



ΑΝΩΤΑΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΤΟΜΕΑ

Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε.

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Ανάπτυξη λογισμικού υπολογισμού  
μέγιστης στρεπτικής τάσης με την  
χρήση σειρών**

---

**ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΦΟΙΤΗΤΗΣ**

**ΑΛΑΤΙΝΗΣ ΑΣΤΕΡΙΟΣ**

**A.M.:40493**

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ**

**Δρ. -Μηχ. ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΣΤΕΡΓΙΟΥ**

**ΣΑΓΙΑΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ MSc,**

**-Αιγάλεω 2016-**

## Περίληψη

**Ανάπτυξη λογισμικού υπολογισμού μέγιστης στρεπτικής τάσης με την χρήση σειρών.** Αυτή η πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε με σκοπό την δημιουργία ενός προγράμματος στο οποίο ο χρήστης μπορεί να υπολογίσει την μέγιστη στρεπτική τάση για ποικίλες διατομές, βασιζόμενη στο βιβλίο “Roark’s Formulas for Stress and Strain” και την μέθοδο των σειρών. Στην συνέχεια συγκρίθηκαν τα αποτελέσματα του προγράμματος μας με το λογισμικό που διαθέτει ο Roark στην ιστοσελίδα του, ώστε να ελεγχθούν τυχόν αποκλίσεις που υπάρχουν σε αυτά και την αξιολόγησή τους.

## **Abstract**

**Calculation Software Development of maximum shear stress using the method of the rows.** This thesis has been written in order to create a program in which the user can calculate the maximum shear stress for variety cross sections based on the book "Roark's Formulas for Stress and Strain" and the method of rows. Then compared the results of our program, with software available to the Roark's website, in order to check any divergences and evaluate them.

## Πινάκας περιεχομένων

1.	Εισαγωγή.....	7
1.1.	Στρέψη.....	8
1.2.	Μέθοδος σειρών .....	12
1.3.	Γλώσσα Προγραμματισμού Visual Basic .....	13
1.4.	Προγράμματα σχεδίασης.....	14
2.	Κατασκευή Προγράμματος.....	15
2.1.	Δημιουργία Γραφικών και Βασικών στοιχείων του Προγράμματος.....	15
2.1.1.	Το περιβάλλον του προγράμματος.....	15
2.1.2.	Άνοιγμα και εκτέλεση του προγράμματος.....	16
2.1.3.	Ο σχεδιασμός των βασικών στοιχείων του προγράμματος.....	17
2.1.4.	Η δημιουργία των βασικών στοιχείων του προγράμματος.....	18
2.2.	Κώδικας .....	24
2.2.1.	Διάγραμμα Ροής .....	25
2.2.2.	Συγγραφή κώδικα.....	27
2.2.3.	Περιπτώσεις Διατομών με ιδιαίτερες λειτουργίες. ....	33
3.	Επαλήθευση με το λογισμικό του Roark.....	37
3.1.	Λειτουργία λογισμικού του Roark.....	37
3.2.	Επιλογή standard user για διατομή κύκλου (Circle).....	39
3.3.	Επιλογή power user για διατομή «Κανάλι τύπου C (C-section)».....	41
3.4.	Επαλήθευση όλων των διατομών.....	43
3.4.1.	Επαλήθευση με την 1 <sup>η</sup> διαδικασία .....	44
3.4.2.	Επαλήθευση με την 2 <sup>η</sup> διαδικασία .....	48
4.	Τύποι στρεπτικής τάσης .....	53
4.1.	Βασικά γεωμετρικά σχήματα (Basic geometric sections).....	53
4.2.	Κούφιας διατομές (Hollow shapes).....	56
4.3.	Τμηματικές Διατομές (Timematic sectors).....	58
4.4.	Δοκάρια (Beams).....	59
4.5.	Άξονες (Shafts).....	61
4.6.	Ανοιχτά Κανάλια (Open cross sections).....	66
5.	Παραδείγματα αναλυτικής επίλυσης της μέγιστης στρεπτικής τάσης .....	71
6.	Αντιμετώπιση προβλημάτων.....	75
7.	Συμπεράσματα .....	78

