2}$  προκύπτει οτι :

$$\frac{I_1}{n_1^3 D_1^5} = \frac{I_2}{n_2^3 D_2^5} = C'' \quad \text{η} \quad I_2 = C'' n_2^3 D_2^5 \quad (6.48)$$

Ένθα C, C', C'' σταθερας.

Αί δέξιασεις (6.44), (6.46) δεδουν τας χαρακτηριστικας μεταβλητας Q, H, κατ' I συγκρτησει τών π κατ' D κατ' διαδ τιμάς τών σταθερών C, αί διπολια προσδιορίζονται βάσει τού άντιστοιχου βαθμού άποδοσεως, άναλογως τής συνθήκης λειτουργίας τού στροβίλου. Εάν αί σταθερας C τών άνωτέρω σχέσεων προσδιορισθούν διαδ την συνθήκην βελτίστης λειτουργίας τού στροβίλου (ύπο τον μέγιστον βαθμόν άποδοσεως), τότε αί σχέσεις μεταξύ τών παραμέτρων Q, H παρατηται να προσδιορισθούν διαδήποτε τιμάς τών π κατ' D κατ' διαδ άναλογους συνθήκας λειτουργίας ύπο τον μέγιστον βαθμόν άποδοσεως.

Διαδ δρομείς μεταδ σταθερών πτερυγίων (Francis) η παρατηται κινητών πτερυ-

γιαν ώς προκειμένου περί δρομέων Kaplan, αἱ τιμαὶ τῶν σταθερῶν Σ τῶν ἀνωτέρω σχέσεων μεταβάλλονται ἀναλόγως τοῦ ἀντιστοίχου ἀνοίγματος τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων ώς οας τῶν ιενητῶν πτερυγίων τοῦ δρομέως.

Αἱ ἔξισθσεις (6.41) καὶ (6.43) ἐκφράζουν τὰς συνθήκας κινητικῆς καὶ γενικῆς θέματος δρομέως τυπού, ἐφ' οἷς: (α) 'Ο λόγος τῶν ἀπώλειῶν ἐνεργείας ήτοι τοῦ δρομέως πρός τοῦ ὀλικοῦ ψυχικοῦ πτώσεως ἐπί τοῦ δρομέως παραμένει σταθερός καὶ (β) Αἱ τυμαὶ τῶν π ημερῶν μεταβολῶνται ἐντός σχετικῆς ὥρας μερινῶν δρόσων.

Διεύ δρομέα διαμέτρου  $D_2$  ούποτονος λειτουργεί ύποδ ψφος πτώσεως  $H_2$  κας ούποτονος θεωρείται ούμβλογος πρός δρομέα διαθέσης διαμέτρου  $D_1$ , τού ούποτου αί χαρακτηριστικας μεταβλητας διεύ ψφος πτώσεως  $H_1$  είναι  $Q_1$ ,  $\eta_1$  κας  $I_1$ , δυνάμεθα να προσδιορίσωμεν ούπο τόν αύτόν βαθμόν άποδόσεως άμφοτέρων τάσι αντιστοίχους χαρακτηριστικας μεταβλητας  $Q_2$ ,  $\eta_2$  κας  $I_2$  τού πρώτου.

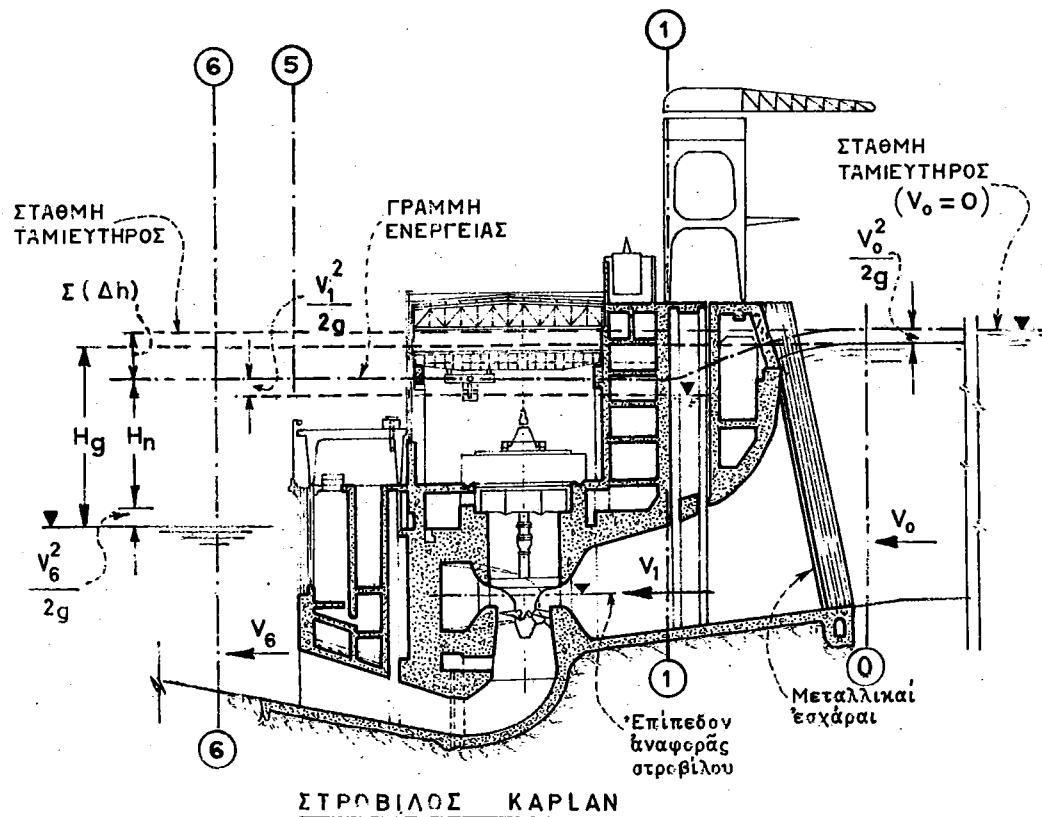
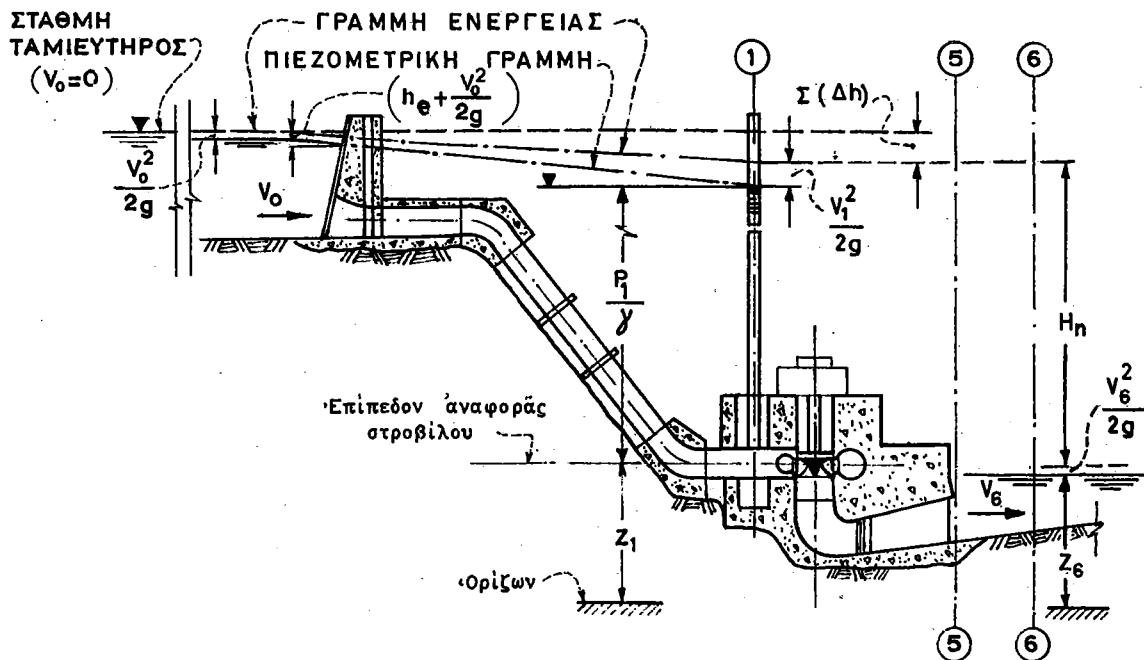
Είς τόν πεντακα 6.2 δέδονται αὶ ἐξισάσεις ὁμοιντητος μεταξύ δύο ὁμολόγων δρομέων βάσει τῶν ἀνωτέρω σχέσεων διεκ τας συνθήκας σταθερᾶς διαμέτρου καὶ σταθεροῦ ψύχους πτώσεως.

ΠΙΝΑΞ 6.2 - ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΟΜΟΙΟΤΗΤΟΣ ΔΡΟΜΕΩΝ		
Χαρακτηριστικας Μεταβλητας Ομολόγου Δρομεως (Διαμετρος D <sub>2</sub> )	Συνθηκη Ομοιοτητος	
	Σταθερα Διαμετρος Δρομεως (D <sub>2</sub> = D <sub>1</sub> )	Σταθερδν "Υψος Πτώσεως (H <sub>2</sub> = H <sub>1</sub> )
' Αριθμος στροφων n <sub>2</sub> (xpm)	n <sub>2</sub> =n <sub>1</sub> $\sqrt{\frac{H_2}{H_1}}$ (6.46)	n <sub>2</sub> =n <sub>1</sub> $\frac{D_1}{D_2}$ (6.46)
Παροχή Q <sub>2</sub> (m <sup>3</sup> /sec)	Q <sub>2</sub> =Q <sub>1</sub> $\sqrt{\frac{H_2}{H_1}}$ (6.45)	Q <sub>2</sub> =Q <sub>1</sub> $\left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2$ (6.45)
' Ισχυς I <sub>2</sub> (HP)	I <sub>2</sub> =I <sub>1</sub> $\left(\frac{H_2}{H_1}\right)^{3/2}$ (6.48)	I <sub>2</sub> =I <sub>1</sub> $\left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2$ (6.48)

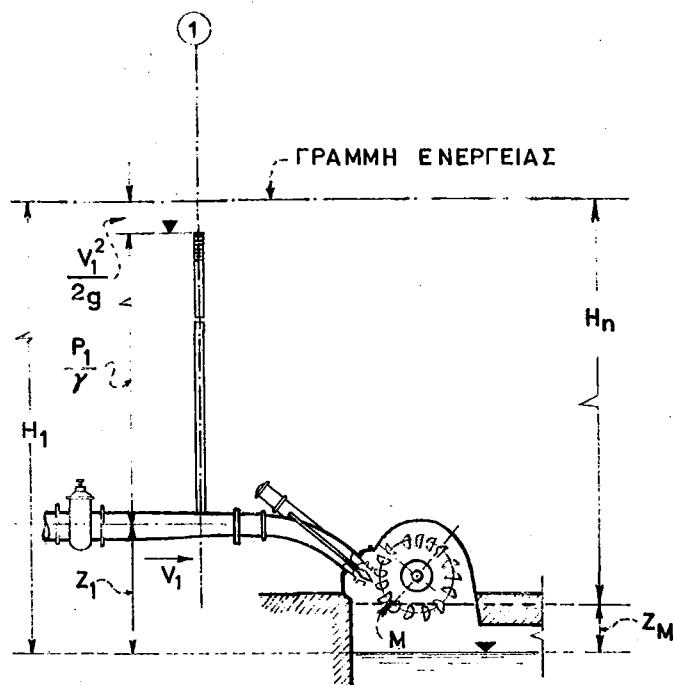
Αί ανωτέρω σχέσεις χρήσιμενουν γενικώς δια την προσδιορισμόν τῶν χαρακτηριστικῶν λειτουργίας ήπει κατασκευήν στροβίλων βάσει ἐργαστηριακῶν ἐρευνῶν ἐπί ομοιωμάτων αὐτῶν. Αί ἐν λόγῳ σχέσεις ἵσχυουν ἐπίσης καὶ δια στροβίλους οἱ ὀποῖοι προβιειται να κατασκευασθοῦν ἥσδη κατασκευασθενταν καὶ ἐν λειτουργικότοιούτων.

#### **6.6. ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΤΡΟΒΙΛΩΝ**

‘Ως ηδη ἀνεφέρθη ενὶς ταῖς κεφαλαιαῖς 2 καὶ 3, ἡ ὑδροηλεκτρικὴ παραγωγὴ ἐγκαταστάσεως ἔξαρτᾶται ἐν τῇδε διαθεσίμου παροχῆς ναὶ τοῦ διαθεσίμου ὑψοῦς πτώσεως. Ἡ οὐκονομική ἀξιοποίησις ὑδροδυναμικῶν ἐγκαταστάσεων κυρίως μέσου τῇ μέγεθλου ὑψους πτώσεως ἀπαιτεῖ τὴν διαταξιμότηταν παλαιῆς πολλαπλῆς σκοπιμότητος ρύθμισιν τῇδε φυσικῆς



**Σχ. 3.25** Τομαί συγκροτημάτων ύδροδυναμικών έγναταστόμεσων μετά στροβίλων τύπου Francis και Kaplan.



### ΣΤΡΟΒΙΛΟΣ PELTON

**Σχ. 6-26** Σχηματική τομή μονάδος μετά στροβίλου Pelton

παροχής, βλ. ἐπίσημης πένινα 3.2. 'Η δι' ἐνδεικτική σημειώσεις τῶν σκοπῶν ὑδροηλεκτρικῆς παραγωγῆς ἡ οποία εἰσέρχεται σε παραγόντα, ἐπειταγχίστεται δια σημαντικῆς ἐνέργειας διακυμάνσεως τῆς σταθμης τοῦ ὀφελέμου ὅγκου τοῦ ταμιευτήρος, ὡς ἐμφανίζεται ἐν Σχ. 2-29 οας 2-30. 'Η διακύμανσις τῆς σταθμης τοῦ ταμιευτήρος διέπεται ἐν τῶν ικριτηρίων οας ιανδνων λειτουργίας τοῦ ταμιευτήρος, ἐκ τῶν ἐνεργειακῶν παραγόντων, ὡς οας ἐν τῶν περιορισμῶν λειτουργίας τοῦ στροβίλου μεταξύ τῆς κανονικῆς οας ἐλαχίστης σταθμης τοῦ ταμιευτήρος. Δια τάς ὄριακας σταθμας τοῦ ταμιευτήρος ἡ μονάδα δέον να λειτουργῇ ἀσφαλῶς, ἃνευ ικραδασμῶν οας μετά τῆς ἐλαχίστης δυνατής φθορᾶς. Δια τήν περίπτωσιν ὑδροδυναμικῆς ἐγκαταστάσεως μετά στροβίλων Francis κας ταμιευτήρος ἀπλῆς σκοπιμότητος, ἡ ὀποία εἶναι ἡ συνηθεστέρα ἐν 'Ελλάδι, ἡ μεταβολή τῆς σταθμης τοῦ ταμιευτήρος οας τῶν χαρακτηριστικῶν ὑψών πτώσεως τῆς ἐγκαταστάσεως δύναται να ἀκολουθήσῃ ἀναλόγως τῶν εἰδικῶν συνθηκῶν λειτουργίας τοῦ ταμιευτήρος ταύτια διακυμάνσεως ταύτια ἐμφανίζονται εἰς τα Σχ. 2-30 οας Σχ. 6-28.

'Η ἐπίδρασις τῆς μεταβολῆς τῆς χαρακτηριστικῆς παραμέτρου ὑψους πτώσεως τῆς ἐγκαταστάσεως ἐπί τῆς παροχῆς, τῆς αποδιδομένης ἴσχυος οας τοῦ βαθμοῦ ἀποδόσεως τοῦ στροβίλου, ἐμφανίζεται εἰς τα Σχ. 6-32 ἕως 6-41. 'Η λειτουργία τῆς μονάδος ἡ ὀποία οας καθορίζεται βάσει τῶν χαρακτηριστικῶν διαγραμμάτων λειτουργίας τοῦ στροβίλου, τῶν διδομένων ὑπό τοῦ οατασκευαστοῦ, δέον να ἱκανοποιεῖ ταύτια οας τούς οανδνας λειτουργίας τοῦ ταμιευτήρος δια τὴν παραγωγήν τῆς ἀπαιτούμενης ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας.

'Ος πρός τήν ἐπίδρασιν τῶν βασικῶν παραμέτρων διαθεσίμου παροχῆς οας διαθεσίμου ὑψους πτώσεως ἐπί τῆς διαμορφώσεως τῆς ὑδροδυναμικῆς ἐγκαταστάσεως συμπερανυμεν ὅτι : (α) 'Η παροχή εἶναι ὁ ούριος παραγωγής ὁ ὀποῖος ἐπηρεάζει τὸ φυσικὸν μέγεθος τῆς μονάδος οας τοῦ σταθμοῦ παραγωγῆς, οας οας τήν γενικήν διεύθετην οας τὸ φυσικὸν μέγεθος τοῦ συστήματος προσαγωγῆς, οας (β) Τούς ὑψους πτώσεως ἐπηρεάζει ἐν γένει τὸν τύπον τοῦ στροβίλου οας τὴν γενικήν διαμόρφωσιν τοῦ μονάδος.

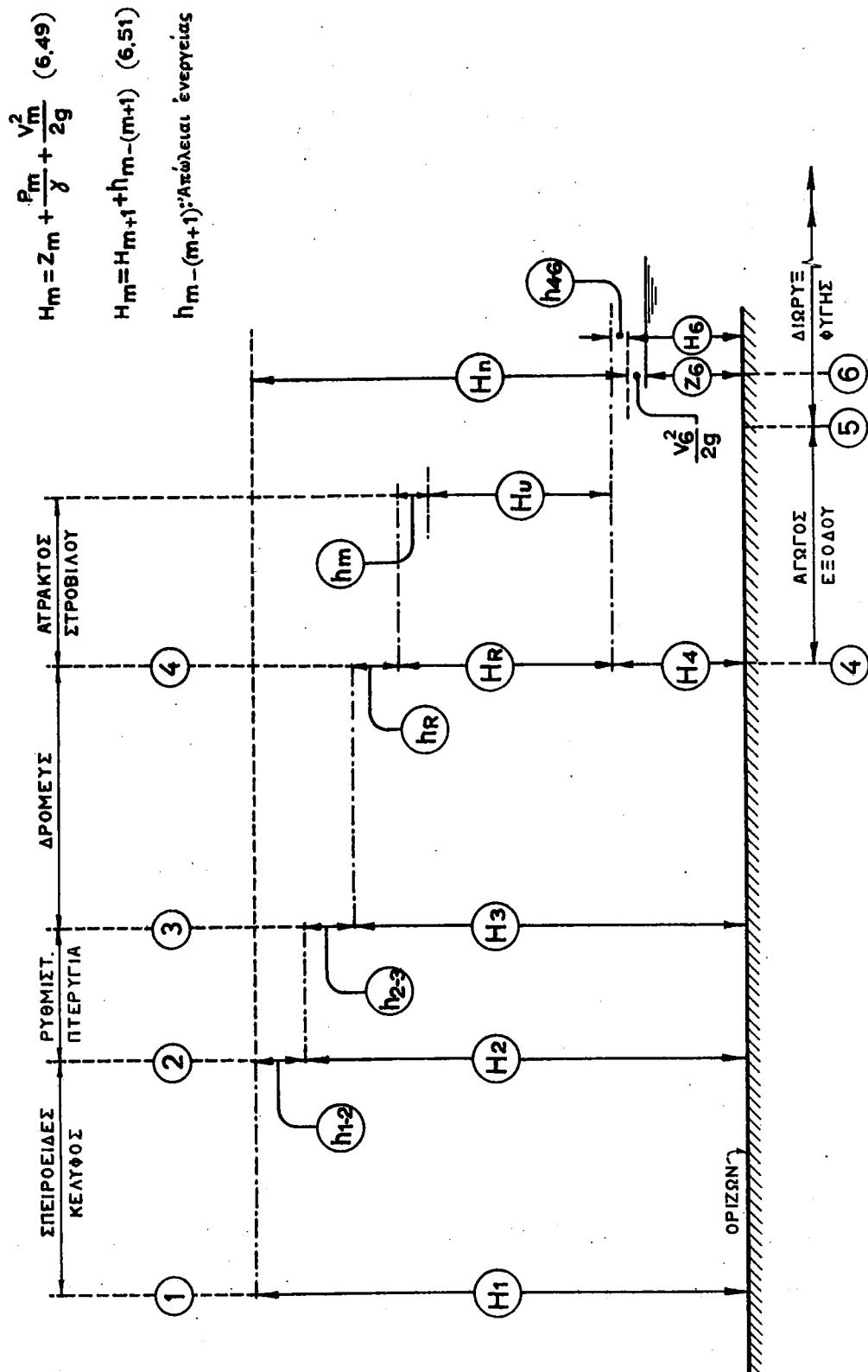
'Η οατασκευαστικῶν αύτοῦ, ἀπαιτεῖ τήν μελέτην τῶν χαρακτηριστικῶν τιμῶν μεταβολῆς τοῦ ὀφελέμου ὑψους πτώσεως οας τῆς διαθεσίμου παροχῆς τῆς ἐγκαταστάσεως οας ἐπίσημης οας τοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν τῆς μονάδος.

Δια τήν ἐπιλογήν ἀναμενομένων οίκονομικῶν ὀφελῶν ἐν τῆς παραγωγῆς ἡ - λειτρικῆς ἐνεργείας ὑπό τῆς ἐγκαταστάσεως, ὁ στρεβλισμός δέον να δύναται να λειτουργήσῃ δια τάς διαφόρους συνθήκας τοῦ ἔργου ὑπό τόν ἀναμενόμενον βαθμόν ἀποδόσεως.

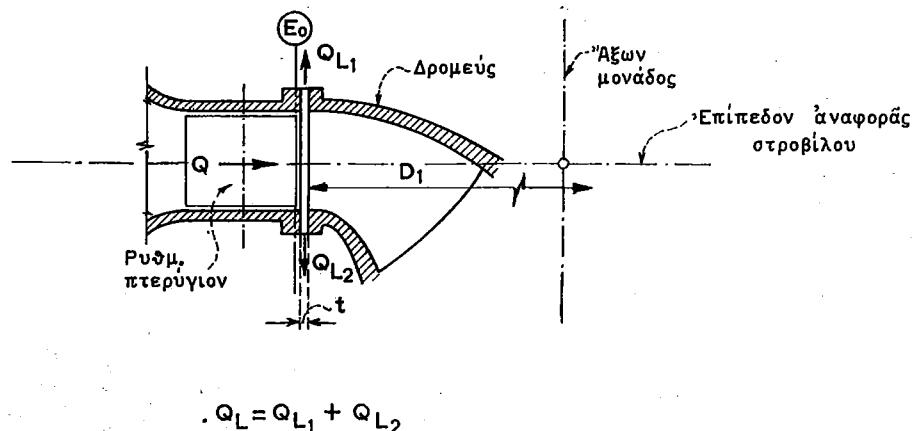
### 6.6.1 Ωφέλιμον "Υψος Πτώσεως

Εἰς τα Σχ. 6-25 ἐμφανίζονται σχηματικῶς ἐν τομῇ διατάξεις τοῦ συγκροτήματος παραγωγῆς ἐνεργείας ὑδροδυναμικῶν ἐγκαταστάσεων μετά στροβίλων ἀντιδράσεως. 'Επι τοῦ σχήματος ἔχαραχθησαν αἱ γραμμαὶ ἐνεργείας οας πιεζομετρική μεταξύ τῆς εἰσόδου τῆς ὑδροληφίας οας τῆς θέσεως 1, εἰσόδου τοῦ σπειροειδοῦς κελυφους τοῦ στροβίλου, δια ροήν ὑδατος δια μέσου τοῦ στροβίλου. Εἰς τα Σχ. 6-26 δεκτανότεται ἐν τομῇ ἡ διεύθετης ὄριζοντεις στροβίλου δράσεως μεσ' ἐνδεικτικής σημειώσεις τοῦ σπειροειδοῦς κελυφους τοῦ στροβίλου, δια ροήν τῆς διατομῆς τοῦ ἀγωγοῦ προσαγωγῆς ἐν τῇ θέσει 1 ἀνάντη τοῦ ἀκροφυσίου τοῦ δρομέως. 'Η διερεύνησις τῆς μετατροπῆς τῆς διατίθεμένης οινητικῆς ἐνεργείας τοῦ ὑδατος εἰς ὀφέλιμον μηχανικὸν ἔργον ἐπί τῆς οινητηρίου ἀτράκτου τοῦ στροβίλου οατα τήν ροήν τοῦ ὑδατος δια μέσου τοῦ στροβίλου, βασίζεται ἐπί τῆς ἀρχῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας οας ἐφαρμογῆς τοῦ θεωρήματος Bernoulli.

Θεωρήσωμεν τήν περίπτωσιν ροῆς ὑδατος δια μέσου στροβίλου ἀντιδράσεως. "Εστω δε ὅτι αἱ ἐνδεικτικὲς 1,2,3,4 ἀναφέρονται εἰς τάς θέσεις εἰσόδου τῶν ἀντιστοίχων τμημάτων τοῦ στροβίλου, ἥτοι σπειροειδοῦς κελυφους, ρυθμιστικῶν πτερυγῶν, δρομέως οας



**Σχ. 6-27** Σχηματική παραστασις της μεταβολής των άλικων φορτίου διεθ μάνιων ροήν έντδς στροβίλου έντδς δρόμου.



**Σχ. 6-27-1** Ογκομετρικές απώλειαι τών διακένων στροβίλου Francis.

άγωγού έξιδου ως δεικνύεται δια τού διαγράμματος τού Σχ. 6-27. Αι θέσεις 5 κας 6 άντεστοιχούν είς το στρόμιον έξιδου τού αγωγού έξιδου κας έπει τής διώρυγος φυγῆς, ως δεικνύεται έπεισης είς το Σχ. 6-25. Θεωρήσωμεν μόριον ύδατος ιευούμενον ἐντός τού στροβίλου μετά ταχνητος V, τού όποιου ή σχετική πίεσις είναι P κας το δυναμικό ύψος ή τού ύψος θέσεως ως πρός τυχόντα όριζοντα είναι z. Συμφώνως πρός το θεώρημα τού Bernoulli κας προκειμένου περι πραγματικών ρευστών κας δια μόνιμον ροήν, ή ένεργεια E<sub>m</sub> τού μορίου ύδατος είς θέσιν τινα π κατά μήκος τής τροχιάς του διδεται έκ τής κάτωθι σχέσεως :

$$E_m = z_m + \frac{V_m^2}{2g} = H_m \quad (6.49)$$

Ένθα είναι :

$z_m$  : δυναμικό ύψος, kgm/kg

$\frac{P_m}{\gamma}$  : πιεζομετρικό ύψος, kgm/kg

$\frac{V_m^2}{2g}$  : ύψος ιενητικής ένεργειας, kgm/kg

"Εκαστος όρος τής σχέσεως (6.49) άντιπροσωπεύει ένεργειαν άνα μονάδα βάρους, ένφραζεται ως ένεργειακόν ύψος κας έχει διαστάσεις μήκους. Το άθροισμα H<sub>m</sub> το όποιον ηλεῖται έπεισης όλικον φορτίον ένφραζει τήν είς χιλιογραμμέτρα διατιθεμένην ένεργειαν έκαστου χιλιογράμμου βάρους ύδατος είς τήν όπ' όψιν θέσιν. Η απώλεια ένεργειας λόγω τριβών η.λ.π. h<sub>m</sub> - (p+1), μεταξύ δύο θέσεων π κας p+1 τροχιάς μορίου τινος ύδατος διδεται έκ τών κάτωθι σχέσεων :

$$z_m + \frac{P_m}{\gamma} + \frac{V_m^2}{2g} = z_{m+1} + \frac{P_{m+1}}{\gamma} + \frac{V_{m+1}^2}{2g} + h_{m-(m+1)} \quad (6.50)$$

"

$$H_m = H_{m+1} + h_{m-(m+1)} \quad (6.51)$$

Αἱ ἀνωτέρω σχέσεις (6.49) ἔως (6.51) δύνανται νᾶς ἐφαρμοσθοῦν καὶ διὰ τὸ ὄλιγον φορτίου ὄλικλήρου ὑγρᾶς διατομῆς ροῆς, συναρτήσει τῆς μέσης ταχύτητος  $V$  τῆς ὑπὸ ὅψιν διατομῆς.

Ἐδῶ θεωρήσωμεν ὅτι οἱ δεῖκται 1, 2, 3, 4 καὶ 6 τοῦ ὄλικοῦ φορτίου  $H_m$  ἀναφέρονται εἰς τᾶς ἀντιστοίχους διατομᾶς στροβίλου καὶ διώρυγος φυγῆς εἰς τᾶς θέσεις 1, 2, 3, 4 καὶ 6, τοῦ Σχ. 6-27, αἱ ἐξισώσεις ἐνεργείας κατὰ τὴν ἀνησυχίαν τοῦ μόριου ὑδατος μεταξὺ τῶν ὑπὸ ὅψιν θέσεων καὶ βάσει τῶν ἐξισώσεων (6.50) καὶ (6.51) λαμβάνουσιν τᾶς κάτωθι μορφῆς :

$$H_1 = H_2 + h_{1-2} \quad (6.52)$$

$$H_2 = H_3 + h_{2-3} \quad (6.53)$$

$$H_3 = H_4 + H_R + h_R \quad (6.54)$$

$$H_4 = H_6 + h_{4-6} \quad (6.55)$$

Βάσει τῆς ἐξισώσεως Bernoulli (6.49), ἡ σχέσις (6.55) λαμβάνει τὴν κάτωθι μορφῆν :

$$H_4 = z_6 + \frac{P_6}{\gamma} + \frac{V_6^2}{2g} + h_{4-6} \quad (6.56)$$

Ἡ ἀτμοσφαιρική πίεσις λαμβάνεται ὡς πίεσις ἀναφορᾶς, ὅποτε ἐπὶ τῆς ἐλευθερας ἐπιφανείας τῆς διώρυγος φυγῆς ἔχομεν  $P_6/\gamma = 0$  καὶ ἡ σχέσις (6.56) γράφεται :

$$H_4 = z_6 + \frac{V_6^2}{2g} + h_{4-6} \quad (6.57)$$

Διὰ τᾶς θέσεις 1 καὶ 6 βάσει τοῦ Σχ. 6-27 ἔχομεν ἐπίσης :

$$H_n = H_1 - (z_6 + \frac{V_6^2}{2g}) \quad (6.58)$$

Ἡ σχέσις (6.58) ἐκφράζει τὸ ὀφέλιμον ὕφος πτώσεως  $H_n$  ὑδροδυναμικῆς ἐγκαταστάσεως συναρτήσει τοῦ ὄλικοῦ φορτίου  $H_1$ , καὶ τῶν ὑψῶν δυναμικῶν καὶ κινητικῆς ἐνεργείας εἰς τὴν θέσιν 6 τῆς διώρυγος φυγῆς.

Διὰ συνδυασμοῦ τῶν σχέσεων (6.52) ἔως (6.54) καὶ (6.57) ἔχομεν :

$$H_R = H_1 - (h_{1-3} + h_R + h_{4-6}) - (z_6 + \frac{V_6^2}{2g}) \quad (6.59)$$

Ἡ ποσότης  $H_R$ , ἡ ὄποια καλεῖται ἐσωτερικὸν ὕφος τοῦ δρομέως, δύναται ἐπίσης νᾶς ἐκφρασθῆσαι συναρτήσει τοῦ ὀφελίμου ὕφους πτώσεως διὰ συνδυασμοῦ τῶν σχέσεων (6.58) καὶ (6.59) ὑπὸ τῆς κάτωθι μορφῆς :

$$H_R = H_n - (h_{1-3} + h_R + h_{4-6}) \quad (6.60)$$

$$\eta = H_n = H_R + (h_{1-3} + h_R + h_{4-6}) \quad (6.61)$$

Η σχέσης (6.54) δύναται έπειτας να γραφεί ως εξής :

$$E_R = H_3 - H_4 = H_R + h_R \quad (6.62)$$

Εκ τών σχέσεων (6.61) καὶ (6.62) παρατηρούμενον δτι αἱ ποσότητες ΕΤ καὶ E\_R ἐκφράζουν τὴν διατίθεμένην ἐνέργειαν ἐξ ἑκάστου χιλιογράμμου βάρους ὕδατος τὸ διποῦν συνεχῶς διέρχεται ἀντιστοχῶς διὰ μέσου τῶν οἰκτιθινῶν διατομῶν τοῦ φορέως : (α) Μεταξὺ τῶν διατομῶν 1 εἰσόδου τοῦ σπειροειδοῦς κελυφούς καὶ 6 ἐπὶ τῆς διώρυγος φυγῆς καὶ (β) Μεταξὺ τῶν διατομῶν τοῦ δρομέως, εἰσόδου 3 καὶ ἐξόδου 4. Εκ τῆς ἐνέργειας ΕΤ ἡ E\_R τοῦ φορέως μέρος ταῦτης μετατρέπεται εἰς ὄφελοιμον ἔργον μέση τοῦ δρομέως ἐκφραζόμενον διὰ τοῦ ἐνέργειακοῦ ψήφους H\_R. Τοῦ ὑπόλοιπον τῆς διατίθεμένης ἐνέργειας ΕΤ ἡ E\_R μετατρέπεται εἰς ἐτέρας μορφᾶς ἀνωφελοῦς ἐνέργειας χαρακτηριζόμενας : (α) 'Διαστατικῆς ἀπωλεῖας' ἐνέργειας τοῦ στροβίλου καὶ ἐκφραζόμενας διὰ τῶν h\_{1-3} καὶ h\_R καὶ (β) 'Διαστατικῆς ἀπωλεῖας' ἐνέργειας διὰ ροῆν τοῦ ὕδατος διὰ μέσου τοῦ ἀγωγοῦ ἐξόδου μεταξὺ τῶν θέσεων 4 καὶ 6 καὶ ἐκφραζόμενας διὰ τοῦ h\_{4-6}.

Αἱ ἐσωτερικαὶ ἀπωλεῖαι τριβῆς h\_{1-3} δύνανται να θεωρηθοῦν μικραὶ καὶ ἐξαρτῶνται κυρίως ἐκ τῆς οἰκτιθινῆς διαμορφώσεως καὶ προσανατολισμοῦ τῶν ὕδηγῶν καὶ ρυθμιστικῶν πτερυγίων. Αἱ ἐσωτερικαὶ ἀπωλεῖαι τοῦ δρομέως h\_R, περιγράφονται ἐν παρ. 6.6.3.

Διαστατικῆς ἀπωλεῖας τριβῆς h\_{4-6}, ἐπηρεάζουν τὸ ἐσωτερικὸν ψήφος τοῦ δρομέως H\_R. Διὰ τὴν δυνατότητα ἐπομένως μετατροπῆς τοῦ μεγίστου μέρους τῆς οἰκτιθινῆς ἐνέργειας τοῦ ὕδατος εἰς ὄφελοιμον ἔργον μέση τοῦ στροβίλου ἀπαιτεῖται ἡ μείωσις κατὰ τὸ δυνατόν τῶν ἀπωλειῶν λόγῳ τριβῆς καὶ λόγῳ τῶν μεταβολῶν τῆς διατομῆς τοῦ ἀγωγοῦ καὶ τῆς διευθύνσεως ροῆς, κατὰ μῆκος τοῦ ἀγωγοῦ ἐξόδου καὶ μεταξὺ τῶν θέσεων 4 καὶ 6. Τοῦτο ἐπιτυγχάνεται διὰ τῆς οἰκτιθινῆς ροῆς, κατὰ ταλλήλου διατάξεως καὶ διαμορφώσεως τοῦ ἀγωγοῦ ἐξόδου.

Η ἀνά μονάδα χρόνου παρεχομένη ὑπὸ τοῦ ὕδατος ἐντὸς τοῦ στροβίλου ἐνέργεια, ἡ τοιοῦ ἡ παρεχομένη ὑπὸ αὐτοῦ ἐσωτερική ἴσχυς I\_R, ἐκφράζεται συναρτήσει τοῦ ἐσωτερικοῦ ψήφους τοῦ δρομέως. H\_R ως ἡδη διευπάθη διὰ τῆς σχέσεως (6.10).

Εκ τοῦ Σχ. 6-27, παρατηρούμενον δτι ἡ ὑπὸ τῆς περιστρεφομένης οἰκτιθερῶς ἀτράκτου τοῦ δρομέως καὶ ὑπὸ γωνιακῆς ταχύτητας, παραλαμβανομένη μηχανικῆς ἀπωλεῖας τριβῆς τῶν ἑδράνων κ.λ.π. αἱ διποῦνται ἵσοις ταῖς ἐστώ πρᾶσι h\_m :

$$H_u = H_R - h_m \quad (6.63)$$

Η ποσότητας H\_u οὐλεῖται τὸ ὄφελοιμον ψήφος. Τοῦ ὑπόλοιπον τοῦ διατίθεσμου ἐσωτερικοῦ ψήφους τοῦ δρομέως H\_R, μετατρέπεται εἰς ἐσωτερικῆς μηχανικῆς ἀπωλεῖας τριβῆς τῶν ἑδράνων κ.λ.π. αἱ διποῦνται ἵσοις ταῖς ἐστώ πρᾶσι h\_m .

Η ἀνά μονάδα χρόνου διατίθεμένη ὑπὸ τοῦ ὕδατος ἐνέργεια ἡ τοιοῦ ἡ παρεχομένη ὑπὸ αὐτοῦ ἴσχυς μεταξὺ τῶν θέσεων 1 καὶ 6 ἐκφραζόμενη εἰς KW, διερεται διὰ τῆς οἰκτιθινῆς σχέσεως :

$$I = 9,81 Q H_n \quad (6.64)$$

Η ὑπὸ τῆς περιστρεφομένης ἀτράκτου τοῦ δρομέως παραλαμβανομένη ἴσχυς I\_u εἶναι μικροτέρα τῆς ἴσχυος I λόγῳ τῶν διαφέρων προαναφερθεισῶν ἀπωλειῶν ἐνέργειας ὅποτε ἔχομεν :  $I_u < I_R < I$

Είς τήν παρ. 1.1.4.3 διετυπώθη γενικῶς ὁ ὀρισμός τοῦ ὄλικοῦ καὶ τοῦ ὀφελέμου ὑψούς πτώσεως ὑδροδυναμικῆς ἐγναταστάσεως. Τοῦ ὀφελέμονος ὑψούς πτώσεως ὑδροδυναμικῆς ἐγναταστάσεως  $H_n$  μετά στροβίλων Francis, βλ. Σχ. 6-25 καὶ 6-27, καθορίζεται βάσει τῶν σχέσεων (6.49) καὶ (6.58).

Ἐκ τῆς σχέσεως (6.49) θὰ εἴναι :

$$H_n = z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} \quad (6.65)$$

καὶ δι' ἀντικαταστάσεως τῆς σχέσεως (6.65) εἰς τήν (6.58), θὰ ᾔχωμεν :

$$H_n = \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + (z_1 - z_6) - \frac{V_6^2}{2g} \quad (6.66)$$

Διὰ στροβίλους Kaplan ἴσχει τὴ σχέσις :

$$H_n = H_g + \frac{V_0^2}{2g} - \frac{V_6^2}{2g} - \Sigma(\Delta h) \quad (6.67)$$

"εὐθα εἴναι :

$H_n$  : ὀφελέμονος ὑψούς πτώσεως τῆς ὑδροδυναμικῆς ἐγναταστάσεως, π

$H_g$  : ὄλικον ὑψούς πτώσεως τῆς ὑδροδυναμικῆς ἐγναταστάσεως, θέσεις 0 καὶ 6, π

$V_0, V_1, V_6$  : μέση ταχύτης ὑδατος εἰς τὰς διατομὰς τῆς ὑδροληψίας καὶ τῶν θέσεων 1 καὶ 6 ἀντιστοίχως, m/sec

$\Sigma(\Delta h)$  : σύνολον ἀπωλειῶν ἐνεργείας μεταξύ τοῦ ταμιευτήρος καὶ τῆς θέσεως 1, π

Τοῦ ὀφελέμονος ὑψούς πτώσεως  $H_n$ , ὡς δεικνύεται εἰς τὸ Σχ. 6-25, συνήθως ἀναφέρεται εἰς τήν στάθμην τῆς διώρυγος φυγῆς ἢ ὅποια ἀντιστοιχεῖ εἰς τήν θέσειν 6. Η θέσης 6 λαμβάνεται συνήθως κατάντη τῆς θέσεως 5 καὶ εἰς ἀπόστασιν ἵσην πρᾶς τήν ἀπόστασιν μεταξύ τῶν ἀξένων τῶν μονάδων.

Διὰ στροβίλους τύπου Pelton, βλ. Σχ. 6-26, τοῦ ὀφελέμονος ὑψούς πτώσεως, δίδεται ἐκ τῆς σχέσεως :

$$H_n = \frac{P_1^2}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 - z_M \quad (6.68)$$

"εὐθα εἴναι :

$z_1$  : ἡ ὑφομετρική διαφορᾶ τοῦ ἀξονος τοῦ ἀγωγοῦ προσαγωγῆς εἰς τήν θέσειν 1 καὶ τῆς στάθμης τῆς διώρυγος φυγῆς.

$z_M$  : ἡ ὑφομετρική διαφορᾶ μεταξύ τοῦ σημείου M, ἐπει τῆς περιφερείας τοῦ δρομέως Pelton, καὶ τῆς στάθμης τῆς διώρυγος φυγῆς.

Εἰς τὰς ἀπωλείας ἐνεργείας  $\Sigma(\Delta h)$ , βλ. Σχ. 6-25, συμπεριλαμβάνονται ἀπασταὶ αἱ ἀπώλειαι ροῆς διὰ μέσου τοῦ συστήματος προσαγωγῆς, ἥτοι ὑδροληψίας καὶ ἀγωγῶν προσαγωγῆς, μέχρι καὶ τῆς θέσεως 1. Αἱ ἀπώλειαι ἐνεργείας περιλαμβάνουν τὰς ἀπωλείας λόγῳ τριβῶν, ἀποτροπῶν μεταβολῶν τῶν διατομῶν τοῦ συστήματος προσαγωγῆς, μεταβολῶν τῆς διευθύνσεως ροῆς καὶ π. Αἱ ἀπώλειαι ἐνεργείας διὰ μέσου τοῦ σπειροειδοῦς κελύφους τοῦ δρομέως καὶ τοῦ ἀγωγοῦ ἐξόδου τῆς μονάδος συμπεριλαμβάνονται εἰς τὸν βαθμόν ἀποδόσεως τοῦ στροβίλου, ὡς ἀναπτύσσεται ἐν παρ. 6.6.3.

Αἱ ἀπώλειαι ἐνεργείας  $\Sigma(\Delta h)$  ἐξαρτῶνται ἐκ τῆς γενικῆς διατάξεως τοῦ συστήμα-

τοις προσαγωγής, κυρίως δε έν τού μήκους τών άγαγών προσαγωγής. Διε'έγκαταστάσεις ένθα το δύλινδη μήκος έκαστου άγαγού προσαγωγής δεν υπερβαίνει το τριπλάσιον περίπου τού μεγίστου ύψους πτώσεως, αν απώλεια συνήθως δέον να μήν υπερβαίνουν το 1% έως 1,5% τού όντομαστικού ύψους πτώσεως. Διε'άγαγούς προσαγωγής τών δύο ποσών το μήκος υπερβαίνει την άνωτέρω τιμήν, το σύνολον τών άπωλειών ένεργειας συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 2% κατά 8% έως 10% τού όντομαστικού ύψους πτώσεως. Αί ταχύτητες τών άγαγών προσαγωγής, αν δύοποτανατούνται βάσει της οίκονομικής διαμέτρου τών άγαγών, δέον να μήν υπερβαίνουν το 9 έως 10m/sec.

### 6.6.2 Χαρακτηριστικά "Υψη Πτώσεως"

'Η διάταξις ύδροδυναμικής έγκαταστάσεως τύπου I, βλ. παρ. 3.5.2 μετά ταμευτήρος άπλης σικοπιμότητος κατά στροβίλου Francis έμφανεται είς το Σχ. 6-28.

Είς το σχήμα δεικνύονται ώρισμέναι στάθμαι λειτουργίας κατά ρυθμίσεως τού ταμευτήρος ως κατά το άντεστοιχα χαρακτηριστικό άφελιμα ύψη πτώσεως της έγκαταστάσεως. Αί έν λόγψ στάθμαι, ήτοι ή κανονική κατά ή έλαχιστη, αν δύοποταν άνεφερθησαν έπισης έν παρ. 2.4.1, ως κατά ή μέση στάθμη, χρησιμεύουν είς την έκπρησην τών μελετών λειτουργίας ταμευτήρων ως άνεπτυχθή έν παρ. 2.6.

Κατά την λειτουργίαν τού ταμευτήρος ύδροδυναμικής έγκαταστάσεως δυνάμεια να θεωρήσωμεν στις ή έκαστοτε στάθμη τού ταμευτήρος, έστω ή  $h(t)$ , είναι συνεχής συνάρτησις τού χρόνου περατωμένης διακυμάνσεως. Μέσην στάθμην ή μέσον ορον στάθμης (weighted average water level) καλούμεν την μέσην στάθμην τού ταμευτήρος  $h_M(T)$ , άπό την χρονικήν στιγμήν Ο μέχρι της χρονικής στιγμής  $T$ , ή δύοποταν άριζεται έν της κάτωθι σχέσεως :

$$h_M(T) = \frac{1}{T} \int_0^T h(t) dt \quad (6.69)$$

'Ως χρονικήν στιγμήν Ο λαμβάνομεν την χρονικήν άφετηραν τών διαγραμμάτων ρυθμίσεως διατά την παραγωγήν ένεργειας, βλ. Σχ. 2-30. 'Η άφετηρα αύτη δύναται να θεωρηθῇ ως συμπέπτουσα πρόσ τόν χρόνον ένδρεσεως τών συνεχών κατά μακροχρονίων ύδρολογικών παρατηρήσεων μελέτης τού έργου.

Προφανῶς βάσει της σχέσεως (6.69) ή  $h_M(T)$  είναι συνάρτησις της χρονικής περιόδου  $T$ . Διε'άπεριδριστον χρόνον ή ίδανικη μέση στάθμη τού ταμευτήρος άριζεται υπό της σχέσεως :

$$h_M = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T h(t) dt \quad (6.70)$$

'Επειδή ή  $h(t)$  είναι συνεχής συνάρτησις περατωμένης διακυμάνσεως το οριον της σχέσεως (6.70) ύφεσταται πάντοτε.

Διατά μελέτας λειτουργίας κατά ρυθμίσεως ταμευτήρων δυνάμεια να έφαρμόσωμεν την σχέσιν (6.69) διατά άρκούντως μεγάλο  $T$  κατά ούτω δυνάμεια να θέσωμεν κατά προσέγγισιν  $h_M(T) \approx h_M$ . 'Η προσέγγισις αύτη έξαρτάται φυσικά έν τού μεγέθους της περιόδου  $T$ .

'Η μέση στάθμη καθορίζεται έπομενως έν της σχέσεως (6.69), βάσει τών μακροχρονίων (long-term) κατά υπερετησίων διαγραμμάτων μεταβολής της στάθμης τού ταμευτήρος κατά την παραγωγήν ένεργειας (βλ. Σχ. 2-30). 'Ενσιτε τη ή έλλειψει τοιούτων μελετών ή στοιχείων ή μέση στάθμη ταμευτήρος, υπολογίζεται κατά προσέγγισιν, ού-

τως  $\bar{H}$  στεις οι ένατέραθεν τής μέσης στάθμης  $\bar{H}$  γιοι τού ταμιευτήρως, οι  $\bar{H}$  ριζόμενοι μεταξύ ταύτης καὶ τής κανονικής  $\bar{H}$ , ένδις, καὶ τής κατωτέτης στάθμης  $\bar{H}$  'έτερου, ναὶ ἀντιστοιχοῦ εἰς τὴν παραγωγήν ἐνεργείας ἐτησίως διὰ μέσου ἔτος.

Μέσον  $\bar{H}$  πτώσεως  $H_p$  (weighted average head), καλεῖται τὸ ὀφέλιμον  $\bar{H}$  πτώσεως μεταξύ τής μέσης στάθμης τού ταμιευτήρως καὶ τής στάθμης τής διώρυγος φυγῆς, κατὰ τὴν λειτουργίαν τής ἐγκαταστάσεως.

Τὸ μέσον  $\bar{H}$  πτώσεως καθορίζεται συνήθως βάσει τῶν μελετῶν λειτουργίας καὶ ρυθμίσεως τού ταμιευτήρως, τής μέσης ἐτησίας ἀξιοποιησμού παροχῆς καὶ τής μέσης ἐτησίας παραγομένης ἐνεργείας. Αἱ ἀπώλειαι ἐνεργείας διὰ μέσου τού συγκροτήματος προσαγγῆς  $\bar{H}$  πολογίζονται κατὰ προσέγγισιν. Κατὰ τὸ στάδιον προμελέτης ὁ συνολικός βαθμός ἀποδόσεως τής ἐγκαταστάσεως λαμβάνεται ἵσος πρᾶς 0,75 καὶ 0,80 δι' ἐγκαταστάσεις ἄνευ ταμιευτήρως (run of river) ἢ μετέ ταμιευτήρως ἀντιστοίχως.

"Όταν ἡ μέση στάθμη τού ταμιευτήρως ληφθῇ κατὰ προσέγγισιν ὡς ἀνεφέρθη προηγουμένως, βλ. ἐπίσης Σχ. 6-28, τὸ μέσον  $\bar{H}$  πτώσεως λαμβάνεται διὰ λειτουργίαν ὅλων τῶν μονάδων ὑπό πλήρεις ἄνοιγμα τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων τῶν στροβίλων.

"Υψος πτώσεως μελέτης  $H_d$  (desing head), καλεῖται τὸ ὀφέλιμον  $\bar{H}$  πτώσεως διὰ λειτουργίαν στροβίλου, ὑπό τὸν σύγχρονον ἀριθμὸν στροφῶν ἢ τὸν πραγματικὸν ἀριθμὸν στροφῶν (μελέτης), βλ. παρ. 6.6.5.2 καὶ ὑπό τὸν μέγιστον βαθμὸν αποδόσεως (peak efficiency). Τὸ  $\bar{H}$  πτώσεως μελέτης, ὡς χαρακτηριστική παράμετρος λειτουργίας τού στροβίλου καλεῖται ἐντοτε καὶ  $\bar{H}$  πτώσεως ὑπό μέγιστον βαθμὸν ἀπόδοσεως. Κατὰ τὴν λειτουργίαν τού στροβίλου ὑπό τὸ  $\bar{H}$  πτώσεως μελέτης, αἱ συνθῆκαι ροῆς τού ὑδατος ὡς πρᾶς τὸν δρομέα, ἥτοι αἱ τιμαὶ τῶν ταχυτήτων τού ὑδατος καὶ ἡ διεύθυνσις ροῆς εἶναι ἵσοις μονάδωι πρᾶς τάξις συνθήκας μελέτης τού στροβίλου.