8. Βιβλιογραφία .....	82
9. Παράρτημα .....	83
9.1. Ο κώδικας.....	83

## Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1 Στρέψη Ράβδου .....	8
Εικόνα 2 Πολική ακτίνα $r$ της $dF$ .....	10
Εικόνα 3 Μήκος ράβδου .....	10
Εικόνα 4 Στρέψη ράβδου κυκλικής διατομής .....	11
Εικόνα 5 Διατάξεις με ηλεκτρομηκυνσιόμετρα .....	12
Εικόνα 7 Σχήμα κύκλος , διάσταση διάμετρος $D(mm)$ .....	15
Εικόνα 6 Ταξινόμηση πολλαπλών σελίδων (Tab menu) .....	15
Εικόνα 9 «userform1» .....	18
Εικόνα 8 Εισαγωγή εικόνων .....	18
Εικόνα 10 Κελία αποτελεσμάτων .....	19
Εικόνα 11 Κελί εισαγωγής .....	19
Εικόνα 12 Κελία περιορισμών .....	19
Εικόνα 13 Ετικέτες σημείων .....	20
Εικόνα 14 Ετικέτα επεξηγήσεων .....	20
Εικόνα 15 Κουμπιά Χειρισμού .....	20
Εικόνα 16 Ορθογώνιο με λεπτό τοίχος (rectangular thin walls) .....	21
Εικόνα 17 Έλλειψη (Hollow elliptical section).....	22
Εικόνα 18 Μέρος κυκλικού σωλήνα (Segment of a circular tube).....	23
Εικόνα 19 Αρχική και τελική εντολή κώδικα .....	27
Εικόνα 20 Ορισμός μεταβλητών .....	27
Εικόνα 21 Εντολή «SelStart» .....	28
Εικόνα 22 Τύπος για $\pi=3,14$ .....	28
Εικόνα 23 Λογική Συνάρτηση .....	29
Εικόνα 24 Κώδικας γραμμή 1(Line 1).....	29
Εικόνα 25 Κώδικας γραμμή 2(Line 2).....	29
Εικόνα 26 Λογική Συνάρτηση (if...then...else).....	29
Εικόνα 27 Εισαγωγή τιμής μιας μεταβλητής σε ένα κελί .....	29
Εικόνα 28 Εισαγωγή τιμής ενός κελίου σε μια μεταβλητή .....	29
Εικόνα 29 Εντολή εμφάνισης μηνύματος .....	30
Εικόνα 30 Κουμπιά Clear και End.....	32
Εικόνα 31 Κώδικας κουμπιού Clear .....	32
Εικόνα 32 Κώδικας Κουμπιού End .....	32
Εικόνα 33 Δοκάρι με άνισες φαρδιές φλάντζες (Wide flanged beam unequal flanges) .....	33
Εικόνα 34 Λειτουργία «for...next» .....	33
Εικόνα 35Κυκλικός άξονας με επίπεδες πλευρές(Circular shaft with opposite sides flattened) .....	34
Εικόνα 36 Κυκλικός άξονας με επίπεδες περίπτωση που δεν υπολογίζει την μέγιστη στρεπτική τάση.....	35
Εικόνα 37 Τεχνική απλούστευσης τύπων .....	36
Εικόνα 38 Λογισμικό Roark's Formulas For Excel.....	37
Εικόνα 39 Επέκταση Roark's Formula s for Excel.....	37
Εικόνα 40 Παράθυρο για επιλογή σχήματος από το Λογισμικό του Roark's .....	38
Εικόνα 41 Παράθυρο για επιλογή δεδομένων εισαγωγής .....	39
Εικόνα 42 Παράθυρο για επιλογή εμφάνισης αποτελεσμάτων .....	39

Εικόνα 43 Εμφάνιση αποτελεσμάτων από λογισμικό του Roark για διατομή κύκλου .....	40
Εικόνα 44 Επιλογή περίπτωσης συγκράτησης διατομής για τα σχήματα της κατηγορίας «Open cross sections».....	41
Εικόνα 45 Παράθυρο εισαγωγής δεδομένων για επιλογή Power user.....	41
Εικόνα 46 Εμφάνιση αποτελεσμάτων από λογισμικό του Roark για διατομή Κανάλι τύπου C .....	42
Εικόνα 47 Αποτελέσματα για διατομή έλλειψης για T1 από το πρόγραμμα T.P.A. Program	45
Εικόνα 48 Αποτελέσματα για διατομή έλλειψης για T1 από λογισμικό Roark .....	45
Εικόνα 49 Αποτελέσματα για διατομή έλλειψης για T2 από το πρόγραμμα T.P.A. Program	46
Εικόνα 50 Αποτελέσματα για διατομή έλλειψης για T2 από λογισμικό Roark .....	46
Εικόνα 51 Αποτελέσματα για διατομή έλλειψης για T3 από το πρόγραμμα T.P.A. Program	47
Εικόνα 52 Αποτελέσματα για διατομή έλλειψης για T3 από λογισμικό Roark .....	47
Εικόνα 53 Παράκεντροι Κύκλοι (Eccentric).....	48
Εικόνα 54 Αποτελέσματα «Παράκεντρων Κύκλων (Eccentric)» .....	48
Εικόνα 55 Δοκάρι τύπου T (T-Beam simple) .....	49
Εικόνα 56 Αποτελέσματα για Δοκάρι τύπου T.....	49
Εικόνα 57 Άξονας με ένα οδόντα (Shaft with one spline).....	50
Εικόνα 58 Αποτελέσματα Άξονα με ένα οδόντα.....	50
Εικόνα 59 Κανάλι τύπου Π (Π-Channel) .....	51
Εικόνα 60 Αποτελέσματα για Κανάλι τύπου Π .....	51
Εικόνα 61 Διατομή Έλλειψη (Ellipse) .....	71
Εικόνα 62 Διατομή Κυκλικό πεδίο (Circular sector).....	72
Εικόνα 63 Διατομή Τετράγωνος άξονας με 4 κυκλικά αυλάκια (Cross shaft) .....	73
Εικόνα 64 Διατομή Κανάλι τύπου Π (Π-Channel).....	74
Εικόνα 65 Τραπέζιο ΑΒΓΔ σε σύστημα αξόνων.....	75
Εικόνα 66 Διατομή channel section από το βιβλίο Roark's Formulas .....	77
Εικόνα 67 Διατομή channel section από το πρόγραμμα T.P.A. Program .....	77

## 1. Εισαγωγή

Η πτυχιακή εργασία που πραγματοποιήθηκε ασχολείται με την εξέλιξη – αναβάθμιση ενός προγράμματος με νέες δυνατότητες και επιλογές, το οποίο δημιουργήθηκε από προηγούμενο συναδέλφο με σκοπό την εκπόνηση της δικής του πτυχιακής εργασίας. Το πρόγραμμα του συναδέλφου υπολόγιζε την σταθερά ροπή αδράνειας για διάφορες διατομές. Για τον υπολογισμό της σταθεράς ροπής αδράνειας, ο συναδέλφος βασίστηκε επίσης στο βιβλίο “Roark’s Formulas for Stress and Strain” και στην μέθοδο σειρών. Η εξέλιξη αυτού του προγράμματος πραγματοποιήθηκε στην παρούσα πτυχιακή εργασία, όπως θα αναλυθεί εκτενέστερα παρακάτω.

Η πτυχιακή εργασία ασχολείται με την υλοποίηση προγράμματος βασιζόμενου στο προγραμματιστικό περιβάλλον CAD συστήματος (Autodesk Inventor) με χρήση VBA. Στο πρόγραμμα αυτό παρέχεται η δυνατότητα στον χρήστη να υπολογίζει την μέγιστη στρεπτική τάση σε διάφορες διατομές. Αρκεί να εισαχθούν ως δεδομένα τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά που χρειάζονται για την ανάλογη διατομή, την ροπή στρέψης που ασκείται σε αυτήν και σε κάποιες συγκεκριμένες διατομές θα χρειαστεί το μέτρο ολίσθησης και το μέτρο ελαστικότητας που θα εξηγηθεί στην συνέχεια.

Για την διαδικασία επίλυσης και υπολογισμού της μέγιστης στρεπτικής τάσης χρησιμοποιήθηκε ως βάση το βιβλίο “Roark’s Formulas for Stress and Strain”. Επιπλέον για τον υπολογισμό της μέγιστης στρεπτικής τάσης πρέπει να είναι γνωστή η σταθερά ροπή αδράνειας, που είναι δεδομένη από το πρόγραμμα του συναδέλφου.

Κατ’ αρχήν αναλύονται θεωρητικά στοιχεία για την στρέψη. Στη συνέχεια θα εξηγηθεί η μέθοδος των σειρών, η γλώσσα προγραμματισμού VBA που χρησιμοποιήθηκε για την δημιουργία του προγράμματος και το CAD σύστημα στο οποίο τρέχει το πρόγραμμα. Επίσης θα εξηγηθεί αναλυτικά η δημιουργία και λειτουργία του προγράμματος, τι προβλήματα αντιμετωπίστηκαν και πως ξεπεράστηκαν. Καθώς και η σύγκρισή των αποτελεσμάτων του προγράμματος με λογισμικό που διαθέτει ο Roark από στην ιστοσελίδα του, για την εύρεση τυχόν αποκλίσεων. Τέλος θα σχολιασθούν τα αποτελέσματα και θα γίνουν παρατηρήσεις και ιδέες για περαιτέρω εξέλιξη του.