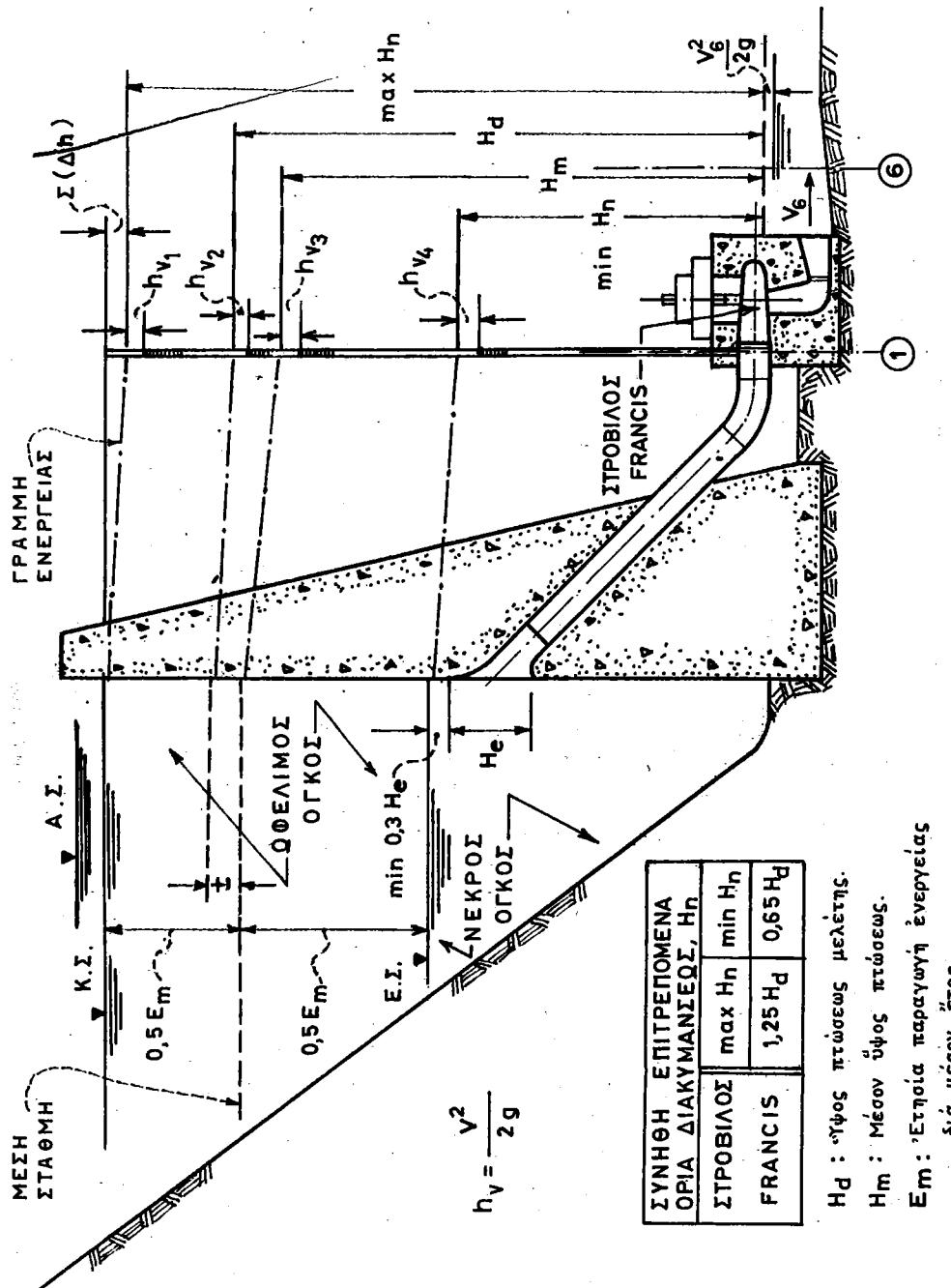
"Ονομαστικὸν  $\bar{H}$  πτώσεως  $H_r$  (rated head), καλεῖται τὸ ὀφέλιμον  $\bar{H}$  πτώσεως διὰ λειτουργίαν τού στροβίλου ὑπό πλήρεις ἄνοιγμα τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων καὶ διὰ ὀφέλιμον (ἀποδιδομένην) ἵσχυν ὑπό τού στροβίλου τοσαύτην ὥστε ἡ ἀποδιδομένη ἵσχυς ὑπό τής γεννητρίας να ἴσοιται πρᾶς τὴν ἐγκατεστημένην (όνομαστικήν) της ἵσχυν. Αἱ ἐγκατεστημέναις ἵσχεις στροβίλου καὶ γεννητρίας, βλ. ἐπίσης παρ. 4.2.1.1, ἀναφέρονται ἐπομένως εἰς τὸ ὄνομαστικὸν  $\bar{H}$  πτώσεως. Διὰ τὸν ὑπολογισμὸν τῶν ἀπώλειῶν τής γεννητρίας λαμβάνομεν τὸν βαθμὸν ἀποδόσεως ταύτης συνήθως 0,96 ἕως καὶ 0,98 ἀναλόγως τού μεγέθους της.

"Ελαχίστον  $\bar{H}$  πτώσεως  $H_{min}$ , καλεῖται τὸ ὀφέλιμον  $\bar{H}$  πτώσεως μεταξύ τής ἐλαχίστης στάθμης τού ταμιευτήρως καὶ τής στάθμης τής διώρυγος φυγῆς διὰ λειτουργίαν συνήθως ὅλων τῶν μονάδων ὑπό πλήρεις ἄνοιγμα τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων. Διὰ τὴν περίπτωσιν αὐτῆς ὁ ἐκχειλιστής τού ἔργου δέν λειτουργεῖ.

"Μης ἀνεφέρθη εἰς τὴν παρ. 6.6, κατὰ τὴν λειτουργίαν ὑδροδυναμικῆς ἐγκαταστάσεως ἡ ἐκμεταλλεύσιμος παροχή καὶ τὸ διατρέσιμον  $\bar{H}$  πτώσεως  $\bar{H}$  στανταὶ διακυμάνσεις. Ο καθορισμὸς τού μεγίστου καὶ ἐλαχίστου  $\bar{H}$  πτώσεως  $\bar{H}$  διαρροής σταθμούς σταστάσεως ἐξαρτᾶται ὡς εἴδομεν ἐν τῶν περιορισμῶν οἱ ὀποῖοι διέπουν τὴν λειτουργίαν καὶ ρυθμιστικῶν τού ταμιευτήρως ὡς καὶ τὴν λειτουργίαν τού στροβίλου.

"Ἐκ τῶν χαρακτηριστικῶν καμπυλῶν λειτουργίας στροβίλου Francis, βλ. λ.χ. Σχ. 6-34 ἕως 6-38, διὰ μερικῶν ἄνοιγμα τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων καὶ σταθερὸν ἀριθμὸν στροφῶν εἶναι προφανές ὅτι : (α) 'Ο μέγιστος βαθμὸς ἀποδόσεως τού στροβίλου ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸ  $\bar{H}$  πτώσεως μελέτης τού στροβίλου καὶ εἰς ὀρισμένην τινὰ τιμήν, τής ἀποδιδομένης ἵσχυος ὑπό τού στροβίλου καὶ (β) 'Ο στροβίλος λειτουργεῖ ὑπό μειωμένον βαθμὸν ἀποδόσεως διὰ οἰασδήποτε ἐτέρας τιμᾶς τού ὀφελίμου  $\bar{H}$  πτώσεως πτώσεως τής ἐγκαταστάσεως καὶ τής ἀποδιδομένης ἵσχυος.

"Η συνήθης ἐπιτρεπομένη διακύμανσις τού μεγίστου καὶ ἐλαχίστου  $\bar{H}$  πτώσεως πτώσεως  $\bar{H}$  πρᾶς τὸ  $\bar{H}$  πτώσεως μελέτης δέδεται βάσει τής ἐμπειρίας εἰς τὸν περί



**Σχ. 6-28** Τομή συγκροτήματος άνδροδυναμικής έγκαταστασεως μετά στροβίλων Francis κατ' ξεραιντηριστικό φεντιλάτη πτώσεως.

νακα 6.3., (βλ. έπεισης Σχ. 6-28).

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.3 - ΣΥΝΗΘΗ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΑ ΟΡΙΑ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΩΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΥΨΩΝ ΠΤΩΣΕΩΣ

Τύπος στροβίλου	$\frac{\max H_p}{H_d}$	$\frac{\min H_p}{H_d}$
Francis , Kaplan	1,25	0,65
Έλικοστροβίλοι μετά σταθερών πτερυγών	1,10	0,95

Έκ τοῦ πίνακα 6.3, εἶναι προφανές ότι διά στροβίλους Francis ή Kaplan η σχετική διακύμανσις μεταξύ άνωτάτης καὶ κατωτάτης στάθμης τοῦ ταμιευτήρος δύναται νᾶ προσεγγίσῃ τὸ ὄριον ἐνθα  $\max H_p = 1,93 \min H_p$ . Ταῦτα ἐπιτρέπομενα ὄρια διακυμάνσεως τοῦ ὑψους πτώσεως καὶ τοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν ὡς πρᾶς τὸ ὑψος πτώσεως μελέτης (βλ. πίνακα 6.3) καὶ τὸν ἀριθμὸν στροφῶν μελέτης τοῦ στροβίλου ἀντιστοίχως, ἵναν ποιοῦν τὰς τιμᾶς τοῦ συντελεστοῦ περ. ταχύτητος οὕτως ὅστε ὁ στροβίλος νᾶ λειτουργῆ ἀσφαλῶς ἀνευ ἐντόνου σπηλαιώσεως καὶ εἰς τὴν περιοχήν τοῦ βελτίστου βαθμοῦ ἀποδόσεως. Ήδη εἴδομεν ἐν παρ. 6.5.3 ὁ συντελεστής ταχύτητος φέρει τῆς σχέσιν μεταξύ τῆς περιφερειακῆς ταχύτητος τοῦ δρομέως  $U_1$ , καὶ τῆς θεωρητικῆς ταχύτητος τοῦ ὑδατος  $V_1$ .

Η ἐπιλογή τοῦ ὄνομαστικοῦ ὑψους πτώσεως καὶ τῆς ἀντιστοίχου στάθμης τοῦ ταμιευτήρος ὡς πρᾶς τὴν μέσην στάθμην ἔξαρτᾶται ἐν τῷ διακυμάνσεων τῆς μεγίστης (κανονικῆς) καὶ ἐλαχίστης στάθμης τοῦ ταμιευτήρος ὡς πρᾶς τὴν ἀντιστοίχον στάθμην τοῦ ὑψους πτώσεως μελέτης. Οἱ καθορισμένοι κατὰ τὸ δυνατόν τοῦ ὄνομαστικοῦ ὑψους πτώσεως διά στάθμην ταμιευτήρος περὶ τὴν μέσην στάθμην ὅποτε  $H_r \approx H_p$ , εἶναι προτιμητέοις. Διὰ τὴν ἴναν ποιοῖσιν ἀφ' ἐτέρου τῆς συνθήκης λειτουργίας τῆς ἐγκαταστάσεως ὑπὸ τὸν μέγιστον ὀλικὸν βαθμὸν ἀποδόσεως ταύτης ἐπιδιώκομεν τὸ ὄνομαστικόν ὑψος πτώσεως νᾶ εἶναι ἵσον πρᾶς τὸ ὑψος πτώσεως μελέτης, ὅποτε  $H_r = H_d$ .

Δι' ἐγκαταστάσεις ἐνθα η διακύμανσις τῆς στάθμης τοῦ ταμιευτήρος μεταξύ τῆς κανονικῆς καὶ ἐλαχίστης καὶ τῷ ἀντιστοίχῳ ὑψῷ πτώσεως πλησιάζει η ὑπερβαίνει ἐνιστε τὰ ὄρια τοῦ πίνακα 6.3 ὅποτε ἔχομεν  $\max H_p \geq 2 \min H_p$ , βλ. έπεισης Σχ. 6-28 καὶ 6-34, αἱ τιμαὶ τοῦ ὄνομαστικοῦ καὶ μέσου ὑψους πτώσεως δύνανται νᾶ ληφθοῦν διάφοροι τοῦ ὑψους πτώσεως μελέτης.

### 6.6.3 Βαθμὸς Αποδόσεως

Κατὰ τὴν μετατροπήν τῆς διατιθεμένης δυναμικῆς ἐνεργείας ὑδροδυναμικῆς ἐγκαταστάσεως εἰς ήλεκτρικήν ἐνέργειαν, παρατηροῦμεν ὡς ηδη ἀνεφέρθη ἐν παρ. 6.6.1, οἵτι : (α) Ποσόν τῆς διατιθεμένης κινητικῆς ἐνεργείας, τοῦ ρεοντος ὑδατος, δύναται νᾶ μετατραπῇ εἰς ὀφέλιμον ἔργον μέσψ τοῦ στροβίλου, (β) Η ὀφέλιμος διατιθεμένη μηχανική ἐνέργεια ὑπὸ τοῦ στροβίλου, δύναται νᾶ μετατραπῇ εἰς ήλεκτρικήν ἐνέργειαν μέ-

σψ τῆς γεννητρίας, (γ) 'Η ύποδ τῆς γεννητρίας παραγομένη ἡλεκτρική ἐνέργεια ὥρι- σμενων χαρακτηριστικῶν μετατρέπεται δια τῶν μετασχηματιστῶν εἰς ἡλεκτρικήν ἐνέρ- γειαν ἐτέρων ὥρισμενων χαρακτηριστικῶν καὶ (δ) 'Η ἡλεκτρική ἐνέργεια μεταφέρεται δια μακρῶν γραμμῶν μεταφορᾶς ύποδ ὑψηστας τάσεις εἰς τοὺς διαφόρους ὑποσταθμούς ύ- ποβιθασμοῦ τῆς τάσεως τοῦ ρεύματος καὶ τελικῶς εἰς τὰ διάφορα καταναλώσε- ως.

Κατὰ τὴν λειτουργίαν τῶν ἐπί μέρους ἔξοπλισμῶν ὑδροδυναμικῆς ἐγκαταστάσεως ἡ γενικήτερον ὑδροηλεκτρικοῦ συστήματος δια τὴν παραγωγὴν ἡλεκτρικῆς ἐνέργειας, αἱ ποσότητες τῆς ἀρχικῆς διατίθεμένης ἐνέργειας αἱ ὄποιαι μετατρέπονται εἰς ἐτέρας μορφὰς ἐνέργειας ὡς λ.χ. θερμότητα, χαρακτηρίζονται ὡς ἀπώλειαι. Βαθμός ἀποδό- σεως ἔξοπλισμοῦ τηνος ὑδροηλεκτρικοῦ συστήματος ὡς λ.χ. ὑδραυλικῆς ἡ ἡλεκτρικῆς μηχανῆς, συγκριτήματος προσαγωγῆς, (ὑδροληψίας, ἀγωγῶν προσαγωγῆς, διώρυγος φυ- γῆς), γραμμῶν μεταφορᾶς ήλπ. καλεῖται ὁ λόγος τῆς ὑπάρχοντος ἀποδιδομένης ἴσχυος πρὸς τὴν ἀρχικῆς διατίθεμένην εἰς τοῦτο ἴσχυν ἡ ὁ λόγος τῆς ὑπὸ αὐτοῦ ἀποδιδομένης πρὸς τὴν προσαγομένην εἰς τοῦτο ἐνέργειαν.

Προκειμένου περὶ τοῦ συνολικοῦ βαθμοῦ ἀποδόσεως ὑδροδυγματικῆς ἐγκαταστάσεως, συμπεριλαμβανομένου τοῦ ὑδραυλικοῦ βαθμοῦ ἀποδόσεως τοῦ συστήματος προσαγωγῆς η πή σχέσις (1.11), γράφεται γενικήτερον ὡς ἔξης :

$$\pi_E = \pi_\sigma \cdot \pi_\gamma \cdot \pi_\mu \cdot \pi_\pi = \pi_e \cdot \pi_\pi \quad (6.71)$$

'Ο συνολικός βαθμός ἀποδόσεως ποὺς ὑδροδυναμικῆς ἐγκαταστάσεως ἡ γενικήτερον ὑ- δροηλεκτρικοῦ συστήματος, συμπεριλαμβανομένων καὶ τῶν ἕργων μεταφορᾶς ἐνφράζεται ἐν τῆς γενικῆς σχέσεως :

$$\pi_\Sigma = \pi_E \cdot \pi_{\gamma\mu} \cdot \pi_{\mu\pi} \quad (6.72)$$

"Ενθα πγμ καὶ πμυ εἶναι οἱ βαθμοὶ ἀποδόσεως τῶν γραμμῶν μεταφορᾶς καὶ τῶν με- τασχηματιστῶν ὑποβιθασμοῦ τῆς τάσεως τοῦ ρεύματος ἀντιστοίχως.

**6.6.3.1 Μέσαι Τιμαὶ Βαθμοῦ Ἀποδόσεως** 'Η σχέσις (6.72) ἐνφράζει τὸν συνολικόν βαθμόν ἀποδόσεως ὑδροηλεκτρικοῦ συστήματος μεταξύ τῆς ὑδροληψίας τοῦ συστήματος προσαγω- γῆς καὶ τῶν διακοπῶν διανομῆς εἰς τὸν ὑποσταθμόν. 'Ο συνολικός βαθμός ἀποδόσεως δύναται να ληφθῇ κατὰ προσέγγισιν ἀπὸ 72 % ἕως 80 %.

Οἱ μέσοι βαθμοὶ ἀποδόσεως τῶν γεννητριῶν καὶ τῶν μετασχηματιστῶν βάσει τοῦ πρόναος 1.1. εἶναι περίπου 96 % καὶ 98 % ἀντιστοίχως.

Οἱ μέσοι βαθμοὶ ἀποδόσεως τῶν γραμμῶν μεταφορᾶς καὶ μετασχηματιστῶν ὑποβιθα- σμοῦ τάσεως ἔξαρτῶνται ἐν διαφόρων παραγόντων καὶ κυρίως τοῦ μήκους τῆς γραμμῆς μεταφορᾶς καὶ τῆς τάσεως τοῦ ρεύματος, δύνανται δέ να ληφθοῦν κατὰ προσέγγισιν ἕ- σοις πρὸς 98 %.

Εἰς τὸν πρόναον 1.1 δεδονται ἐπεισης αἱ μέσαι τιμαὶ τοῦ βαθμοῦ ἀποδόσεως τῶν στροβίλων ἀναλογικῶν τοῦ τύπου στροβίλου. Χαρακτηριστικὲς διαγράμματα μεταβολῆς τοῦ βαθμοῦ ἀποδόσεως τοῦ στροβίλου ἀναλογικῶν τοῦ τύπου καὶ τῶν συνθηκῶν λειτουργίας τοῦ στροβίλου ἐμφανιζονται εἰς τὰ Σχ. 6-29 καὶ 6-32 ἕως 6-43.

**6.6.3.2 Βαθμός Αποδόσεως Στροβίλου** Η ύπο της περιστρεφομένης ατράκτου τού στροβίλου αποδιδομένη ή άφελιμος ίσχυς ή ως άνεφερθη ἐν παρ. 6.6.1 είναι μικροτέρα της αρχικής διαταθεμένης είς αύτον ίσχυος I, λόγω τών άναπτυσσομένων άναποφεύκτων απωλειών ἐνεργείας κατά την λειτουργίαν τού στροβίλου. Αί πάλειαν αύται διακρίνονται κυρίως είς έσωτεριας, ογκομετρικές καὶ μηχανικές.

Ός άνεφερθη προηγουμένως (βλ. ἐπίσης σχ. 6-27), κατά την ροήν τού θόρακος δια μέσου τού στροβίλου αι ἐπί μέρους έσωτεριας απώλειαν έκφραζονται δια τών  $h_{1-3}$ , καὶ  $h_R$ . Είς ταύτας δέσιν ἐπίσης να συμπεριλαμβανεν ταῖς άπωλείας  $h_{4-6}$  δια μέσου τού άγωγού ἐξόδου μεταξύ τών θέσεων 4 καὶ 6.

Ο θόρακιν θαθμός αποδόσεως τού στροβίλου η, ὁ θόρακος ένστρεται απώλειας έσωτεριας θαθμός αποδόσεως, δύναται να έκφρασθῇ δια συνδυασμού τών σχέσεων (6.10) καὶ (6.64) ύπο την κάτωθι μορφήν :

$$n_h = \frac{I_R}{I} = \frac{H_R}{H_n} \quad (6.73)$$

Ἐκ της σχέσεως (6.60) καὶ δια  $H_L = h_{1-3} + h_R + h_{4-6}$  θέχομεν :

$$H_R = H_n - H_L \quad (6.74)$$

Ούτω η σχέσις (6.73) λαμβάνει ἐπίσης την μορφήν :

$$n_h = \frac{H_R}{H_R + H_L} \quad (6.75)$$

Ο θόρακιν θαθμός αποδόσεως τών συγχρόνων στροβίλων κυριαρχεται συνήθως ἀπό 90 % ἕως 96 %.

Αί ογκομετρικές απώλειαν τού στροβίλου θέσειαν ταῦς διαρροΐς τού θόρακος δια μέσου τών διακενών ταῦς περιβλήματος τών ρυθμιστικών πτερυγίων. Εάν Q είναι η δια μέσου της ἐπιφανείας E<sub>0</sub> ἐξόδου τών ρυθμιστικών πτερυγίων τού στροβίλου αντιστοιχούσα παροχή (βλ. Σχ. 6-27-1) καὶ Q<sub>L</sub> είναι η διαρρέουσα παροχή δια μέσου τών διακενών τέντων περιοχῶν υψηλῶν πιέσεων πρός τοιαύτας χαμηλῶν τού διακενών, ὁ ογκομετρικός θαθμός αποδόσεως τού στροβίλου έκφραζεται δια της κάτωθι σχέσεως :

$$n_v = \frac{Q - Q_L}{Q} \quad (6.76)$$

Η Q<sub>L</sub> είναι τόσον μικρά ὥστε ὁ ογκομετρικός θαθμός αποδόσεως τού στροβίλου είναι σπανίως μικρότερος τού 98 %, κυριαρχεται δέ μεταξύ 98 % ἕως 99,5 %.

Αί μηχανικές απώλειαν τού στροβίλου περιλαμβάνουν κυρίως ταῦς ἐν της τριβῆς απωλείας τών έδρανων τών στυπισθαλάμων ή καὶ τών τριβῶν τών ἐπιφανειῶν της στεφνης τού στρεφομένου δρομέως ἐντός τού θόρακος. Ο μηχανικός θαθμός αποδόσεως τού στροβίλου κυριαρχεται συνήθως μεταξύ 97 % ἕως 98 % καὶ δεδεται ἐν της σχέσεως :

$$\eta_m = \frac{I_u}{I_R} = \frac{H_u}{H_R} \quad (6.77)$$

Διεύ συνδυασμού τών βαθμών άποδόσεως η<sub>h</sub>, η<sub>v</sub> και η<sub>m</sub> τών σχέσεων (6.75), (6.76), κατ' (6.77) αντιστοίχως, δη συνολικής βαθμός άποδόσεως του στροβίλου ενφράζεται διεύ τής καταθετικής σχέσεως :

$$\eta_s = \eta_h \cdot \eta_v \cdot \eta_m \quad (6.78)$$

Ό συνολικής βαθμός άποδόσεως δύναται επίσης να γραφεί κατά προσέγγισιν διεύ τής καταθετικής σχέσεως :

$$\eta_s = \eta_h - (0,01 \text{ έως } 0,04)$$

Εάν παραλείψωμεν τας διγομετρικές άπωλειες του στροβίλου ή σχέσεις (6.78) λαμβάνεται τήν μορφήν :

$$\eta_s = \eta_h \cdot \eta_m \quad (6.79)$$

#### 6.6.4 Ειδικός Αριθμός Στροφών

Διεύ συνδυασμού τών σχέσεων (6.44) κατ' (6.45) δυνάμεια να ενφράσωμεν τας χαρακτηριστικές μεταβλητές Q, H και η διεύ τής καταθετικής σχέσεως :

$$\eta_2 = \eta_1 \left( \frac{H_2}{H_1} \right)^{3/4} \cdot \left( \frac{Q_1}{Q_2} \right)^{1/2} \quad (6.80)$$

Διεύ συνδυασμού τών σχέσεων (6.47) κατ' (6.80) έχομεν επίσης :

$$\eta_2 = \eta_1 \left( \frac{H_2}{H_1} \right)^{5/4} \cdot \left( \frac{I_1}{I_2} \right)^{1/2} \quad (6.81)$$

Η σχέση (6.81) διεύ I<sub>2</sub> = 1HP, H<sub>2</sub> = 1m και H<sub>1</sub> = H<sub>n</sub>, ενώ H<sub>n</sub> ενφράζεται το ώφελον ύψους πτώσεως τής έγκαταστάσεως, γράφεται γενικώς ως εξής :

$$\eta_s = \frac{\eta \cdot I^{1/2}}{H_n^{5/4}} \quad (6.82)$$

Ενώ είναι :

η<sub>s</sub> : εύδικης αριθμός στροφών

η : αριθμός στροφών άνα λεπτόν, (xpt) διεύ πλήρες ή βελτιστον ανοιγμα ρυθμιστικών πτερυγών

I : ίσχυς στροβίλου, HP (μετρική σύστημα)

H<sub>n</sub> : ώφελον ύψους πτώσεως, m

‘Ως ὀφέλιμον ὑψος πτώσεως λαμβάνεται ἐπίσης το δόνομαστικόν ὑψος πτώσεως ᾧ το ὑψος πτώσεως μελέτης τῆς ἐγκαταστάσεως ὡς ἀναφέρεται ἐν παρ. 6.6.6.1.

Συμφώνως πρός τήν σχέσιν (6.82) εἰδικός ἀριθμός στροφῶν οὐλεῖται ὁ ἀριθμός στροφῶν ἀνά λεπτόν υπό τον ὄποιον θόριεστρεφετο δρομεύς, ἐάν αἱ διαστάσεις τούτου ὑποβιβλέζοντο διὰ γεωμετρικῆς ὁμοιότητος οὕτως ὥστε, διὰ ὀφέλιμον ὑψος πτώσεως 1m νᾶ ἀποδέδεται υπ’ αὐτοῦ ἵσχυς ἵση πρός 1HP.

Πρός μετατροπήν τοῦ εἰδικοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν ἐν τοῦ Βρεττανικοῦ συστήματος μετρήσεως εἰς το διατρικόν συστήμα ἔχομεν :

$$n_s (\text{μετρικό}) = 4,446 n_s (\text{βρετ.})$$

Ἐκ τῆς σχέσεως (6.82) συμπερανύομεν ἐπίσης ὅτι ὁ εἰδικός ἀριθμός στροφῶν δύναται νᾶ χαρακτηρισθῆναι ὡς σταθερᾶ ἀπόντων τῶν γεωμετρικῶν ὁμοιών δρομέων ἀνεξαρτήτως τοῦ φυσικοῦ αὐτῶν μεγέθους οὐλής ὑψούς πτώσεως λειτουργίας των.

Διὰ ἐγκατάστασιν ἔνθα τὰ I οὐλής Η<sub>n</sub> δέδονται, δυνάμεθα νᾶ οαθορίσωμεν βάσει τῆς σχέσεως (6.82) τὸν οατάλληλον ἀριθμόν στροφῶν δρομέως γεωμετρικῶν ὁμοίου πρός δοθεῖτα δρομέα τοῦ ὄποιον δέδεται ὁ εἰδικός ἀριθμός στροφῶν.

Διὰ μεταβολῆς τῆς γεωμετρικῆς μορφῆς δρομέως στροβίλου τινός αἱ συνθήκαι ὁμοιότητος τοῦ στροβίλου μεταβάλλονται, ὡς ἐπίσης οὐλής ἡ τιμή τοῦ εἰδικοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν. ‘Ο εἰδικός ἀριθμός στροφῶν στροβίλου μετά δρομέως ἀρισμένης τινός γεωμετρικῆς μορφῆς, ἐφφράζεται ἐπομένως τῆς ἴναντητα περιστροφῆς τοῦ στροβίλου υπό ἀρισμένον ἀριθμόν στροφῶν, διὰ δεδομένην ἵσχυν οὐλής δεδομένην ὑψος πτώσεως.

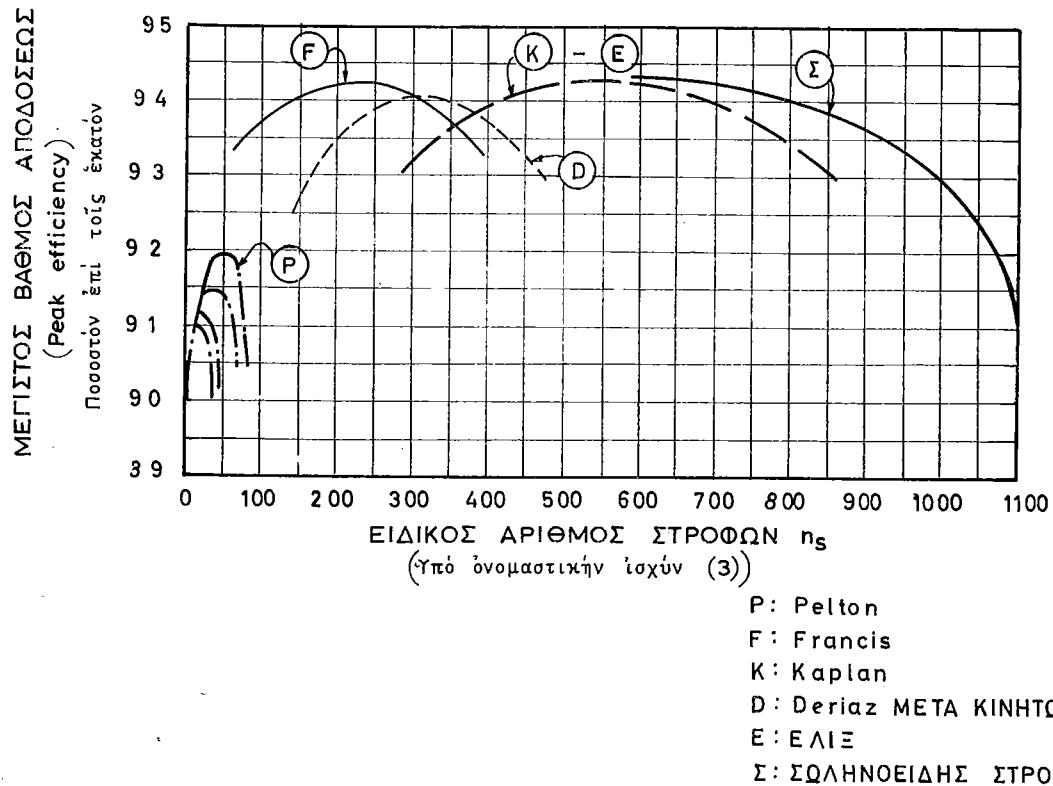
Δεινὸν νᾶ τονισθῆναι ἡ ἀλληλεξάρτησις τῆς γεωμετρικῆς μορφῆς τοῦ δρομέως οὐλής ἀντιστοιχου τιμῆς τοῦ εἰδικοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν διὰ τῆς συνθήκης λειτουργίας τοῦ στροβίλου υπό τὸν βελτιστὸν βαθμόν ἀπόδοσεως τοῦ στροβίλου. ‘Η λειτουργία αὗτη οατάσταταται ἐφικτή μόνον διὰ ἀρισμένους συνδυασμούς τῶν χαρακτηριστικῶν μεταβλητῶν Q, H οὐλής π.

‘Ως εἶναι εύνοητον διὰ τῆς μεταβολῆς τοῦ ἀνοίγματος τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων οατά τῆς λειτουργίαν τοῦ στροβίλου ἐκτός τῆς περιοχῆς τοῦ μεγέστου βαθμοῦ ἀπόδοσεως, μεταβαλλομένων τῆς παροχῆς οὐλής ἵσχυος τοῦ στροβίλου, μεταβάλλονται οὐλής αἱ τιμαὶ τοῦ εἰδικοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν.

Κατὰ τῆς λειτουργίαν τοῦ στροβίλου διακρίνομεν τὰς ἑξῆς τρεῖς χαρακτηριστικάς τιμῶν τοῦ εἰδικοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν : (α) Τὸν ὄνομαστικόν εἰδικόν ἀριθμόν στροφῶν (rated specific speed) ὁ ὄποιος ἀντιστοιχεῖ εἰς τῆς τῆς ἐγκατεστημένην ἵσχυν τῆς μονάδος (βλ. παρ. 4.2.1) οὐλής τὸν ὄνομαστικόν ὑψος πτώσεως οὐλής (β) Τὸν εἰδικόν ἀριθμόν στροφῶν μελέτης (desing specific speed) (βλ. παρ. 6.6.5.2) οὐλής (γ) Τὸν εἰδικόν ἀριθμόν στροφῶν ὁ ὄποιος ἀντιστοιχεῖ εἰς τῆς τῆς ἵσχυν τοῦ στροβίλου. υπό τὸν βελτιστὸν βαθμόν ἀπόδοσεως.

‘Εξαιρουμένων τῶν στροβίλων Francis ὑψηλοῦ εἰδικοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν οὐλής τῶν εἰλικρινῶν, εἰς τὸ σημεῖον τοῦ μεγέστου βαθμοῦ ἀπόδοσεως τοῦ στροβίλου ἀντιστοιχεῖ συνήθως ἵσχυς τῆς μονάδος μικροτέρα τῆς ἵσχυος μελέτης ᾧ τῆς ἐγκατεστημένης (βλ. Σχ. 6-33, 6-35, 6-37 οὐλής 6-39).

Ἐν τῷ Σχ. 6-29 ἐμφαίνονται τὰ διαγράμματα μεταβολῆς τοῦ ὄνομαστικοῦ εἰδικοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν συναρτήσει τῶν μεγέστων τυπικῶν βαθμῶν ἀπόδοσεως διαφέρων τύπων στροβίλων. Τὰ διαγράμματα βασίζονται ἐπὶ οατασκευαστικῶν στοιχείων μεγάλων συγχρόνων μονάδων ὡς οὐλής ἡ ἐπί τῶν στοιχείων τῶν δοκιμῶν ἐλεγχού τοῦ βαθμοῦ ἀπόδοσεως τῶν μονάδων, αἱ ὄποιαι ἑξετελέσθησαν συμφώνως πρός τούς τῆς μεγέθους τῶν μεγέστων βαθμῶν. Τὰ ἐν λόγῳ διαγράμματα δεινούσιν τῆς τᾶξιν μεγέθους τῶν μεγέστων βαθμῶν ἀπόδοσεως στροβίλων οἱ ὄποιοι διαφέρουν υπό τοῦ τευχοῦ συνθήκας λει-



**Σχ. 6-29** Γραφική παράστασις τών μεταβολών τοῦ μεγίστου βαθμοῦ αποδόσεως στροβίλων συναρτήσει τοῦ εἰδικοῦ άριθμοῦ στροφών.

τουργίας διείσδυτη συγχρόνους μονάδας μέσου "η" μεγάλου μεγέθους. Πολλαί ἐν τῷ συγχρόνῳ μεγέλων μονάδων λειτουργοῦν ὑπό μέριστον βαθμὸν αποδόσεως ὑπερβαίνοντα τὰς τιμὰς τῶν διαγραμμάτων τοῦ Σχ. 6-29.

'Ο πίνακας 6.4 δίζει τὰς διακυμάνσεις τῶν μεγίστων βαθμῶν αποδόσεως στροβίλων συμφώνως πρᾶξ τὰ διαγράμματα τοῦ Σχ. 6-29.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.4 - ΕΠΙΔΡΑΣΙΣ ΤΟΥ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΟΥ ΕΙΔΙΚΟΥ ΑΡΙΘΜΟΥ ΣΤΡΟΦΩΝ ΕΠΙ ΤΟΥ ΜΕΓΙΣΤΟΥ ΒΑΘΜΟΥ ΑΠΟΔΟΣΕΩΣ ΣΤΡΟΒΙΛΩΝ (Βλ. Σχ. 6-29)

$\alpha/\alpha$	Τύπος Στροβίλου	$n_s$ (Μετρικόν)	max $n_s$
1	Pelton	9 - 82	0,888 - 0,920
2	Francis	68 - 300	0,935 - 0,945
3	Ρυθμιζόμενων Πτερυγίων, Deriaz	142 - 470	0,930 - 0,940
4	Kaplan - "Ελιξ"	290 - 860	0,930 - 0,945
5	Σωληνοειδῆς	645 - 1150	0,910 - 0,945

Διαδ στροβίλους Francis μετά δύο "η περισσοτέρων δρομέων, έστω  $r$ ,  $n$  ζεύξει επί τής αύτής άτρακτου ό όρισμός στροφών  $n_r$  ένδιστου δρομέως έκφραζεται βάσει τής σχέσεως (6.82) ως έξης :

$$n_r = \frac{n_s H_n^{5/4}}{\sqrt{\frac{I}{r}}} \quad (6.83)$$

$$\eta \quad n_r = n \sqrt{r} \quad (6.84)$$

Εν τής σχέσεως (6.84) συμπεραίνομεν ότι μονάδις φέροντα δύο "η περισσοτέρους δρομέως, θα περιστρέψεται ταχύτερον εν συγκρίσει πρός μονάδα μετά μοναδικού δρομέως.

Διαδ τήν διατήρησιν τού αύτού όρισμού στροφών ήτοι  $n = n_r$ , ο είδικος όρισμός στροφών ένδιστου δρομέως καθορίζεται εκ τής ιδιαίτερης σχέσεως :

$$n_s' = \frac{n_s}{\sqrt{r}} \quad (6.85)$$

Διαδ στροβίλους Pelton μετά δύο "η περισσοτέρων δρομέων η αύριοφυσίων ή επιλογή τού είδικού όρισμού στροφών γίνεται ως περιγράφεται εν παρ. 6.8.2.1.

## 6.6.5 Άριθμός Στροφών

**6.6.5.1 Ιδανικός Άριθμός Στροφών** 'Ο όρισμός στροφών τής μονάδος έχει άμεσον έπι - δρασιν έπι τών δαπανών τού στροβίλου, τής γεννητρίας ως η αποτίθεται παραγωγής. 'Εν τής σχέσεως (6.82) είναι προφανές ότι διαδ μονάδα τής άποινας ή λειτουργία γίνεται υπό όρισμάν στροφών γεννητρίας ως η αύριοφυσίων στροφών. 'Αφ' έτέρου έν τής σχέσεως (6.46) συμπεραίνομεν ότι δι' αύξησιν τού όρισμού στροφών αί διαστάσεις τού δρομέως η αύριοφυσίων στροβίλου, συμπεριλαμβανομένου τού βάρους τούτου, μειούνται. 'Η έπιδρασις τού όρισμού στροφών τής μονάδος έπι τών διαστάσεων η αύτού βάρους τής γεννητρίας ως η αύτού γεννητρίας διαστάσεων τού σταθμού παραγωγής είναι άναλογος. Διαδ τήν μείωσιν τών δαπανών τού ήλεκτρομηχανολογικού έπιοπλισμού η αύτού σταθμού παραγωγής έπιδιμετατει έπομπνως έπιλογή η απάτη τού δυνατόν τού μεγαλυτέρου είδικού όρισμού στροφών ως η αύτού στροφών τής μονάδος.

'Ως ήδη άνεφερθη όρισμάν μορφαί δρομέων άναλγας διαστάσεων η αύτού εύνοιαν διαδ τής ηαταλλήλου έπιλογής τού είδικού όρισμού στροφών τήν λειτουργίαν τού στροβίλου υπό όψηλόν βαθμόν άποδόσεως. 'Η λειτουργία έν τούτοις στροβίλων υπό έξαιρετη ηαπόδοσης μεγάλον ή η αύτού μετρόν είδικον όρισμόν στροφών δι' ύπερβασεως τών ηανοντικών διακυμάνσεως αύτού, συνεπάγεται μείωσιν τών βαθμών άποδόσεως διαδ τήν διαφόρων συνθήκας λειτουργίας. 'Η ύπερβασις τών ηανοντικών διακυμάνσεως τού είδικού όρισμού στροφών είναι άνεκτή έφ' έσον έρευνηθούν τα έξης : (α) Τα οίκονομιαν άφελη έν τής μειώσεως τών γεννητρίας δαπανών τού ηαρέου ήλεκτρομηχανολογικού έπιοπλισμού συμπεριλαμβανομένων τών δομικών έργων τού σταθμού παραγωγής, (β) Αί άπαιτησεις τής οίκονομιατής έκμεταλλεύσεως τών μονάδων, ως η αύτού οίκονομοτεχνιακές έπιβαρύνσεις λόγψ πειθανής μειώσεως τού βαθμού άποδόσεως τής μονάδος ως η αύτού παραγομένης ένεργειας, (γ) Αί συνθήκατη ηανοποιησεως τής άσφαλούς λειτουργίας

τῆς μονάδος ἔναντι ιραδασμῶν ήας τοῦ φαινομένου τῆς σπηλαιώσεως, αἱ ὄποιαὶ συνήθως ἀπαιτοῦνται τὴν χαμηλωτέραν τοποθετησιν τῆς μονάδος ὡς πρός τὴν διέπουσαν στάθμην μελέτης τῆς διώρυγος φυγῆς πρός ἀποφυγῆν σπηλαιώσεως ήας (δ) Αἱ ἐπέ πλέον δαπάναι τῶν δομικῶν ἔργων τοῦ σταθμοῦ παραγγῆς διὰ χαμηλοτέραν τοποθετησιν τῆς μονάδος.

‘Η ἐν τῇς ἐμπειρίας τιμῇ τοῦ εἰδικοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν, η ὄποια ἵκανοποιεῖ τὰς οἰκονομικὰς ἀποσβέσεως τῶν στροβίλων βάσει τῆς ὀφελίμου ζωῆς των διὰ συνήθεις ἐγκαταστάσεις, ήαλεῖται ὁδανικός εἰδικούς ἀριθμός στροφῶν.

Εἰς τὰ Σχ. 6-30-1, 6-30-2, 6-31 δεικνύονται αἱ τιμαὶ τοῦ ὁδανικοῦ εἰδικοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν συναρτήσει τοῦ ὑψους πτώσεως μελέτης διὰ τοῦ βασικοῦ τύπους στροβίλων. Αἱ ήαμπολαὶ τῶν σχημάτων βασίζονται ἐπε τῶν στοιχεῶν κατασκευασθέντων στροβίλων ἀνά τρία ήασμον. ‘Η ήαμπολη 1 τῶν Σχ. 6-30-1 ήας 6-30-2, βασίζεται ἐπε ἐμπειρικῶν στοιχεῶν τοῦ United States Bureau of Reclamation (60) ἐν H.P.A., δι’ ἐπιτροπού χρηματοδοτήσεως 3% ήας ὀφέλιμον ζωῆς στροβίλου 50 ἑτῶν. ‘Η ήαμπολη 2 δεῖται ήαται προσέγγισιν τὰς οἰκονομικὰς συνθηκῶν ήας τῆς ἐμπειρίας τῶν κατασκευαστῶν στροφῶν, βάσει τῶν οἰκονομικῶν συνθηκῶν ήας τῆς ἐμπειρίας τῶν κατασκευαστῶν στροβίλων ἐν Δυτ. Εύρωπῃ. Προκειμένου περὶ στροβίλων Francis η ήαμπολη 2 συμπίπτει οὐσιαστικῶς πρός τὴν ἐφαρμοζομένην ἐν τῷ πρᾶξει ὑπὸ τῶν κατασκευαστῶν οὐσιαστικά λαν ὡς, λ.χ. Kvaerner Brug Works (5), σελ. 712, Vol I, ἐν Νορβηγίᾳ ήας ἐτέρων ἐν Γαλλίᾳ. Συμφώνως πρός τὴν ἐξελιξιν τῆς τεχνολογίας ήαται τὴν τελευταῖαν δεκαετίαν ήας τὰς οἰκονομικὰς ἀπαιτήσεις κατασκευῆς μεγαλυτέρων ήας πλέον ταχυστρόφων μονάδων, η ἀντιπροσωπευτική τιμῇ τοῦ ὁδανικοῦ εἰδικοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν, δύναται νᾶ περβῆται τὴν ήαμπολη 2 ήας ἐνφράζεται διὰ τῶν σχέσεων (6.86.2) ήας (6.86.3) τοῦ S. Roy (61), (62).

Αἱ ήαμπολαὶ 1 τοῦ ὁδανικοῦ εἰδικοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν τῶν Σχ. 6-30-1, 6-30-2 ἐνθράζονται εὺς τρόπῳ μετριόν σύστημα διὰ τῶν ήατωσι τάναφερομένων σχέσεων.

Διὰ στροβίλους Francis ήας διὰ  $n_s' = \frac{1550}{H_d^{1/2}}$  ἔνθα  $H_h \approx H_d$  θᾶ ἔχωμεν :

Καμπολη 1 (U.S.B.R.) :

$$n_s' = \frac{1550}{H_d^{1/2}} \quad (6.86)$$

‘Ωριανή ήαμπολη 2 :

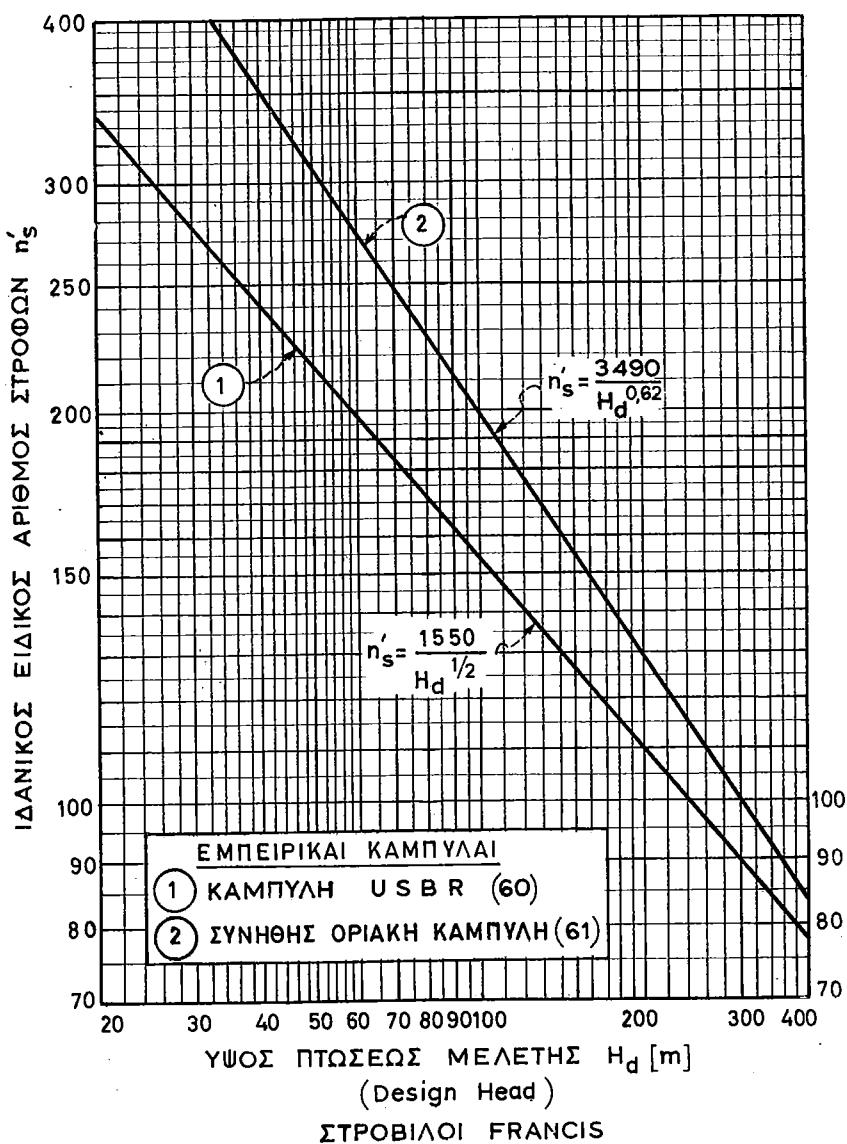
$$n_s' = \frac{3490}{H_d^{0,62}} \quad (6.86.1)$$

Καμπολαὶ S. Roy (61), (62) :  $n_s' = \frac{2275}{H_d^{1/2}}, \text{ διὰ } H_d > 100m \quad (6.86.2)$

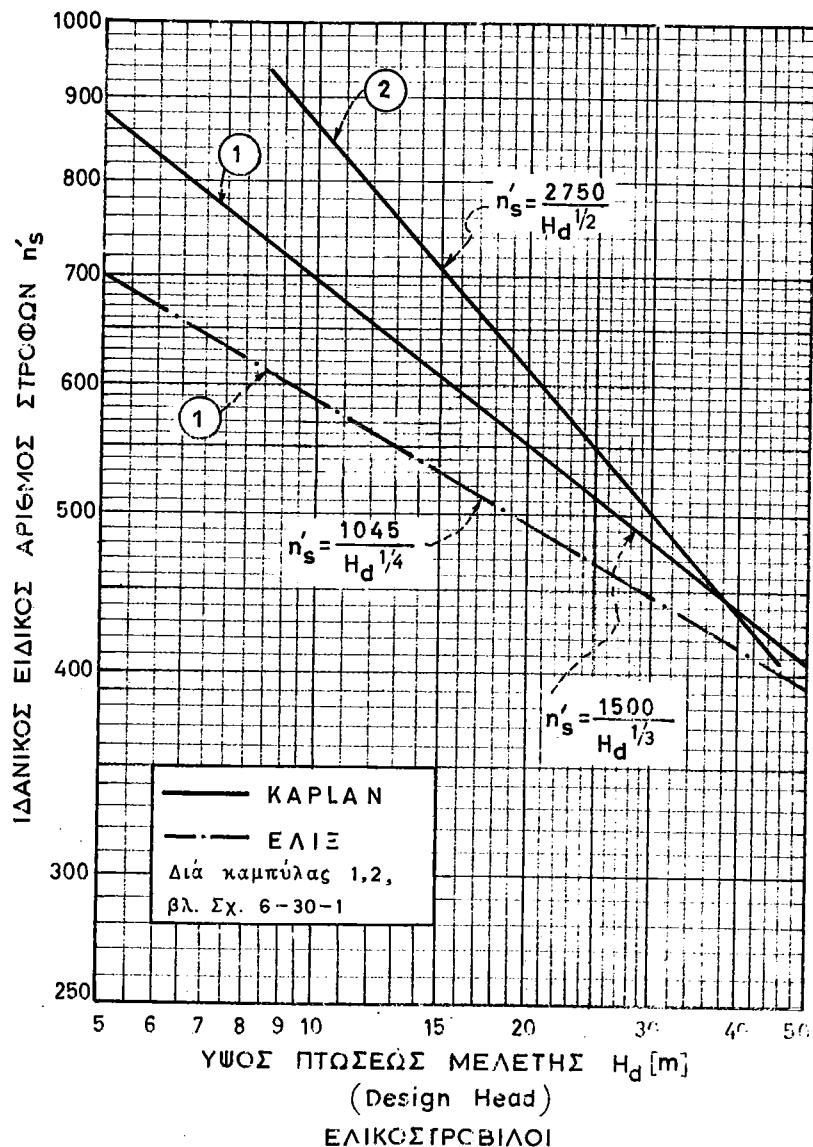
ηας  $n_s' = \frac{2400}{H_d^{1/2}}, \text{ διὰ } H_d < 100m \quad (6.86.3)$

Διὰ τιμᾶς  $n_s'$  μικροτέρας τῶν καθοριζομένων ἐν τῇς σχέσεως (6.86.1) ὁ στροβίλος Francis δύναται νᾶ λειτουργῆσῃ ἀσφαλῶς (ἄνευ σημαντικῶν ταλαντώσεων ήας ἐντροπού σπηλαιώσεως) ήας ἐντός τῶν ἐπιτρεπομένων ὀρίων διακυμάνσεως τοῦ ὀφελίμου ὑψους πτώσεως τοῦ πένακος 6.3.

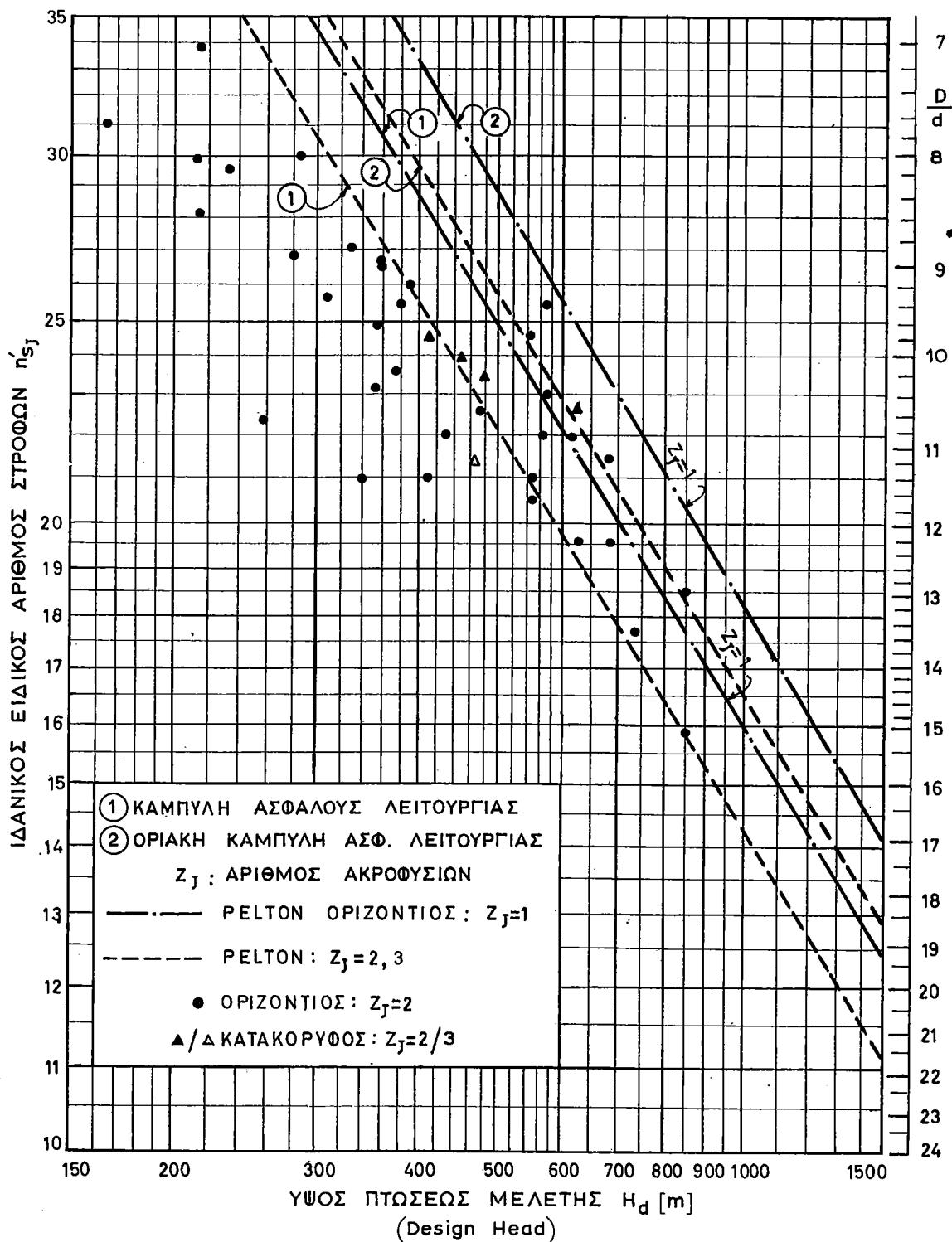
Διὰ τρόπου προσδιορισμοῦ τοῦ ὁδανικοῦ εἰδικοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν ήας τὴν ἵκανοποιεῖσιν τῶν οἰκονομικῶν ἀπαιτήσεων ἐπιλογῆς ταχυστρόφων μονάδων δυνάμεσα νᾶ ἐφαρμόσωμεν τὰς σχέσεις (6.86.2) ήας (6.86.3).



**Σx. 6-30-1** Έμπειρικόν διάγραμμά τής μεταβολῆς τοῦ  $n_s'$  συναρτήσει τοῦ ύψους πτώσεως μελέτης διαδ στροβίλου Francis.



**Σχ. 6-30-2** Έμπειρικόν διαγραμμα τής μεταβολής τού  $n'_s$  συναρτήσει τού ύψους πτώσεως μελέτης διά στροβίλους Kaplan.



**Σχ. 6-31** Έμπειρικόν διάγραμμα της μεταβολής του  $n_{sj}$  συναρτήσει τού  $n_{sj}$  πτώσεως μελέτης διά στροβίλους Pelton.

Δι' ελεινας ηας στροβιλους Kaplan ηας διαδ  $3m < H_n < 45m$  ενθα  $H_n \approx H_d$ , ισχυουν αντιστοίχως αι σχέσεις, βλ. Σχ. 6-30-2 :

$$\text{Καμπύλη 1 : } n_s' = \frac{1045}{H_d^{1/4}} \quad (6.87.1)$$

$$n_s' = \frac{1500}{H_d^{1/3}} \quad (6.87.2)$$

$$\text{'Οριακή καμπύλη 2 : } n_s' = \frac{2750}{H_d^{1/2}} \quad (6.88)$$

Διαδ στροβιλους δράσεως ηας ηατ' αναλογιαν πρός τούς στροβιλους αντιδράσεως το διάγραμμα τού Σχ. 6-31 ειφράζει την ιδανικόν είδινόν αριθμόν στροφών δια της ηαμπύλης 1 ασφαλούς λειτουργίας ηας της 2 θεωρουμένης ως οριακής.

'Ο ιδανικός αριθμός στροφών η' ειφράζεται βάσει της σχέσεως (6.82) συναρτήσει τού η' ως εξής :

$$n' = \frac{n_s' H_d^{5/4}}{\sqrt{I}} \quad (6.89)$$

**6.6.5.2 Σύγχρονος Αριθμός Στροφών** 'Ως προέκυψεν έν της σχέσεως (6.89) ο ιδανικός αριθμός στροφών στροβιλου εξαρτάται έν τῶν άριθμοις ηανηδρών χαρακτηριστικῶν μεταβλητῶν λειτουργίας της μονάδος  $H_n$ , I ή Q. Πρόκειμενου περί στροβιλων οι άποινοι ζεύγηννται ηατ' εύθεταν μετά τῶν γεννητριῶν έναλλασσομένου ρεύματος ή επιλογή τού ηαταλλήλου αριθμού στροφών τού στροβιλου εξαρτάται έπεισης ηας έν τού συγχρόνου αριθμού στροφών της γεννητρίας.

Σύγχρονος αριθμός στροφών ηαλεύται ο αριθμός τῶν στροφών ήλεκτρικής μηχανής ο άποινοι ίνανοποιεύται τήν συχνότητα τού συστήματος διανομής. Αί ήλεκτρικας μηχανας, ήτοι αι ήλεκτρικας γεννητριας ηας οι ήλεκτρικοι ιιητήρεις, θεωρούνται ως σύγχρονοι μηχανας. 'Ο σύγχρονος αριθμός στροφών δίδεται έν της ηαταθη σχέσεως :

$$n = \frac{120 f}{P} \quad (6.90)$$

ενθα είναι :

n : σύγχρονος αριθμός στροφών άνα λεπτόν, (rpm)

f : συχνότητα, Hz (1Hz ή 1 Hertz ισούται πρός μίαν περίοδον άνα sec)

P : αριθμός μαγνητικῶν πόλων

Συνήθως ο αριθμός τῶν μαγνητικῶν πόλων έιφράζεται είς πολλαπλασια τεσσάρων πόλων ή δύο ζευγών πόλων.

Πρόκειμενου περί τριφασικῶν γεννητριῶν δια τας άποινας ή συχνότητας τού έναλλασσομένου ρεύματος είναι 50 Hz έν Εύρωπη ηας 60 Hz έν Ην. Πολιτείας ηας Κα-

ναδᾶ, η σχέσις (6.90) γράφεται όντιστος χως :

$$\Delta \text{ιδ} \quad f = 50 \text{ Hz} : \quad n = \frac{6000}{P} \quad (6.91)$$

$$\eta \quad f = 60 \text{ Hz} : \quad n = \frac{7200}{P} \quad (6.92)$$

Ο πεναξ 6.5 δει τον συγχρονον αριθμόν στροφών συναρτήσει τού αριθμού πρόλων (πολλαπλασίου τεσσάρων πρόλων) καὶ τῆς συγχρόνητος  $f$ . Η έκλογή τού αριθμού πρόλων  $P$ , ὡς πολλαπλασίου τεσσάρων πρόλων είναι προτιμητέα. Ενιστε είναι δυνατή η προμήθεια γεννητριῶν με αριθμόν πρόλων πολλαπλασίου τού δύο.

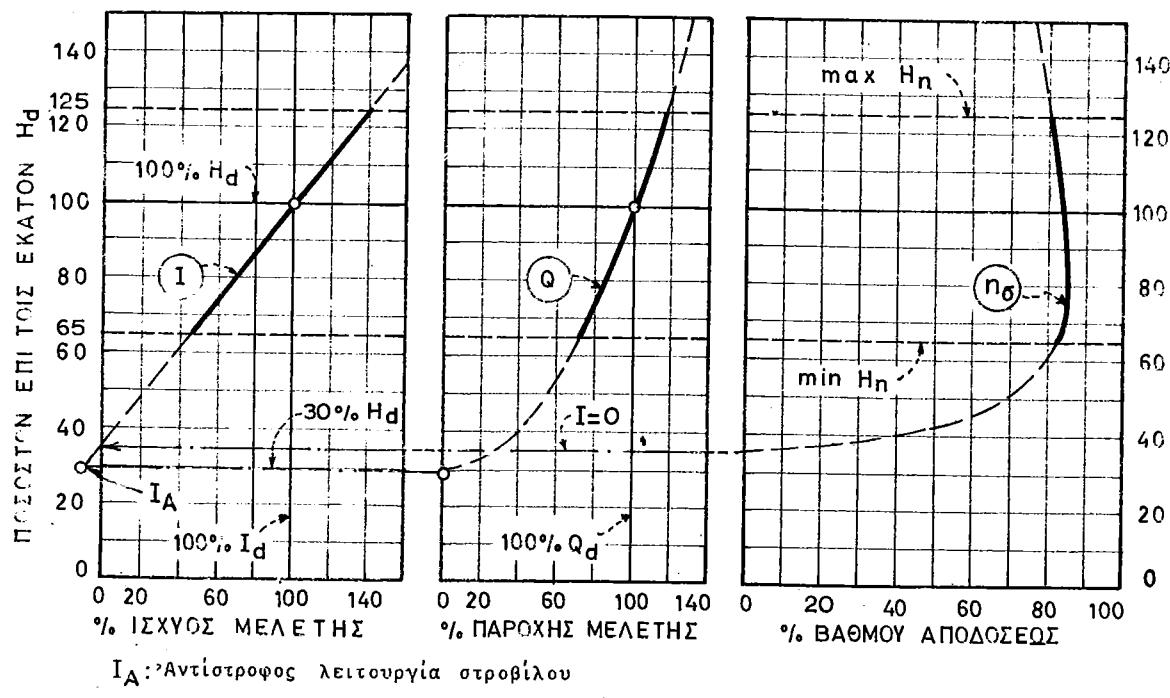
ΠΙΝΑΞ 6.5 - ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΑΡΙΘΜΟΙ ΣΤΡΟΦΩΝ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΑΡΙΘΜΟΥ ΠΟΛΩΝ ΚΑΙ ΣΥΧΝΟΤΗΤΟΣ $f$									
'Αριθμός πρόλων $P$		12	16	20	24	28	32	36	40
$n$	$f=50$	500	375	300	250	214,3	187,5	166,7	150
	$f=60$	600	450	360	300	257,1	225	200	180
'Αριθμός πρόλων $P$		44	48	52	56	60	64	68	72
		136,4	125	115,4	107,1	100	93,8	88,3	83,3
$n$	$f=50$	163,6	150	138,5	128,6	120	112,5	105,9	100
	$f=60$								

Αἱ τιμαὶ τού συγχρονού αριθμού στροφών τῆς γεννητρίας αἱ ὄποιαι αισθορίζονται ἐν τῆς σχέσεως (6.90) δεῖν συμπέπτουν συνήθως πρός τὰς τιμὰς τού ἰδανικού αριθμού στροφών τού στροβίλου αἱ ὄποιαι βασιζονται ἐπει τῆς σχέσεως (6.89). Ο πραγματικὸς αριθμός στροφών ἡ ὁ αριθμός στροφών μελέτης τού στροβίλου δέον να οσούται πρός τὸν ἐπιλογὴν τα κατάλληλα σύγχρονον αριθμόν στροφών τῆς γεννητρίας. Η ἐπιλογή τού καταλλήλου αριθμού στροφών ἐξαρτᾶται ἐν τῷν ιριτηρίων λειτουργίαις τῆς παρ. 6.6.6, ὡς ἐπισημαντεῖται τῆς μεταβολῆς τού ὀψελέμου ὑψούς πτώσεως τῆς ἐγκαταστάσεως ὡς πρός τὸ ὑψος πτώσεως μελέτης.

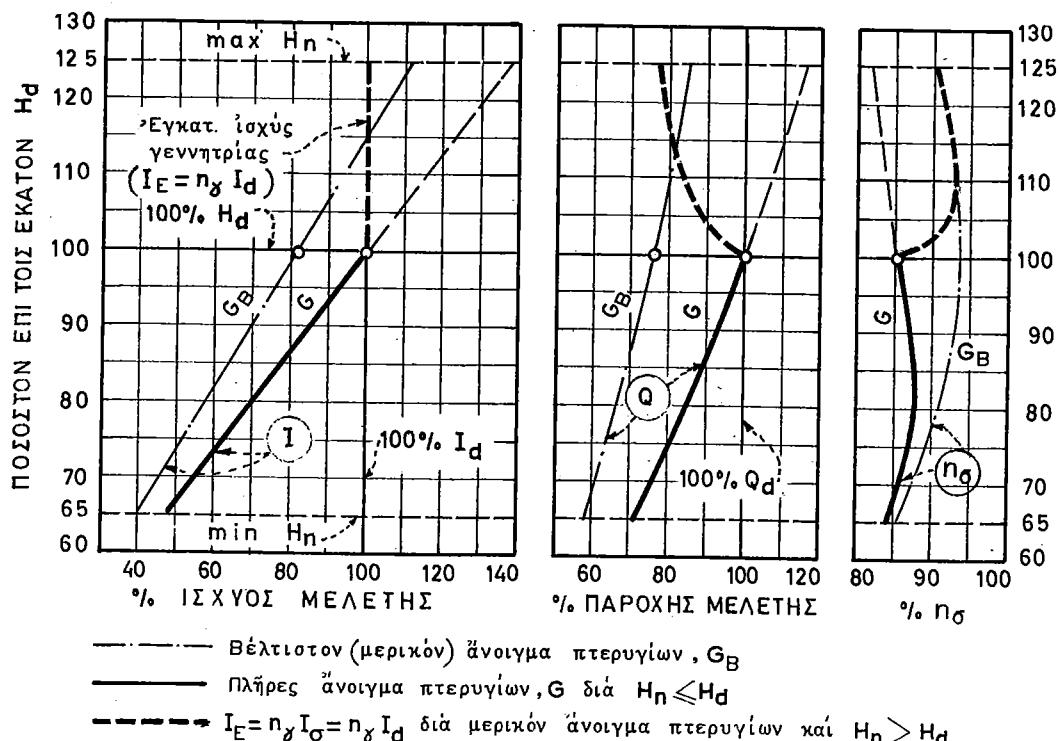
Βεσει τού συγχρονού αριθμού στροφών  $n$ , ἡ τού αριθμού στροφών μελέτης τῆς ἐγκαταστάσεως καὶ τού ὑψούς πτώσεως μελέτης  $H_d$ , ὁ εἰδικὸς αριθμός στροφών μελέτης τού στροβίλου δέδεται ἐν τῆς καταστάσεως :

$$n_s = \frac{n \sqrt{I}}{H_d^{5/4}} \quad (6.93)$$

Ο εἰδικὸς αριθμός στροφών μελέτης τού στροβίλου θεωρεῖται ὡς η πλέον βασική παραμετρος διὰ τὴν ἐπιλογὴν τῷν χαρακτηριστικῶν διαστάσεων τού στροβίλου ὡς καὶ



**Σχ.6-32** Χαρακτηριστικά διαγράμματα λειτουργίας στροβίλου Francis ύπό σταθερόν αριθμόν στροφών κατ' διά πλήρες άνοιγμα τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων.



**Σχ.6-33** Χαρακτηριστικά διαγράμματα λειτουργίας στροβίλου Francis διά χαρακτηριστικά άνοιγματα τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων.

έτερων άπαρατητήτων στοιχείων μελέτης δια τήν λειτουργίαν στροβίλου. Μις προκύπτει είν τής σχέσεως (6.93) δια τής παραμέτρου π σ δυνάμεθα να μεταβάλλωμεν τόν σύγχρονων άριθμον στροφών αναλόγως πρός το έπιστρυμητόν ύψος πτώσεως μελέτης.

## 6.6.6 Χαρακτηριστικά Διαγράμματα Λειτουργίας Στροβίλων

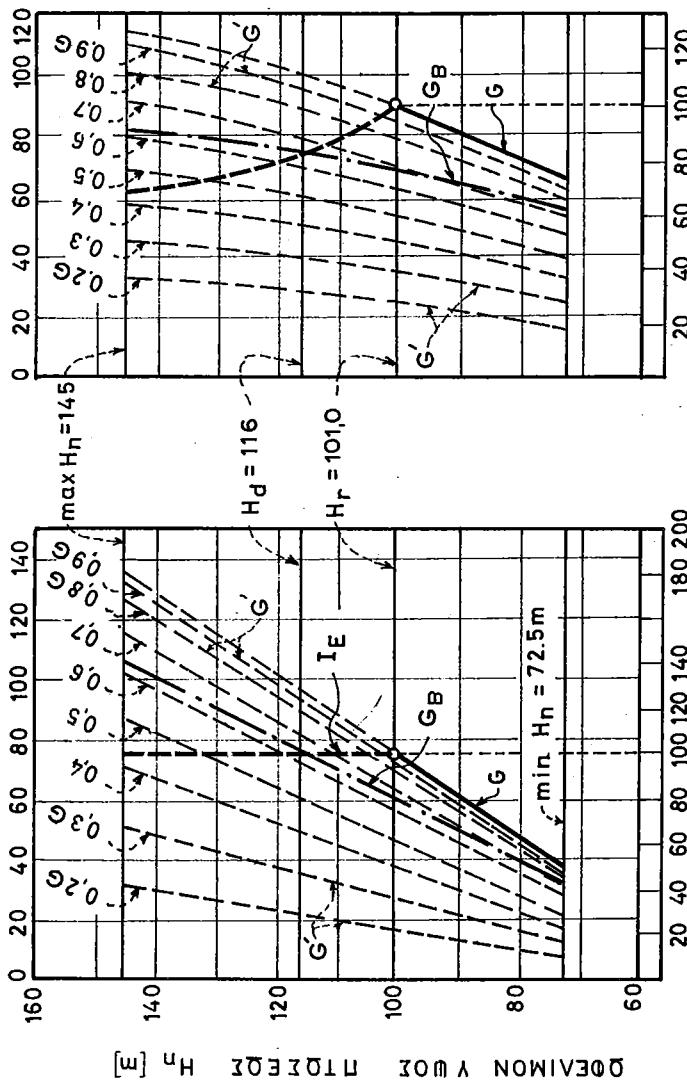
**6.6.6.1 Βασικά Διαγράμματα Λειτουργίας** Είς τό Σχ. 6-32 έμφανονται τα χαρακτηριστικά διαγράμματα I, Q καὶ η στροβίλου Francis δια λειτουργίαν υπό σταθερόν άριθμον στροφών οι πλήρεις ανοιγμα τών ρυθμιστικών πτερυγίων. Είς τα διαγράμματα τού σχήματος αἱ τεταγμέναι εἰφράζονται ως ποσοστόν επί τούς ένατρον τού ύψους πτώσεως μελέτης, αἱ δε αντίστοιχοι τετμημέναι εἰφράζονται ως ποσοστόν επί τούς ένατρον τής ίσχυος, τής παροχής μελέτης οι πλήρεις ανοιγμα τών βαθμού ἀποδόσεως τού στροβίλου. Έν τών διαγραμμάτων τού Σχ. 6-32 προκύπτει ὅτι δια μεταβολήν τού ώφελμου ύψους πτώσεως ἀπό 65% ἕως 125% τού ύψους πτώσεως μελέτης ἔχομεν αντίστοιχως : (α) Μεταβολήν τής παροχής ἀπό 73% ἕως 118% τής παροχής μελέτης, (β) Μεταβολήν τής ἀποδιδομένης ίσχυος τού στροβίλου ἀπό 46% ἕως 140% τής ίσχυος μελέτης οι (γ) Σχετικώς μικράν μεταβολήν τού βαθμού ἀποδόσεως τού στροβίλου ἀπό ἐλαχίστην τιμήν 84% ἕως μεγίστην περίπου 88%.

Δια τα χαρακτηριστικά διαγράμματα τού Σχ. 6-32 οι δια  $H_p > 0,30H_d$ , ή παροχής οι ίσχυος μεταβάλλονται βάσει τών σχέσεων  $Q \propto H_p^{1/2}$  οι  $I \propto H_p^{3/2}$  αντίστοιχως. Όταν τα ώφελμον ύψος πτώσεως προσεγγίσῃ τήν τιμήν  $0,30H_d$ , ή μονάς λειτουργεῖ αντίστροφως, ή δε γεννήτρια λειτουργεῖ ως ινητήρ τροφοδοτουμένη ἐν τού συστήματος. Ή τιμή τού  $H_p$  (ύψους αντλήσεως) δια αντίστροφον λειτουργίαν εξαρτάται ἐν τού ύψους πτώσεως τής εγκαταστάσεως, εἶναι δε περίπου  $0,25 H_d$  δια χαμηλό ύψη πτώσεως οι  $0,40 H_d$  δια μεγάλα ύψη πτώσεως. Ή απαντουμένη ίσχυος δια αντίστροφον λειτουργίαν τής μονάδος υπό σύγχρονον άριθμον στροφών ίσονται περίπου πρός τα 15% οι 5% τής ίσχυος τής μονάδος δια μονάδας μικρού οι μεγάλου ύψους πτώσεως αντίστοιχως. Ή εγκατεστημένη ίσχυος τού στροβίλου ή τής μονάδος λαμβάνεται ἐν προκειμένῳ δια τήν συνθήκην λειτουργίας τού στροβίλου υπό πλήρεις ανοιγμα τών πτερυγίων οι δια  $H = H_d$ . Έν τού σχήματος παρατηρούμεν επίσης ὅτι δια  $H_p = 0,35 H_d$ , ο στροβίλος εύρεσηται ἐν ἀργψ λειτουργίᾳ ὅπερε ἔχομεν  $I = 0$ .

Είς τό Σχ. 6-33, έμφανονται αἱ χαρακτηριστικά οιμπάνται λειτουργίας στροβίλου Francis δια δύο χαρακτηριστικά περιπτώσεις, πλήρους οι μερικούς ανοιγμάτος τών ρυθμιστικών πτερυγίων. Τα διαγράμματα τού σχήματος εἰφράζουν τας μεταβλητάς  $H_p$ ,  $I$ ,  $Q$  οι παρομοίως πρός τό Σχ. 6-32 οι αναφέρονται είς τήν περίπτωσιν οι ήν τό ύψος πτώσεως μελέτης συμπέπτει πρός το δύνοματικόν ύψος πτώσεως. Δια  $H_p < H_d$ , εἶναι προφανές ὅτι ή μεγίστη ἀποδιδομένη ίσχυος τού στροβίλου πραγματοποιεῖται δια λειτουργίαν τού στροβίλου υπό πλήρεις ανοιγμα τών ρυθμιστικών πτερυγίων οι υπό τήν μεγίστη παροχήν ή ὅποια δύναται να διατεθῇ δια μέσου τού στροβίλου δια τό υπό όψιν ύψος πτώσεως. Δια  $H_p \geq H_d$  ή μεγίστη ἀποδιδομένη ίσχυος υπό τού στροβίλου παραμένει σταθερό οι ίσονται πρός τήν ίσχυν μελέτης τού στροβίλου  $I_d$  ή τήν εγκατεστημένη ίσχυν τής γεννητρίας  $I_E$ , λαμβανομένου υπό όψιν τού βαθμού ἀποδόσεως αύτής. Εἶναι εύνοητον ὅτι δια  $H_p > H_d$  ο στροβίλος απαντεῖ μικροτέραν διαθέσιμον παροχήν οι επομένως ή λειτουργία τού στροβίλου γίνεται δια ιλεισμάτος τών ρυθμιστικών πτερυγίων άπό τής θέσεως πλήρους ανοιγμάτος είς μερικόν ανοιγμα.

"Εναστος στροβίλος δύναται να λειτουργήσῃ είς ώριμον μερικόν ανοιγμα τών ρυθμιστικών πτερυγίων του, ούτως ώστε δια εναστον ύψος πτώσεως ο αντίστοιχος βαθμός ἀποδόσεως τού στροβίλου οι εἶναι ο μεγιστος. Δια τό υπό όψιν μερικόν ανοιγμα τών ρυθμιστικών πτερυγίων στροβίλου τού Σχ. 6-33 η αντίστοιχος οιμπάντη τού βαθμού ἀποδόσεως δέδει τήν μεγίστη πρό τημήν τού βαθμού ἀποδόσεως τού στροβίλου δια εναστον

ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΣΧΕΣΙΑ  
ΜΟΝΑΔΟΣ [MW]



% ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΟΣ,  $I_E$

% ΠΑΡΟΧΗΣ

% ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ  
ΒΑΘΜΟΥ ΑΠΟΔΟΣΕΩΣ

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΡΟΒΙΛΟΥ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ
ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ: $I_0 = 103.000 \text{ US.HP}$ ( $I_{HP} = 0.745 \text{ KW}$ ) ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΟΝ ΥΨΟΣ ΠΤΩΣΕΩΣ: $H_r = 101.0 \text{ m}$ $n = 138.5 \text{ rpm}$ , $\eta_s = 141$	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ: $I_E = 75,000 \text{ KW}$ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ: 100% max. $\eta_g = 98.1\%$

— — — ΒΕΛΤΙΣΤΟΝ (ΜΕΡΙΚΟΝ) ΑΝΟΙΓΜΑ ΠΤΕΡΥΓΙΩΝ,  $G_B$   
— — —  $I_E = \eta_g I_{HP}$  διά  $H_n > H_r$   
— — — ΠΛΗΡΕΣ ΑΝΟΙΓΜΑ ΠΤΕΡΥΓΙΩΝ,  $G$  διά  $H_n \leq H_r$   
— — — ΜΕΡΙΚΟΝ ΑΝΟΙΓΜΑ ΠΤΕΡΥΓΙΩΝ  $G'$  διά ποσοστόν του  $G$ .

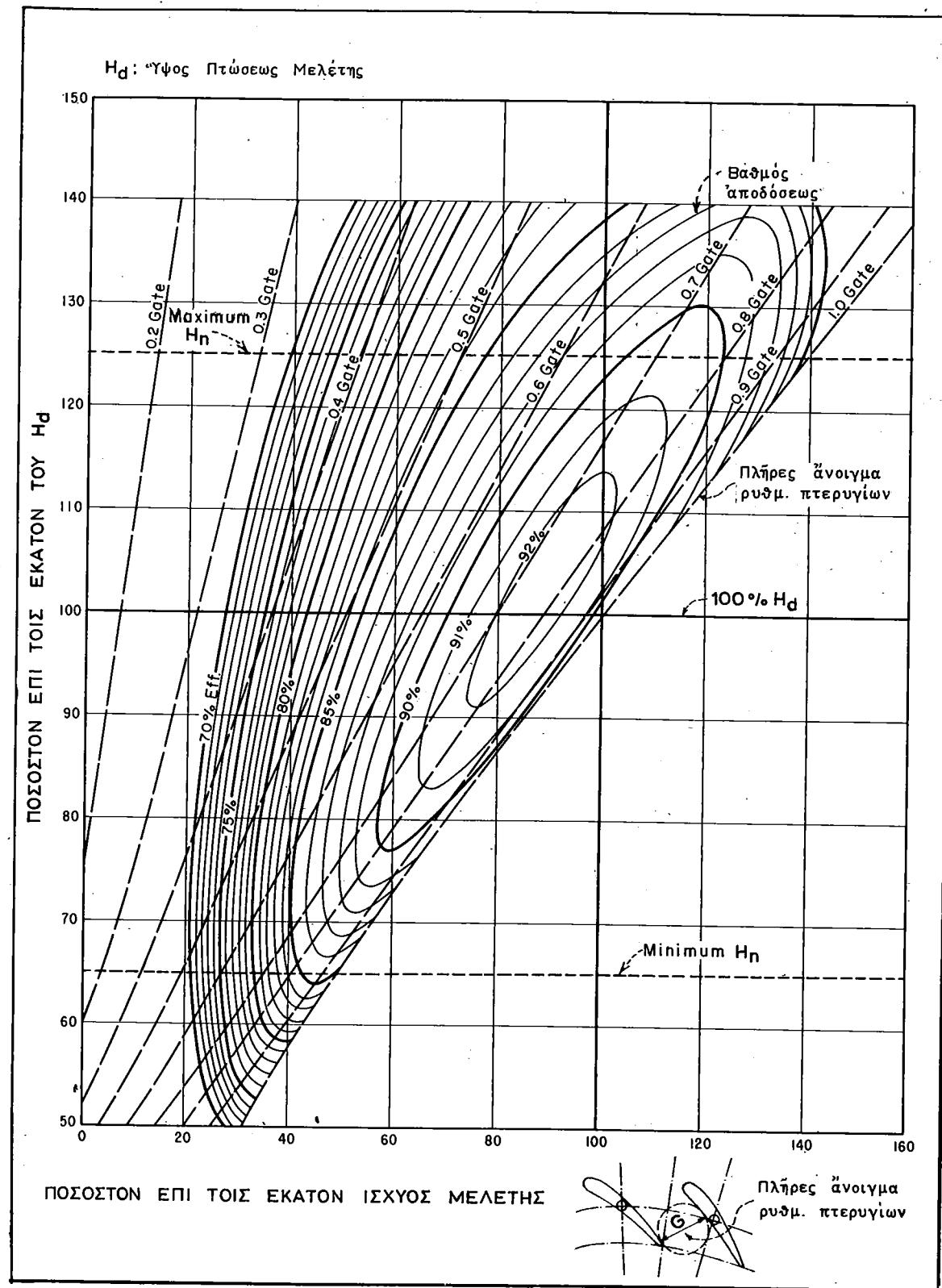
Σχ. 6-34 Χαρακτηριστικά διαγράμματα λειτουργίας στροβίλου Francis, τέσσερις βεροδυναμικής έγκαταστάσεως Shasta έντονος ποταμού.

ύψος πτώσεως. 'Η ιαμπύλη αὕτη ιαλεῖται ιαμπύλη τοῦ βελτίστου βαθμοῦ ἀποδόσεως τοῦ δέ ἀντίστοιχον μερικὸν ἄνοιγμα τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων ὃνομάζεται ιατ' ἀναλογίαν ἄνοιγμα τοῦ βελτίστου βαθμοῦ ἀποδόσεως, ἦ βέλτιστον ἄνοιγμα. Τοῦ ἄνοιγμα τοῦ βελτίστου βαθμοῦ ἀποδόσεως ἀντίστοιχεῖ περίπου μεταξύ τοῦ 0,60 ἔως 0,80 τοῦ πλήρους ἀνοίγματος τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων ιατ' ἐξαρτᾶται γενικῶς ἐν τῷ γενικῶν χαρακτηριστικῶν λειτουργίας στροβίλων τῶν Σχ. 6-35 ιατ' 6-36 δι' ὑψη πτώσεως ἀπό 23π ἔως 46 π ιατ' τῶν Σχ. 6-37 ιατ' 6-38 δι' ὑψη πτώσεως ἀπό 75π ἔως 153 π. Διατάση πτώσεως τῶν βαθμῶν ἀποδόσεως τῶν δύο εἰκόνιζομένων χαρακτηριστικῶν ἀνοιγμάτων τοῦ Σχ. 6-33 παρατηρούμενον διατάση διατάση  $H_d < H_n \leq H_d$ , ὡς βαθμός ἀποδόσεως τοῦ βελτίστου ἀνοίγματος ὑπερβαίνει τὸν βαθμόν ἀποδόσεως τοῦ πλήρους ἀνοίγματος τουλάχιστον ιατά 5%. Αἱ τιμαὶ τῶν βαθμῶν ἀποδόσεως τοῦ βελτίστου ἀνοίγματος μεταβάλλονται ἀπό 85,5% διατάση  $H_n = 0,65 H_d$  μεχρι τῆς μεγιστηριανῆς 93,5% διατάση  $H_n = H_d$ . Διατάση  $H_n = 1,25 H_d$  ὡς βαθμός ἀποδόσεως εἶναι περίπου 91%. Διατάση λειτουργίαν τοῦ στροβίλου ὑπό τοῦ βελτιστοῦ ἄνοιγμα ιατ' τῷ ὑψη πτώσεως μελέτης, βλ. Σχ. 6-33, αἱ τιμαὶ τῆς παροχῆς ιατ' τῆς ἀποδιδομένης ἴσχυος τοῦ στροβίλου ἵσουνται πρός τὸ 78% ιατ' 82% τῆς παροχῆς ιατ' τῷ ὑψη πτώσεως μελέτης τοῦ στροβίλου ἀντίστοιχως.

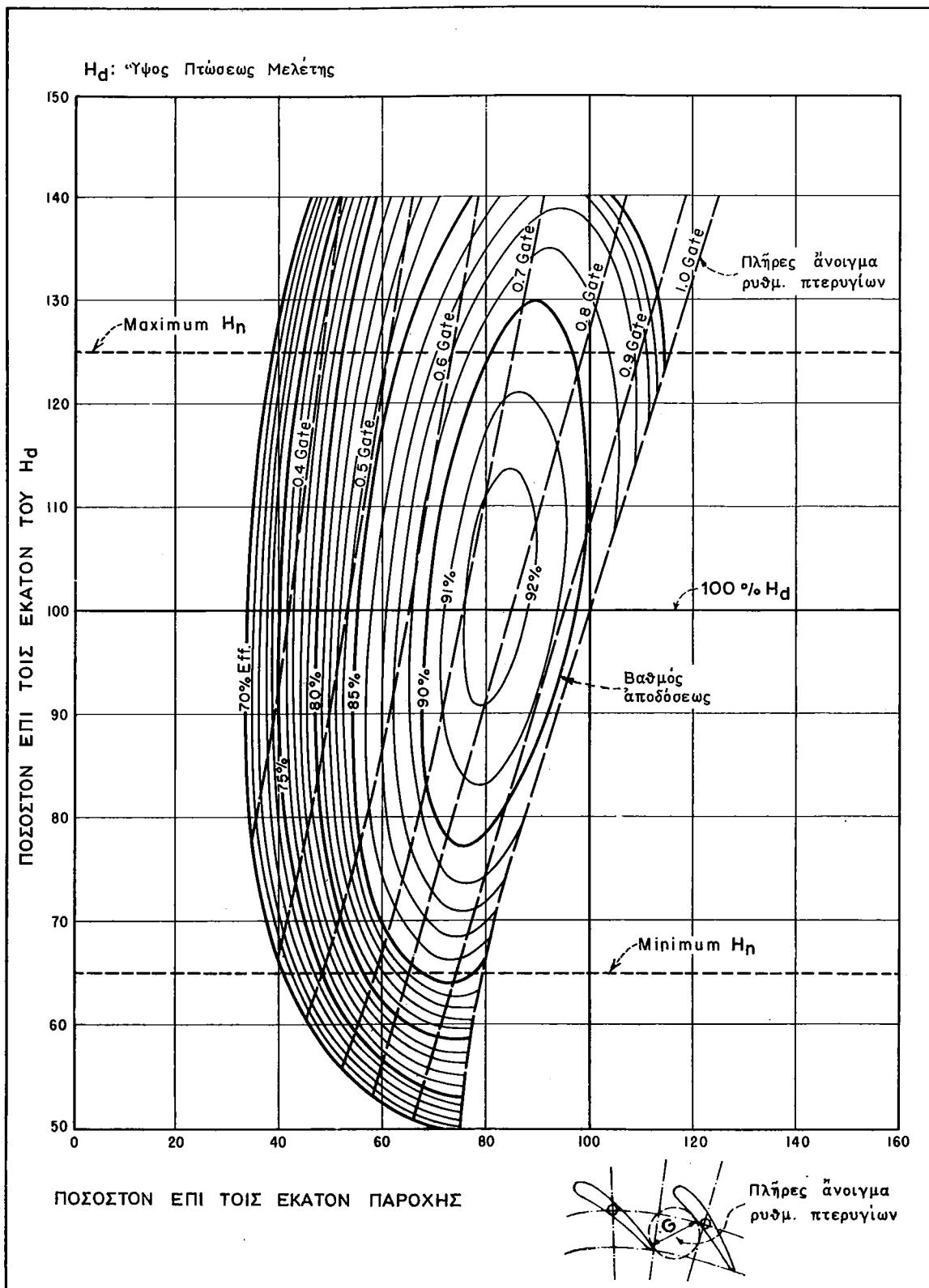
Εἰς τὸ Σχ. 6-34, ἐμφανιζονται τὰ χαρακτηριστικὰ διαγράμματα λειτουργίας στροβίλου Francis, ἐγκατεστημένης ἴσχυος 103.000 HP, τῆς ὑδροδυναμικῆς ἐγκαταστάσεως Shasta, ἐν Η.Π.Α. (60). Τὰ διαγράμματα ἀναφέρονται εἰς τὴν λειτουργίαν τοῦ στροβίλου ὑπό πλήρεις ιατ' βελτιστοῦ ἄνοιγμα (0,63 τοῦ πλήρους ἀνοίγματος) τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων, ὡς ἐπίσης ιατ' διατάση μερικῶν ἀνοίγματα ἀπό 0,20 ἔως 0,90 τοῦ πλήρους ἀνοίγματος. Διατάση τὴν ὑπὸ ὑψην ἐγκαταστασιν, τὰ διαγράμματα λειτουργίας τοῦ στροβίλου βασιζονται ἐπει τῶν στοιχείων τοῦ κατασκευαστοῦ ιατ' ἀναφέρονται εἰς τὴν περίπτωσιν ιατ' ἦν τὸ ὑψη πτώσεως τῆς μελέτης ἐλήφθη μεγαλύτερον τοῦ ὄνομαστικοῦ ὑψους πτώσεως. Τοῦ ὄνομαστικοῦ ὑψους πτώσεως τῆς ἐγκαταστάσεως εἶναι 101,0 π ἢ τὰ 87% τοῦ ὑψους πτώσεως μελέτης. Τὰ ὑψη πτώσεως μέγιστον, μελέτης ιατ' ἐλάχιστον εἶναι 145,0, 116,0 π ιατ' 72,5 π ἀντίστοιχως. Τὰ ὄρια διακυμάνσεως μεγιστοῦ ιατ' ἐλαχίστον ὑψους πτώσεως εἶναι ἀντίστοιχως 125 %  $H_d$  ιατ' 62,5 %  $H_d$ .

'Η ἐπιλογή τοῦ ὄνομαστικοῦ ὑψους πτώσεως ὡς πρός τὸ ὑψη πτώσεως μελέτης διατάση ἐπιδρόμησιν τῶν σχετικῶν μελετῶν λειτουργίας τοῦ ταμιευτήρος ὡς ιατ' τὸν ιαθορισμὸν τῆς ἐγκατεστημένης ἴσχυος τῆς μονάδος ιατ' τῶν ἐτέρων χαρακτηριστικῶν λειτουργίας τοῦ στροβίλου εἶναι ἵδιαζούσης σημασίας διατάση τὴν ἀξιοποίησιν τῆς ἐγκαταστάσεως. Διατάση τὴν περίπτωσιν ιατ' ἦν  $H_x = H_d$ , ὅποτε ἡ μεγιστηριανή ἀποδιδομένη ἴσχυος στροβίλου Francis ἵσουνται πρός 100% τῆς ἴσχυος μελέτης ιατ' ἡ ἐγκατεστημένη ἴσχυος τῆς γεννητρίας ιαθοριζεται βάσει τοῦ ὑψους πτώσεως μελέτης παρατηρούμενον διατάση (βλ. ἐπίσης Σχ. 6-37 ιατ' 6-38): (α) 'Η λειτουργία τῆς μονάδος ὑπό ἐγκατεστημένην ἴσχυν ιατ' λ.χ. διατάση  $1,07 H_d < H \leq 1,25 H_d$ , λαμβάνει χώραν ὑπό μερικῶν ἄνοιγμα τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων ἀπό 0,76 ἔως 0,56 τοῦ πλήρους ἀνοίγματος ιατ' διατάση βαθμόν ἀποδόσεως ἀπό 91,5% ἔως 90,5%, ἀντίστοιχως, (β) Αἱ ἀνάγκαιαι συντηρήσεως τοῦ στροβίλου λόγῳ φθορᾶς ἐκ σπηλαιώσεως ι.λ.π. διατάση λειτουργίαν ὑπό μερικὸν ἄνοιγμα τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων μεγαλύτερον τοῦ 0,60 τοῦ πλήρους ἀνοίγματος περιορίζονται εἰς τὸ ἐλάχιστον.

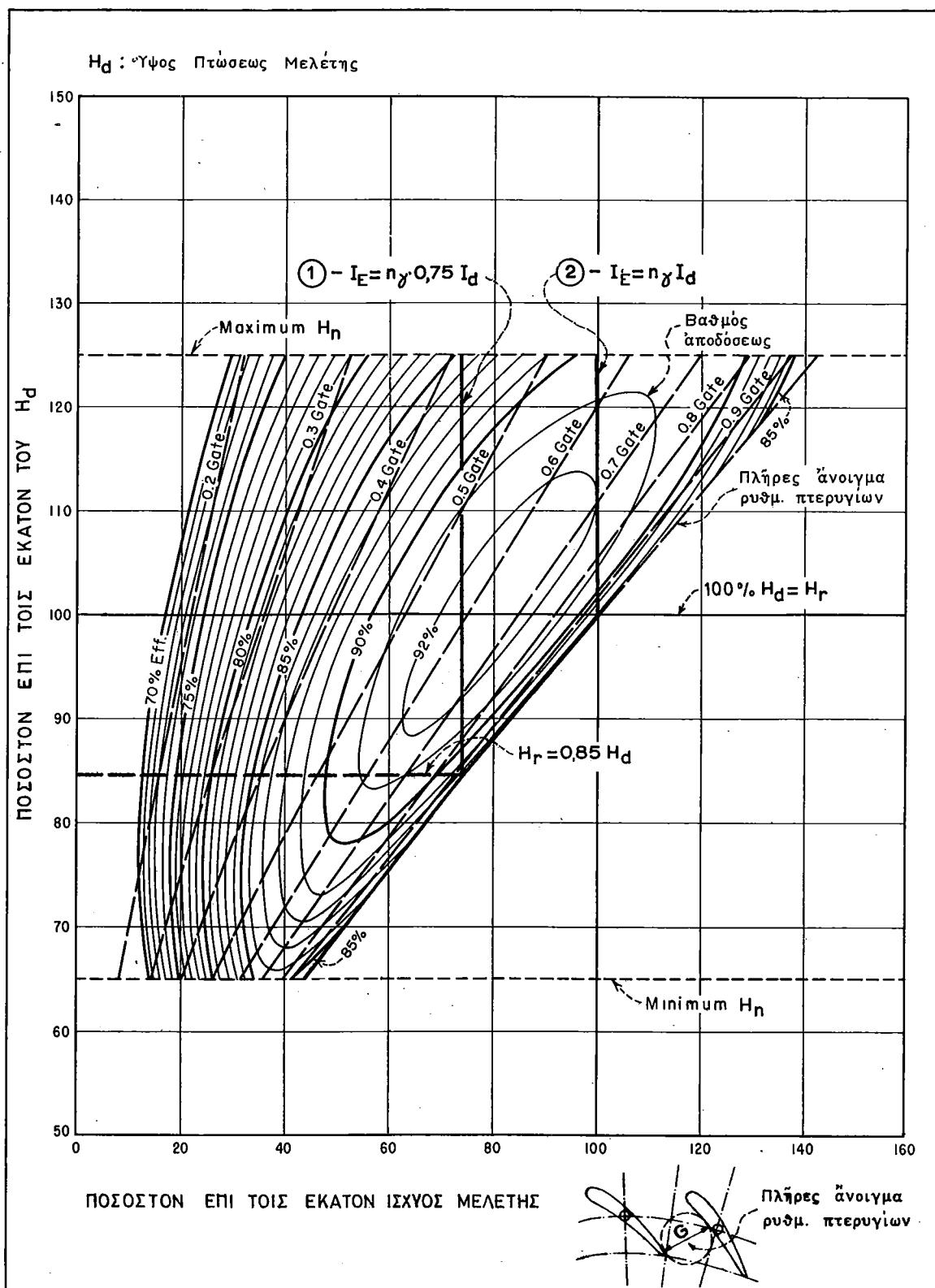
Διατάση τὴν περίπτωσιν ἀφ' ἐτέρου ιατ' ἦν τὸ ὄνομαστικοῦ ὑψους πτώσεως ιαθοριστῆς μελετέρον τοῦ ὑψους πτώσεως μελέτης, βλ. λ.χ. Σχ. 6-34, 6-37 ιατ' 6-38 ἔνθα  $H_x = 0,85 H_d$ , ιατ' διατάση πρός τὴν περίπτωσιν λειτουργίας ιατ' ἦν  $H_x = H_d$ , παρατηρούμενον διατάση : (α) 'Η μεγιστηριανή ἀποδιδομένη ἴσχυος τοῦ στροβίλου ἡ ὄποια πλέον ιαθοριζεται βάσει τοῦ ὄνομαστικοῦ ὑψους πτώσεως μελέτης, ἵσουνται περίπου πρός τὰ 78% τῆς ἴσχυος μελέτης ιατ' ἡ ἐγκατεστημένη ἴσχυος τῆς γεννητρίας εἶναι ιατ' ἀναλογίαν μικροτέρα τῆς περιπτώσεως ιατ' ἦν  $H_x = H_d$ , (β) Λόγῳ τῆς μειώσεως τῆς ἴσχυος μονάδος, αἱ διαπάναι διατάση τὴν προμήθειαν τοῦ ἀλειτρομηχανολογικοῦ ἐξοπλισμοῦ τοῦ σταθμοῦ παραγωγῆς ιατ' ιαρίων τῶν στροβίλων ιατ' γεννητρίων μειούνται σχετικῶς ιατ' (γ) 'Η λειτουργία τῆς μονάδος ὑπό ἐγκατεστημένην ἴσχυν λ.χ. διατάση  $1,07 H_d < H \leq 1,25 H_d$  λαμβάνει χώραν ὑπό σχετικῶς μειωμένον βαθμόν ἀποδόσεως ἀπό 91,5% ἔως



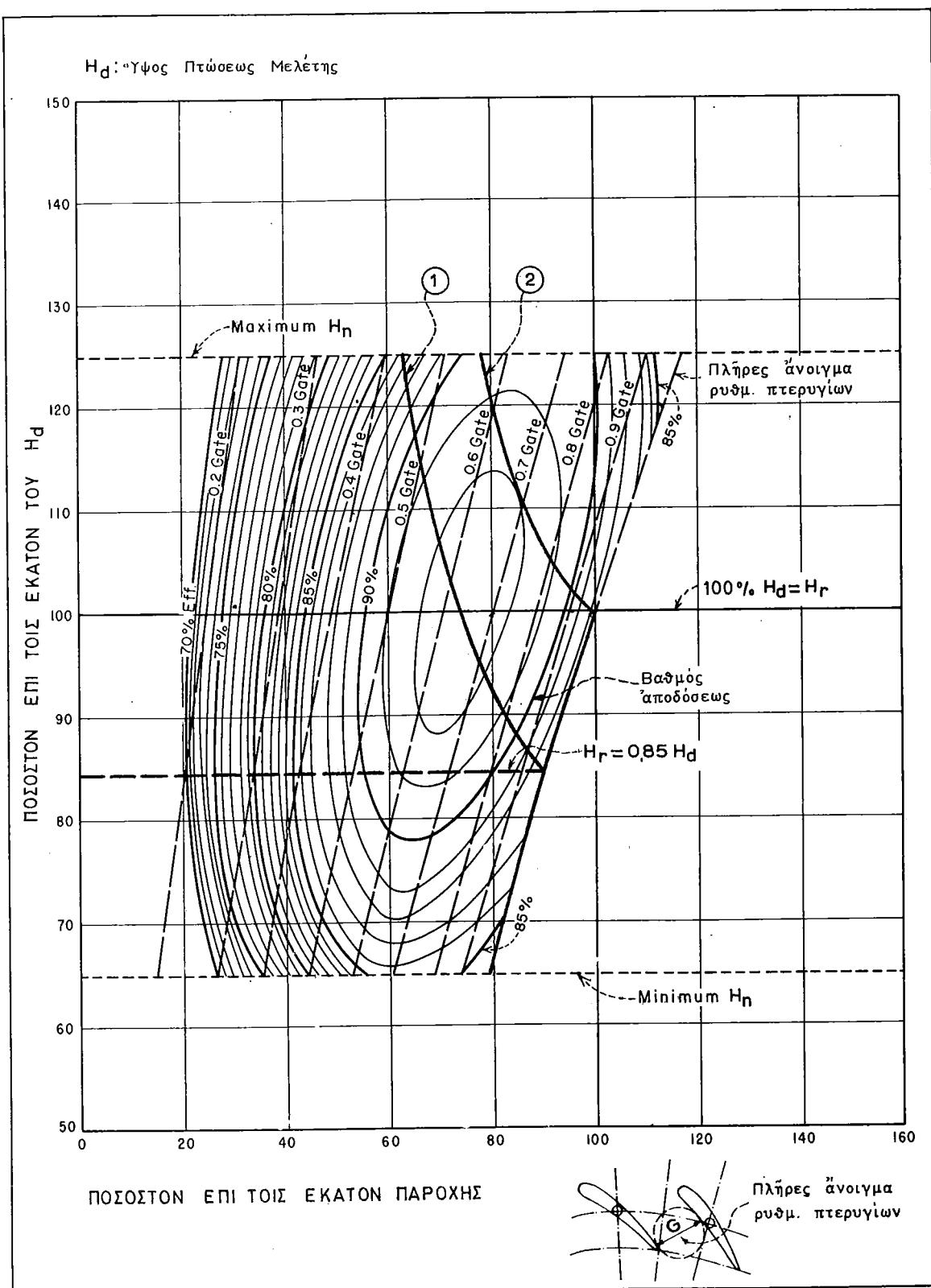
**Σχ. 6-35** Χαρακτηριστικόν διάγραμμα λειτουργίας στροβίλου Francis, συναρτήσει με την πτώσεως μελέτης ισχύος διεύ ύψη πτώσεως από 23m έως 46m.



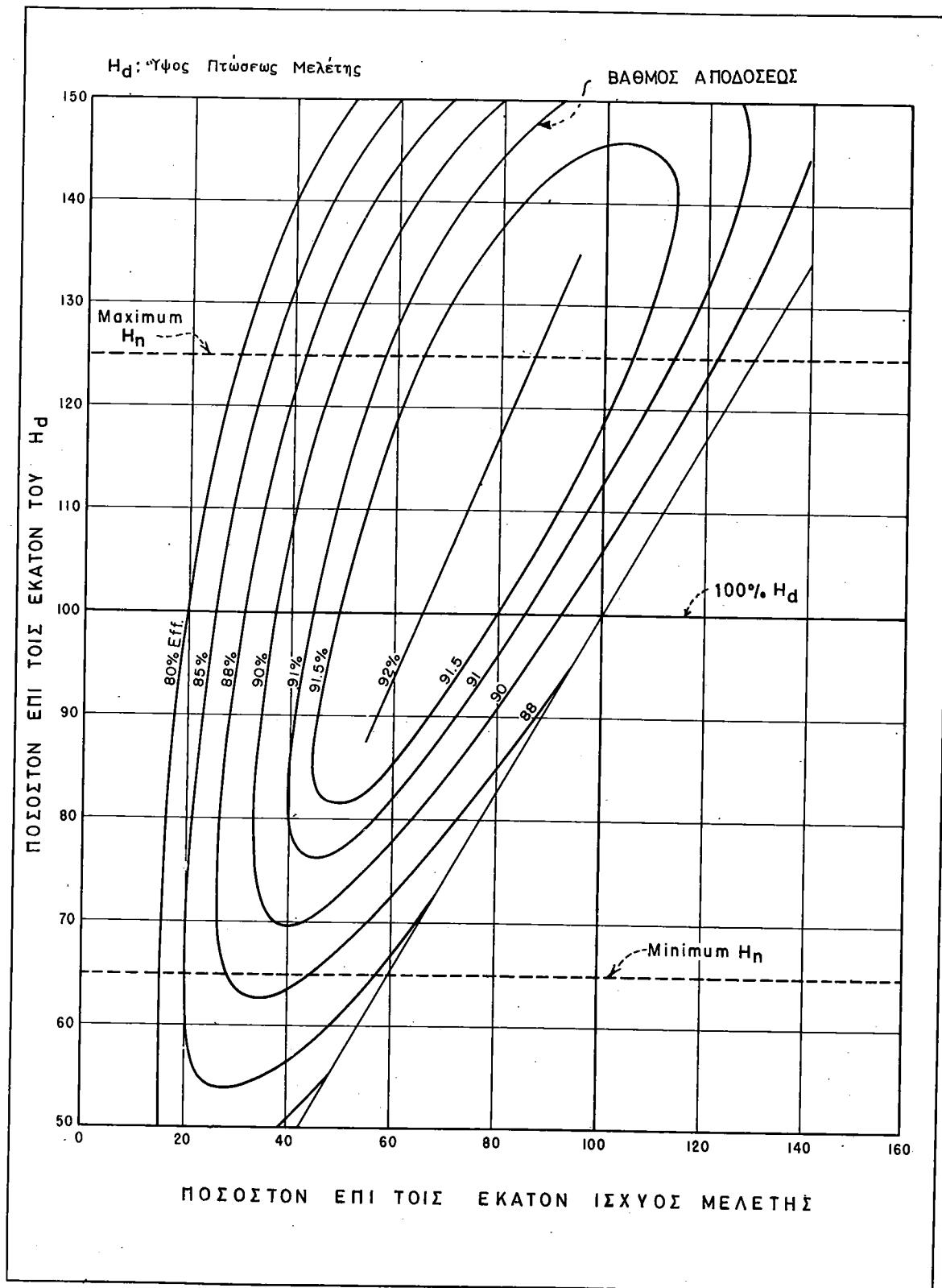
**Σκ. 6-36** Χαρακτηριστικά διαδιγραμμά λειτουργίας στροβίλου Francis, συναρτήσει ύψους πτώσεως μελέτης καί παροχής δια ύψη πτώσεως άπό 23m έως 46m.