## 1.1. Στρέψη

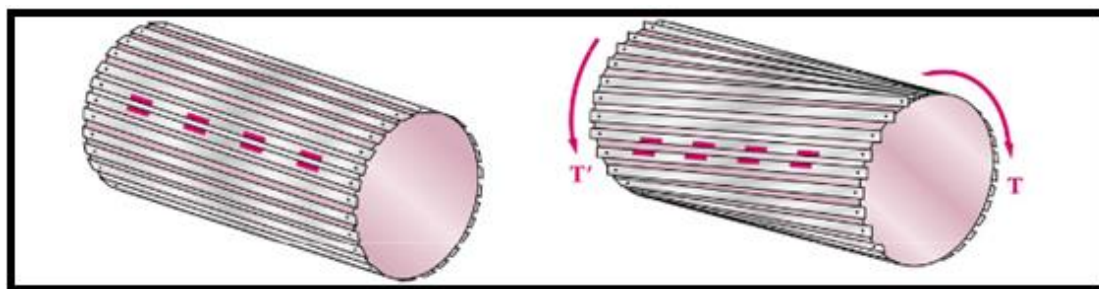
Είναι γνωστό ότι τα υλικά σώματα αποτελούνται από σωματίδια ύλης, όπως είναι τα μόρια, τα άτομα κλπ., μεταξύ των οποίων ασκούνται δυνάμεις συνοχής. Οι δυνάμεις αυτές ενεργούν σαν αντίσταση του υλικού εναντίον των επιβαλλόμενων εξωτερικών δυνάμεων, οι οποίες τείνουν να προκαλέσουν στο υλικό κάποιου είδους παραμόρφωση.

Στην μηχανική υπάρχουν διάφορων ειδών δυνάμεις που προκαλούν καταπονήσεις – παραμόρφωση των υλικών. Οι βασικότερες των οποίων είναι ο Εφελκυσμός, η Θλίψη, η Διάτμηση, η Κάμψη και η Στρέψη. Σε ένα σώμα υπάρχει περίπτωση να ασκούνται πάνω από μια η περισσότερων ειδών καταπονήσεις οπότε αυτό το σώμα δέχεται σύνθετη καταπόνηση π.χ. στρέψη και κάμψη συγχρόνως.

Η παρούσα πτυχιακή θα ασχοληθεί με το είδος της καταπόνησης: **Στρέψη**.

Η στρέψη πρόκειται για ένα από τα είδη καταπονήσεων που εμφανίζεται, κατά κύριο λόγο, σε μηχανικά μέρη τα οποία περιστρέφονται (π.χ. άξονας ενός μοτέρ το οποίο δίνει κίνηση σε μια μηχανολογική κατασκευή). Την εντατική κατάσταση ράβδου τυχαίας διατομής που καταπονείται σε στρέψη μελέτησε πρώτος ο Saint Venant (1853).

Η στρέψη δηλαδή είναι η καταπόνηση που εμφανίζεται σε μια ράβδο, όταν σε αυτήν επενεργούν ζεύγη ίσων και αντίθετων δυνάμεων, που τα επίπεδα τους είναι κάθετα στον κεντροβαρικό άξονά της. Τα ζεύγη των δυνάμεων αυτών προκαλούν σε κάθε διατομή της ράβδου ροπή στρέψης. Τα υπολογιζόμενα μεγέθη που χρειάζονται στην στρέψη είναι ο προσδιορισμός των διατμητικών τάσεων ή ειδικότερα τάσεις στρέψης και η γωνία στροφής. (Βουθούνης, 1993)



Εικόνα 1 Στρέψη Ράβδου

Τα βασικά μεγέθη που διέπουν την στρέψη είναι:

1. ροπή στρέψης  $T$  ( $Nmm$ ) και το σημείο που ασκείται
2. μέτρο ελαστικότητας  $E$  ( $\frac{N}{mm^2}$ )
3. μέτρο διάτμησης  $G$  ( $\frac{N}{mm^2}$ )
4. πολική ροπή αδράνειας ή σταθερά ροπή αδράνειας  $J$ -It ( $mm^4$ )
5. μήκος ράβδου  $l$  (mm)

Τα μεγέθη αναλύονται ως εξής:

1. Η ροπή στρέψης  $T$  ( $Nmm$ ) είναι αλγεβρικό άθροισμα των ροπών που ασκούνται στην ράβδο και ισούται με την δύναμη επί απόσταση.