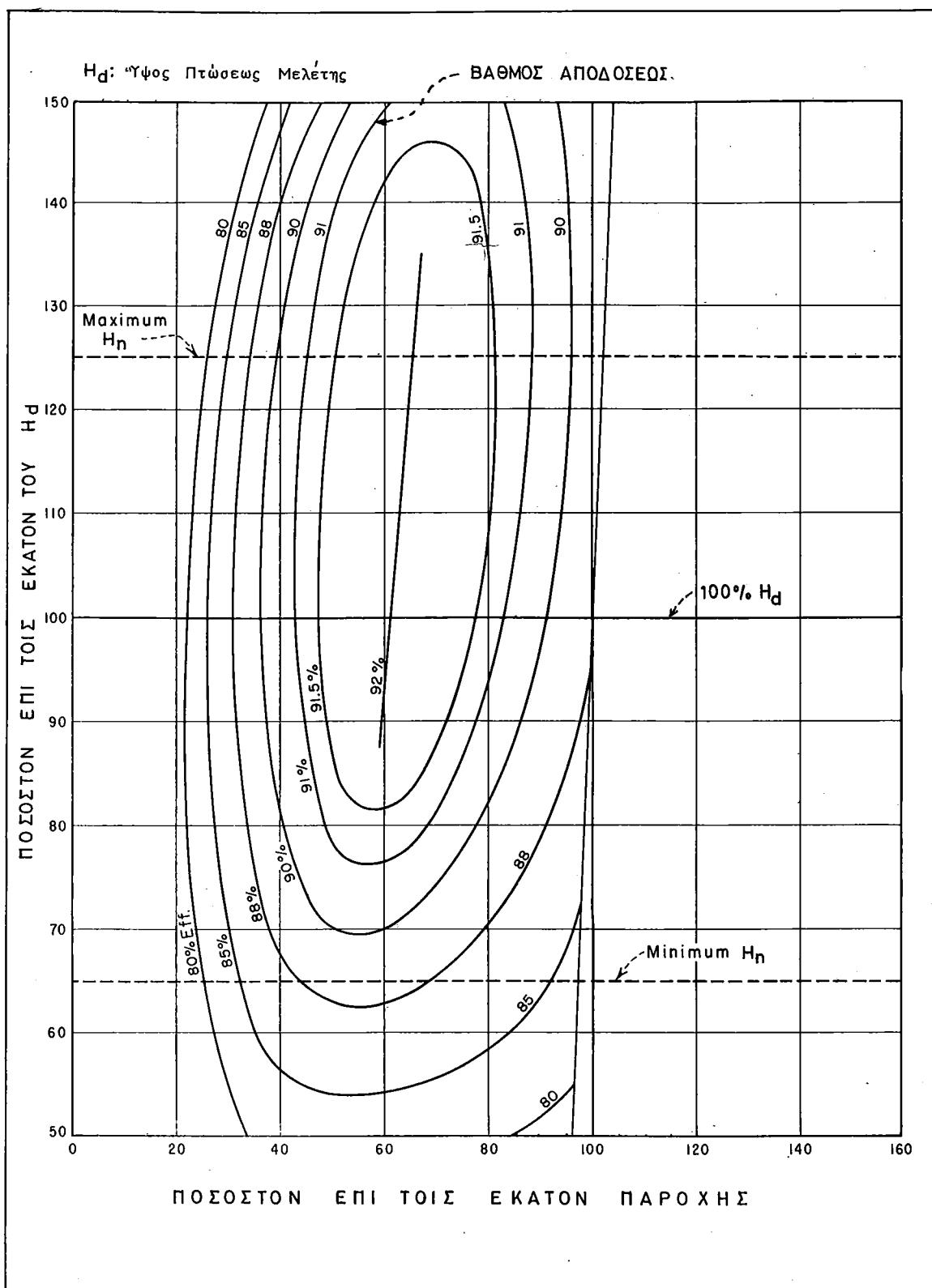
**Σχ. 6-37** Χαρακτηριστικό διάγραμμα λειτουργίας στροβίλου Francis, σύναρτήσει  $n$ -ψίφους πτώσεως μελέτης κατ' ίσχυος δια ύψη πτώσεως άπο 75m έως 153m.



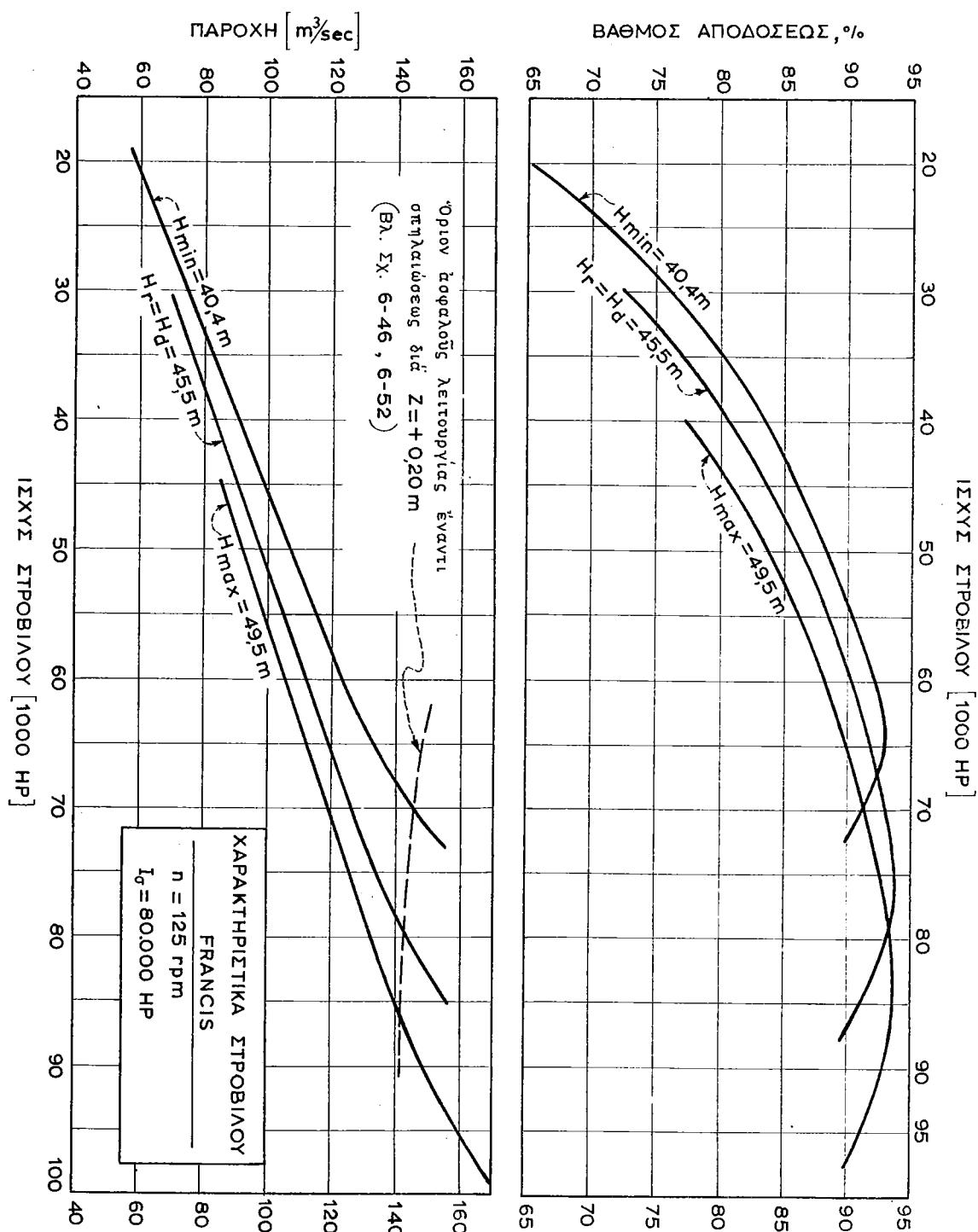
**Σχ. 6-38** Χαρακτηριστικόν διαγραμμάτοις υειτουργίας στροβίλου Francis, συναρτήσει  $u$ -ψηνις πτώσεως μελέτης καὶ παροχῆς διαύψη πτώσεως ἀπό 75 m ἕως 153 m.



**Σκ. 6-39** Χαρακτηριστικόν διαγραμμά λειτουργίας στροβίλου Kaplan , συναρτήσει ύψους πτώσεως μελέτης κας ίσχυος δια  $n_s = 632,2$ .



**Σχ. 6-40** Χαρακτηριστικόν διάγραμμα λειτουργίας στροβίλου Kaplan, συναρτήσει ύψους πτώσεως μελέτης καλ παροχής διά  $n = 632,2$ .



**Σχ. 6-41** Χαρακτηριστικά διαγράμματα λειτουργίας στροβίλου Francis έως 80.000HP καὶ ἀριθμός στροφῶν 125 ρpm.

86 % ήταν ύπορη μερικόν ἀνοιγμα τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων ἀπό 0,57 ἕως 0,42 ἀντιστοίχως τοῦ πλήρους ἀνοιγμάτος, ἐνῷ ταυτοχρόνως αἱ ἀνάγκαιαι συντηρήσεως τοῦ στροβίλου λόγῳ συνεχοῦς λειτουργίας ύπορη μερικόν ἀνοιγμα τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων αὐξάνονται.

**6.6.6.2 Γενικά Χαρακτηριστικά Διαγράμματα Λειτουργίας** Αἱ μονάδες τῶν ὑδροδυναμικῶν ἐγκαταστάσεων λειτουργοῦν ύπορη μεταβαλλόμενα ὑψη πτώσεως ήταν διαφοραὶ ἀνοιγμάτα τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων διὰ τὴν παραγγήν ἐνεργείας. Ἡ πλήρης ἀξιοποίησις τῆς ἐγκαταστάσεως ήταν διὰ τὰς ἀκραίας περιπτώσεις λειτουργίας τῆς μονάδος ἀπαιτεῖ τὴν ἱκανοποίησιν τῶν συνθηκῶν : (α) Τῆς εὐσταθοῦς λειτουργίας τῆς μονάδος ήταν (β) Τῆς ἀσφαλοῦς λειτουργίας μετὰ τῶν ἐλαχίστων ἀναγκῶν συντηρήσεως ήταν ἐπιδιορθώσεως ιυρίως τῆς στροβίλου μηχανῆς. Διὰ τὸν καθορισμόν τῶν διαφόρων συνθηκῶν λειτουργίας τῆς μονάδος ἀπαιτοῦνται τὰ χαρακτηριστικά διαγράμματα λειτουργίας τοῦ στροβίλου. Βάσει τῶν χαρακτηριστικῶν αὐτῶν διαγραμμάτων γίνεται ἡ ἐπιλογή τῶν χαρακτηριστικῶν υψῶν πτώσεως, ὃν μαστικοῦ ήταν μελέτης, τῆς ἐγκατεστημένης ἴσχυος τοῦ στροβίλου ήταν τῆς μονάδος ὡς ήταν τῶν ἐτέρων χαρακτηριστικῶν στοιχείων λειτουργίας τῆς μονάδος.

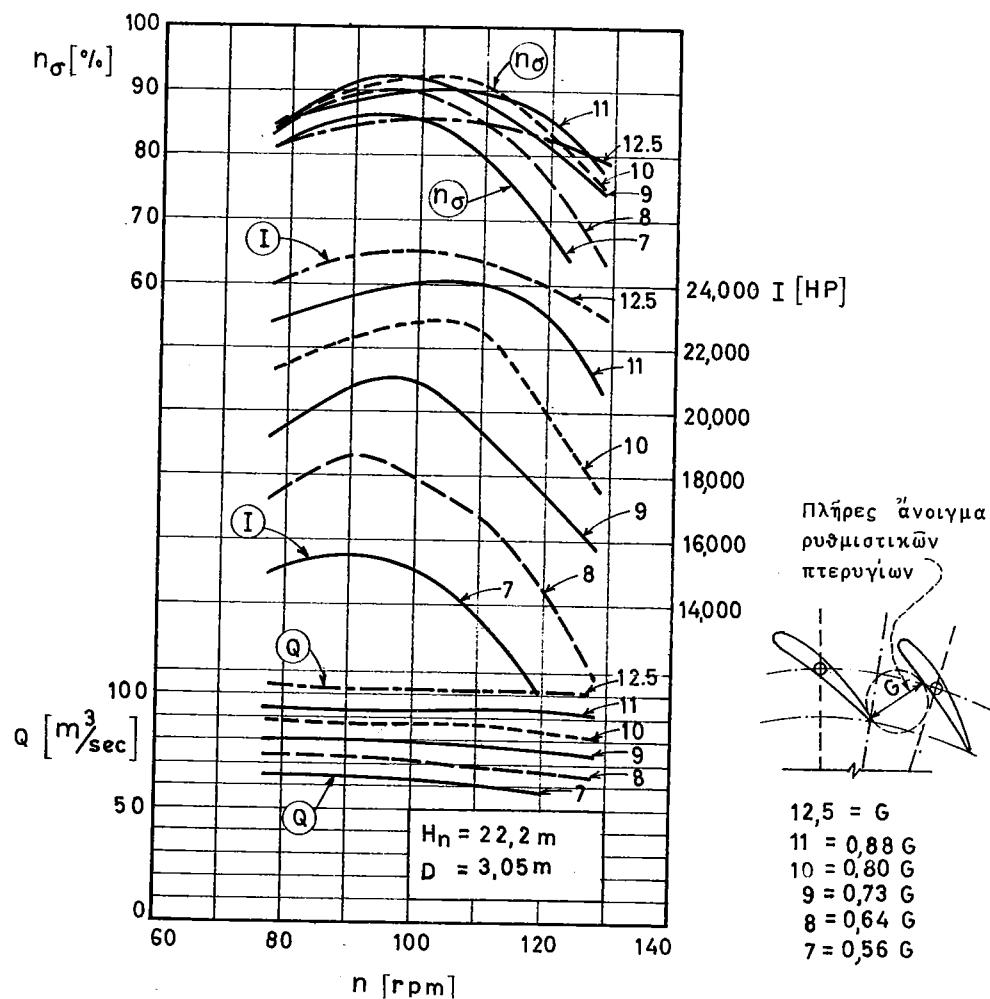
Διαγράμματα λειτουργίας στροβίλων τῆς μορφῆς τῶν δεικνυομένων εἰς τὸ Σχ. 6-35 ἕως 6-40, χρησιμεύουσαν διὰ τὸν καθορισμόν τῶν χαρακτηριστικῶν στοιχείων λειτουργίας τοῦ στροβίλου ήταν τῆς μονάδος κατὰ τὸ στάδιον προμελέτης, βλ. παρ. 2.6.1.1. Τὰ ἐν λόγῳ διαγράμματα ἀντιπροσωπεύουσαν τὰς μέσας χαρακτηριστικὰς καμπύλας λειτουργίας στροβίλων βάσει τῶν κατασκευαστικῶν στοιχείων διαφόρων κατασκευαστῶν στροβίλων ἐν Η.Π.Α. Τὰ χαρακτηριστικά διαγράμματα λειτουργίας στροβίλου Karlan τῶν Σχ. 6-39 ήταν 6-40, ἀναφέρονται εἰς τὸ βελτιστὸν ἀνοιγμα τῶν πτερυγίων τοῦ δρομέως ὡς ήταν τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων.

Τὰ διαγράμματα τοῦ Σχ. 6-34, τὰ ὄποια συνήθως δίδονται ύπορη τοῦ κατασκευαστοῦ εἶναι λίαν χρήσιμα διὰ τὴν ἐκπόνησιν τῶν τελικῶν μελετῶν λειτουργίας τῆς μονάδος.

Αἱ μονάδες τῶν ὑδροδυναμικῶν ἐγκαταστάσεων λειτουργοῦν συνήθως ύπορη σταθερόν σύγχρονον ἀριθμόν στροφῶν ήταν ύπορη σχεδόν σταθερόν συχνότητα ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἐπίσης δέ κατὰς ἀξιόλογα χρονικὰ διαστήματα ύπορη σταθερόν ὑψος πτώσεως. Χαρακτηριστικὰ διαγράμματα λειτουργίας στροβίλου τῆς μορφῆς τοῦ Σχ. 6-41, ὅπου ἡ λειτουργία τοῦ στροβίλου γίνεται ύπορη σταθερόν ἀριθμόν στροφῶν, θεωροῦνται λίαν εὔχρηστα τόσον διὰ τὴν λειτουργίαν τῆς μονάδος ὅσον ήταν πρός ἔξυπηρέτησιν τῶν κατασκευαστῶν. Τὰ διαγράμματα τοῦ Σχ. 6-41 ἐμφαίνουν ύπορη τὸν ἀριθμόν στροφῶν τῆς μονάδος 125 χρόνια ήταν διὰ διαφόρους σταθεράς τιμᾶς τοῦ υψούς πτώσεως, τὴν ἴσχυν, τὴν παροχήν ήταν τὸν βαθμόν ἀποδόσεως τοῦ στροβίλου. Τὸ Σχ. 6-41 ἀναφέρεται εἰς στροβίλον Francis, διὰ μεγιστον, ὃν μαστικοῦ ήταν ἐλάχιστον υψος πτώσεως 49,5, 45,5 ήταν 40,4 τὸ ἀντιστοίχως.

Εἰς τὸ Σχ. 6-42 ἐμφαίνονται τὰ χαρακτηριστικά διαγράμματα λειτουργίας στροβίλου Francis, μετὰ δρομέως διαμέτρου 3,05 m. Αἱ μεταβληταὶ Q, I ήταν ποσού ἐκφράζονται συναρτήσει τοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν διὰ λειτουργίαν ύπορη σταθερόν υψος πτώσεως 22,2 m ήταν ύπορη μεταβαλλόμενον ἀνοιγμα τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων.

Διαγράμματα τῆς μορφῆς τοῦ Σχ. 6-42, χρησιμεύουσαν διὰ τὴν μελέτην τῶν χαρακτηριστικῶν τοῦ δρομέως διὰ λειτουργίαν ύπορη πλήρες ήταν μερικόν ἀνοιγμα τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων, ὡς ήταν διὰ τὴν ἐπιλογήν τοῦ βελτιστοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν. Ὁ βελτιστὸς ἀριθμός στροφῶν τοῦ ὑπὸ ὅψιν δρομέως εἶναι περίπου 95 στροφαὶ ἀνὰ λεπτόν ήταν ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸν μεγιστον τοῦ βαθμοῦ ἀποδόσεως 92,5%, ἐνῷ ἡ λειτουργία τοῦ στροβίλου γίνεται ύπορη τὸ βελτιστὸν (μερικόν) ἀνοιγμα τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων, τὸ ὄποιον ἰσοῦται πρός τὸ 0,73 τοῦ πλήρους ἀνοιγμάτος. Ἐκ τῶν χαρακτηριστικῶν διαγραμμάτων λειτουργίας τοῦ Σχ. 6-42 συμπεραίνομεν ὅτι : (α) Διὰ σταθερόν ἀνοι-



**Σχ. 6-42** Χαρακτηριστικόν διεγραμμά λειτουργίας στροβίλου ἀντιδρασεως ὑπό σταθε - ρδν ύψος πτώσεως  $H_n = 22,2$  m ηας μεταβαλλόμενον ἀριθμόν στροφών.

καὶ τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων ἡ παροχή εἶναι σχεδόν ἀνεξάρτητος τοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν τοῦ δρομέως, (β) Διὰ τυχόν ἄνοιγμα τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων ἡ μεγίστη ἴσχύς οὐας ὁ μέγιστος βαθμός ἀποδόσεως λαμβάνοντος χώραν ὑπό σχετικῆς διαφορον ἀριθμού στροφῶν, (γ) Δι’ αὐξήσεως τοῦ μερικοῦ ἀνοίγματος τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων ὁ ἀντίστοιχος μέγιστος βαθμός ἀποδόσεως ἐπιτυγχάνεται διὰ σχετικῆς αὔξησεως τοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν οὐας (δ) Ἡ λειτουργία ὑπό μεγίστην παροχήν οὐας μεγίστην ἴσχυν τοῦ στροφέλου λαμβάνει χώραν ὑπό πλήρες ἄνοιγμα τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων.

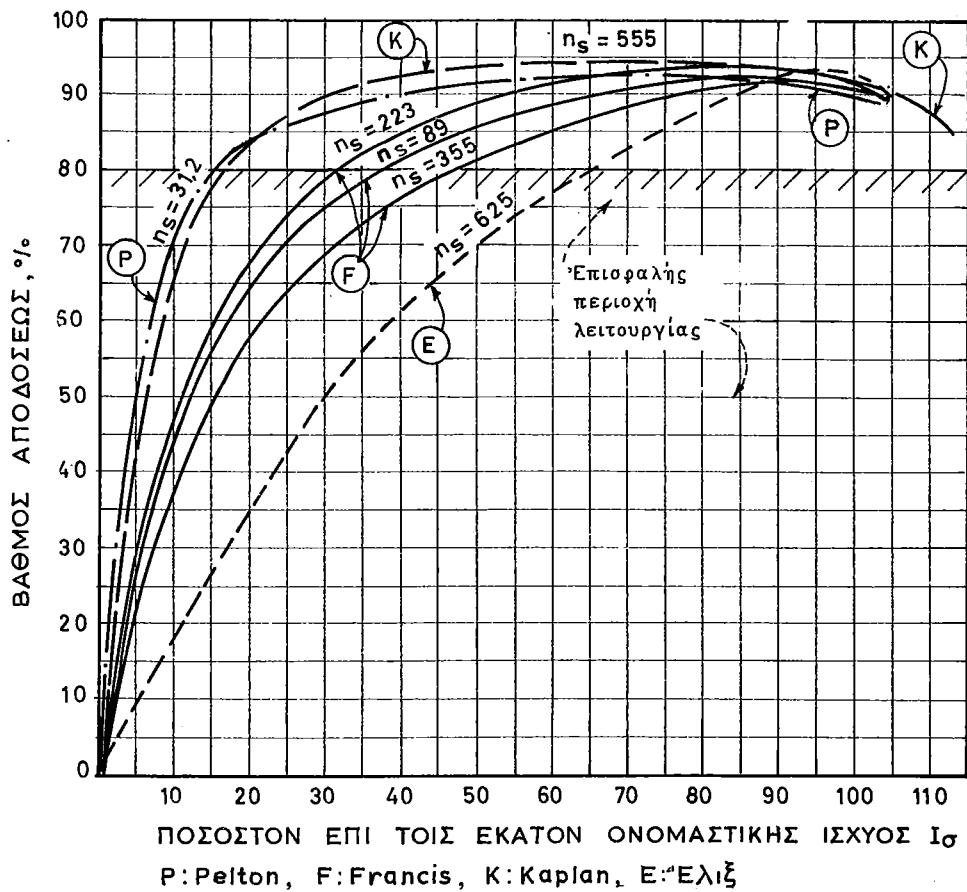
Τα διαγράμματα τῶν Σχ. 6-41 καὶ 6-42 ἐνφρεζούν τὰς πραγματικὰς χαρακτηριστικὰς ιαμπύλας λειτουργίας στροβίλων ὡς αὗται οι θεωρήσαν ὑπό τῶν ιατασιευαστῶν. Αἱ χαρακτηριστικαὶ ιαμπύλαι λειτουργίας στροβίλου οι θεωρέζονται γενικῶς ἐμπειρικῶς ὑπό τοῦ ιατασιευαστοῦ βάσει τῶν διαφόρων χαρακτηριστικῶν τοῦ στροβίλου, πλήν ὥρισμένων περισσῶν περὶ τόν μέγιστον βαθμόν ἀπόδοσεως, αἱ δύο ιατασιευαστικὲς προσέγγισις νῷ προσδιορισθεῖσαι θεωρητικῶς. Γενικῶς αἱ γεωμετρικαὶ μορφαὶ τῶν ιαμπυλῶν Q, I οικεῖ πρὸ παρουσιάζονται σχετικὴν χαρακτηριστικὴν δύμοιστητα δι' ἕναστον δρομέα τοῦ δύο ιατασιευαστοῦ η μορφή οὐανοποιεῖ ὥρισμένην γεωμετρικὴν δύμοιστητα.

**6.6.6.3 Χαρακτηριστικά Διαγράμματα Βαθμού Αποδόσεως** Η έπειδρασις του βαθμού άποδοσεως είπεις αποδιδομένης λογικού του στροβίλου, διαλειτουργίαν του στροβίλου υπό τη ύφος πτώσεως μελέτης έμφανεται εντός της Σχ. 6-43. Τα διαγράμματα του σχήματος αναφέρονται εντός διαφόρους τύπους στροβίλων μετά την άντεστοιχων ενδικών αριθμών στροφών των.

Διαδ λειτουργίαν τῶν στροβίλων ἀντιδράσεως ὑπό μερικόν ἄνοιγμα τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων κατά πολύ μικρότερον τοῦ πλήρους ἀνοίγματος, οὐδὲ ἀποδιδομένην ἵσχυν ὑπό τοῦ στροβίλου κατά πολύ μικροτέραν τῆς ἐγκατεστημένης ἵσχυος του, παρατηροῦμεν ἐν τῷ Σχ. 6-35, 6-37 καὶ 6-39, αἱ σημητήραι μερισμῶν τοῦ βαθμοῦ ἀποδόσεως. Διαδ στροβίλους δράσεως καὶ διαδ μικρά ἀνοίγματα τῆς βελόνης ρυθμίσεως τῆς παροχῆς ἐκάστου ἀκροφυσίου ἔχομεν ἀνδλογον ἐπέδρασιν ἐπὶ τοῦ βαθμοῦ ἀποδόσεως. Ἡ λειτουργία στροβίλων ἀντιδράσεως ὑπό μικρὸν ποσοστὸν ἀνοίγματος τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων χαρακτηρίζεται ἐν γένει τῷ πρώτῳ βαθμοῖ τοῦ παραλλήλου ὑψήσταται ὁ ιερότερος ἀντιδράσεως ἐντόνου σπηλαιώσεως τοῦ δρομέως. Ἡ συνεχής καὶ ἐπὶ μακρόν χρόνον λειτουργία τῶν στροβίλων καὶ ἰδιαιτέρως τοῦ τύπου Francis καὶ ἐλικοῖς δέοντα περιορίζεται εἰς τὰς περιοχὰς τῆς ἀποδιδομένης ἵσχυος τοῦ στροβίλου ὅπου ὁ βαθμός ἀποδόσεως ἴσος ἔται τῇ ὑπερβασίᾳ τοῦ 80%. Τό δὲ ἀλλαγὴ στον ἐπιτρεπόμενον μερικόν ἄνοιγμα τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων προκειμένου περὶ στροβίλων Francis ἐξαρτᾶται ἐν τοῦ ὑψους πτώσεως τοῦ δρομέως, λαμβάνεται δέ συνήθως ἴσον πρός 0,20 ἕως 0,25 τοῦ πλήρους ἀνοίγματος δι’ ὑψη πτώσεως ἄνω τῶν 75 μ. καὶ 0,35 ἕως 0,40 δι’ ὑψη πτώσεως ἄνω τῶν 30 μ.

Έκ τῶν διαγραμμάτων τοῦ Σχ. 6-43 διακρίνομεν τὴν ἐπέδρασιν τοῦ εἰδικοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν καὶ τοῦ τύπου τοῦ στροβίλου ἐπὶ τῆς μορφῆς τῆς ναυπόλης τοῦ βαθμοῦ ἀποδόσεως. Οὕτω λ.χ. διεῖ βαθμὸν ἀποδόσεως 80% βλέπομεν ὅτι : (α) Διεῖ στροβίλου τύπου Pelton ὃπου  $n_s = 31,2$ , ἔχομεν  $I = 0,15 I_\sigma$  καὶ (β) Διεῖ στροβίλου τύπου ἔλινος ὃπου  $n_s = 625$ , ἔγομεν  $I = 0,65 I_\sigma$ .

Έντι πάντα διαγραμμάτων παρατηρούμεν έπιστης θέτει αύμφοτεροι οι στροβίλοι Pelton και Kaplan διότι απόδιδομένης ίσχυν μεγαλυτέραν τού 20% της όνομαστικής (έγκατε-στημένης) ίσχυος λειτουργούν ύπορθανον ποιητικόν βαθμόν απόδοσεως, ητοι από 84%, έως 92% διατούνται τούς στροβίλους Pelton και 94% διατούνται τούς στροβίλους Kaplan. Οι στροβίλοι σύντοι δύνανται έπιστης να λειτουργήσουν ύπορθανον σταθερόν βαθμόν απόδοσεως μεγαλύτερον τού 91% διατούνται  $0,45 I_s < I < 0,85 I_s$ . Διατούνται ανοίγματα πάντα ρυθμιστικών πτερυγίων, η διάταξη ανοίγματα ύπερβασινοντα τού βέλτιστον ανοίγματα, διατροβίλοι Kaplan.



**Σχ. 6-43** Γραφική παράστασις τῶν μεταβολῶν τοῦ βαθμοῦ ἀποδόσεως στροβίλων συναρτήσει τοῦ εἰδικοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν καὶ τοῦ ποσοστοῦ ἐπὶ τοῦ ἑνατόν τῆς ὀνομαστικῆς ισχύος  $I_s$ .

P: Pelton, F: Francis, K: Kaplan, E: Eliz

λαν ἐν συγκρίσει πρὸς τὸν στροβίλον Francis παρουσιάζει τὸ πλεονέκτημα τῆς λειτουργίας ὑπὸ ὑψηλοτερού βαθμοῦ ἀποδόσεως. Τοῦτο ὄφελεται εἰς τὴν δυνατότητα τῆς συγχρόνου ρυθμίσεως τῶν ινητῶν πτερυγίων τοῦ δρομέως Kaplan μετὰ τῶν ρυθμίστικῶν πτερυγίων τῇ βιωθεῖσῃ τῶν σερβιμηχανισμῶν ὡς ἐμφανίνεται ἐν Σχ. 6-11. Ο στροβίλος Kaplan θεωρεῖται ὡς ὁ ἴδειδης τύπος διὰ τὰς ἔγναταστάσεις χαμηλοῦ ὑψοῦ πτώσεως, ἕνθα ἀπαιτεῖται ἡ λειτουργία τῆς μονάδος εἰς μικρὸν ποσοστόν τοῦ ὀνομαστικοῦ ὑψοῦ πτώσεως καὶ ὑπὸ σχετικῆς ὑψηλοῦ βαθμοῦ ἀποδόσεως, βλ. ἐπίσης Σχ. 6-39 καὶ 6-40.

‘Ως πρὸς τὸν βαθμὸν ἀποδόσεως τῶν στροβίλων Francis μετά εἰδικοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν  $89 \leq n_s \leq 355$  παρατηρούμενον ἐν τῷ Σχ. 6-43 ὅτι : (α) ‘Ο βαθμὸς ἀποδόσεως τοῦ στροβίλου εἶναι μικρότερος τοῦ 80% διὰ  $I < 0,32 I_s$  ἥτις  $0,48 I_s$  καὶ (β) ‘Η περιοχὴ λειτουργίας τοῦ στροβίλου ὑπὸ μέγιστον βαθμοῦ ἀποδόσεως ἐν συγκρίσει πρὸς τοῦ στροβίλους Kaplan καὶ Pelton εἶναι σχετικῶς περιωρισμένη.

**6.6.6.4 Χαρακτηριστικὰ Διαγράμματα Λειτουργίας Ὁμοιωμάτων** Διὰ τὸν καθορισμὸν τῶν χαρακτηριστικῶν λειτουργίας στροβίλου ἀπαιτεῖται ἡ ἐκτέλεσις ἐργαστηριακῶν δοκιμῶν ἐπὶ ὅμοιώματος τῷ ὄποιον δέοντας νᾶς ἵνανοποιεῖται τὰς ἀρχὰς τῆς ὑδραυλικῆς ὅμοιωτητος

πρός τρίν πρωτότυπου δρομέα. 'Η αλέμαξ γεωμετρικής όμοιωσης μεταξύ πρωτότυπου και διαφοράς συγχρόνων διαστάσεων τού στροβίλου, αν διαστάσεις τού διαφοράς συγχρόνων διαστάσεων τού στροβίλου διαφοράς από 0,30m έως 0,60m προκειμένου περί τής διαμέτρου δρομέως αντιδράσεως ναύλων από 0,02m έως 0,05 m προκειμένου περί τής διαμέτρου τής έκτοξευμένης δεσμης τού ακροφυσίου στροβίλου δράσεως ύπο πλήρες φορτίου. 'Η λειτουργία τού διαφοράς συγχρόνων διατίθεται υπό σχετικών μετρητών πρός περιορισμόν τού αριθμού στροφών ναύλων τής διατίθεμένης ίσχυος δια τήν λειτουργίαν τού διαφοράς συγχρόνων. Αν δοκιμαίς έκτελονται διαδικασίες περί ακτινογραφίαν την ρυθμιστικήν πτερυγίαν ή προκειμένου περί στροβίλων δράσεως διαδικασίες περί ακτινογραφίαν τού στροβίλου από τής καταστάσεως μεγέστης ψευδαρχικής (unit inoperative) μέχρι τής καταστάσεως μεγέστης ψευδαρχικής (maximum speed). Διαδικασίες περί ακτινογραφίαν τού στροβίλου ύπο σταθερόν τινά αριθμόν στροφών ναύλων ύπο μετρητών καταστασίν λειτουργίας γίνονται μετρήσεις τής παροχής ναύλων τού ύψους πτώσεως ναύλων ύπολογίζεται ή αρχικών διατίθεμένης ίσχυος πρός τρίν στροβίλου. Βάσει τής σχέσεως μεταξύ τής δυνάμεως πεδήσεως τού στροβίλου ναύλων τού αριθμού στροφών ακτινογραφίας ή αποδιδομένης ίσχυος τού στροβίλου ναύλων τού αριθμού στροφών ναύλων αποδιδομένης ή αποδιδομένης ίσχυος ακτινογραφίας την παραμέτρων ίσχυος, παροχής ναύλων αριθμού στροφών δια τάξης διαφόρων συνθήκων λειτουργίας τού διαφοράς συγχρόνων διατίθεμένης ναύλων αποδιδομένης ίσχυος ακτινογραφίας. Αν τιμαίς την παραμέτρων ίσχυος, παροχής ναύλων αριθμού στροφών δια τάξης διαφόρων συνθήκων λειτουργίας τού διαφοράς συγχρόνων διατίθεμένης ή την γενικήν χαρακτηριστικήν διαγραμμάτων κατέπιν αναγνωρίζεται την πρόσθιαν δρομέα διαμέτρου 1m, ή όποιος λειτουργεῖ ύπο ώφελιμον ύψους πτώσεως 1m. Αν αντίστοιχοι χαρακτηριστικοί μεταβληταί  $Q_{11}$  και  $I_{11}$  τού διαφοράς συγχρόνων διατίθεμένης την αριθμό στροφών  $n_{11}$ , διαδικασίες περί ακτινογραφίας την διατίθεμένης ίσχυος παροχής τού ακροφυσίου. Τάξης γενικής διαγράμματα  $Q_{11}$  και  $I_{11}$ , τάξης όποιας διαδονται ύπο τού κατασκευαστού βάσει την δοκιμών έπι άμοιων διαφοράς συγχρόνων είναι την Σχ. 6-44 ναύλων 6-45 προκειμένου περί στροβίλων Francis και Pelton αντιστοίχως. Τάξης διαγράμματα ειναι διαφοράς συγχρόνων επίσης τάξης καμπύλας τού αύτου βαθμού αποδιδομένης ναύλων είδηστοι αριθμού στροφών. Αν μεταβληταί  $Q_{11}$ ,  $n_{11}$  ειναι διαφοράς συγχρόνων διαδονται ύπο την κατασκευαστικήν σχέση :

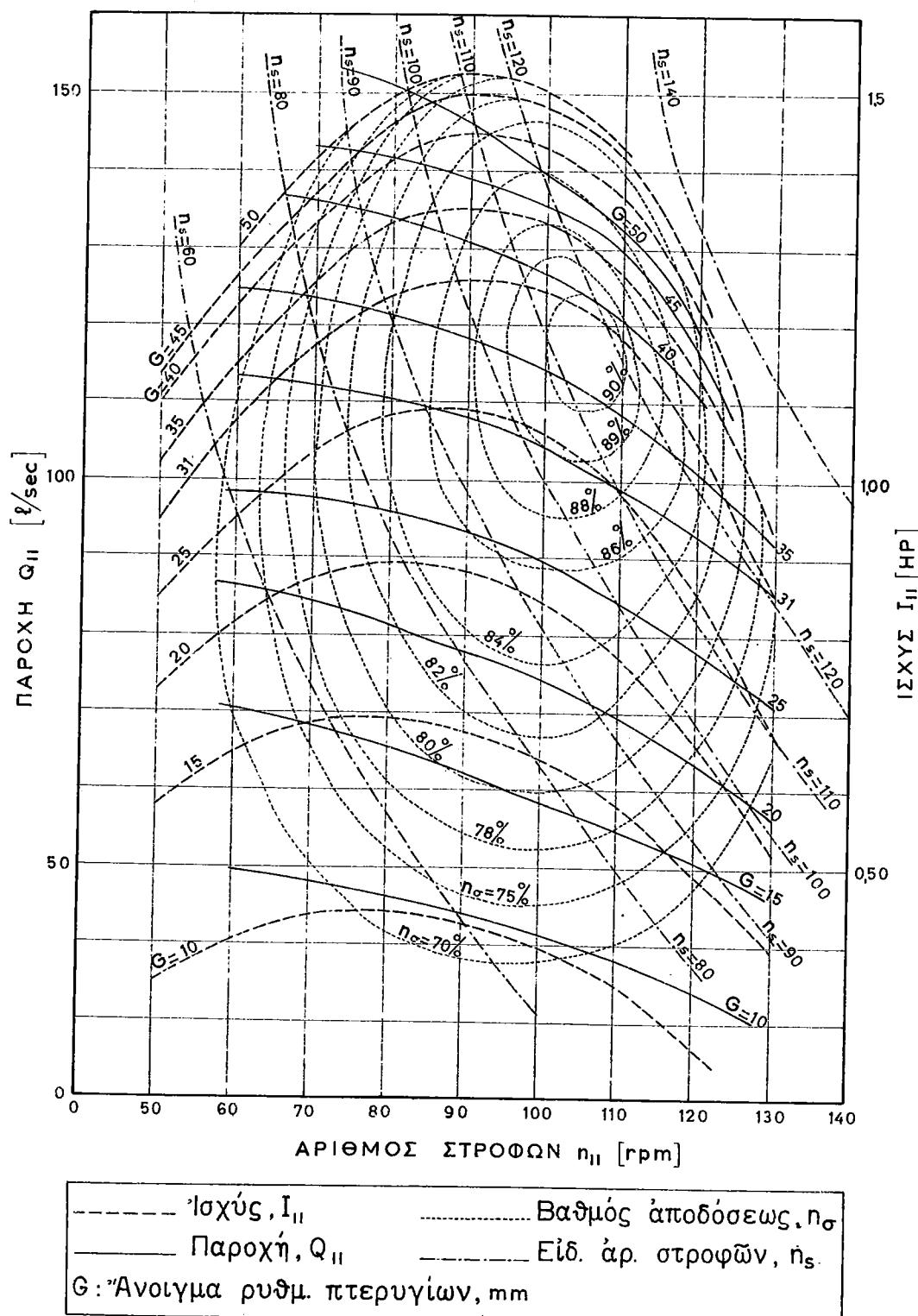
$$Q_{11} = \frac{Q}{D^2 \sqrt{H_n}} \quad [\text{lit/sec}] \quad (6.94)$$

$$\text{και } n_{11} = n \frac{D}{\sqrt{H_n}} = 85 \quad [\text{rpm}] \quad (6.95)$$

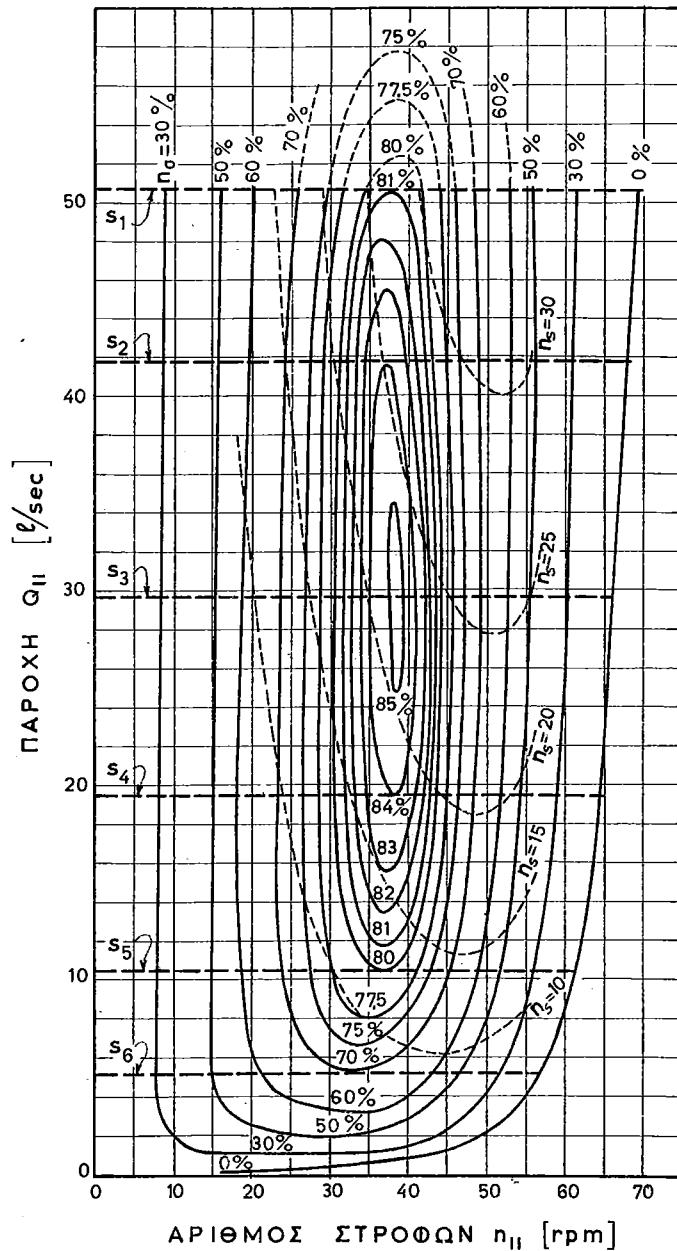
'Η σχέση (6.95) βασίζεται στην σχέση (6.34). Διαδικασίες περί ακτινογραφίας την διαφοράς συγχρόνων (6.47) και την διαφοράς συγχρόνων (6.94) ή μεταβλητή  $I_{11}$  ειναι διαφοράς συγχρόνων :

$$I_{11} = \frac{I}{D^2 H_n^{3/2}} \quad [\text{HP}] \quad (6.96)$$

Είσ τάξης σχέσης (6.94) έως (6.96) αν μεταβληταί  $D$ ,  $H_n$ ,  $n$ ,  $Q$  και  $I$  αναφέρονται είσ την διαδικασίαν την διαφοράς συγχρόνων διαδονται ύπο την πρωτότυπου και τάξης επέρας παραμέτρων την εργαστηριακήν δοκιμών ήτοι, ώφελιμου ύψους πτώσεως, αριθμού στροφών, παροχής ναύλων αντιστοίχως.

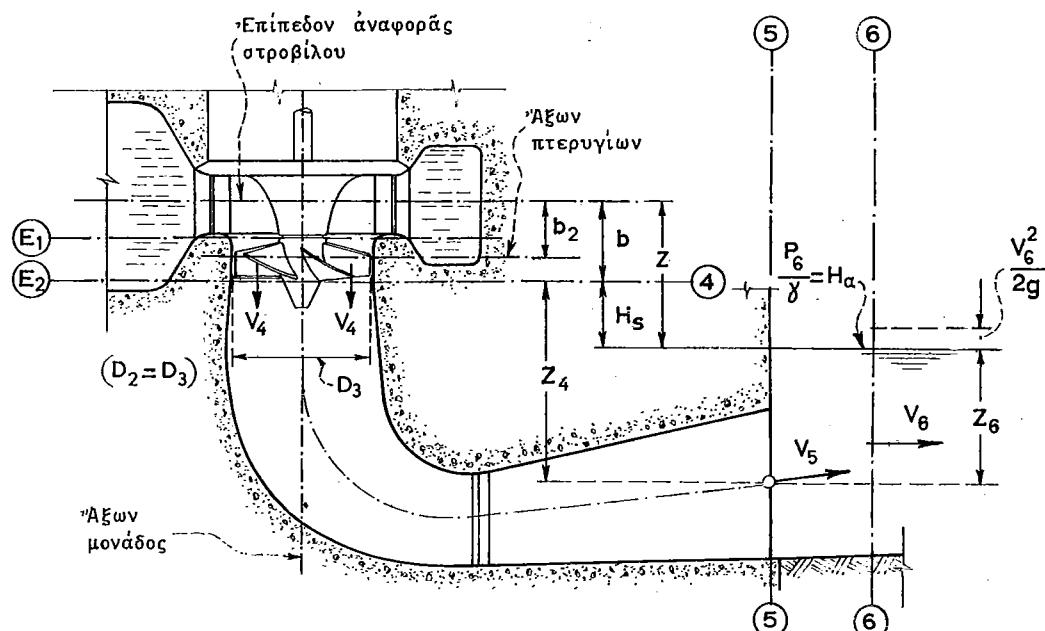


**Σχ. 6-44** Χαρακτηριστικόν διαδραμμάτων λειτουργίας όμοιωματος στροβίλου Francis, συναρτήσει τῶν  $n_{II}$ ,  $Q_{II}$  καὶ  $I_{II}$ .

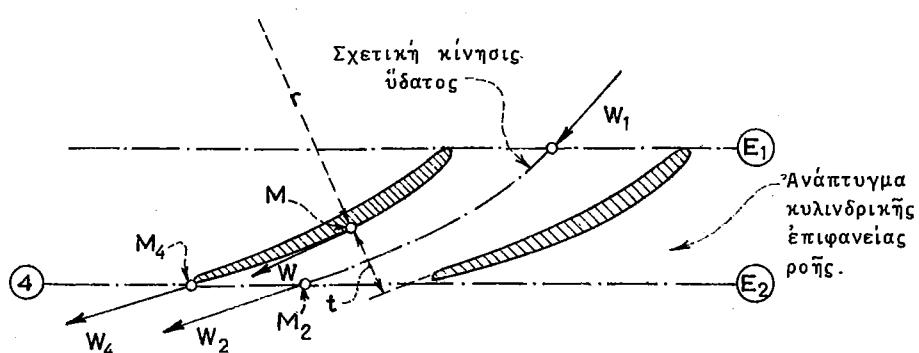


δ: Διαδρομή βελόνης ακροφυσίου διά  
ρύθμισιν παροχής.

**Σχ. 6-45** Χαρακτηριστικόν διάγραμμα λειτουργίας όμοιώματος στροβίλου Pelton, συν-  
αρτήσει τῶν  $n_{11}$ ,  $Q_{11}$ .



ΤΟΜΗ ΜΟΝΑΔΟΣ KAPLAN



(Βλ. Σχ. 6-24)

**Σχ. 6-46** Τομή μονάδος μετά στροβίλου Kaplan καί σχηματική παράστασις τών πτερυγίων του δρομέως.

Διεύ συνδυασμού τῶν σχέσεων (6.82), (6.95) ή ας (6.96) ἔχομεν :

$$\pi_s = \pi_{11} \sqrt{I_{11}} \quad (6.97)$$

Ἐπεὶ τῶν διαγραμμάτων τῶν Σχ. 6-44, 6-45 ἐμφαίνονται αἱ καμπύλαι σταθερού βαθμού ἀποδόσεως αἱ ὅποῖαι καλούνται βρόχοι σταθερού βαθμού ἀποδόσεως.

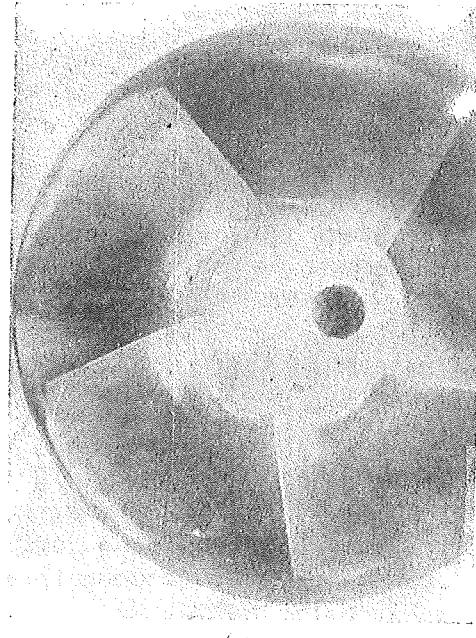
## 6.7 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΙΣ ΣΤΡΟΒΙΛΩΝ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΣ ΚΑΙ ΣΠΗΛΑΙΩΣΙΣ

Ἡ τοποθέτησις στροβίλου ὡς πρός τὴν διέπουσαν τὴν μελέτην τοῦ στροβίλου στάθμην τῆς διώρυγος φυγῆς ἔχει ἴδιατεραν σημασίαν διεύ τὴν ἀξιοποίησιν τοῦ διαθεσίμου ψηφιστήρας τῆς ἐγκατάστασεως ή αἱ διεύ τὴν ἀσφαλῆ λειτουργίαν τοῦ στροβίλου. Ἡδη ἀνεφέρη ἐν παρ. 6.3, οἱ στροβίλοι δράσεως ὄριζοντες ἡ κατακορύφου διατάξεως ἀπαιτούνται τὴν λειτουργίαν τοῦ δρομέως ὑπὸ ἀτμοσφαιρικήν πίεσιν. Τοῦτο ἐπιτυγχάνεται ἡ εἰκόνεζεται εἰς τὸ Σχ. 6-12, 6-14-1 ή αἱ 6-26 διεύ τῆς τοποθετήσεως τοῦ δρομέως εἰς ἵκανοποιητικόν ψηφιστήρα σταθμητής τῆς διώρυγος φυγῆς. Ἡ ἀσφαλῆς λειτουργία τοῦ δρομέως δράσεως ἀπαιτεῖ ἐπίσης τὸν κατάλληλον ἀερισμόν τοῦ περιβάλλοντος χώρου τὸν δρομέα ψηφιστήρα σταθμητής τῆς διώρυγος φυγῆς.

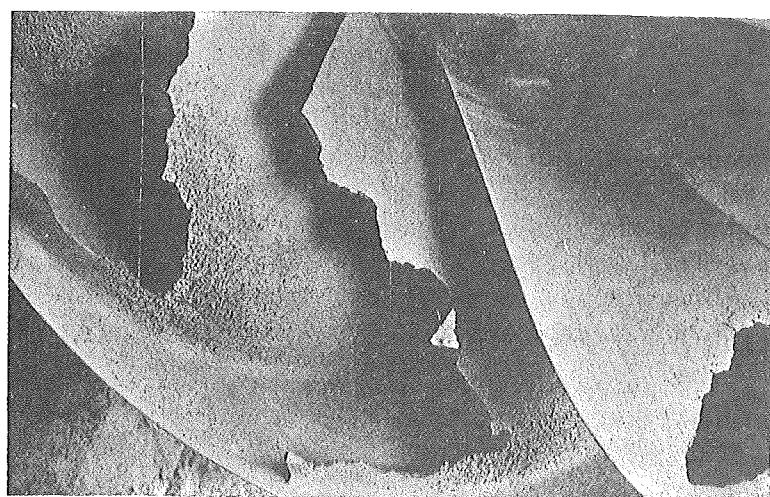
Μὲν στροβίλοι ἀντιδράσεως διατάσσονται ἀφ' ἐτέρου ὡς εἰκόνεζεται εἰς τὸ Σχ. 6-25 ή αἱ 6-46, οὗτας πόστε τὸ ὄριζόντιον ἐπίπεδον ἀναφορᾶς τοῦ στροβίλου νὰ εὔρησκεται κατασκευή ἡ ἐνίστοτε ἐλαφρῶς ἀναθεν ὥρισμένης στάθμης τῆς διώρυγος φυγῆς. Διεύ τὴν ἀσφαλῆ λειτουργίαν τῶν στροβίλων ἀντιδράσεως, ψηφιστανται ὥρισμένοι περιορισμοὶ τοποθετήσεως τοῦ δρομέως ὡς θεὸς ὕδαμεν περαιτέρω, οἱ ὅποιοι ὄφελονται εἰς τὸν κάνδυνον ἐμφανίσεως τοῦ φαινομένου τῆς σπηλαιώσεως. Δέοντος νὰ σημειωθῇ ὅτι διεύ τῆς καμηλωτέρας τοποθετήσεως τῶν στροβίλων ἀντιδράσεως ὡς πρός ὥρισμένην στάθμην τῆς διώρυγος φυγῆς, ἐπιτυγχάνομεν ἐν συγκρίσει πρός τοῦ στροβίλους δράσεως, τὴν ἀξιοποίησιν μεγαλυτέρου ποσοστοῦ τοῦ διαθεσίμου ψηφιστήρα σταθμητής τῆς πτώσεως τῆς ἐγκατάστασεως.

Κατὰ τὴν λειτουργίαν τῶν στροβίλων μηχανῶν ἡ ἀπόλυτος πίεσις τοῦ ψηφιστήρα στοῦ δρομέως μεταβλεῖται. Εἰς τὸ Σχ. 6-46 εἰκόνεζεται ἐν τομῇ ἡ διάταξις τῶν πτερυγίων δρομέως Kapitan. "Εστω ὅτι εἰς τὴν θέσιν M<sub>4</sub> ἐξέδου τοῦ πτερυγίου ἡ ἀπόλυτος πίεσις τοῦ ψηφιστήρα εἶναι P<sub>4</sub>. Θεωρήσωμεν σημεῖον M ἐπί τοῦ πτερυγίου διεύ τὸ ὄποιον ἡ ἀπόλυτος πίεσις τοῦ ψηφιστήρα P μεταξὺ τῶν θέσεων E<sub>1</sub> ή αἱ E<sub>2</sub> τοῦ δρομέως εἶναι ἡ ἐλαχίστη. "Εδεὶς ἡ πίεσις P εἶναι μικροτέρα ἡ ἵση τῆς πιέσεως ἀτμοῦ τοῦ ψηφιστήρα τότε λαμβάνει χώραν ἐξαέρωσις τοῦ ψηφιστήρα ὅποτε σχηματίζονται φυσαλλίδες ἀτμοῦ κατὰ μῆκος τῆς ἐπιφανείας τοῦ πτερυγίου περὶ τὴν θέσιν M, ὡς ηαὶ ἐντὸς τῆς προσκειμένης μαζίης τοῦ ψηφιστήρα. Κατὰ τὴν ροήν τοῦ ψηφιστήρα διεύ μεσου τοῦ δρομέως δημιουργοῦνται ἐνίστοτε τοπικαὶ δέναι μετά στροβίλους ηαὶ κενῶν χώρων κατὰ μῆκος τῆς ὄπισθιας ὄφεως τῶν πτερυγίων ἡ εἰς τὸ ἄκρον τῶν πτερυγίων περὶ τὴν θέσιν ἐξέδου τοῦ δρομέως. Εἰς τὰς περιοχὰς αὐτὰς λαμβάνει χώραν ἐπίσης μείνασις τῆς ἀπόλυτου πιέσεως ηαὶ αὔξησις τῆς σχετικῆς ταχύτητος τοῦ ψηφιστήρα. "Ματαὶ ἡ ἀπόλυτος πίεσις τοῦ ψηφιστήρα μειώθεται εἰς τὴν τάσιν ἀτμοῦ ἡ χαμηλότερον ταύτης, οἱ κενοὶ χώροι πληρούνται διεύ ἀτμοῦ ψηφιστήρα, ἡ ἐτέρων ἀερίων. Τὸ φαινόμενον σχηματίζεται φυσαλλίδων ἀτμοῦ ἡ τῆς πληρώσεως τῶν κενῶν χώρων διεύ ἀτμοῦ καλεῖται σπηλαίωσις.

Ἀμέσως μετά τὴν ἐμφάνισιν τοῦ φαινομένου σπηλαιώσεως ηαὶ κατὰ τὴν ροήν τοῦ ψηφιστήρα διεύ μεσου τοῦ δρομέως, οἱ φυσαλλίδες ἀτμοῦ ἡ κενοὶ χώροι παρασυρμένοι ὑπὸ τοῦ ψηφιστήρα προσεγγίζουν περιοχὰς ὅπου ἡ πίεσις τοῦ ψηφιστήρα ψηφιστήρας τῆς πίεσιν ἀτμοῦ. "Ο ἀτμός ἐντὸς τῶν φυσαλλίδων συμπιεζόμενος συμπυκνοῦται ἀποτρέμως, ἐνῷ αἱ φυσαλλίδες ἡ κενοὶ χώροι διαρρήγνυνται βιαίως ἐν εἴδει ἐκρήξεως. Κατὰ τὸ στάδιον



(a)



(b)

**Σχ. 6-47** Διεθρωσις (pitting) πτερυγίων δρομέων : (α) Kaplan μαζ (β) Francis

αύτοί ή έν λόγψ δρᾶσις ἐπεκτείνεται οι αέρις οἰωνδήποτε προσκειμένων πόρων τῆς μεταλλικῆς ἐπιφανείας τοῦ πτερυγίου ἐντός τῶν ὀποίων ἀσκεῖται ἐπέσης πίεσις ἀτμοῦ ὑδατος. Τοῦ ὕδαρ εἰσρέον ἀποτύμωσις ἐντός τῶν πόρων τοῦ μετάλλου προσβάλλει στιγμιαντας τὸν πυθμένα αὐτῶν ὄποτε ἀναπτύσσεται ἀκαριαίας τοῦ φαινόμενον τῆς ὑδραυλικῆς ιρούσεως. 'Η όπ' ὅψιν ἐπιφάνεια τοῦ πτερυγίου ὑπόκειται τότε εἰς ὑδροδυναμικής πιέσεις οι αέρις ἐντάσεως τῆς αὐτῆς περίου τάξεως μεγέθους πρός τήν τάσιν ἀντοχῆς τοῦ μετάλλου εἰς ἐφελκυσμόν. Διατάσσεται αὐτῶν περίγραψεως τῶν βιαζών αὐτῶν ιρούσεων ἐπέρχεται τοπική ιδρωτικής οι αέρις φθορά τοῦ μετάλλου. 'Η φθορά συνοδεύεται οι αέρις ἀρχάς ὑπότιμης ιατροφής τῆς ἐπιφανειακῆς λειτότητος τοῦ μετάλλου. Μετά ταῦτα δέ ἐπακολουθεῖ ὁ ἀποχωρισμός σωματιδίων τοῦ ὑλικοῦ οι αέρις ἡ δημιουργία πορώδους ἐπιφανείας συνοδευομένη ὑπότιμης σπογγοειδοῦς διαβρώσεως τοῦ μετάλλου. 'Η διαβρωσίς (pitting) ὀφείλεται ουρέως εἰς τήν ἀνωτέρω περιγραψεῖσαν μορφήν μηχανικῆς δράσεως. Εἰς τοῦ παρελθόντος ὑπῆρχε ἡ ἀντέληψης ὅτι ἡ διαβρωσίς προήρχετο ουρέως ἐν χημικῶν δράσεων ἀγνώστου προελεύσεως αἱ ὄποιαι ἐπέφερον ὀξείδωσιν τοῦ μετάλλου. Εἰς τοῦ Σχ. 6-47 δεινούσιται ἡ φωτογραφία διαβρωσέντων πτερυγίων δρομέων Francis οι Kaplano.

'Η περιοχή τοῦ δρομέως, ἡ ὄποια ὑπόκειται εἰς σπηλαίωσιν, τοῦ μέγεθος τῶν φυσαλλέδων ἀτμοῦ οι αέρις ἡ θέσης ἔνθα αἱ φυσαλλέδες ἡ οἱ κενοὶ χῶροι οἱ πεπληρωμένοι ἀτμοῦ διαρρήγνυνται, ἐξαρτώνται ἐν τῆς γεωμετρικῆς μόρφης τῶν πτερυγίων ἡ τοῦ πού τοῦ δρομέως ἀντιδράσεως ὡς οι αέρις τῆς σχετικῆς ταχύτητος τοῦ ὑδατος διατάσσεται τοῦ δρομέως. Γενικῶς ὅσον μεγαλύτερος εἶναι οἱ εὔδικοι ἀριθμοί στροφῶν τοῦ δρομέως διατάσσεται τοῦ αὐτοῦ ὑψος πτώσεως οι αέρις ἴσχυν τόσον αὐξάνει ἡ πιθανότητος δημιουργίας συνθηκῶν εύνοούσων τήν ἐμφάνισιν τοῦ φαινόμενον τῆς σπηλαιώσεως.

'Η διαβρωσίς τῶν μεταλλικῶν ἐπιφανειῶν τοῦ δρομέως δύναται να χαρακτηρισθῇ ὡς τοῦ πρῶτον σταδίου ἐμφανίσεως τοῦ φαινόμενον τῆς σπηλαιώσεως. Μετά ταῦτα οι αέρις ὑπότιμης δυσμενείας συνθήκης λειτουργίας ἐπακολουθεῖ τοῦ σταδίου τῆς πλήρους ἀναπτύξεως τῆς σπηλαιώσεως οι αέρις τοῦ ὄποιον δύνανται να προκληθοῦν :

(α) Μείωσις τοῦ βαθμοῦ ἀποδόσεως οι αέρις ἐπομένως τῆς ἀποδιδομένης ἴσχυος τοῦ στροβίλου. 'Η μείωσις αὐτή ὀφείλεται εἰς τήν αὔξησιν τῶν στροβίλων μετρίων οι αέρις τῶν ἐσωτερικῶν ἀπωλειῶν ἐνεργείας λόγψ τριβῆς οι αέρις τοῦ ὑδατος διατάσσεται τοῦ δρομέως, οι αέρις

(β) Ασταθής λειτουργία τῆς μονάδος (στροβίλου οι αέρις γεννητρίας) συνοδευομένης ὑπότιμης λειτουργίας λειτουργίας δύναται να προκαλέσῃ οι ασταθήσης τοῦ στροφήν τῶν ιοχλιώσεων τοῦ ἄνω ἡ κατά τοῦ ἐδράνου τῆς γεννητρίας, θραύσιν τῶν περιελέξεων τῆς γεννητρίας η.λ.π.

'Εν τῇ πράξει ἡ σπηλαιώσις στροβίλων μηχανῆς δέν εἶναι δυνατόν ν' ἀποφευχθῇ τελείωσις διατάσσεται τοῦ συνθήκης λειτουργίας της. 'Η σπηλαιώσις δύναται να περιορισθῇ εἰς τοπική τινα διαβρωσιν τῶν πτερυγίων τοῦ δρομέως διατάσσεται τῆς ιατροφής τοῦ δρομέως ἐν σχέσει πρός τήν στάθμην τῆς διώρυγος φυγῆς οι αέρις διατάσσεται τῆς σφραγίδος ἐτέρων μετρων ὡς ἀναπτύσσεται ἐν παρ. 6.7.2 οι αέρις 6.7.4.

Δείον να τονισθῇ ὅτι διατάσσεται δυσμενείας συνθήκης σπηλαιώσεως οι αέρις οι ατρίπτινη συνεχοῦς δράσεως της εἶναι δυνατή ἡ ὀλοσχερής διαβρωσίς τῶν πτερυγίων τοῦ δρομέως. Οἱ Greagor οι Justin (2), σελ. 829, ἀναφέρουν τήν περίπτωσιν πτερυγίων δρομέως πάχους 25 mm διαβρωσέντων τελείωσις οι αέρις τῆς λειτουργίας τοῦ στροβίλου διατάσσεται περισσούν ἐνός ἔτους.

### 6.7.1 Στοιχεῖα Θεωρητικῆς Αναλύσεως

Θεωρήσωμεν τήν διατάξιν στροβίλου τοῦ πού Kaplan ὡς εἴνοντα εἰς τοῦ Σχ. 6-46. Εἰς τοῦ σχήμα διακρίνομεν τοῦ εἰσόδους ἐπιφανείας E<sub>1</sub>, οι αέρις E<sub>2</sub> εἰς τήν θέσην εἴσοδου οι αέρις

έξεδου αντιστοίχως τών ιινητών πτερυγών τού δρομέως αξονικής ροής, βλ. έπεισης Σχ. 6-24. Έαν θεωρήσουμεν τάξη σχετικάς ταχύτητας τού υδατού  $W$  καὶ  $W_2$  είς τα σημεῖα  $M$  καὶ  $M_2$  αντιστοίχως τής τομῆς τών ιινητών πτερυγών τού Σχ. 6-46 καὶ δι' αστροβιλού ροήν μετά ουλοφορίας διὰ μέσου τού δρομέως θα ἔχωμεν τάξη καταθίσεις :

$$Wx = W_2(x + \frac{t}{2}) \quad (6.98)$$

$$W^2 = W_2^2(1 + \frac{t}{x} + \frac{t^2}{4x^2}) \quad (6.99)$$

Έπειδή  $t \ll x$  καὶ  $t/x = m$ , ενθα ἡ παραμετρος τη λαμβάνεται ὡς συντελεστής, ἡ σχέση (6.99) γράφεται ὡς ἐξής :

$$W^2 - W_2^2 = m W_2^2 \quad (6.100)$$

Κατά τήν ροήν τού υδατού διὰ μέσου τών ἐπιφανειῶν  $E_1$  καὶ  $E_2$ , βλ. Σχ. 6-46, καὶ ὡς ἀνεφέρθη ἐν παρ. 6.7 αἱ ἀπόλυτοι πιέσεις τού υδατού είς τα σημεῖα  $M$  καὶ τα ἄκρων τού πτερυγίου  $M_4$  ἐλήφθησαν αντιστοίχως  $P$  καὶ  $P_4$  ὅπου  $P < P_4$ . Η  $W_2$  θεωρεῖται ὡς ἡ μέση σχετική ταχύτης ἐξεδου τού υδατού, βλ. Σχ. 6-24. Η σχετική ταχύτης τού υδατού  $W_4$  είς τα ἄκρων τού πτερυγίου δύναται να ληφθῇ κατά προσέγγισιν ἵση πρᾶς  $W_2$ . Δι' εφαρμογῆς τού θεωρήματος Bernoulli μεταξύ τών ὑπὸ ὅψειν σημείων ἔχομεν :

$$\frac{P}{\gamma} + \frac{W^2 - U^2}{2g} = \frac{P_4}{\gamma} + \frac{W_4^2 - U_4^2}{2g} \quad (6.101)$$

Ἐφ' ὅσον αἱ περιφερειακαὶ ταχύτητες τού υδατού δι' αξονικήν ροήν μεταξύ τών θέσεων  $E_1$  καὶ  $E_2$  ἡ 4 παραμένουσα σταθερα, ὅποτε  $U = U_4$ , ἡ σχέση (6.101) γράφεται:

$$\frac{P_4 - P}{\gamma} = \frac{W^2 - W_4^2}{2g} \quad (6.102)$$

Θετοντες  $P_4 - P = \Delta P$  καὶ διὰ συνδυασμού τών σχέσεων (6.100) καὶ (6.102) ενθα  $W_2 \approx W_4$ , προκύπτει ὅτι :

$$\frac{\Delta P}{\gamma} = m \frac{W_4^2}{2g} \quad (6.103)$$

Η ἐξίσωσης (6.103) ἐνφράζει τήν πτώσιν τής πιέσεως κατά μῆκος τού πτερυγίου συναρτήσει τής σχετικής ταχύτητος ἐξεδου τού υδατού.

Ἐπανερχόμενοι εἰς τήν διάταξιν τού στροβίλου Kaplan τού Σχ. 6-46, διακρίνομεν τήν θέσιν ἐξεδου  $E_2$ , ἡ ὅποια ταυτίζεται μετά τής θέσεως 4, ὡς καὶ τάξη σχέσεις 5 καὶ 6 ἐπει τής ἐξεδου τού ἀγωγού ἐξεδου καὶ τής διώρυγος φυγῆς ὡς δεινόνεται ἐπίσης εἰς τα Σχ. 6-25 καὶ 6-27.

Δια μόνιμων ήταν ἀξονικήν ροήν μεταξύ τῶν θέσεων 4 ὥστε 6 ήταν βάσει τῶν προαι-  
ναφερθέντων, αἱ ἔξι πάσεις ἐνεργείας λαμβάνουν ητούτην ἀντιστοιχίαν πρός τὰς σχέσεις  
(6.50) ήταν (6.56) τὰς ιδιαῖς μορφαῖς :

$$z_4 + \frac{P_4}{\gamma} + m \frac{w_4^2}{2g} + \frac{V_4^2}{2g} = \frac{P_5}{\gamma} + \frac{V_5^2}{2g} + h_{4-5} \quad (6.104)$$

нαс

$$\frac{P_5}{\gamma} + \frac{V_5^2}{2g} = z_6 + \frac{P_6}{\gamma} + \frac{V_6^2}{2g} + h_{5-6}. \quad (6.105)$$

‘Η ιατανομή τῆς ταχύτητος τοῦ ὑδάτος διὰ τὰς ἐξεταζομένας διατομάς τοῦ ἀγαγοῦ θεωρεῖται ὁμοιόμορφος, ἐνφράζεται δέ διὰ τῆς ἀπολύτου ταχύτητος V. Αἱ ἀπώλειαι ἐνεργείας διὰ ροήν διὰ μέσου τοῦ ἀγαγοῦ ἐξδου ἐκφράζονται διὰ τῆς μεταβλητῆς  $h_{4-5}$ . ‘Η μεταβλητή  $h_{5-6}$  ἐκφράζει κυρίως τὴν ἀπώλειαν ἐνεργείας τοῦ ὑδάτος λόγῳ ἀποτόμου διευρύνσεως τῆς ὑγρᾶς διατομῆς ἐπειδὴ τῆς διώρυγος φυγῆς ιατάντη τῆς θέσεως 5.’ Επειδὴ ἡ ταχύτητος τοῦ ὑδάτος V<sub>6</sub> εἶναι πολὺ μικρά ἡ ἀπώλεια  $h_{5-6}$  ἐκφράζεται ιατά προσέγγισιν διὰ τῆς ιατάσις σχέσεως :

$$h_{5-6} = \frac{V_5^2 - V_6^2}{2q} \approx \frac{V_5^2}{2q} \quad (6.106)$$

Διαδ συνδυασμοῦ τῶν σχέσεων (6.104) έως (6.106) καὶ βεβαιώντων τοῦ Σχ. 6-46 ἔχο-

$$\frac{P_4}{\gamma} = \frac{P_6}{\gamma} - H_S - \left[ \frac{V_4^2 - V_5^2}{2g} - h_{4-5} \right] - m \frac{W_4^2}{2g} \quad (6.107)$$

Ἐκ τῆς ἀνωτέρω σχέσεως, ἡ ποσδιπτής τῆς ιερητικῆς ἐνεργείας τοῦ ὄδατος, ἡ ὥποια διατείθεται διὰ μετατροπῆν εἰς ἀφέλειμον ἔργον μεσψ τοῦ δρομέως δύναται να ἐνφρασθῇ διὰ τοῦ ἐνεργειακοῦ ὄψους Ητού πώς ἐξῆς :

$$H_D = \frac{V_4^2 - V_5^2}{2g} - h_{4-5} \quad (6.108)$$

‘Η μεταβλητή Η<sub>D</sub> καλεῖται ἐπέσης δυναμικόν ψυχικόν αναρροφήσεως. ’Εν τῇσι σχέσεως (6.108) εἶναι προφανές ὅτι η ἐπανδιπτησις μέρους τῆσις κινητικῆς ἐνεργείας τοῦ ὑδατος διὰ τὴν παραγωγὴν ὀφελέμου ἔργου δύναται να ἐκφρασθῇ συναρτήσει τοῦ Η<sub>D</sub> καὶ τοῦ βαθμοῦ ἀποδίσεως τοῦ ἀγωγοῦ ἔξεδου πῃ ἐκ τῆσις κινητικῆς σχέσεως :

$$H_D = n_D \cdot \frac{V_4^2}{2a} \quad (6.109)$$

Λαμβάνοντες όπ' αύτην τάσι σχέσεις (6.108) καὶ (6.109) έχομεν :

$$\eta_D \frac{V_4^2}{2g} = \frac{V_4^2 - V_5^2}{2g} - h_{4-5} \quad (6.110)$$

Διαδούσασμού τῶν σχέσεων (6.107) καὶ (6.110) καὶ ἐκφράζοντες τήν ἀτμοσφαιρικήν πίεσιν  $P_6$  συναρτήσει τοῦ ἀντιστοίχου ψηφίου  $H_\alpha$  έχομεν :

$$\frac{P_4}{\gamma} = H_\alpha - H_S - \eta_D \frac{V_4^2}{2g} - m \frac{W_4^2}{2g} \quad (6.111)$$

Τοῦ ψηφίου  $H_\alpha$  ἐκφράζεται εἰς μετρα στήλης ύδατος. 'Η ἀτμοσφαιρική πίεσις μεταβαλλεται μετα τοῦ ψηφίου ἀπό τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης ὡς ἐμφαίνεται εἰς τὸ διάγραμμα τοῦ Σχ. 6-50. 'Η ἀτμοσφαιρική πίεσις ἢ τὸ ψηφίο  $H_\alpha$  τῆς σχέσεως (6.111), ἀντιστοιχοῦν εἰς τὸ ψηφίο τῆς ἐλευθερας ἐπιφανείας τῆς διώρυγος φυγῆς.

Τοῦ βαρομετρικοῦ ψηφίου  $H_B$  δύναται να ἐκφρασθῇ συναρτήσει τῆς πιέσεως τῶν ἀτμῶν ύδατος ἢ τοῦ ψηφίου στήλης ύδατος  $H_V$  καὶ τοῦ ψηφίου  $H_\alpha$  ὡς ἔξης :

$$H_B = H_\alpha - H_V \quad (6.112)$$

'Ο κενδυνος ἐμφανίσεως τοῦ φαινομένου τῆς σπηλαιώσεως ἀποφεύγεται ὡς ἤδη ἀνεφέρθη ἐν παρ. 6.7, ἐφ' οἷον ἢ ἀπόλυτος πίεσις  $P_4$  διατηρήται ὑπερένω τῆς πιέσεως τῶν ἀτμῶν τοῦ ύδατος, ὅποτε ἐν τῶν σχέσεων (6.111) καὶ (6.112) θα ἔχωμεν τάσι σχέσεις :

$$\frac{P_4}{\gamma} > H_\alpha - H_B = H_V \quad (6.113)$$

καὶ

$$H_B - H_S > \eta_D \frac{V_4^2}{2g} + m \frac{W_4^2}{2g} \quad (6.114)$$

'Η σχέσις (6.114) δύναται ἐπίσης να ἐκφρασθῇ συναρτήσει τοῦ ὄφελού μου ψηφίου πτώσεως λαμβάνοντα τήν μορφήν :

$$\frac{H_B - H_S}{H_n} > \eta_D \frac{V_4^2}{2gH_n} + m \frac{W_4^2}{2gH_n} \quad (6.115)$$

'Εκ τῆς σχέσεως (6.115) εἶναι προφανές ὅτι ὁ ὄφελος  $H_n$  δια τήν τοποθετησιν τοῦ δρομέως, πρός ἀποφυγήν τοῦ φαινομένου τῆς σπηλαιώσεως ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ ὄφελού μου ψηφίου πτώσεως καὶ ἐκδιπότης τῶν μεταβλητῶν τοῦ δεξιοῦ σκέλους τῆς ψηφίου σχέσεως. 'Εδν ὄφελομεν ὅτι δια λειτουργίαν τοῦ στροβίλου ὑπό ὄφελοι μονού ψηφίου πτώσεως  $H_n$  τὸ φαινόμενον τῆς σπηλαιώσεως παρουσιάζεται δι' ὄφελον της προσθήσεως παραπομπής της πτώσεως  $H_n$ .

μήν τοῦ ύψους ἀναρροφήσεως ἔστω  $H_{S_n}$ , ἀναγμεθα εἰς τὴν σχέσιν :

$$\frac{H_B - H_{S_n}}{H_n} = n_D \frac{V_4^2}{2gH_n} + m \frac{W_4^2}{2gH_n} \quad (6.116)$$

"Ἄσ ἐρευνήσωμεν τὴν περίπτωσιν οὐαῖ' ὅν διὰ λειτουργίαν τοῦ ἕδρου στροβίλου δι' ὑφελιμονὸν ύψος πτῶσεως  $H'$ ; ὅπου  $H' \neq H_n$ , ἡ ιρίσιμος τιμῆ τοῦ ύψους ἀναρροφήσεως εἶναι  $H_{S_n}$ . Λαμβάνοντες ὑπὲρ όπειν ὅτι ἴσχυσον αἱ ἐξισώσεις ὑδραυλικῆς ὁμοιότητος, ἡ μεταβολὴ τῶν παραμέτρων  $V_4$ ,  $W_4$ , η  $D$  οὐαῖ τὸ θά διέπεται ἐν τῶν ἐξισώσεων δυναμικῆς ὁμοιότητος (6.42). Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ἀμφότεροι οἱ ὄροι τοῦ δεξιοῦ σκέλους τῆς σχέσεως (6.116) παραμένουν σταθεροὶ οὐαῖ ἐπομένως τὸ δεξιόν σκέλος τῆς σχέσεως (6.116) εἶναι ἀνεξάρτητον τῆς μεταβολῆς τοῦ ύψους πτῶσεως. Συμφώνως πρός ταῖς ἐργαστηριακᾶς ἐρεύνας τοῦ Γερμανοῦ Καθηγητοῦ D. Thoma τὸ δεξιόν σκέλος τῆς σχέσεως (6.116) δύναται νᾶ ἐκφρασθῆ συναρτήσει τῆς μεταβλητῆς  $\sigma_n$ , χαρακτηριστικῆς τοῦ φαινομένου τῆς σπηλαιώσεως, ἡ ὅποια διὰ τὴν ιρίσιμον τιμῆν  $H_{S_n}$  οὐαῖ  $H'$  διέδεται ἐν τῇς κάτωθι σχέσεως :

$$\sigma_n = \frac{H_B - H_{S_n}}{H_n} = \frac{H'_B - H'_n}{H'_n} \quad (6.117)$$

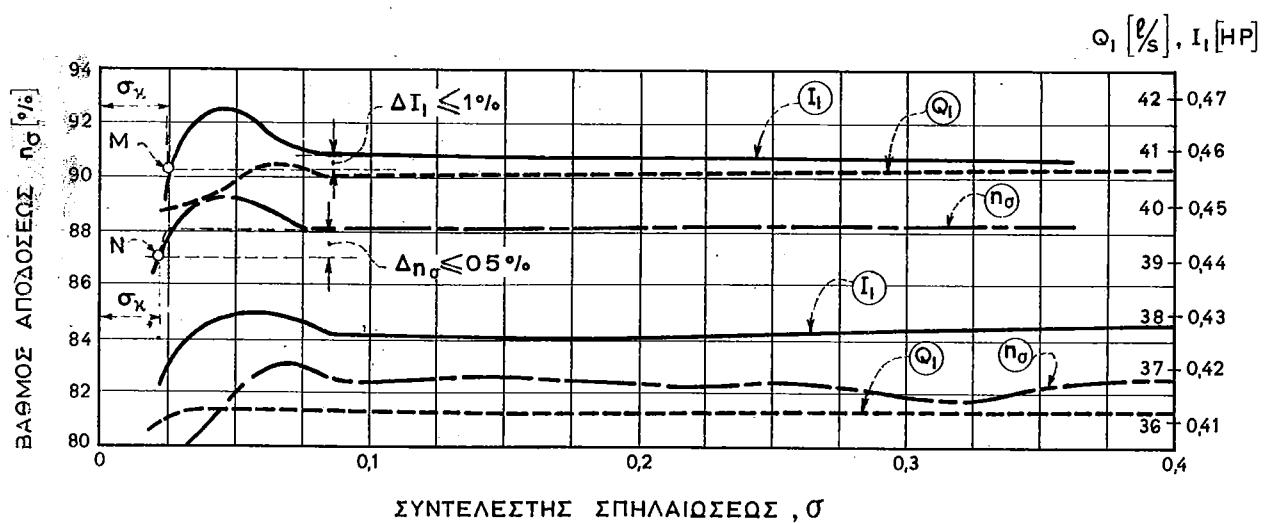
"Ἡ μεταβλητὴ  $\sigma_n$  οὐαῖται ιρίσιμος συντελεστῆς σπηλαιώσεως. Διὰ τὴν ἀσφαλῆ λειτουργίαν τοῦ στροβίλου ἔναντι σπηλαιώσεως τὸ ἀπαντούμενον ύψος ἀναρροφήσεως  $H_S$  προσδιορίζεται οὕτως ὥστε νᾶ πληροῦται ἡ κάτωθι συνθήκη :

$$H_S \leq H_{S_n} = H_B - \sigma_n H_n \quad (6.118)$$

"Ἐπιλεγέντος τοῦ  $H_S$ , δυνάμεθα νᾶ ἐκφράσωμεν τὸν ἀντίστοιχον συντελεστὴν σπηλαιώσεως σ ἀναλόγως πρός τὴν σχέσιν (6.117), ὡς κάτωθι :

$$\sigma = \frac{H_B - H_S}{H_n} \geq \sigma_n \quad (6.119)$$

"Ἡ παράμετρος σ οὐαῖται ἐπίσης οὐαῖ συντελεστῆς Thoma. 'Ο συντελεστῆς σπηλαιώσεως εἶναι ἀδιάστατος παράμετρος. 'Ο ιρίσιμος συντελεστῆς σπηλαιώσεως  $\sigma_n$  δύναται νᾶ χαρακτηρισθῆ ὡς σταθερὸς συγκεκριμένου δρομέως, ἡ ἀπόντων τῶν γεωμετρικῶν ὁμοίων δρομέων οὐαῖ διὰ λειτουργίαν ὑπὸ ὁμοίας ὑδραυλικῆς συνθήκας. Διὰ ταῖς περίπτωσεις πραγματικοῦ ρευστοῦ εἰς τυρβῶδη διαιταν ὡς ἐν προκειμένῳ τοῦ ὑδατος διὰ ροήν διὰ μέσου τοῦ στροβίλου ἡ ἀνωτέρω πρότασις ἴσχυει ἐφ' ὅσον ὡς ἡδὴ ἀνεφέρεται εἰς τὴν παρ. 6.5.4 ἡ ἐπέδρασις τοῦ ἔξαρσους (ἡ συνεπτικότητος) δύναται νᾶ θεωρηθῆ ἀμελητέα. 'Ο προσδιορισμὸς τοῦ ιρίσμου συντελεστοῦ σπηλαιώσεως δύναται νᾶ ἐπιτευχθῆ δι' ἐργαστηριακῶν δοκιμῶν ἐπειδήματος τοῦ δρομέως. Αἱ δοκιμαὶ ἐκτελοῦνται ὑπὸ ταῖς ἐξῆς συνθήκας : (α) Διατηρούμενων σταθερῶν τοῦ ὑφελείμου ύψους πτῶσεως, τοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν οὐαῖ ἐτέρων συναφῶν παραμέτρων οὐαῖ μεταβαλλομένου τοῦ  $H_S$  ἢ (β) Διατηρούμενων σταθερῶν τοῦ  $H_S$  οὐαῖ τοῦ συντελεστοῦ περ. ταχύτητος φ οὐαῖ μεταβαλλομένων τῶν



**Σx. 6-48** 'Όμοιωμα στροβίλου Francis. Γραφική παράστασης τών μεταβολών τού συντελεστού σπηλαιώσεως σ συναρτήσει  $I_1, Q_1$  κατ'  $n\sigma$ .

$H_n$  has  $n$ .

Είς το Σχ. 6-48 έμφασιν ονται τα διαγράμματα λειτουργίας όμοιων ματος στροβίλου αντιδράσεως δια μεταβολήν τῶν I<sub>1</sub>, Q<sub>1</sub> καὶ βαθμού ἀποδόσεως ποση συναρτήσει τοῦ σ. Το σημεῖον ὅπου έμφασιζεται ή σπηλαίωσις δύναται να προσδιορίσῃ ἐποπτικῶς κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ όμοιων ματος η λαμβάνεται ἐν τῶν ὑπ' ὄψιν διαγραμμάτων ἐν τῇσι περιοχῇσι ὅπου έμφασιν εται αἰσθητῇ μείωσις τῶν μεταβλητῶν I<sub>1</sub>, Q<sub>1</sub> καὶ ποση δια μεταβολήν τοῦ σ. Μης έμφασιν εται ἐν τοῦ σχήματος δια' ἐκδιστην τῶν μεταβλητῶν δυνάμεων προσδιορίσωμεν τὴν ἀντίστοιχον τιμῆν τοῦ αριστερού συντελεστοῦ σπηλαιώσεως. Ἐν τοῦ διαγράμματος βλέπομεν ὅτι αἱ μεταβληταὶ I<sub>1</sub> καὶ ποση παραμένουν σχεδόν σταθεραὶ δια σ > 0,08, ἐνῷ η Q<sub>1</sub> δέν μεταβάλλεται αἰσθητῶς δια σ > 0,085. Η αριστερος τιμῆ τοῦ συντελεστοῦ σπηλαιώσεως ση τοῦ δρομέως προσδιορίζεται δια' ἐπιλογῆς τοῦ σ καὶ τῶν σημείων M καὶ N τοῦ Σχ. 6-48, ᾧς ἔξης : (α) Ἐν τοῦ σημείου M ἐπε τῆσι καμπύλης I<sub>1</sub>, οὗτως ὕστε δια μειώσεως τοῦ σ η ἀντίστοιχος μείωσις τῆσι σχεδόν σταθερᾶς τιμῆς ισχύος κατὰ ΔI, να μήν ύπερβαίνῃ το 1% η (β) Ἐν τοῦ σημείου N ἐπε τῆσι καμπύλης ποση, οὗτως ὕστε δια μειώσεως τοῦ σ η ἀντίστοιχος μείωσις τῆσι σχεδόν σταθερᾶς τιμῆς τοῦ βαθμοῦ ἀποδόσεως κατὰ Δη ποση μήν ύπερβαίνῃ το 0,5%. Γενικῶς η ση λαμβάνεται δια τὴν πλέον δυσμενῆ μεταβολήν οὐασδήποτε ἐν τῶν μεταβλητῶν I<sub>1</sub>, Q<sub>1</sub> η ποση.

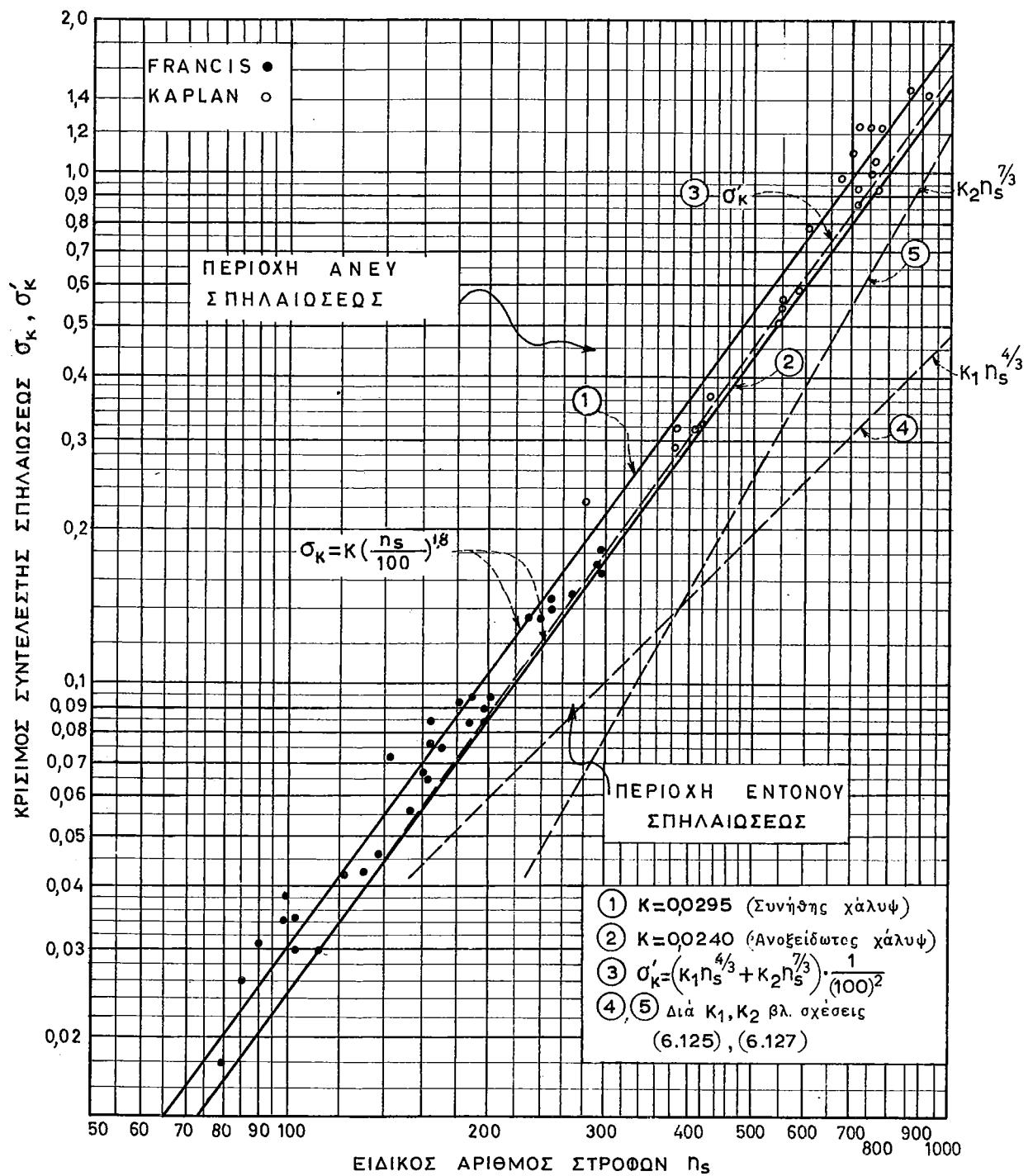
Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι διεῖ λειτουργίαν τοῦ δρομέως ἦνει σπηλαιώσε-  
ως : (α) Αἱ τιμαὶ τῶν χαρακτηριστικῶν μεταβλητῶν λειτουργίας I, Q, καὶ παρα-  
μένουσιν σχεδόν σταθεραῖς, καὶ (β) Ἰνανοποιοῦνται αἱ συνθήκαι ὁμοιότητος.

‘Ο καθορισμός τοῦ ιρισμού συντελεστοῦ σπηλαιώσεως βάσει ἐργαστηριακῶν δοκιμῶν ἐπὶ ὁμοιόδιματος δέν. ἐπαρκεῖ ἐνίστετε διὰ τὴν ἴνανοποιετικήν τοποθετησιν τοῦ στροβίλου καὶ τὴν ἀσφαλῆ λειτουργίαν του. ’Δες ἀνεψφέρθη ἐν παρ. 6.7 κατὰ τὴν ἐμφάνισιν τῆς σπηλαιώσεως δύναται νᾶ λαβθῆ χώραν σημαντική διαβρωσις τῶν πτερυγίων τοῦ δρομέως. ’Αιδημη καὶ εἰς τὰ πρῶτα στάδια τῆς σπηλαιώσεως τὰ πτερύγια τοῦ δρομέως δύνανται ἐνίστετε νᾶ διαβρωθοῦν σχεδόν ὄλοσχερῶς ἐντός βραχυτάτου χρονικοῦ διαστήματος. Εἰς ὥρισμανας περιπτώσεις, παρ’ ὅλον ὅτι ὁ στρεβύλος λειτουργεῖ ἄνευ αἰσθητῆς ἀπωλεῖας τῆς ἵσχυος ἡ τοῦ βαθμοῦ ἀποδόσεως, ἐν τούτοις τὰ πτερύγια τοῦ στροβίλου ὑπόκεινται εἰς ἀξιόλογον διαβρωσιν. ’Εξ αὐτοῦ ἐπεταί ὅτι διὰ τὴν ἀσφαλῆ λειτουργία ἐκδιστού στροβίλου ἀπαιτεῖται ἡ γνῶσις τῶν τιμῶν τοῦ σ κατὰ τὸ στάδιον ἐμφανίσεως τῆς διαβρώσεως τῶν πτερυγίων, παρ’ ὅλον ὅτι αἱ τιμαὶ τοῦ ιρισμού συντελεστοῦ σπηλαιώσεως εἰναι τῇδη γνωσταῖς. ’Η ἐμπειρία ἐκ τῆς λειτουργίας κατασκευασμέντων στροβίλων οἱ δύοδοι ὑπέστησαν διαβρωσιν δύναται νᾶ παρεσχῃ ἴνανδ στοιχεῖα τῆς μεταβολῆς τοῦ σ διὰ τόν καθορισμόν τῶν σχετικῶν περιθωρίων ἀσφαλεῖας ἐναντι διαβρώσεως τῶν πρός μελέτην ὄμοιλον γωνιαν στοιβίλων.

#### **6.7.2 Τοποδέτησις Στροβίλου Αυτιδράσεως**

‘Ο αρεσιμος συντελεστής σπηλαιώσεως εξαρτάται ώς θα έδωμεν περαιτέρω έν τοῦ είδεκοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν. ’Αναφερόμενοι εἰς τὴν εξισωσιν (6.38) ή ὅποια χαρακτηρίζει τὴν ιινηματικήν ὁμοιότητα τῶν στροβίλων καὶ δια συνδυασμοῦ μετὰ τῆς γενικῆς σχέσεως  $U = \varphi \sqrt{2gH_p}$  δυναμεθα να διατυπώσωμεν δια τὴν θέσιν 4 εξέδου τοῦ δρόμου σχ. 6-46) τὴν ομοιότητα τῶν στροβίλων :

$$\frac{V_4}{U_4} = \frac{V_4}{\varphi_3 \sqrt{2gH_n}} = C \quad (6.120)$$



**Σχ. 6-49** Γραφική παράστασις τών μεταβολών τών αριστμών συντελεστών  $\sigma_k$  καί  $\sigma'_k$  καί έτερων παραμέτρων σπηλαιώσεως συναρτήσει τού είδικού αριθμού στροφών.

$$\psi_3^2 = \frac{V_4^2}{2gH_n C^2} \quad (6.121)$$

Είς τάς ἀνωτέρω σχέσεις ὁ συντελεστής ταχύτητος  $\psi_3$  ἀναφέρεται εἰς τήν θέσιν ἐξόδου τοῦ δρομέως ὅπου λαμβάνομεν ὡς διάμετρον τοῦ δρομέως τήν  $D_3$ , βλ. ἐπίσης Σχ. 6-51.

Λαμβάνοντες ὑπ' ὅψιν τάς σχέσεις (6.133) καὶ (6.134) καὶ ἐδει περισσότερον τήν ποσότητα  $0,09$  τῆς σχέσεως (6.133) ὡς ἀμελητέαν, θέλομεν γενικῶς :

$$\psi_3^2 = C_1 n_s^{4/3} \quad (6.122)$$

$$\frac{V_4^2}{2gH_n C^2} = C_1 n_s^{4/3} \quad (6.123)$$

Ἡ σχέση (6.123), ἐνθα αἱ  $C$  καὶ  $C_1$ , λαμβάνονται ὡς σταθεραί, δύναται νᾶ λέμπῃ τήν κατὰ προσέγγισιν μορφήν :

$$\frac{n_D V_4^2}{2gH_n} = \frac{0,50031}{(100)^2} n_s^{4/3} \quad (6.124)$$

$$\text{η γενικώτερον, } \frac{n_D V_4^2}{2gH_n} = K_1 n_s^{4/3} \quad (6.125)$$

Ἡ ἀνωτέρω ἐξίσωσις ἔκφραζει τὸν πρῶτον ὅρον τοῦ δευτέρου μέλους τῆς σχέσεως (6.116) συναρτήσει τοῦ  $n_s$ . Ο δεύτερος ὅρος τοῦ δευτέρου μέλους τῆς σχέσεως (6.116) δύναται ἐπίσης νᾶ ἔκφρασθῇ κατὰ προσέγγισιν βάσει ἐργαστηριακῶν δεδομένων ὡς ἐξῆς :

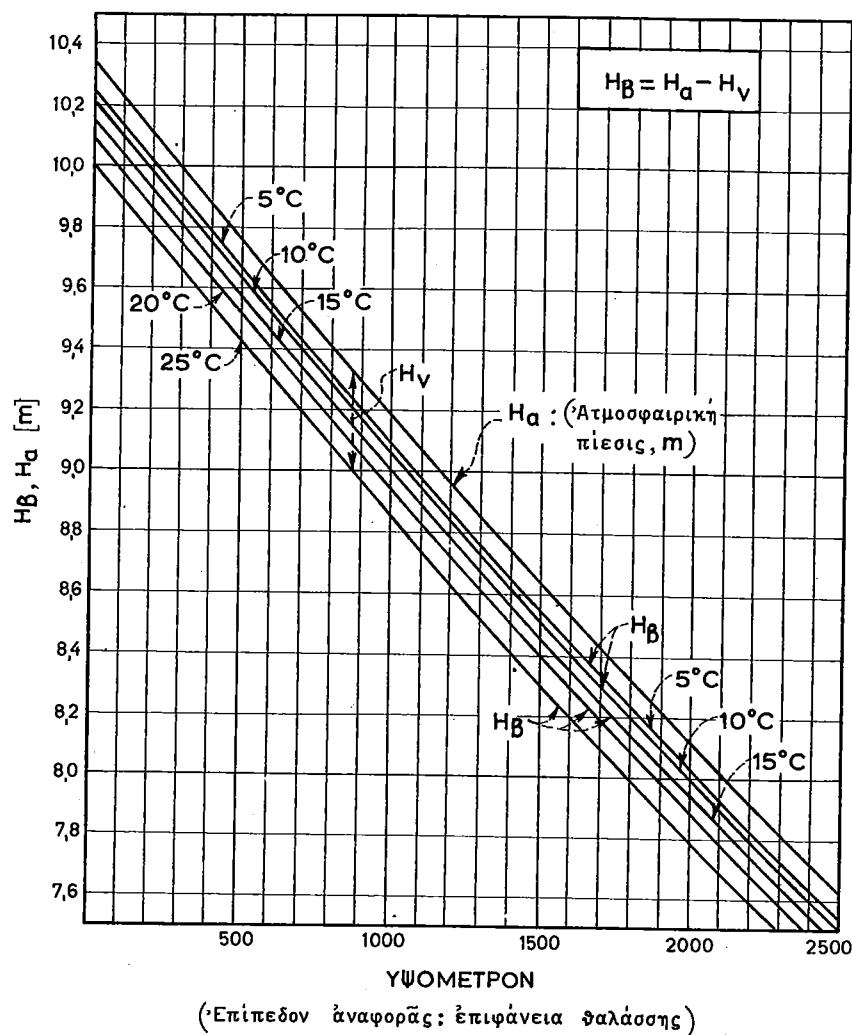
$$\frac{m W_4^2}{2gH_n} = \frac{0,00125}{(100)^2} n_s^{7/3} \quad (6.126)$$

$$\text{η } \frac{m W_4^2}{2gH_n} = K_2 n_s^{7/3} \quad (6.127)$$

Ο αριθμός συντελεστής σπηλαιώσεως δύναται νᾶ ἔκφρασθῇ ἐπίσης συναρτήσει τοῦ  $n_s$  ἐδει συνδυσμῷ τάς σχέσεις (6.116), (6.117), (6.124) καὶ (6.126) ὅποτε ἔχομεν :

$$\sigma_x' = \frac{(0,50031 + 0,00125 n_s)}{(100)^2}^{4/3} \quad (6.128)$$

$$\text{καὶ } \sigma_x' = \frac{(K_1 + K_2 n_s) n_s^{4/3}}{(100)^2} \quad (6.129)$$



**Σχ. 6-50** Γραφική παράστασις τῶν μεταβολῶν : (α)  $H_\alpha$  συναρτήσει τοῦ γεωδαιτικοῦ ύψους ὑπέρ τῆς ἐπιφάνειας τῆς θαλάσσης, (β)  $H_v$  συναρτήσει τῆς θερμοκρασίας καὶ (γ)  $H_B = H_\alpha - H_v$ .

Τδ Σχ. 6-49 δεδει γραφικῶς τήν ἐπιρροήν τοῦ εἰδικοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν  $n_s$ : (α) 'Επει τοῦ αριστμού συντελεστοῦ σπηλαιώσεως ση̄, βλ. ιαμπύλην 3 ιας (β) 'Επει τῶν μεταβλητῶν  $K_{1n_s}^{4/3}$  ιας.  $K_{2n_s}^{7/3}$  βλ. ιαμπύλας 4 ιας 5 ἀντιστοίχως. Διεδ  $n_s > 400$  εἶναι προφανῆς ἡ σημαντική ἐπέδρασις τοῦ εἰδικοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν ιας εἰδικώτερον τῆς μεταβλητῆς  $K_{2n_s}^{7/3}$  ἐπει τοῦ αριστμού συντελεστοῦ σπηλαιώσεως ση̄. 'Ως γνωστόν διετήν περιοχήν μπού  $n_s > 400$ , βλ. ἐπίσης Σχ. 6-30-1, 6-30-2 ιας 6-49, ἐφαρμόζοντας ιυρίως οἱ στροβιλοὶ Kaplan. Αἱ τιμαὶ τοῦ συντελεστοῦ την σχέσεων (6.126) ιας (6.127) ἐξαρτῶνται ἐν τῆς διατάξεως ιας διαμορφώσεως τῶν πτερυγίων ἐκατοντού δρομέως.

Αἱ ἐλαχισταὶ ἐπιτρεπόμεναι τιμαὶ τοῦ αριστμού συντελεστοῦ σπηλαιώσεως ση̄ διετοῦ στροβίλους ἀντιδράσεως δύναται νᾶ ἐφρασθοῦν γενικώτερον συναρτήσει τοῦ εἰδικοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν διετής ἐμπειρικῆς σχέσεως :

$$\sigma_n = K \left( \frac{n_s}{100} \right)^{1,8} \quad (6.130)$$

Εἰς τήν σχέσιν (6.130) ὁ συντελεστής  $K$  λαμβάνεται ιατά προσέγγισιν 1'00 πρὸς 0,0295 ἢ 0,0240, διετὰ πτερύγια δρομέως ἐν συνήθουσῃ ἢ ἀνοξειδώτου χαλυβίῳ ἀντιστοίχως. Διετήν τοποθέτησιν τοῦ στροβίλου, ἐψ' ὅσον γνωρίζομεν τὸν εἰδικὸν ἀριθμὸν στροφῶν, δυναμεῖται νᾶ ἐπιλεξαμεν ιατά προσέγγισιν ἐν τῆς σχέσεως (6.130) τὸν ἀπατούμενον συντελεστήν σπηλαιώσεως μεγαλύτερον ἢ 1'00 τῆς τιμῆς  $\sigma_n$ .

Τδ Σχ. 6-49, βλ. ιαμπύλας 1 ιας 2, δεδει γραφικῶς τήν ἐπιρροήν τοῦ εἰδικοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν ἐπει τῆς παραμέτρου  $\sigma_n$ , βεδει τῆς ἐξισώσεως (6.130). 'Επει τῶν διαγραμμάτων τοῦ σχήματος δεδονται χαρακτηριστικαὶ τιμαὶ τῶν  $\sigma_n$  ιας π. διετὰ ιατασκευασθέντας στροβίλους διαφόρων ἐγναταστάσεων. Διετὰ χαράξεως τῶν ἐμφανινομένων ἐμπειρικῶν ιαμπύλων 1 ιας 2 τοῦ σχήματος προσδιορίζομεν τήν περιοχήν τοῦ διαγράμματος ὅπου ὁ στροβιλοὶ δύναται νᾶ λειτουργήσῃ ἀνευ σπηλαιώσεως.

'Επει τοῦ διαγράμματος τοῦ Σχ. 6-49 διακρίνομεν διασπορὴν τῶν τιμῶν  $\sigma_n$  διετὰ ιατασκευασθέντας στροβίλους μετά τοῦ αύτοῦ εἰδικοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν ὄφειλομένην ιυρίως εἰς τὰ χαρακτηριστικὰ ἔναντι σπηλαιώσεως ἐκάστου δρομέως. Τὰ χαρακτηριστικὰ αύτα ἐξαρτῶνται ἐν τῆς διαμορφώσεως τῶν πτερυγίων τοῦ δρομέως ὡς ιας ἐν τῶν σχετικῶν ἀνοιγμάτων τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων διετὰ λειτουργίαν τοῦ στροβίλου ὑπὸ ὄνομαστικήν 1'σχημ. Αἱ ιαμπύλαι 1 ιας 2 τοῦ Σχ. 6-49 ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰς ἐλαχίστας ἐπιτρεπόμενας τιμαὶ τοῦ συντελεστοῦ σπηλαιώσεως διετὰ ιανονικὰς συνθήκας λειτουργίας τοῦ στροβίλου, ἥτοι διετὰ λειτουργίαν ὑπὸ ὄνομαστικήν 1'σχημ. ιας ὑπὸ πλήρες ἢ σχεδόν πλήρες ἀνοιγμα τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων. 'Η τιμὴ τοῦ ἐπιτρεπόμενου συντελεστοῦ σπηλαιώσεως διετὰ τὰς διαφόρους χαρακτηριστικὰς συνθήκας λειτουργίας τοῦ δρομέως δύναται νᾶ ιαθορισθῆ ἀκριβέστερον ιατόπειν ἐργαστηριακῶν δοκιμῶν.

Τὰ διαγράμματα τοῦ Σχ. 6-50 δεδουν τήν ἀτμοσφαιρικήν πίεσιν ἢ τὸ 1'ψος. Ηα ιας τὰ 1'ψη  $H_B$  ἢ  $H_A - H_V$ , βλ. σχέσιν (6.112), διετὰ διαφορα ὑψομετρα, ἐδὲ ὡς ἐπειδον ἀναφορᾶς ληφθῆ ἢ ἐπιφάνεια τῆς θαλάσσης. Αἱ τιμαὶ τῶν 1'ψῶν  $H$  δεδονται εἰς 1'ψος στήλης 1'δατος ιας ἐκφράζονται εἰς μέτρα.

'Ως εἶναι προφανές ἐν τῶν σχέσεων (6.118) ιας (6.130), τὸ 1'ψος ἀναρροφήσεως  $H_S$  ιας ἢ τοποθέτησις τοῦ στροβίλου ἐν σχέσει πρὸς τήν σταθμην τῆς διάρυγος φυγῆς ἐξαρτῶνται ἐν τῶν 1'ψης μεταβλητῶν : (α) Τοῦ αριστμού συντελεστοῦ σπηλαιώσεως ἢ τοῦ εἰδικοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν ιας (β) Τοῦ ὀφελέμου 1'ψους πτώσεως  $H_P$  ιας τοῦ βαρομετρίου 1'ψους  $H_B$ . Διετὰ τῶν ὑπολογισμῶν τῆς  $H_S$  βεδει τῆς σχέσεως (6.118) τὸ  $H_P$  ἀντι-

στοιχεῖ εύς τού μεγιστού ὀφελειμονού ὑψος πτώσεως δια λειτουργίαν τῆς μονάδος ὑπό πλήρεις ἀνοιγμα τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων. Ἐν προκειμένῳ η γεννήτρια θεωρεῖται λειτουργοῦσα ὑπό τῇ μεγίστην ἀποδεδομένην ἴσχυν (ὑπερφρότερον).

‘Η τιμή τοῦ Η<sub>S</sub> ἔξαρταται αυρίως ἐκ τοῦ εἰδικοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν. Δια μεγάλας τιμᾶς τῶν η σημαντικός τιμή τοῦ Η<sub>S</sub> αὐξάνει σημαντικῶς ἐνῷ ταυτοχρονίας ἔχομεν Η<sub>S</sub> < 0. Δια τῇ περίπτωσιν καθ’ ἣν Η<sub>S</sub> < 0 καὶ |Η<sub>S</sub>| > b<sub>2</sub>, οὗτος ἔχωμεν ἐκ τῆς σχέσεως (6.132) z < 0, ὅποτε τού ἐπιπέδον ἀναφορᾶς τοῦ στροβίλου δέον να τοποθετηθῇ χαμηλότερον τῆς στάθμης τῆς διώρυγος φυγῆς, τῆς διεπούσης τῇ τοποθέτησιν του. ‘Η περίπτωσις αὕτη ἀντιπροσωπεύει συνήθιστην τῇ τοποθέτησιν στροβίλων τύπου Kaplan καὶ ταχυστρόφων Francis.

Τοῦ ὑψομετρού τοῦ ἐπιπέδου ἀναφορᾶς τοῦ στροβίλου δύναται να καθορισθῇ, βλ. Σχ. 6-46, ὡς ἔξης :

$$z = H_S + b \quad (6.131)$$

‘Εάν λαβωμενον κατὰ προσέγγισιν b ≈ b<sub>2</sub> οὗτος ἔχωμεν, βλ. ἐπισημ. Σχ. 6-51, 6-52 καὶ 6-54 :

$$z = H_S + b_2 \quad (6.132)$$

‘Η μεταβλητή b<sub>2</sub> ἔκφραζει τῇ ματακρυψον ἀπόστασιν μεταξύ τοῦ ὄριζοντος ἐπιπέδου ἀναφορᾶς τοῦ δρομέως καὶ τοῦ ὄριζοντος ἐπιπέδου εὺς τῇ στάθμην ὃπου ἀντιστοιχεῖ ἡ διάμετρος D<sub>2</sub> τοῦ δρομέως, βλ. Σχ. 6-51. Δια δρομεῖς Kaplan γενικῶς, ἡ Francis ὃπου η < 200, δια τῇ π’ ὄψιν στάθμην τοῦ δρομέως λαμβάνομεν κατὰ προσέγγισιν D<sub>2</sub> = D<sub>3</sub>. Δια δρομεῖς Francis ἐνθα 200 ≤ η < 450 ἔχωμεν ἀντιστοίχως ἐκ τοῦ Σχ. 6-51, 0,98 D<sub>3</sub> > D<sub>2</sub> > 0,85 D<sub>3</sub>. Τοῦ ὑψος Η<sub>S</sub> ἀναφέρεται δι’ ἀπόστασις τῆς περιπτώσεις εὺς τῇ στάθμην τοῦ δρομέως ὃπου ἀντιστοιχεῖ ἡ διάμετρος D<sub>2</sub>. ‘Η ματακρυψος ἀπόστασις z καθορίζεται ἐπομένως βασει τῆς σχέσεως (6.132).

Κατὰ τόν ὑπολογισμόν τοποθέτησεως τοῦ ἐπιπέδου ἀναφορᾶς τοῦ στροβίλου λόγῳ τῶν σχετικῶν διακυμάνσεων τῆς ἀτμοσφαίρικῆς πιεσεως καὶ τῶν σχετικῶν μεταβολῶν αρισμένων χαρακτηριστικῶν τοῦ δρομέως, τοῦ ὑψομετρού τοῦ ἐπιπέδου ἀναφορᾶς δέον να ληφθῇ κατὰ 0,30π ἕως 0,50π χαμηλότερον τοῦ ὑψομετρού τοῦ καθοριζόμενου ἐκ τῆς σχέσεως (6.132).

### 6.7.3 Στάθμαι Διώρυγος Φυγῆς

Κατὰ τῇ ματακρυψον ὑδροδυναμικῆς ἐγκαταστάσεως ἡ στάθμη τῆς διώρυγος φυγῆς ὑφίσταται διακυμάνσεις ταχείας πολλῶν μετρων ἀναλόγως τοῦ τύπου τῆς ἐγκαταστάσεως καὶ τῆς ἐξυπηρετήσεως τῶν σκοπιμοτήτων τοῦ π’ ὄψιν ἔργου. Προκειμένου περὶ ταμιευτήρων μεγάλης χωρητικότητος ἐξυπηρετούμενων ἀποκλειστικῶς τῇ ὑδροηλεκτρικῇ παραγωγῇ διακρίνομεν συνήθιστην τῇ ἀνωτάτῃ, κανονικήν καὶ ματωτάτην στάθμην τῆς διώρυγος φυγῆς.

‘Ανωτάτη στάθμη διώρυγος φυγῆς, καλεῖται ἡ μεγίστη στάθμη τῆς διώρυγος φυγῆς ἡ ἀντιστοιχοῦσα εὺς λειτουργίαν τοῦ ἐκχειλιστοῦ δια τῇ μεγίστην ἐκτιμηθεῖσαν πλημμύραν τοῦ ἔργου. Προκειμένου περὶ ἐκχειλιστοῦ μετά θυροφραγμάτων, κατὰ τῇ λειτουργίαν τοῦ ἐκχειλιστοῦ ἀπαντα τα διαφράγματα διατηρούντας ἀνοικτά.

Κανονική στάθμη διώρυγος φυγῆς καλεῖται συνήθιστη ἡ μεγίστη στάθμη τῆς διώρυγος φυγῆς ἡ ἀντιστοιχοῦσα εὺς λειτουργίαν ὄλων τῶν μονάδων τοῦ σταθμοῦ παραγωγῆς

καὶ ὑπό πλῆρες ἄνοιγμα τῶν ρυθμίστικῶν πτερυγίων τῶν στροβίλων.<sup>1</sup> Εν προκειμένῳ θε-  
ωρεῖται ὅτι κατὰ τὴν λειτουργίαν τῶν μονάδων δέν λαμβάνει χώραν καὶ ὑπερχείλισις.

’Ελαχίστη στάθμη διέρρυγος φυγῆς καλεῖται ή στάθμη τῆς διέρρυγος φυγῆς ή ὅποια ἀντιστοιχεῖ εἰς λειτουργίαν μιᾶς μονάδος ύπό πλήρεις ἄνοιγμα τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγῶν τοῦ στροβίλου.

Προκειμένου περί ύδροδυναμικῶν ἐγκαταστάσεων διατεταγμένων ἐπὶ ποταμοῦ ἐν σειρᾷ, αἱ χαρακτηριστικαὶ στάθμαι τῆς διώρυγος φυγῆς οὐτε τῇ λειτουργίᾳ τῶν μονάδων ἐγκαταστάσεως τινος οικισμῶνται ἐν συνδυασμῷ πρός τας συνθήκας λειτουργίας οικισμῶν τοῦ οἰκισμού της ταμιευτήρος.

Δια τόν προσδιερισμόν τοῦ ὑψομέτρου τοῦ ἐπικεδίου ἀναφορᾶς τοῦ στροβίλου δέον να ληφθοῦν ὑπὸ ὄψιν αἱ ἔξης στάθμαι τῆς διώρυγος φυγῆς : (α) Προκειμένου περὶ ἐγκαταστάσεων ἐν μιᾶς ἕως τριῶν μονάδων λαμβάνεται ὑπὸ ὄψιν ἡ ἐλαχίστη στάθμη τῆς διώρυγος φυγῆς αἱ (β) Προκειμένου περὶ ἐγκαταστάσεων τεσσάρων ἡ περισσοτέρων μονάδων λαμβάνεται συνήθως ὑπὸ ὄψιν ἡ στάθμη τῆς διώρυγος φυγῆς δια λειτουργίαν τουλάχιστον δύο ἡ τριῶν μονάδων ὑπό πλήρεις ἀνοιγμα τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγῶν. Τοῦτο εἶναι σημαντικόν διεῖται ὑπό καγονικαῖς συνθήκαις λειτουργίας τῆς ἐγκαταστάσεως, εἶναι ἀπίθανον να εὑρέσκεται ἐν λειτουργίᾳ μετα μόνον ἐν τῶν μονάδων.

#### **6.7.4 Γενικά Κριτήρια Ασφαλούς Λειτουργίας Στροβίλων**

‘Η σπηλαῖσις στροβιλομηχανῆς δύναται ν’ ἀποφευχθῆ “η νᾶ περιόρισθη εἰς τοπικήν τινα διέβρωσιν πτερυγίων τοῦ δρομέως ἐδειν ἐφαρμόσαμεν τὰ κάτωθι μέτρα :



Τα ἀνωτέρω προτεινόμενα μέτρα ἐξαρτῶνται ούσιαστηκώς ἐν τῷ ἑκάστοτε οἰκονομικῶν παραγόντων, οἱ ὄποιοι δέοντες να ληφθοῦν ὑπὸ ὅψιν ἀναλόγως τοῦ τύπου τοῦ στροφήλου ηας τῶν συνθηκῶν λειτουργίας τῆς μονάδος. Ήι ἐν λόγῳ οἰκονομικοῖς παράγοντες

περιλαμβάνουν : (α) Την κατάλληλον ἐπιλογήν τοῦ ἀπαιτουμένου ἀριθμοῦ τῶν μονάδων τῆς ἔγκαταστάσεως, ὡς οαὶ τοῦ συγχρόνου οαὶ εἰδικοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν τῆς μονάδος οαὶ (β) Την διερεύνησιν τῶν ὑφεσταμένων συνθηκῶν θεμελιώσεως τοῦ σταθμοῦ παραγγῆς ὡς οαὶ τῶν ἀπαιτήσεων τοποθετήσεως τοῦ στροβίλου οαὶ τῆς διατάξεως τῆς ὑποδομῆς οαὶ τῆς μονάδος ἐν σχέσει πρός τοῦ ὑφισταμένου τῆς ἐπιφανείας τοῦ συμπαγοῦς πετρώματος τῆς θεμελιώσεως.

## 6.8 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΥΡΙΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ ΣΤΡΟΒΙΛΩΝ

Ἡ γενικὴ διάταξις οαὶ αἱ ἔξατεριαὶ διαστάσεις τοῦ χώρου ἐκάστης μονάδος οαὶ γενικῶτερον τοῦ σταθμοῦ παραγγῆς διέπονται ουρίων ἐν τῶν ἔξησι : (α) Τοῦ τύπου οαὶ τῶν ουρίων διαστάσεων τῆς στροβιλομηχανῆς συμπεριλαμβανομένου τοῦ ἀγωγοῦ ἐξόδου, (β) Τῆς διατάξεως ζεύξεως τοῦ στροβίλου μετά τῆς γεννητρίας οαὶ (γ) Τῶν ἔξατεριῶν διαστάσεων τῆς γεννητρίας.

Προκειμένου περὶ στροβίλων ἀντιδράσεως μετά οατακορύφου ἀτράκτου, ἡ ὄποια θεωρεῖται ὡς ἡ πλεόν συνήθης περίπτωσις στροβιλομηχανῆς ὑδροδυναμικῶν ἔγκαταστάσεων μειροῦ οαὶ μέσου ὕψους πτώσεως, βλέπε πέντα 3.2, αἱ ἔξατεριαὶ διαστάσεις τῆς ὑποδομῆς οαὶ τῆς μονάδος οαθορέζονται βάσει τῶν γενικῶν διαστάσεων τοῦ σπειροειδοῦς οελύφου οαὶ τοῦ ἀγωγοῦ ἐξόδου. Αἱ διαστάσεις τοῦ χώρου ἐκάστης μονάδος ὑπεράνω τοῦ σπειροειδοῦς οελύφου οαὶ τοῦ ουρίου συγκροτήματος τοῦ ὑδραυλικοῦ μηχανισμοῦ τοῦ στροβίλου ἔξαρτῶνται ουρίων : (α) Ἀπό τᾶς γενικᾶς διαστάσεις τοῦ δρομέως (stator) οαὶ τοῦ στάτου (stator) τῆς γεννητρίας οαὶ (β) Ἀπό τῆς προβλεπομένην διαδρομήν τοῦ δρομέως τοῦ στροβίλου διαί μέσου τῆς ἐν σιδηροπαγοῦς συνροδέματος ουλινδρικῆς βάσεως τῆς γεννητρίας οαὶ διαί μέσου τοῦ στάτου, οατά τῆς μετακίνησίν του πρός συντήρησιν.

Προκειμένου περὶ στροβίλων δράσεως μεθ' ἐνδεδρομέως οαὶ οατακορύφου ἀτράκτου ἡ μετά δρομέων ἐν ζεύξει μετά ὄριζοντος ἀτράκτου, βλ. Σχ. 6-14-1 οαὶ 6-12 ἀντιστοίχως, ἡ γενικὴ διάταξις οαὶ αἱ ἔξατεριαὶ διαστάσεις τοῦ χώρου ἐκάστης μονάδος ἐπηρεάζονται ἐν τῶν ἔξησι : (α) Τῆς διατάξεως ζεύξεως τοῦ δρομέως μετά τῆς γεννητρίας, (β) Τῆς διατάξεως οαὶ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν ἀκροφυσίων πρός ἔκαστον δρομέα οαὶ (γ) Τῆς τοποθετήσεως τοῦ συγκροτήματος δρομέως οαὶ ἀκροφυσίων ὡς πρός τῆς μετάστημαν τῆς διάρρυγος φυγῆς.

Ἡ ἐπεδρασίς τοῦ ὕψους πτώσεως ὑδροδυναμικῆς ἔγκαταστάσεως ἐπὶ τοῦ τύπου τοῦ στροβίλου οαὶ τοῦ ὑδανικοῦ εἰδικοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν, ἐμφαίνεται εἰς τὰ Σχ. 6-30-1, 6-30-2 οαὶ 6-31. Ὁ εἰδικός ἀριθμός στροφῶν μελέτης τοῦ στροβίλου, ὁ ὄποιος οαθορέζεται ἐν τοῦ συγχρόνου (πραγματικοῦ) ἀριθμοῦ στροφῶν ἢ τοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν μελέτης τοῦ στροβίλου, θεωρεῖται ὡς ἡ πλεόν βασικὴ παραμέτρος διαί τὸν ὑπολογισμὸν τῶν γενικῶν διαστάσεων τοῦ στροβίλου.

Δεῖον να τονισθῇ ὅτι τὰ διαγράμματα τῶν Σχ. 6-51 ἔως 6-55, τὰ ὄποια δεῖονται τὰς τιμᾶς τῶν διαφέρων βασικῶν παραμέτρων διαί τὸν οαθορισμὸν τῶν γενικῶν διαστάσεων στροβίλων ἀντιδράσεως, βασιζονται ἐπὶ τῶν δεδομένων τῆς ἐμπειρίας διαφέρων οατασκευαστικῶν οἶκων ἐν Η.Π.Α. οαὶ ουρίων τῶν ἔγκαταστάσεων τοῦ United States Bureau of Reclamation (60). Τὰ δεδομένα τῆς ἐμπειρίας διαφέρων Εὐρωπαϊκῶν ἢ Ιαπωνικῶν οατασκευαστικῶν οἶκων στροβίλων διαφέρουν σχετικῶς ἐν συγκρίσει πρός τὰ ἀνωτέρω στοιχεῖα. Αἱ τελικαὶ διαστάσεις στροβιλομηχανῆς οαθορέζονται βάσει τῶν εἰδικῶν οριτηρίων μελέτης τοῦ οατασκευαστοῦ τοῦ στροβίλου. Ἐπομένως τὰ διαγράμματα τῶν Σχ. 6-51 ἔως 6-55, δύνανται οαὶ χρησιμοποιηθοῦν μόνον οατά τὸ στάδιον τῆς προμελέτης τῆς ὑδροδυναμικῆς ἔγκαταστάσεως οαὶ τοῦ σταθμοῦ παραγγῆς.

Κατά το στάδιον ἐκπονήσεως τῆς μελέτης, τῶν προδιαγραφῶν οας τῶν σχεδίων δια τῆς δημοπράτησιν τοῦ ἔργου οας τοῦ κυρίου ἡλεκτρομηχανολογικοῦ ἐξοπλισμοῦ ὁ μελετητής δέον να συμβουλευθῇ διαφύρουσι οατασκευαστικούς οἶκους στροβίλων διεθνῶς ἀνεγνωρισμένους. Ή οὐλός λόγῳ οἴκοις ἀναλόγως τῶν συνθηκῶν χρηματοδοτήσεως τοῦ ἔργου δέον να ἀνήκουν εἰς τᾶς χώρας ἐκ τῶν ὀποῖαν προβλέπεται ὅτι θά γίνῃ ἡ προμήθεια τῶν στροβίλων. Ο οαθορισμός τῶν γενικῶν ιριτηρίων μελέτης οας η ἐπιλογή τῶν χαρακτηριστικῶν διαστάσεων τῶν στροβίλων γίνεται τότε βάσει τῆς ἐμπειρίας τοῦ μελετητοῦ οὕτως ὥστε να ἴκανοποιούνται οατά το δυνατόν αἱ ὑποδεικνυμέναι γενικαὶ ἀπαιτήσεις ἀσφαλοῦς λειτουργίας τοῦ στροβίλου τουλάχιστον ὑπό δύο ἀντιπροσωπευτικῶν οατασκευαστικῶν οἴκων.

Μετά τήν τελικήν ἐπιλογήν τοῦ οατασκευαστοῦ τῶν στροβίλων οας συμφώνως πρᾶς τᾶς ὑποδειξεις τούτου γίνεται η σχετική τροποποίησις τῶν διαφύρων διαστάσεων μελέτης τοῦ στροβίλου.

### 6.8.1 Διαστάσεις Στροβίλων: Αντιδράσεως

Δια τόν ὑπολογισμόν τῶν γενικῶν διαστάσεων τῶν στροβίλων ἀντιδράσεως ἀπαιτεῖται ο οαθορισμός τοῦ εἰδικοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν μελέτης βάσει τῆς σχεσεως (6.93). Περαιτέρω ὑπολογίζεται το διαρκείαν μέγεθος τῆς διαμέτρου ἐξόδου τοῦ δρομέως  $D_3$ , βλ. Σχ. 6-51, βάσει τοῦ ὀποῖου προσδιορίζομεν τᾶς γενικᾶς διαστάσεις τοῦ στροβίλου ὡς οας τῆς ὑποδομῆς ἐνδοτης μονάδος τοῦ σταθμοῦ παραγγῆς. Τα χαρακτηριστικά στοιχεῖα τοῦ στροβίλου τα ὀποῖα ἀπαιτούνται οατά τα στάδια τῆς προμελέτης οας ουρίως τῆς μελέτης δια τήν δημοπράτησιν τῆς οατασκευῆς τοῦ στροβίλου εἶναι γενικῶς τα ἐξής: (α) Ο ἀριθμός στροφῶν οας ὁ εἰδικός ἀριθμός στροφῶν μελέτης, (β) Η διάμετρος  $D_3$  τοῦ δρομέως οας το δύναμης πτερού τοῦ ἐπιπέδου ἀναφορᾶς τοῦ στροβίλου, (γ) Η διάμετρος εἰσόδου τοῦ σπειροειδοῦς κελύφους ὡς οας αἱ ἐξατερικαὶ διαστάσεις αύτοῦ οατά μήκος τῶν δύο κυρίων ὀριζόντων ἀξόνων τῆς μονάδος οας (δ) Αἱ χαρακτηριστικαὶ διαστάσεις τοῦ ἀγωγοῦ ἐξόδου ὡς περιφράσεις ἐν παρ. 6.8.1.3.

**6.8.1.1 Δρομεύς** Αἱ τελικαὶ οας αἱ ἐπὶ μέρους διαστάσεις τοῦ δρομέως οαθορίζονται ὑπό τοῦ οατασκευαστοῦ βάσει τῶν ιριτηρίων μελέτης οας λειτουργίας τοῦ στροβίλου ἀνάστης ὑδροδυναμικῆς ἐγκαταστάσεως ὡς οας τῶν ἐργαστηριακῶν δοκιμῶν ἐπὶ ὄμοιώματος τοῦ δρομέως. Αἱ χαρακτηριστικαὶ διαστάσεις τοῦ δρομέως  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$ ,  $b_1$ ,  $b_2$  οας  $b$ , δεδομένων τοῦ ψφους πτώσεως μελέτης, τῆς ίσχυος οας τοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν τῆς στροβιλομηχανῆς, ποιειττούσην ἐντός ὀρισμένων τιμῶν ἀναλόγως τοῦ οατασκευαστοῦ. Αἱ οαμπύλαι τοῦ Σχ. 6-51, αἱ ὀποῖαι δέδοιν τᾶς τιμᾶς τῶν διαφύρων ἀδιαστάτων παραμέτρων  $\frac{D_1}{D_3}$ ,  $\frac{D_2}{D_3}$ ,  $\frac{b_1}{D_3}$ ,  $\frac{b_2}{D_2}$  συναρτήσει τοῦ εἰδικοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν προσεγγίζουν πρᾶς τα στοιχεῖα τῶν οατασκευαστικῶν οἴκων. ἐν Η.Π.Α.

Η πλέον χαρακτηριστική διάστασις τοῦ δρομέως εἶναι η διάμετρος  $D_3$ , η ὀποῖα προσδιορίζεται ἐν τῶν σχεσεων (6.36) οας (6.37) βάσει τῶν τιμῶν τοῦ συντελεστοῦ ταχύτητος  $\varphi_3$ . Η τιμή τῆς  $\varphi_3$  δέδεται ἐμπειρικῶς συναρτήσει τοῦ η τῶν σχεσεων (6.133) ἕως (6.136).

Δια το μετρικόν σύστημα οας ἀναλόγως τοῦ τέπου τοῦ στροβίλου ἔχομεν :

$$\text{Δια Francis : } \varphi_3 = 0,0195 n_s^{2/3} + 0,09 \quad (6.133)$$

$$\text{Δια Kaplan : } \varphi_3 = 0,024 n_s^{2/3} \quad (6.134)$$

Διαδ τό διατάξιμο σύστημα μετρήσεως έχομεν :

$$\Delta \text{ιαδ Francis : } \varphi_3 = 0,053 n_s^{2/3} + 0,09 \quad (6.135)$$

$$\Delta \text{ιαδ Kaplan : } \varphi_3 = 0,065 n_s^{2/3} \quad (6.136)$$

Η αυμπύλη  $\varphi_3$  τοῦ Σχ. 6-51 βασίζεται επί τῶν σχέσεων (6.133) καὶ (6.134). Η διαδικασία  $D_3$  προσδιορίζεται ἐκ τῆς σχέσεως (6.36) εφ' όσον γνωρίζομεν ταῖς μεταβλητές  $\varphi_3$ ,  $H_D$  καὶ  $n$ .

Η διαδικασία εξόρθωσης τοῦ δρομέως  $D_3$  δύναται επίσης να ἐνφρασθῇ συναρτήσει τῆς παροχῆς  $Q$  καὶ τοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν διαδ τῶν ιδιαίτερων αναφερομένων σχέσεων.

Διαδ συγδυασμοῦ τῶν σχέσεων (6.93) καὶ (1.9) καὶ διαδ  $H_D = H_d$  προκύπτει :

$$n_s = \frac{3,65 n \sqrt{Q n_d}}{H_d^{3/4}} \quad (6.137)$$

Λαμβάνοντες τόν βαθμόν ἀποδόσεως τοῦ στροβίλου  $n_d = 88\%$ , η σχέσις (6.137) γράφεται :

$$n_s = \frac{3,43 n \sqrt{Q}}{H_d^{3/4}} \quad (6.138)$$

Διαδ συγδυασμοῦ τῶν σχέσεων (6.36) καὶ (6.138), ὅπου εἰς τὴν σχέσιν (6.36) θετομεν  $H_D = H_d$  η  $D_3$  δύναται να ἐνφρασθῇ διαδ τῆς ιδιαίτερης προσέγγισης σχέσεως :

$$D_3 = \frac{193,3 \varphi_3}{n_s^{2/3}} \left( \frac{Q}{n} \right)^{1/3} \quad (6.139)$$

Διαδ

$$C = \frac{193,3 \varphi_3}{n_s^{2/3}} \quad (6.140)$$

$$\text{Θε } \text{''} \text{χωμεν : } D_3 = C \left( \frac{Q}{n} \right)^{1/3} \quad (6.141)$$

Ἐκ τοῦ διαγράμματος τοῦ Σχ. 6-51 καὶ τῆς σχέσεως (6.140), η τεμή τοῦ στοῦ  $C$  μεταβάλλεται ὡς ἐμφαίνεται εἰς τόν πίνακα 6.6.

ΠΙΝΑΞ 6.6-ΕΠΙΔΡΑΣΙΣ ΤΩΝ  $n_s$  ήας φ<sub>3</sub> ΕΠΙ ΤΟΥ  
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΟΥ C (βλ. Σχ. 6-51)

Στρεβλοσ	$n_s$	φ <sub>3</sub>	C
Francis	100	0,51	4,58
	445	1,23	4,07
Kaplan	445	1,40	4,64
	700	1,89	4,64

Έν τού πέντακος 6.6, είναι προφανές ότι διά στροβίλους Francis ή Kaplan η τιμή τού συντελεστού C ποικίλει περίπου από 4,64 έως 4,07 διά μεταβολήν τού  $n_s$  μεταξύ των έμφανομένων δρών τού πέντακος. Συμφώνως πρός τάς έρευνας τού γραφοντος διά στροβίλους Francis (61), δυνάμεθα να λαβάμεν ήατά προσέγγισιν τήν τιμήν C = 4,35. Κατά τόν Μασονγί (5), βλ. Vol.I σελ. 718, διά στροβίλους Kaplan η τιμή C = 4,57 δύναται να θεωρηθῇ ως άντιπροσωπευτική.

Η D<sub>3</sub> δύναται έπομένως να προσδιορισθῇ ήατά προσέγγισιν έν τῶν ήατων σχέσεων έφ' οσον γνωρίζομεν τάς μεταβλητάς Q ήας n.

Διά στροβίλους Francis :

$$D_3 = 4,35 \left( \frac{Q}{n} \right)^{1/3} \quad (6.142)$$

Διά στροβίλους Kaplan :

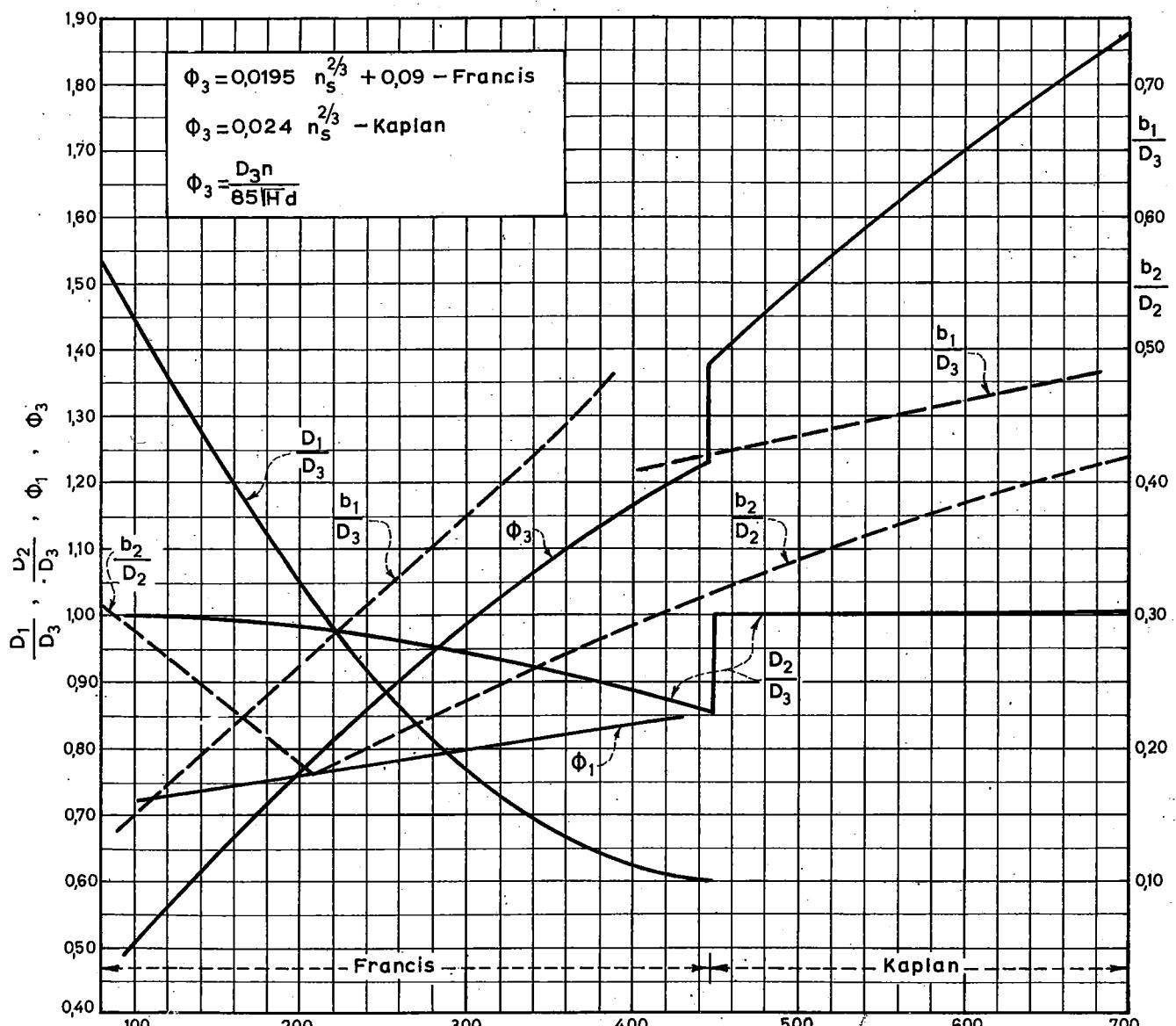
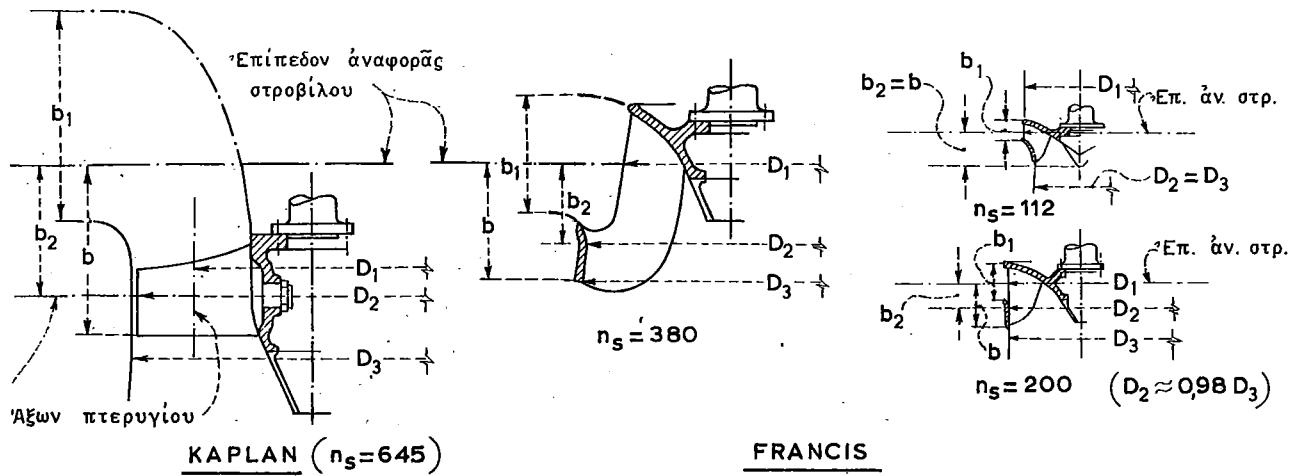
$$D_3 = 4,57 \left( \frac{Q}{n} \right)^{1/3} \quad (6.143)$$

Αί διάμετροι δρομέως Francis, D<sub>1</sub> ήας D<sub>2</sub> προσδιορίζονται βάσει τῆς D<sub>3</sub> έν τού Σχ. 6-51. Έν τού Σχ. 6-51 παρατηρούμεν ότι : (α) Διά  $n_s \leq 140$  είναι D<sub>2</sub> = D<sub>3</sub>, (β) Διά  $n_s < 215$  είναι D<sub>1</sub> > D<sub>3</sub> ήας (γ) Διά  $n_s > 215$  έχομεν D<sub>1</sub> < D<sub>3</sub>.

Η διάμετρος τού δρομέως Francis, D, δύναται να προσδιορισθῇ έπεισης έν τῆς ήαμπολης φ, τού Σχ. 6-51 ήας τῆς σχέσεως (6.34), έφ' οσον γνωρίζομεν τάς μεταβλητάς n<sub>s</sub>, H<sub>d</sub>, n. Αί διαστάσεις τού δρομέως b<sub>1</sub> ήας b<sub>2</sub> προσδιορίζονται έν τῶν D<sub>3</sub> ήας D<sub>2</sub> άντιστοίχως ήας τού n<sub>s</sub> βάσει τού Σχ. 6-51.

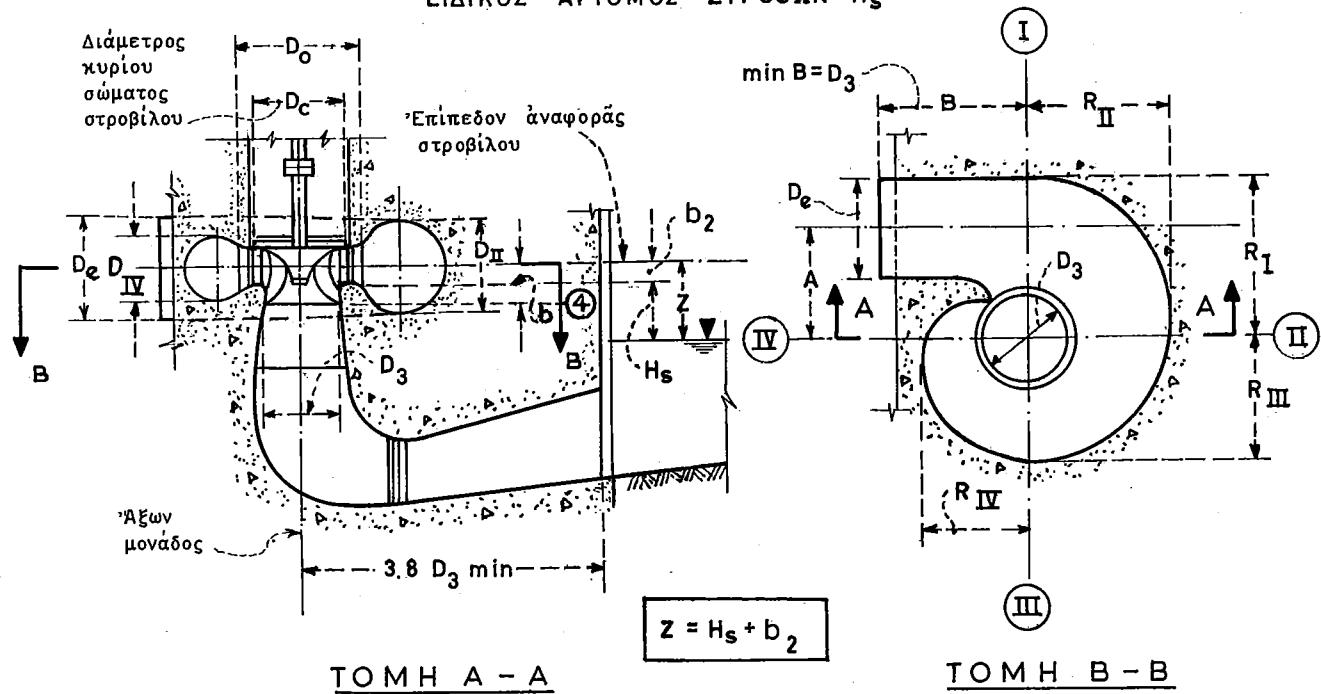
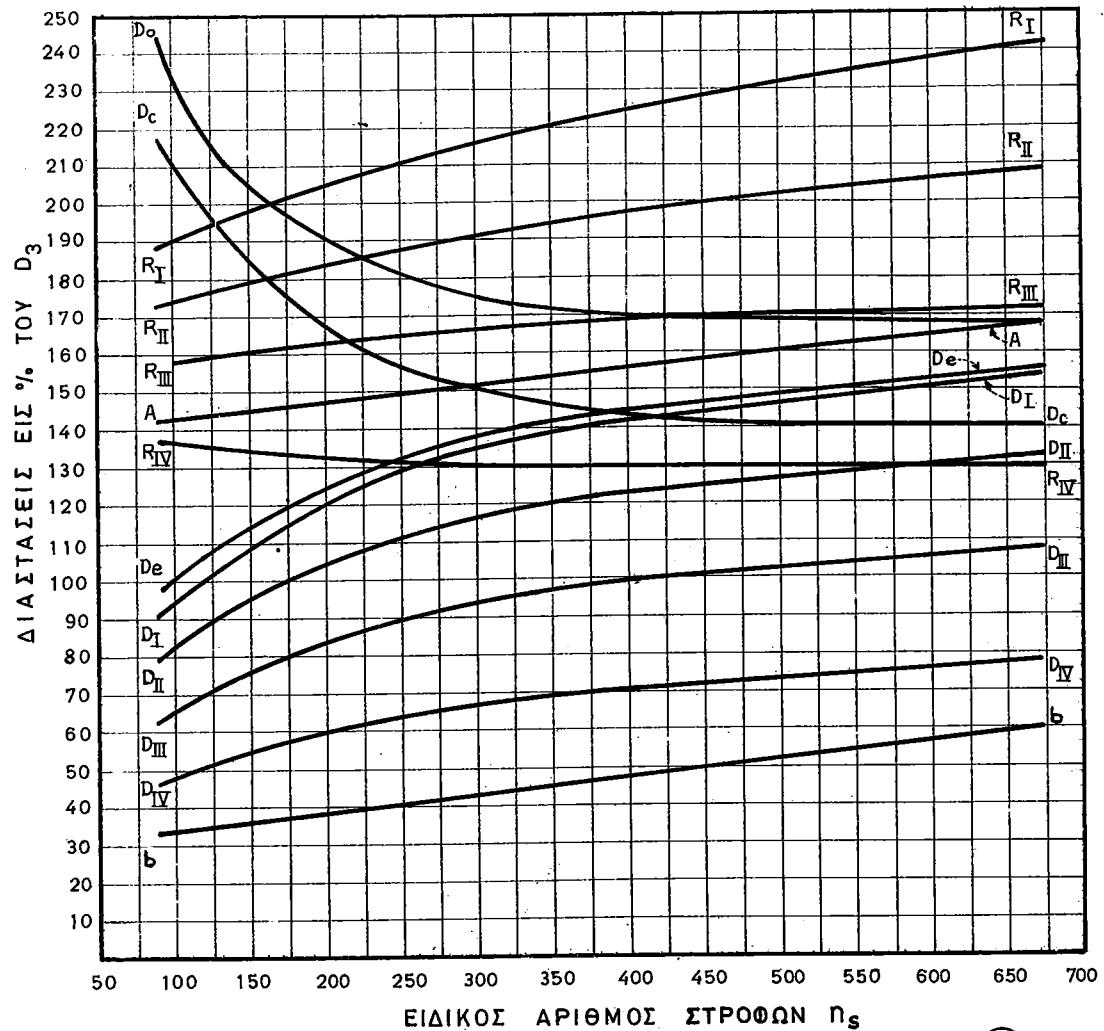
Η μέση ταχύτης τού έδατος είς τήν θέσιν τού δρομέως ένθα ή διάμετρος ίσούται πρός D<sub>2</sub>, ήας διά λειτουργίαν τού στροβίλου ύπρ πλήρες άνοιγμα τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων, ήυμανεται μεταξύ 6 m/sec έως 10 m/sec. Η διάμετρος τού ήων δρομέως Kaplan είναι περίπου 35 % τῆς D<sub>3</sub>. Διά στροβίλους Kaplan έχομεν D<sub>2</sub> ≈ D<sub>3</sub>.

**6.8.1.2 Σπειροειδές Κέλυφος** Έξ ανεφέρθη έν παρ. 6.2.1, ή διαμόρφωσις τού σπειροειδούς ήελιφούς έν χαλυβδίνου άγαγον έφαρμοζεται διά ψήφη πτώσεως ήνω τῶν 25m έως 30m.

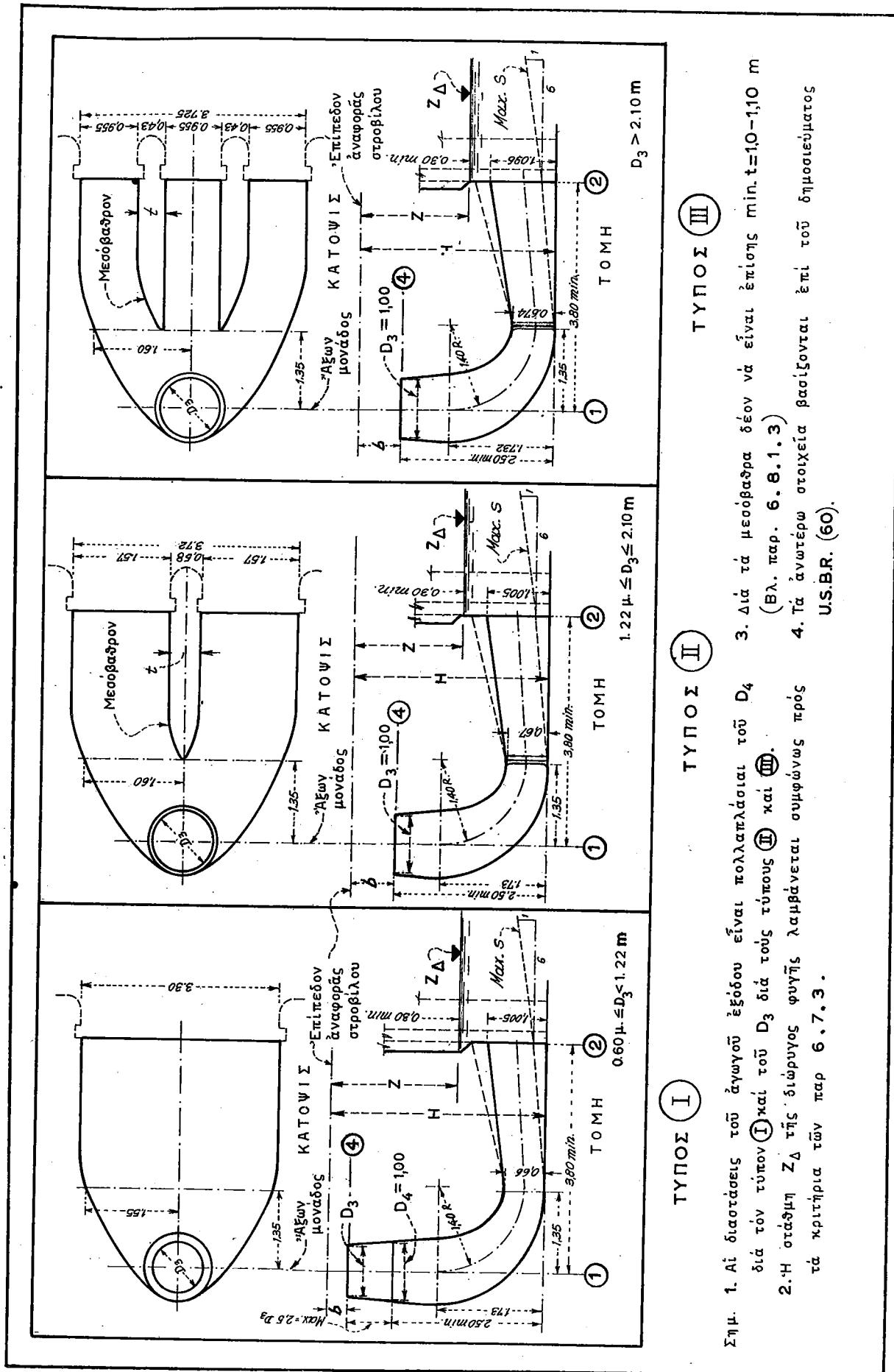
ΕΙΔΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΤΡΟΦΩΝ  $n_s$ 

Σημ.— Τά σημεία του  $n_s$  διά τόν τύπον στροβίλου είναι σχετικά, ώς λ.χ. διά στροβίλους Kaplan ένθα  $n_s < 445$  αι τιμαί τῶν  $\frac{D_2}{D_3}$  και  $\varphi_3$  προσδιορίζονται κατά προσέγγισιν δι' ἐπεκτάσεως τῶν ἀντιστοίχων καμπυλών.

**Σχ. 5-51** Έμπειρικόν διάγραμμα τῆς μεταβολῆς τῶν  $\varphi_1$ ,  $\varphi_3$  καὶ τῶν διαστάσεων δρομέων ἀντιδράσεως συναρτήσει τοῦ  $n_s$ .



Σχ. 6-52 Έμπειρικόν διάγραμμα τής αεταθολής τῶν βασικῶν διαστάσεων μεταλλικοῦ σπειροειδοῦς κελύφους συναρτήσει τοῦ  $D_3$  καὶ  $n_s$



**Σχ. 6-53** Διατάξεις ζημιγοῦ ἐξόδου στροβίλων ἀντιδραστών μεταλλικοῦ σπειροει-  
δοῦς καλύψους.

Είς τα Σχ. 6-3, 6-4-3 καί 6-5-1 είνονται σπειροειδή κελύφη μετά χαλυβδίνου άγαγού δια στροβίλους Francis καί Kaplan. Είς τα Σχ. 6-8 είνονται σπειροειδες κελύφοις έν σκυροδέματος στροβίλου Kaplan δια ύψος πτώσεως 6,40 m.

Αί γενικαί διαστάσεις σπειροειδούς κελύφους έν χαλυβδίνου άγαγού καί έν σκυροδέματος ένφραζονται συναρτήσει τής διαμέτρου  $D_3$  τού δρομέως, ώς έμφανεται είς τα Σχ. 6-52 καί 6-55 άντιστοίχως. Δέον να τονισθή ότι αί τελικαί διαστάσεις καί ή λεπτομερής διαμέρφωσις τού σπειροειδούς κελύφους ασφορίζονται ύπρ τού κατασκευαστού τού στροβίλου, βάσει τών ιριτηρίων τής μελέτης. Τα διαγράμματα τού Σχ. 6-52, δίδουν τα ίδια σπειροειδες κελύφους μετά χαλυβδίνου άγαγού δια στροβίλους άντιδρόσεως καί βασιζονται έπι τών κατασκευαστικών στοιχείων στροβίλων έν Η.Π.Α. (60).

Τα σπειροειδες κελύφοις υπολογίζεται ούτως ώστε να προσδέδη είς τα διερχόμενον ύδωρ τήν άπαιτουμενην συστροφήν είσοδου είς τόν δρομέα. Αί διατομαί τού σπειροειδούς κελύφους κατά μήκος τής περιφερείας του μεταβάλλονται διμοισιμόρφως μεταξύ τής μεγιστης κατά τήν εύσοδον τού σπειροειδούς κελύφους καί τής έλαχιστης είς τό άκρον του, ή όποια δύναται να θεωρηθή αμελητέα. Ή μέση ταχύτης τού ύδατος κατά μήκος τού σπειροειδούς κελύφους κατά τήν λειτουργίαν τού στροβίλου δέον έπομενως όπως παραμένει σταθερά. Τόσον ή διαμέρφωσις τού σπειροειδούς κελύφους, ούσον καί αι τιμαί τής μεσης ταχύτητος κατά μήκος του έπηρεται τόν βαθμόν άποδσεως τού στροβίλου δια τήν λειτουργίαν του ύπρ πλήρες ή μερικόν ίνοιγμα τών ρυθμιστικών πτερυγίων. Δια τήν ίμαλήν λειτουργίαν τού στροβίλου ή μέση έπιτρεπομένη ταχύτης τού ύδατος  $V_e$  είς τήν θέσιν 1 είσοδου τού κελύφους, βλ. Σχ. 6-25 καί 6-28, δέον να μήν ύπερβαίνη τα 10 m/sec καί τιμάς αι όποια δίδουνται έν τής σχέσεως (6.144).

$$V_e = C \sqrt{2g H_d} \quad (6.144)$$

Ένθα είναι :

$C$  : συντελεστής

$H_d$  : ύψος πτώσεως μελέτης, m

Ο συντελεστής  $C$  λαμβάνεται συνήθως 1,00 πρός 0,18 καί 0,14 δια σπειροειδή κελύφη μετά χαλυβδίνου άγαγού ή έν σκυροδέματος άντιστοίχως. Δι' έγκαταστάσεις ύψους πτώσεως τής τάξεως τών 35m έως 60m ο συντελεστής  $C$  δύναται να ληφθή 1,00 πρός 0,20 έως 0,22.

Δια σπειροειδες κελύφοις μετά χαλυβδίνου άγαγού ή διάμετρος  $D_e$  δέν δύναται να ύπερβαίνη τήν διάμετρον τού άγαγού προσαγγής τής μονάδος, έκλεγεται δέ συνήθως μικροτέρα αύτής. Δια σπειροειδή κελύφη έν σκυροδέματος ή ταχύτης  $V_e$  είς τήν θέσιν είσοδου 1 δέον να μήν είναι μικροτέρα τών 1,5 m/sec.

Η διάταξις σπειροειδούς κελύφους έν σκυροδέματος έμφανεται είς τα Σχ. 6-54. Αναντη τού έν σκυροδέματος διακτυλίου έδρασεως τών ίδιων η αριθμιστικών πτερυγίων τού στροβίλου, διακρίνομεν τα μεσόβαθρα τής ίδιων ηλητηρίων (βλ. έπιστης Σχ. 6-25). Αί διατομαί τού σπειροειδούς κελύφους είναι βασικώς άρθρογωνιαίς.

**6.8.1.3 Άγωγός Έξόδου** Είς τήν παρ. 6.2.3 άνεφερθησαν τα ιριτήρια διαμόρφωσεως τού άγαγού έξοδου. Ήδη άνεπτυχθη έπιστης είς τήν παρ. 6.7.1, βλ. καί σχέσιν (6.110), ο βαθμός άποδσεως τού άγαγού έξοδου  $P_D$  καθορίζεται δια τής κατασκευαστικής σχέσεως :

$$\eta_D = \frac{V_4^2 - V_5^2 - 2g(h_{4-5})}{V_4^2} \quad (6.145)$$

Ότις συνδργεται είν της σχέσεως (6.145), ο βαθμός αποδόσεως τού αγωγού έξιδου αύξενεται όταν ή μέση ταχύτης έξιδου τού υδατού  $V_5$  η απόλειται ενεργείας  $h_{4-5}$ . μειούνται, βλ. έπειτης Σχ. 6-46. Η τιμή της  $V_5$  δέον να είναι περίπου της τάξεως τού 1,0 m/sec έως 2,5 m/sec. Δι' αγωγούς έξιδου ύψηλης υδραυλικής αποδόσεως ή τιμή τού η είναι της τάξεως τού 85 %.

Διακαταλλήλου διαμορφώσεως η αύξησεως τών διατομών τού εν εξιδει κειαμμένου βραχίονος αγωγού έξιδου κατά μήκος τούτου η μεταξύ η μεταξύ τών θέσεων 4 έως 5 έπιστριψιεται : (α) Η μείωσης τών απώλειών ενεργείας λόγη τριβών κατά την ροή τού υδατού είν το έλαχιστον δυνατόν η μείωσης (β) Η βαθμιαία η μόνιδη μορφος μείωσης της μέσης ταχύτητος τού υδατού κατά μήκος τού αγωγού.

Δια δύο διαδόχιας διατομάς τού αγωγού έξιδου, εστια  $A_{n-1}$  η  $A_n$  λαμβανομένας είν απόστασιν  $S$  μεταξύ των, δέον να ικανοποιηται η γενική σχέση, βλέπε (1) Vol. 2 :

$$0,12 S < \sqrt{A_n} - \sqrt{A_{n-1}} < 0,20 S \quad (6.146)$$

Δια την ίδανην περίπτωσιν εύθυγράμμου αωνιού αγωγού έξιδου η σχηματιζομένη γωνία δ μεταξύ της γενετείρας τού αώνου η τού αξιονος συμμετρίας του χυμανεται βασιει της σχέσεως (6.146) από  $4^\circ$  έως  $8^\circ$ . Το απαιτούμενον μήκος  $L$  εύθυγράμμου αωνιού αγωγού έξιδου, μεταξύ τών θέσεων έξιδου τού δρομέως η μέση έξιδου τού αγωγού πρός την διάρυγα φυγής, δημιουται να ένφραση δια της σχέσεως :

$$\text{εφ } \delta = \frac{D_5 - D_3}{2L} \quad (6.147)$$

Ένθα  $D_3$  η  $D_5$  αι διαμετροι τού δρομέως η τού αγωγού έξιδου αντιστοίχως δια προαναφερθείσας θέσεις.

Δι' εύθυγραμμου αωνιον αγωγόν έξιδου ύψηλης υδραυλικής αποδόσεως η γωνία δ λαμβάνεται  $4^\circ$  η  $D_3$  ισούται τουλάχιστον πρός  $5 D_3$ .

Η διαμορφωσης τού αγωγού έξιδου εχει ίδιασσοναν σημασίαν δια τον υδραυλικό βαθμόν αποδόσεως της στροβιλομηχανής. Ο κατασκευαστής της στροβιλομηχανής ο διπούος είναι υπεύθυνος δια τον ήγυημένον βαθμόν αποδόσεως ταντης συμπεριλαμβανομένου η τού αγωγού έξιδου, είναι υποχρεωμένος να προβηθεί είν την σύνταξιν της μελέτης η τών κατασκευαστικών σχεδίων τού αγωγού έξιδου. Ο κατασκευαστής οφείλει έπισης να τηρηση κατά το δυνατόν τούρους τών προδιαγραφών της στροβιλομηχανής δια την ίκανοποίησιν τών χαρακτηριστικών διαστάσεων τού αγωγού έξιδου. Αι διαστάσεις αύται αι διπούαι συνήθως ένδεικνυνται είν το σχέδια τών προδιαγραφών, βλ. έπειτης Σχ. 6-53 η 6-54 είναι : (α) Το μήκος  $L$  τού αγωγού έξιδου μεταξύ τών θέσεων 1 η 2 (β) Η καταδρυφος απόστασις Η μεταξύ τού έπιπεδου αναφορᾶς τού στροβιλού η τού κατωτάτου σημείου της βάσεως τού κειαμμένου βραχίονος, (γ) Το πλάτος η τού ύψος τού στομίου έξιδου τού αγωγού είν την θέσιν 2, η 2 (δ) Το πλάτος η μήκος τών μεσοβάθρων.

Είς το Σχ. 6-53 ἐμφανιονται αἱ διατάξεις τριῶν βασικῶν τύπων ἀγαγοῦ ἔξδου μετά κειμενού βραχίονος ἀναλογικούς τοῦ ἀριθμοῦ τῶν μεσοβαθμων. Αἱ εἰκόνιζμεναι διατάξεις ἐφαρμόζονται διὰ στροβίλους ἀντιδράσεως μετά σπειροειδῶν κελυφῶν ἐν χαλυβδίνου ἀγαγοῦ. Είς τὴν θέσιν 2 τοῦ ἀγαγοῦ ἔξδου ἐμφανεται ἐπίσης ἡ διατάξις τῶν κατακορύφων ἐγκοπῶν τῶν βραχων. Αἱ ἔγκοπας χρησιμεύουσαν διὰ τὴν τοποθέτησιν τῶν θυροφραγμάτων κατὰ τὴν συντήρησιν τῆς μονάδος. Ὁ ἀριθμός τῶν μεσοβαθμων ἐξαρτᾶται ἐν τοῦ ἐλευθέρου ἀνοιγματος μεταξὺ των καὶ τῆς διαμέτρου τοῦ δρομέως D<sub>3</sub>. Τοῦ ἐλευθέρου ἀνοιγματος δέον ναὶ μήνι ὑπερβαῖνῃ τὸ 6,5π ἕως 7,5π. Τοῦ ἐπιτρεπόμενον ὄριον τοῦ ἐλευθέρου ἀνοιγματος ἐξαρτᾶται : (α) 'Εκ τῆς μεγίστης στάθμης τῆς διώρυγος φυγῆς, (β) 'Εκ τῆς διατάξεως καὶ τοῦ βάρους τοῦ μεταλλικοῦ θυροφραγματος καὶ (γ) 'Εκ τῶν ἀπαιτουμένων διαστάσεων τῆς ἐν σιδηροπαγοῦσι σκυροδέματος ὑποδομῆς τοῦ ἀγαγοῦ ἔξδου διὰ τᾶς διαφράσεων συνθήκας λειτουργίας τῆς μονάδος καὶ τᾶς ἀντιστοίχους φορτίσεως τοῦ φορέως, βλ. Κεφάλαιον 7.

Αἱ διαστάσεις τοῦ ἀγαγοῦ ἔξδου τοῦ Σχ. 6-53, ἐκφράζονται συναρτήσει τῆς διαμέτρου D<sub>3</sub> τοῦ δρομέως. Η πλεύσιν βασική διάστασις τοῦ ἀγαγοῦ ἔξδου, ἡ ὀποία ἀφορᾷ τὴν ἴκανοποιητικήν λειτουργίαν τοῦ ἀγαγοῦ ἔξδου ἀπό δύραυλικῆς ἀπόψεως, εἶναι τὸ ἄθροισμα τοῦ μήκους τοῦ ὄριζοντος καὶ τοῦ κατακορύφου σκελούς τοῦ ἀγαγοῦ (L + H). Μηδὲ ἐμφανεται ἐν τοῦ Σχ. 6-53 τὸ (L + H) δέον ναὶ ὑπερβαῖνῃ τὴν τιμήν (6.30 D<sub>3</sub> + b). Τοῦ ἄθροισμα (L + H) ἐξαρτᾶται ἐπίσης ἐν τοῦ εἰδικοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν τῆς μονάδος καὶ δύναται ἐπίσης ναὶ πρόσδιορισθῇ διὰ στροβίλους Francis οἷς τῶν ιδιωτικῶν, βλ. (5) Vol. II σελ. 759 :

$$L = \left( 5,0 - \frac{n_s}{200} \right) D_3 \quad (6.148)$$

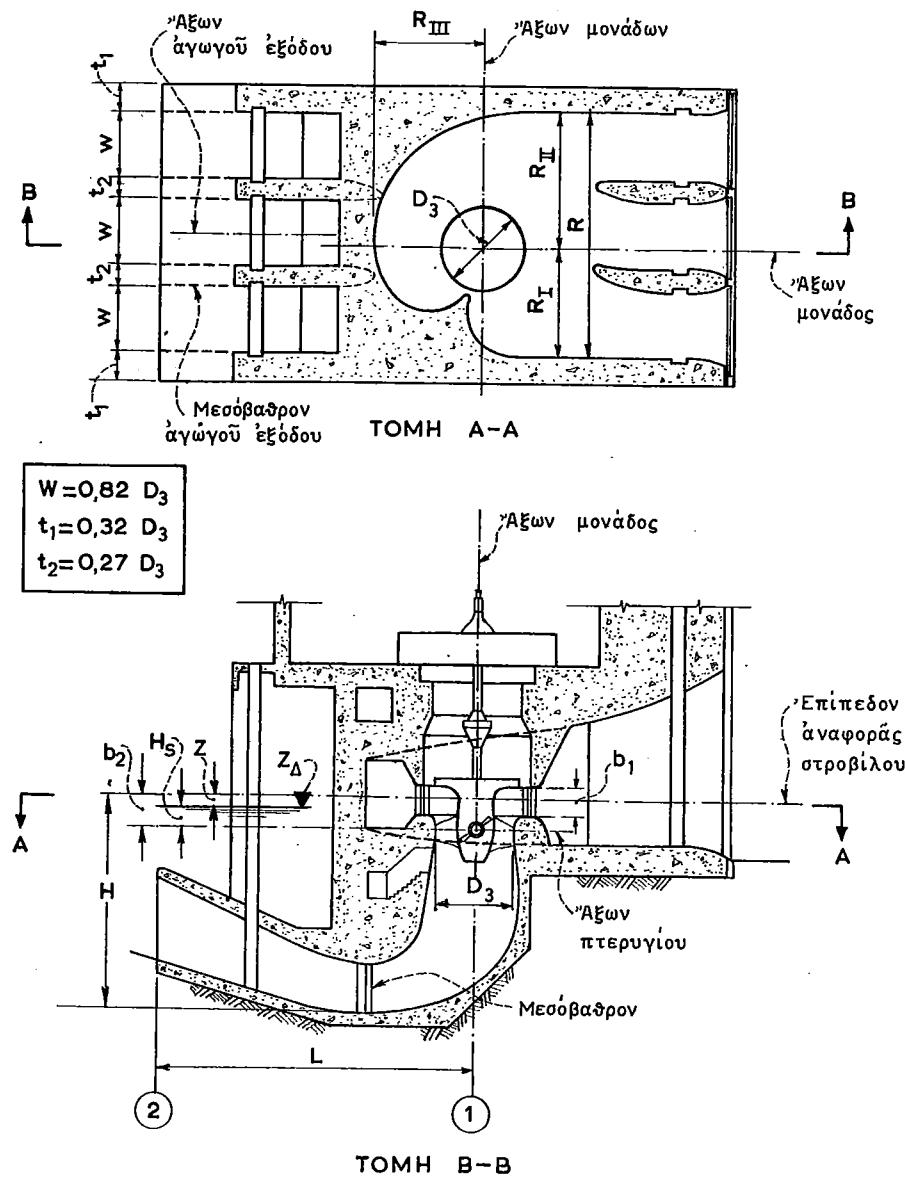
$$H = \left( 3,4 - \frac{n_s}{400} \right) D_3 \quad (6.149)$$

$$\text{καὶ } L+H = \left( 8,4 - \frac{3n_s}{400} \right) D_3 \quad (6.150)$$

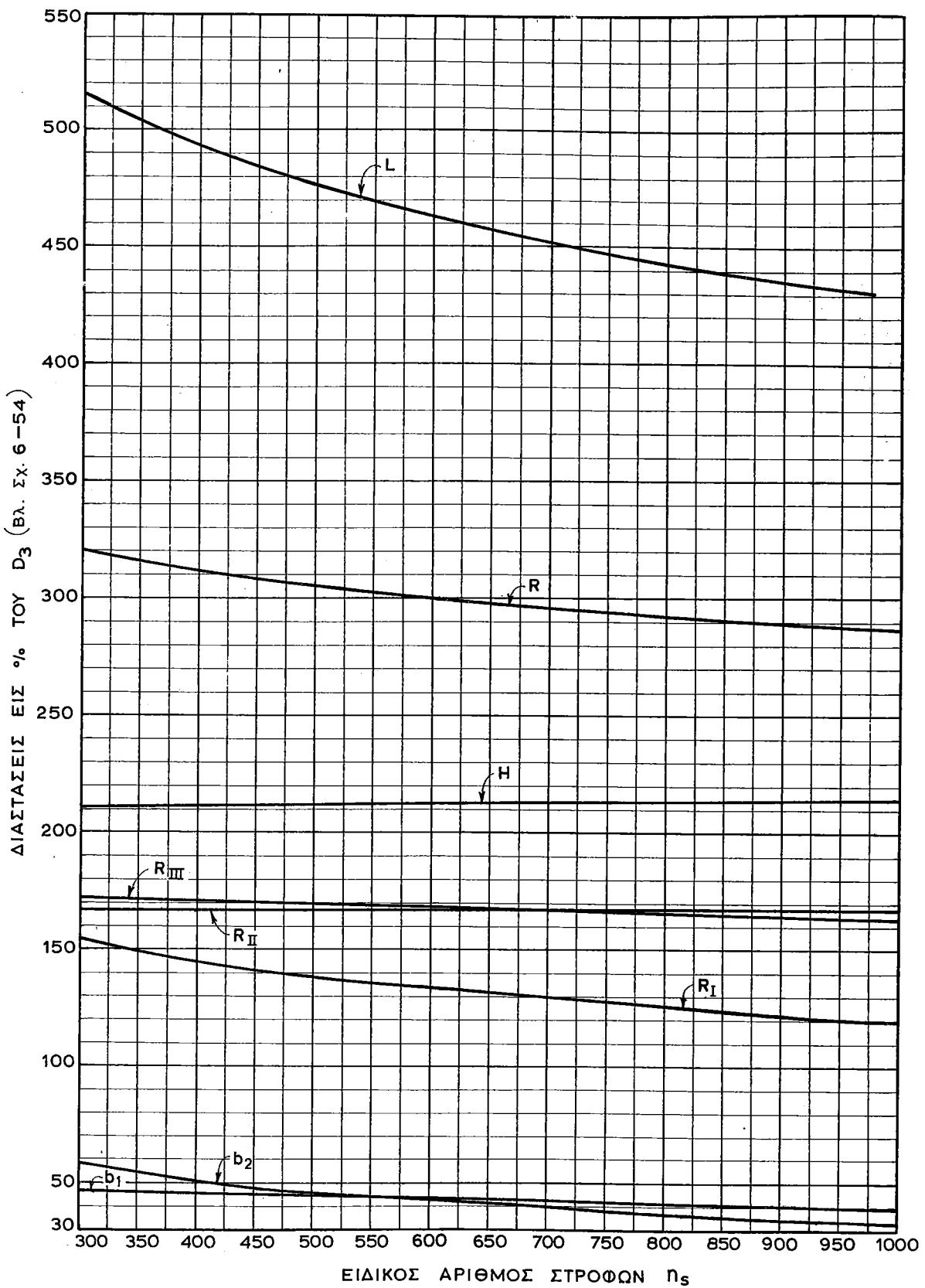
Δέον ναὶ τονισθῇ ὅτι ἡ ἐπιλογή τῶν διαστάσεων H καὶ L εἶναι ἵδιαζούστης σημασίας διὰ τρόπους μετατίθενται τῶν γενικῶν διαστάσεων τῆς ὑποδομῆς τῆς μονάδος καὶ τῆς κατάντης διατάξεως τοῦ σταθμοῦ παραγγῆς.

Αἱ προτεινόμεναι διαστάσεις ἀγαγῶν ἔξδου τοῦ Σχ. 6-53 ἀφοροῦν κυρίως τὸ στάδιον προμελέτης τῆς στροβιλομηχανῆς ὡς καὶ τοῦ σταθμοῦ παραγγῆς. Αἱ διαστάσεις αὗται δύναται ναὶ τροποποιηθοῦν σχετικῶς κατὰ τὸ στάδιον τῆς μελέτης διὰ τὴν ἴκανοποιησιν τῶν ὀίκονομικῶν ἀπαιτήσεων διατάξεως τῆς μονάδος.

Τοῦ περιβλητικοῦ τοῦ ἀγαγοῦ ἔξδου ἀποτελεῖται ἐν σιδηροπαγοῦσι σκυροδέματος μετά χαλυβδίνης ἐπενδύσεως. Η χαλυβδίνη ἐπένδυσις τοποθετεῖται ἀπό τῆς θέσεως 4 ἔξδου τοῦ δρομέως, βλ. Σχ. 6-53, μέχρι ἀποστάσεως τουλαχιστον ἵσης πρός D<sub>3</sub>, ἐφ' ὅσον τὸ ὑψος πτώσεως μελέτης τῆς ἐγκαταστάσεως εἶναι μικρότερον τὸ 30π καὶ τη μεταβολή τοῦ ὑψους πτώσεως εἶναι μικρότερα τὸ 10 %. Διὰ ὑψης πτώσεως μεταξύ 30π ἕταβολής 100π καὶ διὰ μεταβολῆς τοῦ ὑψους πτώσεως ὑπερβαῖνον σαν τὸ 10 % ἡ χαλυβδίνη ἐπένδυσις τοποθετεῖται ἀπό τῆς θέσεως 4 μέχρι σημείου ἔνθα ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ἀγαγοῦ ἔξδου εἶναι διπλάσια τῆς ἐπιφανείας τῆς θέσεως 4. Διεγκαταστάσεις στροβίλων Francis ἔνθα τὸ ὑψος πτώσεως μελέτης ὑπερβαῖνει τὸ 100π ἡ χαλυβδίνη ἐπένδυσις ἐπειτεῖνεται μένοι τῶν ἀνάγνητης ἀκρων τῶν μεσοβαθμων.



**Σχ. 6-54** Διμταξις μονάδος μετά στροβίλου Kaplan κας σπειροειδούς κελύφους ει δηροπαγούς σκυροδέματος.



**Σχ. 6-55** Διάγραμμα τής μεταβολής των βασικών διαστάσεων τής άποδημής μονάδος μετά στροβίλου Kaplan καί σπειροειδούς κελυφούς ἐκ σιδηροπαγούς σκυροδέματος.

Τα ἀνδριντη ἄκρα τῶν μεσοϊθαλμων φερουν ἐπεισης χαλυβδίνην ἐπένδυσιν. Ἡ χαλυβδίνη ἐπένδυσις τρούν τοῦ ἀγωγοῦ ἐξέδου ὅσον οαὶ τῶν ἄκρων τῶν μεσοϊθαλμων περιβάλλεται συνήθως ὑπὸ δευτερογενοῦς σκυρόδεματος οαὶ ἀγκυροῦται εἰς τὸ πρωτογενές σκυρόδεμα. Ἡ χαλυβδίνη ἐπένδυσις τῶν μεσοϊθαλμων ἐνισχύεται ἐσωτερικῶς διε χαλυβδίνων διαφραγμάτων ἥ οαὶ χαλυβδίνων ὑποστελωμάτων τα δόποῖα δύνανται να ἀναλαβθουν τα φυρτία τῆς ὑποδομῆς τῆς μονάδος.

Είς τό Σχ. 6-54 ἐμφανεταὶ ἡ γενική διάταξις τοῦ ἀγωγοῦ ἐξόδου διαὶ στροβίλους Kaplan μετὰ σπειροειδοῦς κελύφους ἐν συροδέματος. Αἱ βασιναὶ διάστασεις τοῦ ἀγωγοῦ ἐξόδου συμπεριλαμβανομένων τῶν L οας H ἐνφράζονται συναρτήσει τῆς διαμετροῦ D<sub>3</sub> τοῦ δρομέως. Ἐπει τοῦ Σχ. 6-55 ἐμφανονται αἱ γραφιναὶ παραστάσεις τῶν μεταβλητῶν L οας H.

#### **6.8.2 Διαστάσεις Στροβίλων Δράσεως**

Είς τήν παρ. 6.3 ἀνεφέρθημεν εἰς τήν γεγυικήν περιγραφήν τῆς διατάξεως τῶν στροβίλων δράσεως. Οἱ στροβίλοι δράσεως θεωροῦνται στροβίλοι μηχαναῖς μικροῦ εἰδικοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν οἷς εἶναι ἐπομένως ιατάλληλοι δια τήν ἀξιοποίησιν ἔγκαταστάσεων μεγάλου ὑψούς πτώσεως. Ἐκ τῶν Σχ. 3-1 οἷς 6-31 βλέπομεν ὅτι οἱ στροβίλοι δράσεως χρησιμοποιοῦνται συνήθως διεύ ὑψη πτώσεως ἀπό 180 m μέχρι 700 m. Ω εἰδικός ἀριθμός στροφῶν συνήθως κυμαίνεται διεύ δρομεῖς μετ' ἐνδικροφυσιῶν ἀπό 12 μέχρι 36, ἐνώ διεύ δρομεῖα μεταξύ δύο ἀκροφυσιῶν τρόπων του προσεγγίζει τό 64.

Δια τήν μελέτην οικείας τόν ύπολογισμού τών γενικών διαστάσεων στροβίλων δραστικών απαιτεῖται ο ίδιος προτυπός : (α) Τής γενικής διατάξεως τής στροβιλομηχανής ως πρός δρομέα μεταξύ δύο ζοντίου, (β) Τούτου απαιτουμενού αριθμού δρομέων οικείων ακροφυσίων ανά δρομέα, (γ) Τούτου είδικου αριθμού στροφών τούτου συγκριτήματος τής στροβιλομηχανής οικείας ανά ακροφύσιον, (δ) Τής διαμέτρου οικείας τούτου αριθμού τών σημαφορδίων τούτου δρομέων οικείων (ε) Τής διαμέτρου τής συνεσταλμένης διατομής τής υδατίνης φλεβών (vena contracta) τής έκτοτε υμένης δέσμης.

Είς τενδός στροβίλους δράσεως ὁ μηχανισμός τοῦ ἀκροφυσίου ὡς οὐαὶ τὰ σημαφέδια τὰ ὄποῖα διατάσσονται ἐπὶ τῆς περιφερείας τοῦ δρομέως ἀποτελοῦν τοὺς υπρέους μηχανισμούς τῆς στροβιλούμηχανῆς.

‘Η ὁμαλή λειτουργία τῆς στροβιλομηχανῆς μετά τῶν ἐλαχίστων ἀπωλειῶν ἐνεργεῖας ηατά τήν ἀξιοποίησιν τῆς διαθεσίμου αινητικῆς ἐνεργείας τῆς ἐν τοῦ ἀκροφυσίου ἐ-ξερχομένης υδατίνης δέσμης ἀπαιτεῖ : (α) Τόν σχηματισμὸν ὑπό τοῦ ἀκροφυσίου ὁμα-λῆσ πέντε ευομένης αυτολικῆς υδατίνης δέσμης ηαταλλήλου διαμετρού d ἐν σχέσει πρός τήν διάμετρον τοῦ ἀκροφυσίου d<sub>o</sub>, βλ. Σχ. 6-21, καὶ (β) Τήν ικανοποιητικήν δια-μέτρωσιν ἀπό υδραυλικῆς ἀπόψεως τῶν σηματιδίων τοῦ δρομέως διὰ τήν ἀπορρόφησιν τῆς αινητικῆς ἐνεργείας τῆς δέσμης.

‘Ως ἐμφαίνεται ἐκ τοῦ Σχ. 6-21, ἡ ἐκ τοῦ ἀκροφυσῶν ἐκτοξευομένη ὑδατίνη δεμη συστέλλεται μετά τὴν ἔξοδόν της ἐκ τοῦ ἀκροφυσῶν εἰς τὴν ἐλαχίστην διατομήν της. Μετά ταῦτα ἡ διατομή τῆς δέσμης παραμένει σχεδόν σταθερά μέχρις ὅτου προσπέσῃ ἐπὶ τοῦ σκαφιδῶν ναὸς ἐκτραπῇ. Ἡ μελέτη ναὸς διαβύρφωσις τοῦ ἀκροφυσῶν δέον να ἴνανοποιεῖ : (α) Τὸν σχηματισμόν, δι , οἰανδήποτε παροχῆν, ὁμοιομέρφου στερεᾶς ἐκτοξευομένης δέσμης ἀνευ ἐπιφάνειακῶν στροβιλισμῶν ναὸς (β) Τὴν αὐτόματον ρύθμισιν τῆς παροχῆς δι , εὐπαθοῦς συγκριτήματος ρυθμίσεως.

‘Ο καθηρισμός τοῦ ἀριθμοῦ τῶν σηματιδίων ήταν τοῦ ἀπαιτουμένου βήματος αὐτῶν, γίνεται οὕτως ὅπει προσπέντε δέσμη ᭟δατος νέα παραλαμβάνεται ήταν νέα ἀποσχίζεται ὑπό τοῦ σηματιδίου ἄνευ οὐδεμιᾶς ἀπωλεΐας, ηταν τό δυνατόν, τῆς ἐκπο-  
λευομένης ποστητος ᭟δατος. ‘Ως βῆμα σηματιδίου s, βλ. Σχ. 6-56, νοεῖται ή ἀπόστα-

σις τῶν σημαφιδῶν οατά μῆκος τόξου αύλου ἀκτῖνος  $R_1$ . Τοῦ βῆμα τοῦ σημαφιδῶν δέδεται ἐν τῇς οατωσι σχέσεως :

$$s = k \left( \frac{2R_1 U}{RV_1} - \eta \mu \frac{\pi}{2} \right) \quad (6.151)$$

Ἐνθα ἡ μεταβλητή  $k$  οατωσι οατά προσέγγισιν πρός 0,75.

Ἡ διαμέρφωσις ἐκδοτού σημαφιδῶν ἀπαιτεῖ τὴν ἵκανοποίησιν τῶν εἴης ιριτηρίων:  
 (α) Ἡ προσπέπτουσα οδατίνη δέσμη δέον νᾶ παραλαμβάνεται ὑπό τοῦ σημαφιδῶν ομαλῶς οας ἄνευ ιρούσεως ἀπό τὴν στιγμήν διαχωρισμοῦ αύτῆς μέχρι οας τῆς πλήρως ἐκτροπῆς τῆς (β) Ἐκαστον τῷμα τῆς δέσμης δέον νᾶ ἐκτρέπεται ὑπό γωνίαν προσεγγίζουσαν τὰς  $180^\circ$  ( $\beta_2 = 4^\circ$  ἔως  $7^\circ$ , βλ. Σχ. 6-21) οας (γ) Ἡ ἀπόλυτος ταχύτης εἴδους τῆς δέσμης  $V_2$  δέον νᾶ εἶναι οατά τὸ δυνατὸν σχετικῶς μικρό ούχι ομας μικροτέρα τῆς ἀπαιτουμένης διατῆς πλήρη ἐκτροπῆς τοῦ οδατος ἐκτός τῆς τροχιᾶς τῶν περιστροφομένων σημαφιδῶν οας ἐν τοῦ δρομέως.

**6.8.2.1 Ειδικός Ἀριθμὸς Στροφῶν** Ὁ εἰδικὸς ἀριθμὸς στροφῶν τοῦ συγκροτήματος στροβιλομηχανῆς (τῆς μονάδος) οὐσι, μεθ' ἐνδις ἡ περισσοτέρων δρομέων δύναται νᾶ ἐκφρασθῆ συναρτήσει τῆς ολικῆς παροχῆς μελέτης  $Q_u$  ἀπόντων τῶν ἀκροφυσιῶν τῆς μονάδος, οατ' ἀναλογίαν πρός τὴν σχέσιν (6.138), ᾧς εἴης :

$$n_{su} = \frac{3,43 n \sqrt{Q_u}}{H_d^{3/4}} \quad (6.152)$$

Δια μονάδα μετά δύο ἡ περισσοτέρων δρομέων ἔστω  $z_R$ , ὅπου ἐκαστος δρομεύς φέρει  $z_j$  ἀκροφύσια, ὁ ἀριθμὸς τῶν ἀκροφυσιῶν τῆς στροβιλομηχανῆς  $z_u$  δέδεται ἐν τῇς σχέσεως :

$$z_u = z_R \cdot z_j. \quad (6.153)$$

Δια μονάδα φέρονται  $z_u$  ἀκροφύσια, ἐκαστον εἰδικοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν  $n_{sj}$ , ὁ εἰδικὸς ἀριθμὸς στροφῶν τῆς μονάδος ἐκφράζεται ἐν τῇς σχέσεως:

$$n_{su} = n_{sj} \sqrt{z_u} \quad (6.154)$$

Ὁ εἰδικὸς ἀριθμὸς στροφῶν  $n_{sj}$  ἐκδοτού ἀκροφυσιῶν ἀντιστοιχεῖ πρός τὸν εἰδικὸν ἀριθμὸν στροφῶν δρομεώς δράσεως μεθ' ἐνδις ἀκροφυσιῶν.

Ἡ παροχή μελέτης  $Q_j$  ἀνα ἀκροφύσιον τῆς στροβιλομηχανῆς ἐκφράζεται δια τῆς σχέσεως :

$$Q_j = \frac{Q_u}{z_u} \quad (6.155)$$

Διαδ συνδυασμού τής σχέσεως (6.152) μετά τών σχέσεων (6.154) και (6.155) έχο-  
μεν αντιστοίχως :

$$n_{sj} = \frac{3,43n \sqrt{Q_u}}{\sqrt{z_u} H_d^{3/4}} \quad (6.156)$$

κατ

$$n_{sj} = \frac{3,43n \sqrt{Q_j}}{H_d^{3/4}} \quad (6.157)$$

Εν τών σχέσεων (6.156), κατ (6.157) είναι προφανές ότι δια τόν υπολογισμόν  
τού είδικού αριθμού στροφών  $n_{sj}$  δέον να ληφθούν όπ' όψιν ή διατηρή παροχή μελέτης  
τής μονάδος  $Q_u$  κατ ό αριθμός τών ακροφυσίων τής στροβιλομηχανής ή η παροχή μελέ-  
της  $Q_j$  έκαστου ακροφυσίου.

Ο μεγιστος αριθμός στροφών τής μονάδος μετά  $z_u$  ακροφυσίων ένφραζεται συναρ-  
τήσει τού είδικού αριθμού στροφών  $n_{su}$  ή  $n_{sj}$  βάσει τών σχέσεων (6.152) ή (6.156)  
αντιστοίχως ώς έξης :

$$n_{max} = \frac{(n_{su})_{max} H_d^{3/4}}{3,43 \sqrt{Q_u}} \quad (6.158)$$

η

$$n_{max} = \frac{(n_{sj})_{max} H_d^{3/4}}{3,43 \sqrt{Q_u}} \quad (6.159)$$

Ο είδικος αριθμός στροφών  $n_{sj}$ , δύναται να ένφρασθη έπεισης συναρτήσει τής  
διαμέτρου  $d$  τής συνεσταλμένης διατομής τής ύδατος φλεβός κατ τής διαμέτρου τού  
δρομέως  $D$ , βλ. Σχ. 6-21, ώς αναπτύσσεται κατωτέρω.

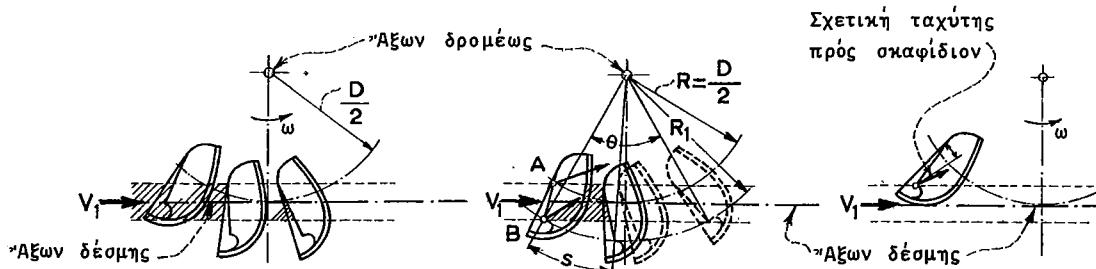
Η παροχή δια μέσου τού ακροφυσίου δύναται να ένφρασθη συναρτήσει τής απολύ-  
του μεσης τάχυτητος  $V_1$ , τής ύδατος δεσμης, είς τήν θέσην τής συνεσταλμένης δια-  
τομής διαμέτρου  $d$ , ώς έξης :

$$Q_j = V_1 \frac{\pi d^2}{4} \quad (6.160)$$

$$Q_j = C_v \sqrt{2gH_d} \frac{\pi d^2}{4} \quad (6.161)$$

Ένθα  $C_v$  είναι ό συντελεστής ταχύτητος (velocity coefficient).

Δια τήν διάμετρον  $d$  έξ αλλού θα ισχύη βάσει τής σχέσεως (6.161) η έξισ-



**Σχ. 6-56** Σχηματική παράστασις τής ύδατρινης δέσμης κατά τήν περιστροφήν του δρομέως δραστεώς.

$$d = \frac{0,54}{H_d^{1/4}} \cdot \left( \frac{Q_j}{C_v} \right)^{1/2} \quad (6.162)$$

Δια βελονοειδῆ ἀκροφύσια ἡ τιμή του  $C_v$  κυμαίνεται συνήθως ἀπό 0,97 ὑπὸ 0,99, Δια  $C_v = 0,97$ , ἡ σχέσις (6.162) γράφεται :

$$d = 0,55 \frac{Q_j^{1/2}}{H_d^{1/4}} \quad (6.163)$$

Η ἔξισασις (6.157) του ἀντιστοίχου εἰδικοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν δρομέως πρᾶς ἐν ἀκροφύσιον εἶναι ἵσοδυναμος βάσει τής σχέσεως (6.163) πρᾶς τήν κάτωθι σχέσιν :

$$\pi_{sj} = 6,25 \frac{\pi \cdot d}{\sqrt{H_d}} \quad (6.164)$$

Η διαδικασία του δρομέως  $D$ , ἐκφράζεται βάσει τής σχέσεως (6.34) ὡς ἔτις :

$$D = \frac{85\varphi \sqrt{H_d}}{\eta} \quad (6.165)$$

Διεδ συνδυασμού τών σχέσεων (6.137), (6.162) και (6.165) οπου  $Q = Q_j$ , δυνάμεις ναί ένφρασμα με τον είδησην αριθμόν στροφών  $n_{sj}$  συναρτήσει τών  $d$  και  $D$  διεδ τής κάτωθι σχέσεως :

$$n_{sj} = 575\varphi \sqrt{n_\sigma C_v} \frac{d}{D} \quad (6.166)$$

Η σχέση (6.166) δεδει τήν έπειδρασιν τών διαμέτρων  $d$  και  $D$  έπει τού είδησην αριθμού στροφών δρομέως μεθ' ένδις ακροφυσασιους και θεωρεῖται ισοδύναμος πρόσ τήν γενικήν σχέσην (6.82). Η παραμετρος έπομενως  $n_{sj}$ , ως ανεπτύχθη έπεισης έν παρ. 6.6.4, δύναται να χαρακτηρισθῇ ως σταθερά απόντων τών γεωμετρικών όμοιων δρομέων ανεξαρτήτως τού φυσικού αύτων μεγέθους και τού ωφελέμου ψφους πτώσεως. Διεδ γεωμετρικών όμοιων δρομέων και υπό τον αντίστοιχον είδησην αριθμόν στροφών, παραλειπομένης δε τής έπειδρασμεως τών τριβών, αί παραμετροι φ,  $C_v$ ,  $n_\sigma$  και  $d/D$  παραμένουν σταθερα.

Η μεταβολή τού συντελεστού περιφερειακής ταχύτητος (*peripheral coefficient*) φ, διεδ μεταβαλλομένας τιμάς τού  $n_{sj}$  ως προηπτει έν τού πεντακοσίου 6.1 είναι ασήμαντος. Επειδή η μεταβολή τού βαθμού απόδρσεως είναι σχετικών μικρά διεδ διακυμάνσεις τού  $n_{sj}$  λ.χ. μεταξύ τών όρων 10 έως 30, είναι προφανές οτι ο είδησης αριθμός στροφών έξαρτηται κυρίως έν τής μεταβολής τής αδιαστάτου παραμέτρου  $d/D$ . Λαμβανομένων κατά προσέγγισιν  $\varphi = 0,45$ ,  $n_\sigma = 0,88$  και  $C_v = 0,97$ , η σχέση (6.166) γράφεται απλούστερον :

$$n_{sj} = 240 \frac{d}{D} \quad (6.167)$$

Διεδ ίκανοποιητικήν λειτουργίαν τού στροβίλου δράσεως και υπό ψηλόν βαθμόν απόδρσεως αί τιμας τής παραμέτρου  $D/d$  δέοντος ναί κυμανονται μεταξύ 7 και 26. Έν τής σχέσεως (6.167) προηπτει διεδ  $D/d \geq 7,5$ , οτι :

$$n_{sj} \leq 32 \quad (6.168)$$

Δέοντος να τονισθῇ οτι αί ανωτέρω σχέσεις ισχύουν διεδ δρομέα μετά μοναδικού ακροφυσασιου. Η έπιλογή τού  $D/d$  μεταξύ τών τιμών 12 έως 18 θεωρεῖται οτι εύνοει τήν λειτουργίαν τής μονάδος υπό τον μέγιστον βαθμόν απόδρσεως. Αί αντίστοιχοι τιμας τού  $n_{sj}$  κυμανονται μεταξύ 20 και 13,30.

**6.8.2.2 Χαρακτηριστικαί Διαστάσεις** Αί χαρακτηριστικαί διαστάσεις τής στροβιλομηχανής απαιτούν κυρίως τον προσδιορισμόν τής διαμέτρου τού δρομέως και τής διαμέτρου τής υδατίνης δέσμης  $d$ .

Η διάμετρος τού δρομέως δύναται να προσδιορισθῇ έν τής σχέσεως (6.34), αν είναι γνωστή η τιμή τού συντελεστού φ. Διεδ φ = 0,45 έχομεν :

$$D = \frac{85\varphi \sqrt{H_d}}{n} = \frac{38,3 \sqrt{H_d}}{n} \quad (6.169)$$

Το διεγραμμα τού Σχ. 6-31, δεδει τον ίδαντον είδειν δρομέων στροφών δρομέων συναρτήσει : (α) Της παραμέτρου  $D/d$ , βασει της σχέσεως (6.167) και (β) Τού ύψους πτώσεως μελέτης. Δια την χρήσιν τού διαγράμματος και τον προσδιορισμόν τού απαιτουμένου είδειν δρομέων στροφών τού δρομέων νδικασθήσει δρομέων τών δρομέων, ώς και δρομέων τών ακροφυσίων έκαστου δρομέων της υπ' ὄψιν μονάδος. Ο ίδαντον είδειν δρομέων στροφών τού διαγράμματος τού Σχ. 6-31 αναφέρεται είς δρομέων μεσ' ένδινδροφυσίου. Ο ίδαντον είδειν δρομέων στροφών της μονάδος προσδιορίζεται βασει της σχέσεως (6.152).

Το διεγραμμα τού Σχ. 6-31, αναφέρεται είς τον δρομέα μετά κατακορύφου "η δροζοντέου ατράκτου φέροντα εν "η περισσότερα ακροφυσίου. Επι τού διαγράμματος έμφαζονται χαρακτηριστικά σημεῖα διαφέρων κατασκευασθέντων στροβιλομηχανῶν δράσεως. Ει τού διαγράμματος και τών σχέσεων (6.167) και (6.169) συμπεραίνομεν διτι : (α) "Η διάδικτρος τού δρομέων ενωτικά αντιστρόφως ανδλογίος τού είδειν δρομέων στροφών "η τού δρομέων στροφών, και ανδλογίος της τετραγωνικῆς ρεζης τού ύψους πτώσεως μελέτης και (β) "Ο μέγιστος δρομέων στροφών τού δρομέων εξαρτάται εν της μικροτέρας δυνατής διαμέτρου τού δρομέων η άποινα δέσιν νδικασθήσει της συνήθης άμαλης έκτοτεύσεως της υδατίνης δέσμης και επαρκούς έντροπης της εν τών σκαφιδών.

Επι τού Σχ. 6-31 διακρίνονται αι καμπύλαι 1 και 2. "Η καμπύλη 1 καθορίζει την περιοχήν ίκανοποιητικής λειτουργίας τών στροβιλῶν δράσεως, τουλάχιστον δια τάς πρώτας 10.000 ώρας λειτουργίας ανευ της έμφανσεως, ρωγμῶν "η διαβρώσεως τών κυριών μηχανισμῶν της στροβιλομηχανῆς (ακροφυσίων και σκαφιδών). "Η καμπύλη 2 καθορίζει το ανώτατον δριπού ασφαλούς λειτουργίας τών στροβιλῶν δράσεως, βασει της έμπειρας τών κατασκευαστῶν.

Είς τον πρώτα 6.7 δεδεται η έξιρτησις τών ορῶν max  $n_{sj}$  και  $\min \frac{D}{d}$  εν τού ύψους πτώσεως  $H_d$ . "Ο πρώτας αναφέρεται είς δρομέα μεσ' ένδινδροφυσίου. Αι στήλαι τού πρώτα 6.7 (1) εώς (3) βασίζονται επι της καμπύλης 2, τού ανωτάτου δριπού λειτουργίας δρομέων, τού Σχ. 6-31. Αι στήλαι (1), (4) και (5) βασίζονται επι τών προτεινομένων δριπών  $n_{sj}$  και  $D/d$  υπό τού  $H$ . Gerber, βλ. (5), Vol. II, σελ. 703. "Η έξιρτησις τών ορῶν max  $n_{sj}$  και  $\min \frac{D}{d}$  δι' αμφοτέρας της περιπτώσεις βασίζεται επι της σχέσεως (6.167).

Ει τού πρώτα 6.7 συνάγεται δια  $H_d \leq 500$  και  $H_d \geq 1000$ , αι οριακας τιμας τών  $n_{sj}$  και  $D/d$  τών στηλῶν (2) και (3) "η τού Σχ. 6-31, προσεγγίζουν πρός τάς αντιστοίχους οριακας τιμάς τού  $H$ . Gerber, βλ. στήλαι (4) και (5).

"Ο αριθμός τών απαιτουμένων σκαφιδών  $z_s$  τού δρομέων, "η η απαιτουμένη μεταξύ τούτων απόστασις  $s$ , δια δεδομένην διάδικτρον τού δρομέων  $D$  βλ. Σχ. 6-56, εξαρτάται εν της μεταβλητής  $D/d$ . "Η έπιδρασις της μεταβλητής  $D/d$  επι τού  $z_s$  δεδεται είς τον πρώτα 6.7, βλ. στήλαι (6) και (7). Αι στήλαι (6) και (7) βασίζονται επι τών στοιχείων τού κατασκευαστικού οίκου J. Voith (5), Vol. II, σελ. 788.

Ει τού πρώτα 6.7 συμπεραίνομεν έπισης δια  $400 \leq H_d \leq 2000$ : (α) Αι οριακας τιμας max  $n_{sj}$  και  $\min \frac{D}{d}$  κυμανονται συνήθως από 30 έως 10 και 8 έως 24 αντιστοίχως και (β) "Ο αντιστοιχος αριθμός σκαφιδών τού δρομέων κυμανεται από 15 έως 30.

ΠΙΝΑΞ 6.7-ΕΠΙΔΡΑΣΙΣ ΥΨΟΥΣ ΠΤΩΣΕΩΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΕΠΙ ΤΩΝ $n'$ , $\frac{D}{d}$ , ήας $z_s$ .						
$H_d$ [m]	Καμπύλη 2 (Σχ.6-31)		H. Gerber (5)		J. Voith (5)	
	$\max n'$ $s_j$	$\min \frac{D}{d}$	$\max n'$ $s_j$	$\min \frac{D}{d}$	$\frac{D}{d}$	$z_s$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
400	29,6	8,1	30	8	7,5	15
500	25,8	9,3	26	9	9,2	17
600	22,9	10,5	24	10	10,9	20
750	19,8	12,1	22	11	13,3	22
1000	16,5	14,5	17	14	17,1	26
1500	13,0	18,5	12,5	19	20,0	28
2000			10	24	24,0	30
					30,0	34
					40,0	37
					60,0	40

Η επιτρεπομένη μεση ταχύτης τού διδαστού εντός τού ακροφυσσού δεδοται εν τής κατωθι σχέσεως:

$$V_m = (0,07 - 0,10) \sqrt{2gH_d} \quad (6.170)$$

Η επιτρεπομένη παροχή,  $Q_j$  ανά ακροφύσιον, βλ. σχέσιν (6.160), δειν να μην υπερβαίνη συνήθως τα 6 m<sup>3</sup>/sec. Η διαμετρος τής άνδατής δεσμης d ένλεγεται συνήθως από 0,10 m έως 0,25 m σπανίως δε υπερβαίνει τα 0,30 m. Είς τα Σχ.6-21 δεδονται αιν βασικαί διαστάσεις τού σιαφιδζού συναρτήσει τής διαμέτρου d.

### 6.8.3 Στοιχεῖα Στροβίλομηχανῶν και Αριθμητικά Παραδείγματα

Είς τόν πίνακα 6.9 δεδονται βασικά στοιχεῖα στροβιλομηχανῶν ύδροδυναμικῶν ἐγκαταστάσεων ανά τόν κασμον. Ο πίνακας περιλαμβάνει στροβιλομηχανᾶς τύπου αντιδράσεως και δράσεως ως και αναστρεψίμου αντλίας-στροβίλου, κατασκευασθείσας ύπρ τού οίκου Allis - Chalmers. Δι' ἐκδοτην τών αναφερομένων ἐγκαταστάσεων τού πίνακος δεδονται τα εξής στοιχεῖα : (α) Ο ἀριθμός τών κατασκευασθείσαν στροβιλομηχανῶν, (β) Η ονομαστική (ἐγκατεστημένη) ισχύς τής στροβιλομηχανῆς είς HP (Βρεττανικόν σύστημα),

(γ) Το ώφελιμον ύψος πτώσεως είς ft ήας (δ) Ο όνομαστικός αριθμός στροφῶν τῆς μονάδος.

Έν τῶν ἀναφερομένων ἐγκαταστάσεων τοῦ πεντακοσίου, η μεγιστηρία όνομαστική ἵσχυς δι' ἕκαστον τύπου στροβιλομηχανῆς εἶναι : (α) Francis, Brownlee, ἵσχυς 144.000 HP, (β) Kaplan, Cowans Ford, ἵσχυς 160.000 HP, (γ) "Ελικος, St. Lawrence, ἵσχυς 79.000 HP, (δ) Pelton, Kemano, ἵσχυς 150.000 HP, ήας (ε) 'Αναστρεψίμου ἀντλίας-στροβίλου, Taum Sauk, ἵσχυς 300.000 HP. Έν τῶν ἀναφερομένων ἐγκαταστάσεων, το ώφελιμον ύψος πτώσεως εἶναι 762m προκειμένου περὶ τῆς ὑπογείου ἐγκαταστάσεως Kemano.

Είς τὸν πεντακοσία 6.8 δεδονται αὶ ἀκραῖαι τιμαὶ τοῦ ὄφελέμου ύψους πτώσεως ήας ἀριθμός στροφῶν τῆς μονάδος δι' ἕκαστον τύπου ἐν τῶν ἀναφερομένων στροβιλομηχανῶν τοῦ πεντακοσίου 6.9, όνομαστικής ἵσχυς  $I_{\sigma} > 10.000$  HP.

ΤΙΝΑΞ 6.8-ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΩΝ $H_n$ , η ΔΙΑ $I_{\sigma} > 10.000$ HP (βλέπε πεντακα 6.9)		
Τύπος Στροβιλομηχανῆς	$H_n$ (m)	η (rpm)
Francis	21,4 - 290	75 - 720
Kaplan - "Ελιξ	10,7 - 35,1	69,2 - 225
Pelton	244 - 762	143 - 600
'Αν. 'Αντλία-Στροβίλος	27,2 - 259	105 - 375

6.8.3.1 'Αριθμητικὰ Παραδείγματα Στροβίλων Αντιδράσεως Δι' ὑδροδυναμικήν ἐγκατάστασιν ἐγκατεστημένης ἵσχυος 45 MW ήας ύψους πτώσεως μελέτης 51m, ζητεῖται ὁ ὑπολογισμός δια τὰς περιπτώσεις στροβίλου τύπου Francis ήας Kaplan τῶν ἐξῆς: (α) Τῶν χαρακτηριστικῶν μεταβλητῶν η<sub>s</sub>, η<sub>r</sub>, η ήας η<sub>s</sub>, (β) Τῶν βασικῶν διαστάσεων τῆς στροβιλομηχανῆς (δρομέως, σπειροειδοῦς κελύφους ήας ἀγωγοῦ ἐξέδου) ήας (γ) Τοῦ ὑψομέτρου τοῦ ἐπιπέδου ἀναφορᾶς τοῦ στροβίλου.

Δια τὸν ὑπολογισμὸν δεδονται συμπληρωματικῶς τὰ οἰκτικὰ στοιχεῖα : (α) Βαθμοὶς ἀποδόσεως : η<sub>r</sub> = 97 %, η<sub>s</sub> = 89,5 % (ὑπό πλήρες ἀνοιγμα τῶν ρυθμιστικῶν πτερυγίων), (β) Συχνότητας : f = 50 Hz, (γ) Σταθμη διώρυγος φυγῆς z<sub>Δ</sub>: ύψομετρον +160 ήας (δ) Θερμοκρασία ὑδατος : T = 25°C.

#### Περιπτώσις 1 : Στροβίλος Francis.

1.1 Ονομαστική ἵσχυς στροβίλου :

$$I_{\sigma} = \frac{45.000}{0,736 \times 0,97} = 63.000 \text{ HP}$$

1.2 Ιδανικός εἰδικός αριθμός στροφῶν, σχέσις (6.86) :

ΠΙΝΑΞ 6.9 - ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΤΡΟΒΙΛΟΜΗΧΑΝΩΝ ΥΔΡΟΔ.  
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΑΝΑ ΤΟΝ ΚΟΣΜΟΝ

(1)	PLANT (2)	STATE OR COUNTRY (3)	(4) NO. OF UNITS	(5) CAPACITY IN HP	(6) HEAD IN FT.	(7) SPEED IN RPM
F R A N C E S	Abitibi . . . . .	Canada	6	66,000	237	150
	Americana . . . . .	Brazil	3	14,000	106.6	200
	Beardsley . . . . .	Cal.	1	14,000	258	300
	Beauharnois . . . . .	Canada	3	56,000	76	75
	Brownlee . . . . .	Oregon	4	144,000	250	128.5
	Bull Shoals . . . . .	Ark.	4	62,000	190	128.5
	Butt Valley . . . . .	Cal.	1	52,000	280	200
	Calderwood . . . . .	Tenn.	3	56,000	213	150
	Cherokee . . . . .	Tenn.	3	50,000	145	94.7
	Chief Joseph . . . . .	Wash.	6	100,000	165	100
	Chute-a-Caron . . . . .	Canada	6	65,000	150	120
	Chute du Diable . . . . .	Canada	5	55,000	110	105.9
	Clearwater No. 1 . . . . .	Oregon	1	22,500	616	514
	Clearwater No. 2 . . . . .	Oregon	1	39,350	722	450
	Colimilla . . . . .	Mexico	4	20,000	413	400
	Conowingo . . . . .	Md.	4	54,000	89	81.8
	Dargai . . . . .	Pakistan	1	7,500	243	500
	Decew Falls . . . . .	Canada	1	75,000	280	166.7
	Denison . . . . .	Texas	2	56,000	102.5	90
	Derme . . . . .	Turkey	4	2,280	432	1,000
	Diablo . . . . .	Wash.	2	115,000	318	171.5
	Falcon . . . . .	Mexico	3	14,700	100	163
	Falcon . . . . .	Texas	3	14,700	100	163
	Fontana . . . . .	N. C.	3	91,500	330	150
	Forbestown . . . . .	Cal.	1	39,000	795	450
	Fort Peck . . . . .	Mont.	2	63,500	170	128.6
	Fort Randall . . . . .	S. Dak.	8	57,500	112	85.7
	Furman Shoals . . . . .	Ga.	2	30,000	92	112.5
	Grand Falls . . . . .	Newfoundland	4	5,500	104	250
	Hoover Dam . . . . .	Ariz.-Nev.	9	115,000	480	180
	Hungry Horse . . . . .	Mont.	4	105,000	400	180
	Iron Gate . . . . .	Oregon	1	25,000	154	180
	Isle Maligne . . . . .	Canada	12	50,000	110	112.5
	Jordan Dam . . . . .	Ala.	4	36,000	90	100
	Kaggefoss . . . . .	Norway	1	21,700	223	300
	Kajaki Proj. . . . .	Afghanistan	1	90	205	1,500
	Kelly Ridge . . . . .	Cal.	1	13,000	628	720
	Keswick . . . . .	Cal.	3	34,600	78	—
	La Cave . . . . .	Canada	4	35,000	77	94.7
	Laguneta . . . . .	Colombia	3	30,100	921	720
	Las Juntas . . . . .	Mexico	1	6,900	202	450
	Lemolo No. 1 . . . . .	Oregon	1	40,000	710	400
	Lemolo No. 2 . . . . .	Oregon	1	46,000	705	400
	Lihue . . . . .	Hawaii	1	1,070	208	900
	Mabubas . . . . .	West Africa	2	4,980	137.2	375
	Mammoth Pool . . . . .	Cal.	2	88,000	950	360
	Maraeti . . . . .	New Zealand	5	50,000	195	166.7
	Masson Dev. . . . .	Canada	4	34,000	185	166.7
	McCormick . . . . .	Canada	3	60,000	124	112.5
	Mitchell . . . . .	Ala.	3	24,000	70	100
	Noxon . . . . .	Mont.	4	140,000	162	100
	Nuestro Amo . . . . .	Costa Rica	2	5,300	567	900
	Oahe . . . . .	S. Dak.	7	128,500	185	100
	Cage . . . . .	Mo.	8	35,400	90	112.5
	Palisades . . . . .	Idaho	4	39,500	190	163.6
	Paulo Afonso . . . . .	Brazil	2	108,000	224	200
	Pelton . . . . .	Oregon	3	52,200	150	138.5
	Peribonka . . . . .	Canada	5	55,000	110	105.9
	Portal . . . . .	Cal.	1	14,000	210	300
	Puente Grande . . . . .	Mexico	1	12,500	230	300
	Rapide Beaumont . . . . .	Canada	6	55,000	124	120
	Santa Barbara . . . . .	Mexico	3	36,000	808	500
	Emilio Selle . . . . .	Guatemala	1	976	110	600
	Seton-Cayoosh . . . . .	Canada	1	58,500	147	120
	Shasta . . . . .	Cal.	5	103,000	330	138.5
	Shipshaw . . . . .	Canada	12	100,000	208	128.5
	Silver Falls . . . . .	Canada	1	60,000	330	240
	Slide Creek . . . . .	Oregon	1	25,000	169	200
	Smith Dam . . . . .	Ala.	2	111,500	210	138.5
	Soda Springs . . . . .	Oregon	1	16,000	107	163.6
	Stewartville . . . . .	Canada	3	28,000	148	163.6
	Swift Creek No. 1 . . . . .	Wash.	3	117,000	378	180
	Swift Creek No. 2 . . . . .	Wash.	2	46,000	128	128.6
	Tenn. Creek . . . . .	Tenn.	1	12,570	502	600
	Toketee . . . . .	Oregon	3	21,200	440	400
	Tulloch . . . . .	Cal.	2	12,000	153	240
	Upper Campbell . . . . .	Canada	2	42,000	140	138.5
	Whatshan . . . . .	Canada	3	16,500	690	600
	Wilson . . . . .	Ala.	10	35,000	92	100

ΥΠΟΜΝΗΜΑ	
Στήλαι	(1)-(8): Τύπος στροβίλου
(2): Εγκατάστασις	(3): Χώρα ή Πολιτεία Η.Π.Α.
(4): Άριθμός μονάδων	(5): Ισχύς στροβίλου, HP (Βρ. σύστημα)
(6): Ύψος πτώσεως, ft	(7): n, rpm
Fixed Blade — "Ελιξ	
Hor. Imp.— Όριζόντιος Δράσεως	
Vert. Imp.— Κατακόρυφος Δράσεως	
Pump-Turb.— Αντλία-Στρόβιλος	

(1)	PLANT (2)	STATE OR COUNTRY(3)	(4) NO OF UNITS	(5) CAPACITY IN HP	(6) HEAD IN FT	(7) SPEED IN RPM	(8) TYPE TURBINE
ΚΑΡΠΑΝ-ΕΛΙΞ	Big Eddy .....	Canada	2	5,280	38	200	Fixed Blade
	Blandin .....	Minnesota	1	1,900	20	150	Fixed Blade
	Bonneville .....	Wash.	10	74,000	60	75	Kaplan
	Box Canyon .....	Wash.	4	24,500	41	100	Kaplan
	Camargos .....	Brazil	2	35,700	88.6	150	Kaplan
	Castle Rock .....	Wisc.	5	4,375	28	150	Kaplan
	Cochrane .....	Mont.	2	42,000	80	128.6	Kaplan
	Cowans Ford .....	N. C.	3	160,000	115	105.9	Kaplan
	Dairyland .....	Wisc.	3	8,600	62	225	Kaplan
	Deep Brook .....	Nova Scotia	2	6,400	46	200	Kaplan
	Ear Falls .....	Canada	2	7,500	36	150	Kaplan
	Ear Falls .....	Canada	1	5,000	36	180	Fixed Blade
	Falls of Ohio .....	Ky.	8	15,500	37	106	Fixed Blade
	Guntersville .....	Ala.	4	39,000	41	69.2	Kaplan
	Hales Bar .....	Tenn.	2	38,000	41	69.2	Kaplan
	Ice Harbor .....	Wash.	3	143,000	89	90	Kaplan
	Itutinga .....	Brazil	2	17,000	97	225	Kaplan
			2	20,000	98	225	Fixed Blade
	Kentucky .....	Ky.	5	44,000	48	78.3	Kaplan
	Lake Walk .....	Texas	1	1,900	33	277	Kaplan
	Little Falls .....	Minnesota	3	900	32	225	Kaplan
	McGee Bend .....	Texas	2	41,300	70	120	Kaplan
	McNary .....	Oregon	14	111,300	80	85.7	Kaplan
	Nimbus .....	Cal.	2	9,400	41.5	150	Kaplan
	North Highlands .....	Ga.	3	13,750	35	100	Fixed Blade
	Petenwell .....	Wisc.	4	7,200	41	163.6	Kaplan
	Pickwick .....	Tenn.	6	55,000	43	81.8	Kaplan
	Presque Isle .....	Mich.	2	900	42	450	Kaplan
	Rione .....	Uruguay	4	40,000	105	125	Kaplan
	Rock Island .....	Wash.	6	34,000	45	100	Kaplan
			4	32,200	45	100	Adjustable
	Rocky Beach .....	Wash.	7	140,000	92	90	Kaplan
	St. Lawrence .....	N. Y.	8	79,000	81	94.7	Fixed Blade
	St. Mary's Falls .....	Mich.	1	3,000	21	128.6	Kaplan
			3	6,975	21	80	Fixed Blade
	Safe Harbor .....	Penna.	3	42,000	55	109.1	Kaplan
	Santee Cooper .....	S. C.	2	40,000	70	120	Kaplan
			1	13,300	70	200	Kaplan
	Seven Sisters .....	Canada	1	37,500	66	138.5	Fixed Blade
	Shepaug .....	Conn.	1	57,000	96	138.5	Kaplan
	Skelton .....	Maine	2	11,600	76	225	Kaplan
	Tillery .....	N. C.	1	33,000	70	128.6	Fixed Blade
	Trail Bridge .....	Oregon	1	11,700	67	212	Kaplan
	Upper Salmon .....	Idaho	2	13,000	44	138.5	Fixed Blade
	Village of Hardwick .....	Vermont	1	1,050	50	514	Kaplan
	Weiss Dam .....	Ala.	3	39,100	49	90	Fixed Blade
	Weybridge Sta. ....	Vermont	1	4,900	31	138.5	Kaplan
	Wilson .....	Ala.	3	74,600	86	105.9	Fixed Blade
	Yadkin Falls .....	N. C.	2	15,000	54	128.6	Fixed Blade
ΔΡΑΣΕΩΣ	Balch .....	Cal.	1	40,000	2,243	360	Hor. Imp.
	Beaver Falls .....	Alaska	2	3,600	760	360	Hor. Imp.
	Bhire Pl. Unit 6 .....	India	1	30,500	1,440	375	Hor. Imp.
	Big Creek 2A .....	Cal.	1	56,000	2,200	300	Hor. Imp.
	Caribou No. 1 .....	Cal.	1	30,000	1,008	171	Hor. Imp.
	Caribou No. 2 .....	Cal.	2	76,000	1,110	240	Vert. Imp.
	Cementos el Cairo .....	Columbia	2	3,000	1,900	900	Hor. Imp.
	Cerro de Pasco .....	Peru	7	5,000	700	300	Hor. Imp.
	Donnells .....	Cal.	1	74,500	1,151	240	Vert. Imp.
	Glenville (Thorpe) .....	N. C.	1	30,000	1,150	257	Hor. Imp.
	Green Springs .....	Oregon	1	23,500	1,800	600	Vert. Imp.
	Jaybird .....	Cal.	2	88,000	1,432	300	Vert. Imp.
	Kemano .....	Canada	1	150,000	2,500	327	Vert. Imp.
	Lower Molina .....	'Colo.	1	6,800	1,400	450	Hor. Imp.
	Paucartambo .....	Peru	3	28,000	1,580	450	Hor. Imp.
	Petersburg .....	Alaska	1	3,100	1,000	600	Hor. Imp.
	Pinnacles .....	Va.	3	4,675	660	450	Vert. Imp.
	San Bartolo .....	Mexico	1	39,000	1,233	428.6	Vert. Imp.
	San Francisquito No. 1 .....	California	1	32,200	800	143	Hor. Imp.
	Serra .....	Brazil	3	98,800	2,231	360	Hor. Imp.
	Strawberry Creek .....	Wyo.	3	725	450	514	Hor. Imp.
	Stanislaus .....	Cal.	1	113,000	1,493	257	Vert. Imp.
	Thorpe .....	N. C.	1	30,000	1,188	257	Hor. Imp.
	Toro Negro No. 1 .....	Puerto Rico	1	6,600	1,580	600	Hor. Imp.
	Upper Molina .....	Colorado	1	12,000	2,490	600	Hor. Imp.
	Wahiawa .....	Hawaii	1	1,800	700	360	Vert. Imp.
	Woodleaf .....	Cal.	1	71,000	1,443	327	Vert. Imp.
ΑΝΑΣΤΡΕΨΙΜΟΣ ΑΝΤΛΙΑ-ΣΤΓΡΟΒΙΛΟΣ	Chubu .....	Japan	1	69,400	334	200	Pump-Turb.
	De Souza .....	Brazil	1	19,000	89	150	Pump-Turb.
	Flatiron .....	Colo.	1	12,000	290	257	Pump-Turb.
	Hatanagi .....	Japan	1	69,400	334	200	Pump-Turb.
	Hiwassee .....	N. C.	1	80,000	190	105.9	Pump-Turb.
	Pedreira .....	Brazil	3	19,000	89	105	Pump-Turb.
	Providenza .....	Italy	1	70,000	850	375	Pump-Turb.
	Smith Mountain .....	Va.	2	87,000	180	106	Pump-Turb.
	Taum Sauk .....	Mo.	2	300,000	790	200	Pump-Turb.
	Traicao .....	Brazil	3	3,450	23	150	Pump Turb.

Βεβει τής καμπύλης 1 τοῦ USBR, βλ. Σχ. 6-30-1 ἔχομεν :

$$n_s' = \frac{1550}{H_d^{1/2}} = \frac{1550}{(51)^{1/2}} = 217,04$$

1.3' Ιδανικός ἀριθμός στροφῶν, σχέσις (6.89) :

$$n' = \frac{n_s' H_d^{5/4}}{\sqrt{I_\sigma}} = \frac{217 \times (51)^{5/4}}{\sqrt{63.000}} = 117,83 \text{ rpm}$$

1.4 Σύγχρονος ἀριθμός στροφῶν ἢ ἀριθμός στροφῶν μελέτης τῆς μονάδος, σχέσις (6.90) καὶ πίναξ 6.5 :

Δια  $n \leq n'$  ἔκλεγομεν ἀριθμὸν πόλων  $p = 52$ , ὅποτε :

$$n = \frac{120f}{p} = \frac{120 \times 50}{52} = 115,38 \text{ rpm}$$

1.5 Εἰδικός ἀριθμός στροφῶν μελέτης, σχέσις (6.93) :

$$n_s = \frac{n \sqrt{I_\sigma}}{H_d^{5/4}} = \frac{115,38 \sqrt{63.000}}{(51)^{5/4}} = 212,50$$

1.6 Διάμετρος ἑξδόου δρομέως, σχέσις (6.36) :

Ἐκ τῆς σχέσεως (6.133) ἢ ἐν τοῦ διαγράμματος τοῦ Σχ. 6-51 καὶ δια  $n_s = 212,50$  προκύπτει :  $\varphi_3 = 0,78$ . Ἐκ τῆς σχέσεως (6.36) ἔχομεν :

$$D_3 = \frac{85 \varphi_3 \sqrt{H_d}}{n} = \frac{85 \times 0,78 \sqrt{51}}{115,38} = 4,10 \text{ m}$$

Ἐάν δια τῶν ὑπολογισμῶν τοῦ ἑδανικοῦ εἰδικοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν εἶχε χρησιμοποιηθῆ ἢ ὡριακή καμπύλη 2, βλ. Σχ. 6-30-1 καὶ σχέσιν (6.86.1), τότε θὰ γίνεται :

$$n_s' = \frac{3490}{H_d^{0,62}} = \frac{3490}{(51)^{0,62}} = 304,9$$

Ἐκ τῶν σχέσεων (6.90) καὶ (6.93), βλ. ἀνωτέρω παρ. 1.4 καὶ 1.5, καὶ δια  $p = 40$  προκύπτει :

$$n = 150 \text{ rpm} \quad \text{καὶ} \quad n_s = 276,26$$

Έκ τοῦ Σχ. 6-51 καὶ τῆς σχέσεως (6.36) διὰ  $n_s = 276,26$  προκύπτει ἀντιστοίχως :

$$\varphi_3 = 0,92 \quad \text{καὶ} \quad D'_3 = 3,71m < D_3 = 4,10m$$

Θα ἡδυνάμεθα νὰ ἐκλέξωμεν τὰς χαρακτηριστικὰς μεταβλητὰς καὶ τὰς βασικὰς διαστάσεις τοῦ στροβίλου βάσει τῆς ὁριακῆς καμπύλης 2 τοῦ Σχ. 6-30-1 διὰ στροβίλους Εύρωπαϊκῆς κατασκευῆς.

Διὰ τόν προσδιορισμὸν τοῦ  $D_3$  δυνάμεθα ἐπισης νὰ χρησιμοποιήσωμεν τὴν σχέσιν (6.142) ὡς ἐξῆς :

$$Q = \frac{I_\sigma}{13,33H_d n_\sigma} = \frac{63.000}{13,33 \times 51 \times 0,895} = 103,5 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$\text{καὶ} \quad D_3 = 4,35 \left( \frac{Q}{n} \right)^{1/3} = 4,35 \left( \frac{103,5}{115,38} \right)^{1/3} = 4,20m$$

1.7 Διαμετρὸς εἰσόδου  $D_e$  σπειροειδοῦς κελύφους, βλ. Σχ. 6-52 :

Λαμβάνοντες  $D_3 = 4,10m$  καὶ διὰ  $n_s = 212,50$  προκύπτει γραφικῶς :

$$D_e = 1,26D_3 = 5,17m$$

$$\text{όπρτε :} \quad V_e = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} D_e^2} = \frac{103,5}{0,785 \times (5,17)^2} = 4,93 \text{ m/sec}$$

Έκ τῆς σχέσεως (6.144) διὰ  $C = 0,20$  προκύπτει :

$$\max V_e = 0,20 \sqrt{2gH_d} = 0,20 \sqrt{2 \times 9,81 \times 51} = 6,33 \text{ m/sec}$$

Ἐπομένως ἵνανοποιεῖται ἡ συνθήκη :

$$V_e = 4,93 \text{ m/sec} < \max V = 6,33 \text{ m/sec}$$

1.8 Βασικὰς διαστάσεις δρομέως καὶ σπειροειδοῦς κελύφους, βλ. Σχ. 6-51 καὶ 6-52 ἀντιστοίχως :

Διὰ  $n_s = 212,5$  προκύπτει γραφικῶς :

$$D_1 = 1,01 \quad D_3 = 4,14m$$

$$R_I = 2,07 \quad D_3 = 8,49m$$

$$D_2 = 0,98 \quad D_3 = 4,02m$$

$$R_{II} = 1,85 \quad D_3 = 7,58m$$

$$b_1 = 0,275 \quad D_3 = 1,13m$$

$$R_{III} = 1,62 \quad D_3 = 6,64m$$

$$b_2 = 0,18 \quad D_2 = 0,72m$$

$$R_{IV} = 1,32 \quad D_3 = 5,41m$$

$$b = 0,39 \quad D_3 = 1,60m$$

## 1.9 Αγωγός έξεδου, βλ. Σχ. 6-53 :

Παρ' ὅλον μὲν τὸ Δ<sub>3</sub> ὑπερβαῖνει τὸ 2,10 m, ἐκλέγομεν ἀγωγόν έξεδου τοῦ τύπου II, ἐφ' ὅσον τὸ ἔλευθερον ἀνοιγμα τοῦ ἀγωγοῦ έξεδου W μεταξὺ τῶν βάσηων εἶναι μηκότερον τοῦ 6,5 ἕως 7,5 m, βλ. παρ. 6.8.1.3. Πρᾶγματι ἐν τοῦ Σχ. 6-53, ἔχομεν :

$$W = 1,57 \times D_3 = 1,57 \times 4,10 = 6,43 \text{ m} < 6,50 - 7,50 \text{ m}$$

ἐκλέγομεν

$$W = 6,50 \text{ m}$$

"Υψος ἀνοιγμάτων ἀγωγοῦ έξεδου :

$$1,096 \times D_3 = 1,096 \times 4,10 = 4,50 \text{ m}$$

Ταχύτης τοῦ ὕδατος τῆν εἰς θέσιν 2 (βλ. Σχ. 6-53) τοῦ ἀγωγοῦ έξεδου :

$$V = \frac{103,5}{2 \times 6,50 \times 4,50} = 1,77 \text{ m/sec}$$

'Επεισης ἔχομεν :

$$\min(H-b) = 2,50 D_3 = 10,25 \text{ m}$$

καὶ

$$L = 3,80 D_3 = 15,58 \text{ m}$$

## 1.10 Τοποθέτησις στροβίλου, βλ. Σχ. 6-52 :

'Εν τοῦ Σχ. 6-50 δι' ὑψόμετρον 150 καὶ T = 25°C προκύπτει :

$$H_B = H_\alpha - H_V = 10,17 - 0,35 = 9,82 \text{ m}$$

'Εν τοῦ Σχ. 6-49 (καμπύλη 1) ἡ βάσει τῆς σχέσεως (6.130), διὰ πτερύγια δρομέως ἐν συνήθουσι χάλυβος (K = 0,0295) καὶ n<sub>s</sub> = 212,5 προκύπτει :

$$\sigma_n = 0,0295 \left( \frac{n_s}{100} \right)^{1,8} = 0,0295 \left( \frac{212,5}{100} \right)^{1,8} = 0,115$$

'Εν τῆς σχέσεως (6.118) καὶ διὰ H<sub>d</sub> = H<sub>n</sub> = 51m ἔχομεν :

$$H_S \leq H_{S_n} = H_B - \sigma_n H_d = 9,82 - 0,115 \times 51 = 3,98 \text{ m}$$

Λαμβάνοντες H<sub>S</sub> = 3,98 m καὶ βάσει τῆς σχέσεως (6.132) προκύπτει :

$$z = H_s + b_2 = 3,98 + 0,72 = 4,70 \text{ m}$$

Ός ύψομετρον τού επειπέδου αναφορᾶς τού στροβίλου έκλεγομεν (βλ. παρ. 6.7.2):

$$z_\Delta + z = 160,00 + 4,70 - 0,30 = 164,40 \text{ m}$$

### 1.11 Σχεδιον Διατάξεως Στροβίλου.

Το Σχ. 6-57, δεικνύει ύπο κλιμακα 1:200 εν κατόψει νας τομῇ τήν διάταξιν τού στροβίλου Francis.

### Περιπτώσις 2 : Στροβίλος Kaplan.

2.1 Βάσει τῆς παρ. 1.1:  $I_\sigma = 63.000 \text{ HP}$

2.2 Ιδανικός εύδικος αριθμός στροφῶν, σχέσις (6.87.2) :

Βάσει τῆς ιαμπύλης 1 τού USBR, βλ. Σχ. 6-30-2, έχομεν,

$$n' = \frac{1500}{H_d^{1/3}} = \frac{1500}{(51)^{1/3}} = 404,48$$

2.3 Ιδανικός αριθμός στροφῶν, σχέσις (6.89) :

$$n' = \frac{n_s \cdot H_d^{5/4}}{\sqrt{I_\sigma}} = \frac{404,5 \cdot (51)^{5/4}}{\sqrt{63.000}} = 219,63 \text{ rpm}$$

2.4 Σύγχρονος αριθμός στροφῶν ή αριθμός στροφῶν μελέτης τῆς μονάδος, σχέσις (6.90) νας πάναξ 6.5 :

Δια  $n \leq n'$  έκλεγομεν αριθμὸν πόλων  $p = 28$ , οπότε :

$$n = \frac{120f}{p} = \frac{120 \times 50}{28} = 214,29 \text{ rpm}$$

2.5 Εύδικος αριθμός στροφῶν μελέτης, σχέσις (6.93) :

$$n_s = \frac{n \sqrt[4]{I_\sigma}}{H_d^{5/4}} = \frac{214,29 \sqrt[4]{63.000}}{(51)^{5/4}} = 394,64$$

2.6 Διάμετρος έξοδου δρομέως, σχέσις (6.36) :

Έν τής σχέσεως (6.134) ή ἐν τοῦ διαγράμματος τοῦ Σχ. 6-51 οαὶ διὰ  $n_s = 394,64$  προκύπτει :  $\varphi_3 = 1,29$ .

Έν τῆς σχέσεως (6.36) ἔχομεν :

$$D_3 = \frac{85\varphi_3 \sqrt{H_d}}{\pi} = \frac{85 \times 1,29 \sqrt{51}}{214,29} = 3,65 \text{ m}$$

Θα ἡδυνάμεθα να ἐνλεξωμεν ταῖς χαρακτηριστικαῖς μεταβληταῖς  $n, n_s$  οαὶ ταῖς βασικαῖς ἀποστάσεις τοῦ στροβίλου βάσει τῆς ὁριακῆς ιαμπύλης 2 τοῦ Σχ. 6-30-2 διὰ στροβίλους Εὑρωπαϊκῆς ιατασκευῆς, ὅποτε θά προέκυπτε  $D_3 < D_3$ , βλ. ἐπίσης παρ. 1.6 τοῦ ὑπ' ὄψιν παραδείγματος. Διὰ συγκρίσεως τῶν μονάδων μετὰ δρομέων  $D_3$  οαὶ  $D_3 = 3,65 \text{ m}$  προκύπτει ὅτι : (α) 'Η μονάδα μετὰ δρομέως  $D_3$  εἶναι πλέον ταχύτατροφος, ἐνῷ ἀφ' ἐτέρου αἰ βασικαὶ διαστάσεις της εἶναι μικρότερα οαὶ (β) 'Η μονάδα μετὰ δρομέως  $D_3$  ἀπαιτεῖ χαμηλωτέραν τοποθέτησιν τοῦ ἐπιπέδου ἀναφορᾶς τοῦ στροβίλου ὡς πρός τὴν δεδομένην στάθμην τῆς διώρυγος φυγῆς.

Διὰ τῶν προσδιορισμῶν τῆς  $D_3$  δυνάμεθα ἐπίσης να χρησιμοποιήσωμεν τὴν σχέσιν (6.143) ὅποτε διὰ  $Q = 103,5 \text{ m}^3/\text{sec}$ , βλ. παρ. 1.6 ἔχομεν :

$$D_3 = 4,57 \left( \frac{Q}{n} \right)^{1/3} = 4,57 \left( \frac{103,5}{214,29} \right)^{1/3} = 3,95 \text{ m}$$

2.7 Διάμετρος εἰσόδου  $D_e$  σπειροειδοῦς κελύφους, βλ. Σχ. 6-52 :

Ἐφ' ὅσον  $H_d > 25-30 \text{ m}$ , τὸ σπειροειδὲς κελύφος ἀποτελεῖται ἐν χαλυβδίνου ἀγαγοῦ, ἡ δε διαμέρφωσις τῆς μονάδος, ἥτοι τοῦ σπειροειδοῦς κελύφους οαὶ τοῦ ἀγαγοῦ ἐξόδου, θὰ γίνῃ παρομοίως πρός στροβίλου τύπου Francis, βλ. ἐπίσης Σχ. 6-5.

Λαμβάνοντες  $D_3 = 3,65 \text{ m}$  οαὶ διὰ  $n_s = 394,7$  προκύπτει γραφικῶς :

$$D_e = 1,45 D_3 = 5,29 \text{ m}$$

$$\text{ὅποτε : } V_e = \frac{Q}{\pi \frac{D_e^2}{4}} = \frac{103,5}{0,785 \times (5,29)^2} = 4,71 \text{ m/sec}$$

Βάσει τῆς παρ. 1.7 ἔχομεν :

$$V_e = 4,71 \text{ m/sec} < \max V_e = 6,33 \text{ m/sec}$$

2.8 Βασικαὶ διαστάσεις δρομέως οαὶ σπειροειδοῦς κελύφους, βλ. Σχ. 6-51 οαὶ 6-52 ἀντιστοίχως :

Διὰ  $n_s = 394,64$  οαὶ δι' ἐπεκτάσεως τῶν ὑπ' ὄψιν ιαμπυλῶν προκύπτει γραφικῶς :

$$D_1 = 0,63 D_3 = 2,30 \text{ m} \quad R_I = 2,25 D_3 = 8,21 \text{ m}$$

$$D_2 = 1,00 D_3 = 3,65 \text{ m} \quad R_{II} = 1,98 D_3 = 7,23 \text{ m}$$

$$b_1 = 0,41 D_3 = 1,50 \text{ m} \quad R_{III} = 1,70 D_3 = 6,21 \text{ m}$$

$$b_2 = 0,28 D_2 = 1,02 \text{ m} \quad R_{IV} = 1,30 D_3 = 4,75 \text{ m}$$

$$b = 0,48 D_3 = 1,75 \text{ m}$$

2.9 Αγωγός έξι δοσών, βλ. Σχ. 6-53 :

Συμφώνως πρός τήν παρ. 1.9 τής περιπτώσεως 1, έκλεγομεν αγωγόν έφοδου τύπου II. Διεύ  $D_3 = 3,65 \text{ m}$  έχομεν :

$$W = 1,57 \times D_3 = 1,57 \times 3,65 = 5,73 \text{ m} < 6,50 \text{ m}$$

Υψος άνοιγμάτων αγωγού έξι δοσών :

$$1,096 D_3 = 1,096 \times 3,65 = 4,00 \text{ m}$$

Ταχύτης τού ύδατος είς τήν θέσην 2 (βλ. Σχ. 6-53) τού αγωγού έξι δοσών :

$$V = \frac{103,5}{2 \times 5,73 \times 4,00} 2,26 \text{ m/sec}$$

Επεισης έχομεν :

$$\min(H-b) = 2,50 D_3 = 2,50 \times 3,65 = 9,13 \text{ m}$$

κας

$$L = 3,80 D_3 = 3,80 \times 3,65 = 13,87 \text{ m}$$

2.10 Τοποθέτησις στροβίλου, βλ. Σχ. 6-52 :

Εκ τής παρ. 1.10 έχομεν :  $H_B = 9,82 \text{ m}$

Εκ του Σχ. 6-49 (καμπύλη 2), ή βασει τής σχέσεως (6.130) διεύ πτερύγια δρομώς έξι άνοιξειδώτου χαλυβούς ( $K = 0,0240$ ) προκύπτει :

$$\sigma_n = 0,024 \left( \frac{n_s}{100} \right)^{1,8} = 0,024 \left( \frac{394,64}{100} \right)^{1,8} = 0,284$$

Εκ τής σχέσεως (6.118) κας διεύ  $H_d = H_n = 51 \text{ m}$  έχομεν :

$$H_s \leq H_{n_s} = H_B - \sigma_n H_d = 9,82 - 0,284 \times 51 = - 4,71 \text{ m}$$

Λαμβάνοντες  $H_s = - 4,70 \text{ m}$  κας βασει τής σχέσεως (6.132) προκύπτει :

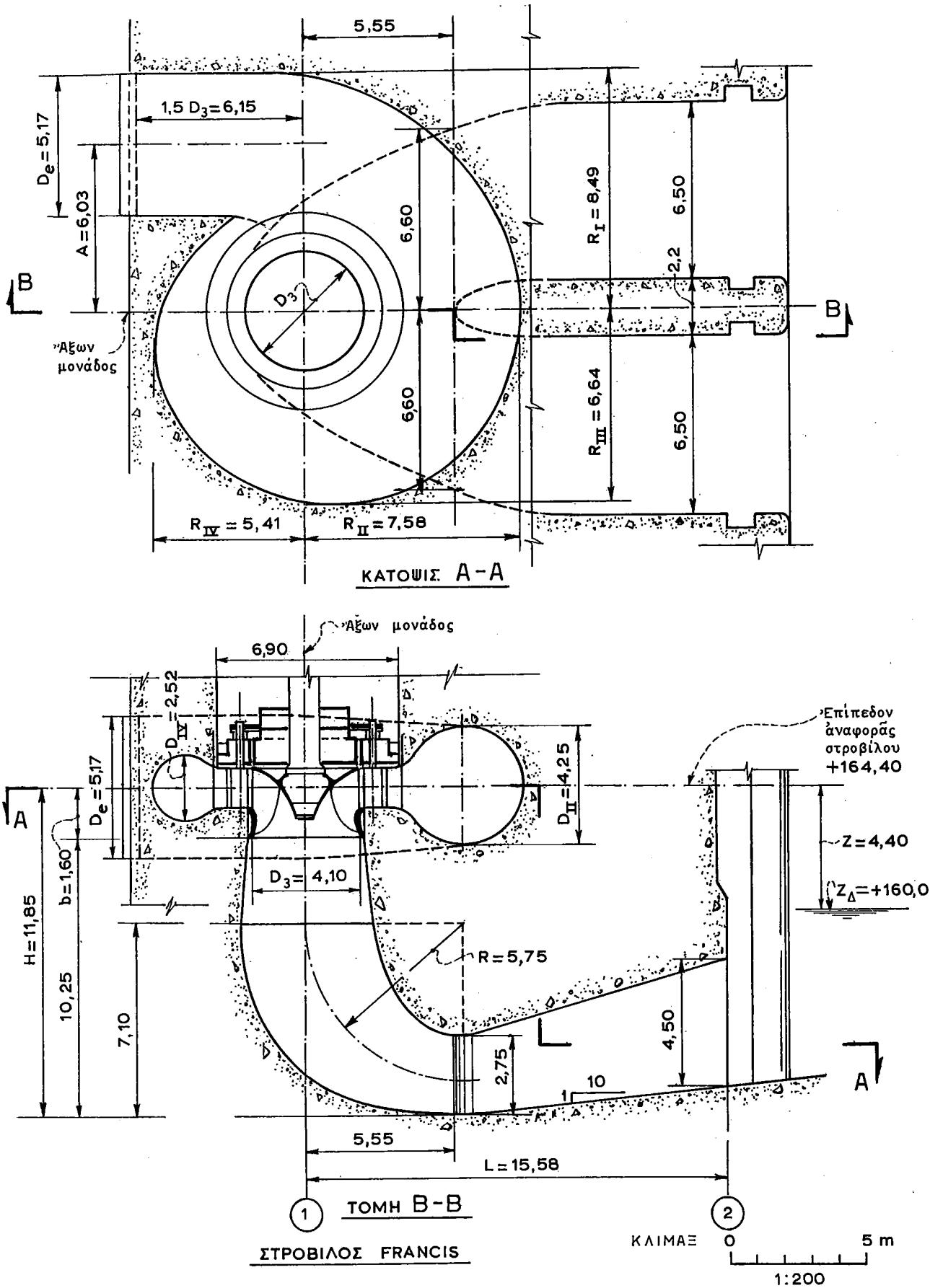
$$z = H_s + b_2 = - 4,70 + 1,02 \approx - 3,70 \text{ m}$$

Ως ύψομετρον τού έπιπεδου άναφορᾶς στροβίλου έκλεγομεν (βλ. παρ. 6.7.2) :

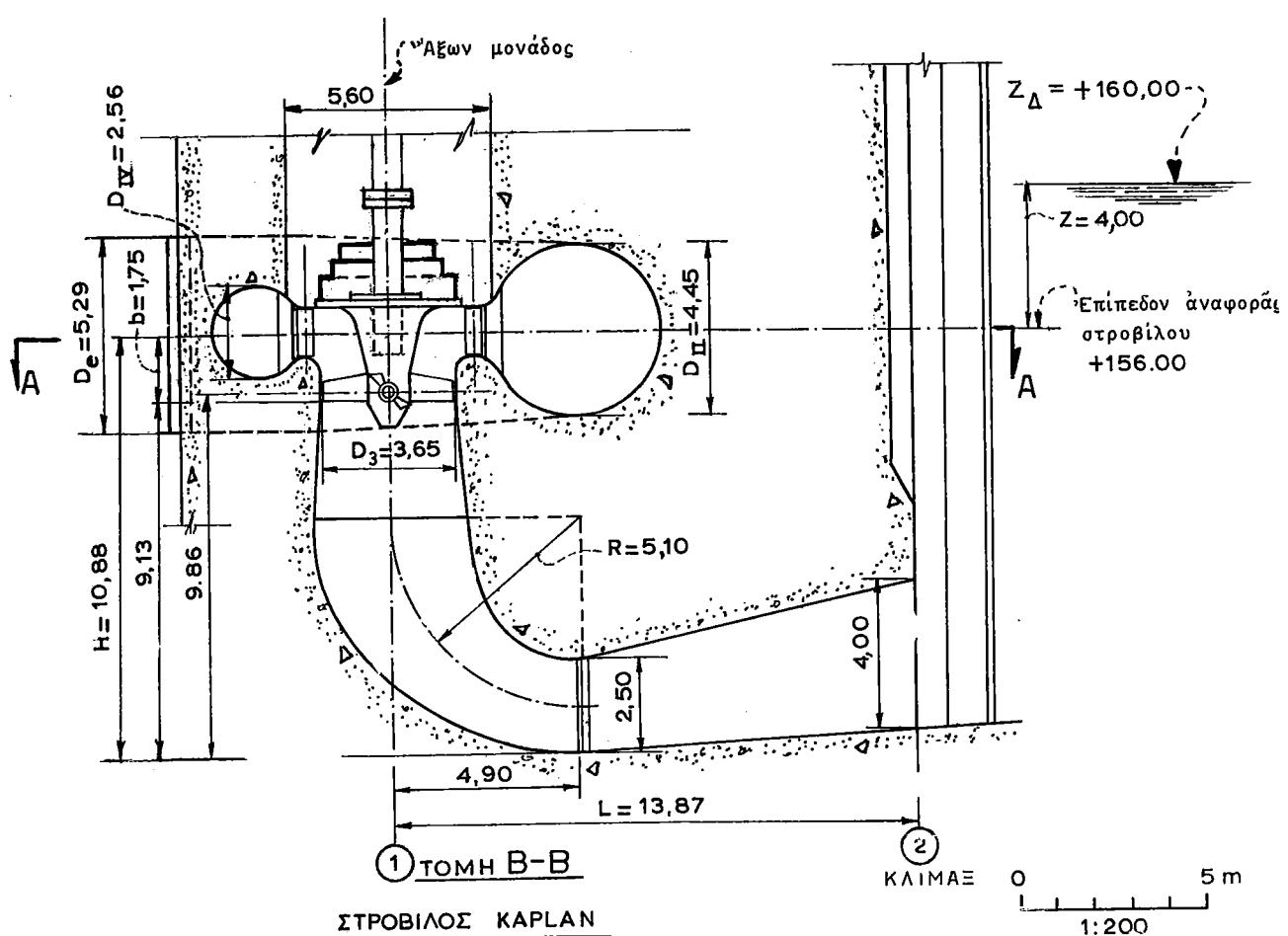
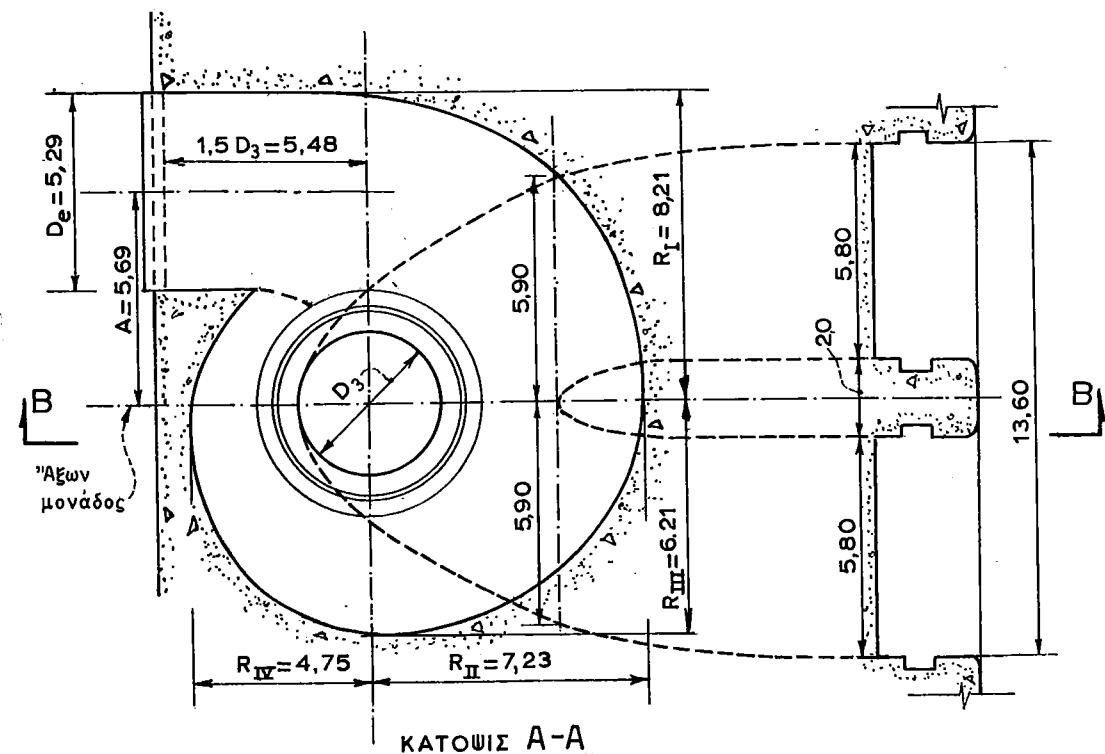
$$z_\Delta + z = 160,00 - 3,70 - 0,30 \approx 156,00 \text{ m}$$

2.11 Σχέδιον Διατάξεως Στροβίλου.

Το Σχ. 6-58 δεικνύει ύπο μακρα 1:200, έν κατόφει κας τομή τήν διάταξιν τού στροβίλου Kaplan.



**Συντάξεις στροβίλου τύπου Francis** άριθμητικού παραδείγματος.



Σχ. 6-58 Διαμεταξις στροβίλου τύπου Kaplan άριθμητικού παραδείγματος.

**6.8.3.2 Άριθμητικόν Παράδειγμα Στροβίλου Δράσεως** Δι' ύδροιδυναμικήν ἐγκατέστασιν ολικῆς παροχῆς μελέτης ἀνά μονάδα  $Q_u = 12,8 \text{ m}^3/\text{sec}$  καὶ ὑψους πτώσεως μελέτης  $H_d = 520 \text{ m}$ , ζητεῖται οὐπολογισμός : (α) Τῶν χαρακτηριστικῶν μεταβλητῶν τοῦ στροβίλου πεζ., γένου, π', η καὶ  $n_s$  καὶ (β) Τῶν χαρακτηριστικῶν διαστάσεων δρομέως καὶ σκαφιδῶν.

‘Δες διελαταξις στροβιλομηχανής θεωρεύται το συγκρότημα εν δύο δρομέων Peletton μεταξύ οποιαντίσιας ατράκτου, έκαστου δε δρομέως φέροντος δύο ακροφύσια. Δια τόν ύπολογισμόν δεδονταί έπισης τάκια καταθίσια στοιχεῖα : (α) Βαθμός αποδόσεως  $\eta_{\alpha} = 92\%$ , (β) Συχνότητας :  $f = 50 \text{ Hz}$ , (γ) Στάθμη διάρρυγος φυγῆς  $z_{\Delta} = 100 \text{ mm}$  + 230.

### 3.1 Όνομαστική έσχυς στροβίλου :

$$I_{\text{g}} = 13,33 \times 0,92 \times 12,8 \times 520 = 81.600 \text{ HP}$$

3.2 'Ιδανικός εύδαινος αριθμός στροφών :

<sup>1</sup> Εκ τοῦ Σχ. 6-31 δια  $H_d=520\text{m}$ ,  $z_j=2$  οας ἐν τῇσι οαμπύλησ ἀσφαλοῦσ λειτουργίασ 1, προκύπτει γραφικῶσ ὁ ἰδανικόσ ἀριθμόσ ἐνδοτου ἀριθμοῦσ. ἔτοι :

$$n_{sj}' = 21,6 \approx 21,0$$

‘Ο αριθμός τῶν ἀκροφυσίων τῆς στροβιλομηχανῆς ὑπολογίζεται ἐν τῇσι σχέσεως (6.153) διὰ  $z_R = 2$  ήας  $z_i = 2$  :

$$z_u = z_R z_i = 2 \times 2 = 4$$

**‘Ο ίδεντας εύδειντος ἀριστερός τῆς στροβιλομηχανῆς προσδιορίζεται βάσει τῆς σχέσεως (6.154) :**

$$n'_{su} = n'_{sj} \sqrt{z_u} = 21 \sqrt{4} = 42$$

3.3 'Ιδανιερός άριθμος στροφών συγκροτήματος στροβιλομηχανῆς. σχέσις (6.152) :

$$n' = n_{su} \frac{H_d^{3/4}}{3,43 \sqrt{Q_{11}}} = \frac{42 \times (520)^{3/4}}{3,43 \sqrt{12,8}} = 372,69 \text{ rpm}$$

3.4 Σύγχρονος αριθμός στροφών συγκριτήματος στροβιλομηχανής "η αριθμός στροφών μελέτης της μονάδος, σχέσις (6.90) ή πεντακές 6.5 :

Διεύ η πληρότητα της ένλεγχομενής αριθμόν πρόλων  $P = 5 \times 2 \times 2 = 20$  οπάρτες :

$$n = \frac{120f}{P} = \frac{120 \times 50}{20} = 300 \text{ rpm}$$

\* Η τιμή  $n = 300$  rpm εἶναι ιατρικό πολύ μικροτέρα τῆς λίδαντες τιμής  $n = 372,7$  rpm. Διατάξεις στροβιλομηχανής είναι λεγόμενη πολλαπλάσιαν δύο ζευγών πόδων. Οπότε  $n = 4 \times 2 \times 2 = 16$  κατ.

$$n = \frac{120 \times 50}{16} = 375 \text{ rpm}$$

Παρ' ὅλον ὅτι  $n = 375 > n' = 372,7$  ή ἀνωτέρω τιμή τοῦ π θεωρεῖται ὡς προσεγγίζουσαν τὴν  $n'$ .

### 3.5 Εἰδικός ἀριθμός στροφῶν στροβιλομηχανῆς, σχέσεις (6.152) :

$$n_{su} = \frac{3,43 \pi \sqrt{Q_u}}{H_d^{3/4}} = \frac{3,43 \times 375 \sqrt{12,8}}{(520)^{3/4}} = 42,26$$

### 3.6 Χαρακτηριστικά διαστάσεις δρομέως :

Η παροχή ἀνά ἀκροφύσιον προκατέπτει ἐν τῇ σχέσεως (6.155) :

$$Q_j = \frac{Q_u}{z_u} = \frac{12,8}{4} = 3,2 \text{ m}^3/\text{sec}$$

Η διάμετρος  $d$  τῆς ἐκτοξευομένης ὑδατινῆς δέσμης, βλ. Σχ. 6-21, προσδιορίζεται διὰ  $C_v = 0,97$  ἐν τῇ σχέσεως (6.163) :

$$d = 0,55 \frac{Q_j^{1/2}}{H_d^{1/4}} = 0,55 \frac{(3,2)^{1/2}}{(520)} \approx 0,21 \text{ m}$$

Ἐν τῇ σχέσεως (6.167) διὰ  $n_{sj} = 21$  καὶ  $d = 0,21 \text{ m}$  προσδιορίζεται ἡ διάμετρος τοῦ δρομέως :

$$D = \frac{240d}{n_{sj}} = 2,40 \text{ m}$$

Η  $D$  δύναται ἐπίσης για προσδιορισθῆναι γραφικῶς ἐν τῷ Σχ. 6-31. Διὰ  $n_{sj} = 21$  ἔχομεν  $D/d = 11,4$  ὀπότε :

$$D = 11,4 d = 11,4 \times 0,21 = 2,39 \text{ m}$$

### 3.7 Βασικά διαστάσεις σημειώσων :

Ἐν τοῦ πίνακος 6.7, στήλαι (6) καὶ (7) διὰ  $D/d = 10,9$ , δὲ ἀπαιτούμενος ἀριθμός σημειώσων  $z_s$  εἶναι κατὰ προσέγγισιν 20.

Ἐν τοῦ Σχ. 6-21 αἱ κατὰ προσέγγισιν βασικά διαστάσεις τοῦ σημειώσου εἶναι αἱ ἔξι :

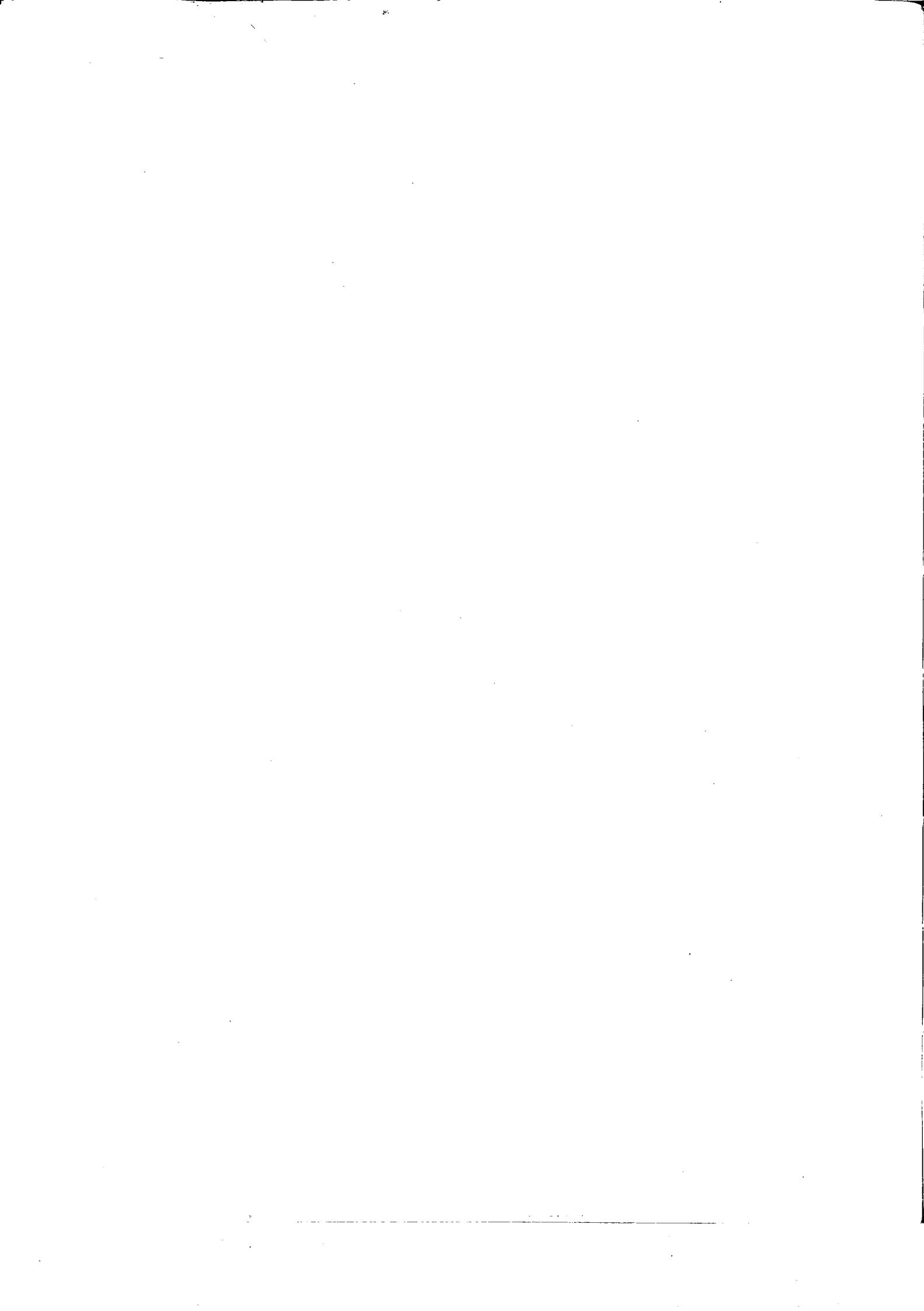
$$B = (2,8-4,0) \times 0,21 = 0,59-0,84 \text{ m}$$

$$L = (2,5-2,8) \times 0,21 = 0,52-0,59 \text{ m}$$

$$E = 0,95 \times 0,21 = 0,20 \text{ m}$$

$$W = 1,15 \times 0,21 = 0,24 \text{ m}$$

3.8 Η ὀριζοντια ἀτρακτος τῆς στροβιλομηχανῆς τοποθετεῖται εἰς ὑψηλοτερον +234.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Όνδματα συγγραφέων ή συγγραμμάτων ἀναφερόμενα εἰς τό κείμενον, δεδουν τόν ἀντιστοιχον ἀριθμόν ἐντός παρενθέσεως τοῦ συγγράμματος ὡς ἀναφέρεται εἰς τήν παρούσαν βιβλιογραφίαν, η εἰς τήν βιβλιογραφίαν I ἔως III, βλέπε Σ.Νικολάου, "Μαθήματα 'Υδροδυναμικῶν" Ἐργων", Τεῦχος A.

### IV. ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ

60. USBR: "Selecting Hydraulic Reaction Turbines", Monograph No 20, Denver, 1966.
61. ΝΙΚΟΛΑΟΥ, Σ.Ν. : "Καθορισμός τῶν Βασικῶν Διαστάσεων τῆς 'Υποδομῆς 'Υδροηλεκτρικῶν Σταθμῶν Παραγωγῆς μετά Στροβίλων Francis", T.X., Τεῦχος 4, Απρίλιος 1972.
62. Roy, S. : "Modern Trends in Francis Turbines", W.P., October 1971.
63. ALLIS-CHALMERS : "Hydraulic Turbines and Pump Turbines", 54 B 1104.
64. DERIAZ, P : "The Mixed - Flow Variable - Pitch Pump - Turbine", W.P. 1960.
65. DERIAZ, P : "Etude Comparitive des Turbines Kaplan et Deriaz", La H.B., No 4, Juin 1960.
66. KOVALEV, N.N : "Hydroturbines", Oldbourne Press, 1965.
67. NECHLEBA, M. : "Hydraulic Turbines, Their Design and Equipment", Constable, 1957.
68. PFELEIDERER, C. : "Strömmungsmaschinen", Springer Verlag, Berlin, 1957.
69. PUYO, A. : "Progrès Réalisés par les Turbines Hydrauliques au Cours Des Dernières Années", La H.B., No 1 et 3, Janvier-Fevrier et Mai-Juin, 1963.
70. SALARD, J. : "Hydraulique Appliquée à l'exploitation des Usines Hydro-électriques", Dunod, Paris, 1957.
71. SEDILLE, M. : "Turbomachines Hydrauliques et Thermiques", Tome I - III, Masson et Cie, Paris.
72. VARLET, H. : "Turbines Hydrauliques et Groupes Hydroélectriques", Eyrolles, Paris, 1964.
73. VIVIER, L. : "Turbines Hydrauliques et Leur Régulation", Alben Michel, Paris, 1966.
74. WEBBER, N.B. : "Fluid Mechanics for Civil Engineers", E. Spon Ltd, London, 1968, σελ. 263 - 294.
75. WISLICENU, G.F. : "Fluid Mechanics of Turbomachinery", McGraw-Hill, N.Y., 1964.
76. ZANOBETTI, D. : "Characteristics of Francis Turbines", W. P., 1959.