2. Το μέτρο ελαστικότητας  $E$  ( $\frac{N}{mm^2}$ ) είναι ο συντελεστής αναλογίας μεταξύ της τάσης και της ανοιγμένης παραμόρφωσης, που είναι η ελαστική σταθερά η οποία εξαρτάται από το είδος του υλικού και ορίζεται ως  $E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$  ( $\frac{N}{mm^2}$ )

όπου (σ) η ορθή τάση  $\sigma = \frac{P}{F} = \frac{\text{Δύναμη}}{\text{εμβαδον}} = \left(\frac{N}{mm^2}\right)$  και

(ε) ανοιγμένη παραμόρφωση  $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{\text{αξονική επιμήκυνση άξονα}}{\text{αρχικό μήκος άξονα}}$

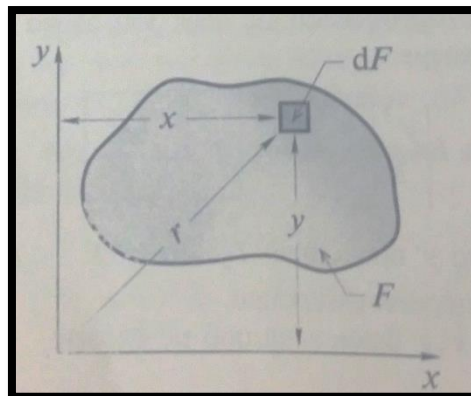
3. Μέτρο διάτμησης  $G$  ( $\frac{N}{mm^2}$ ) είναι η σταθερή ποσότητα που έχει διαστάσεις τάσης και χαρακτηρίζει τις μηχανικές ιδιότητες των διαφόρων υλικών και ορίζεται  $G = \frac{E}{2(1+\mu)}$  ( $\frac{N}{mm^2}$ )

όπου

- (E) μέτρο ελαστικότητας
- (μ) λόγος του Poisson και ορίζεται ως  $\mu = -\frac{\varepsilon q}{\varepsilon}$

[ εq ανοιγμένη εγκάρσια παραμόρφωση  $\varepsilon q = \frac{\Delta b}{b} = \frac{\text{εγκάρσια παραμόρφωση άξονα}}{\text{αρχική εγκάρσια διάσταση}}$  ]

4. Η πολική ροπή αδράνειας ή σταθερά ροπή αδράνειας  $J$ -It μιας επιφάνειας  $F$  ως προς σημείο, λέγεται το ολοκλήρωμα του τετραγώνου των αποστάσεων  $r$  των στοιχειωδών επιφανειών  $df$ , που αποτελούν την  $F$  σε ολόκληρη την επιφάνεια. Ή πιο απλά, η πολική ροπή αδράνειας είναι το μέτρο της δυνατότητας μίας ράβδου να αντισταθεί στη στρέψη και εξαρτάται αποκλειστικά από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της ράβδου και μετρείται σε χιλιοστά υψωμένα στην  $4^{\eta}$  [ $mm^4$ ].

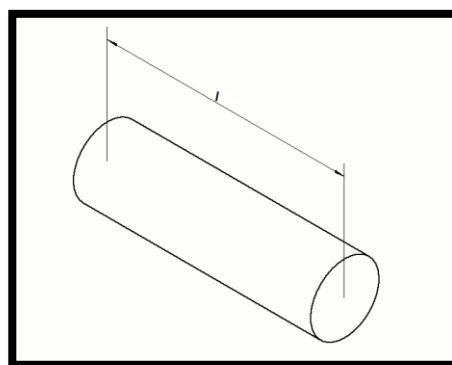


Εικόνα 2 Πολική ακτίνα  $r$  της  $dF$

$$\text{Ορίζεται ως : } I_p = \int_F r^2 = I_x + I_y$$

Για κάθε διατομή η πολική ροπή αδράνειας έχει διαφορετικό τύπο, που προκύπτει από θεωρητικές ή πειραματικές μεθόδους. Στο πρόγραμμα που θα γίνει η εξέλιξη του, η πολική ροπή αδράνειας έχει υπολογιστεί από προηγούμενη εργασία και οι τύποι είναι βασισμένοι στην μέθοδο σειρών από το βιβλίο "Roark's Formulas for Stress and Strain".

5. Το μήκος της ράβδου σε  $l$  (mm).



Εικόνα 3 Μήκος ράβδου

Προκειμένου να μελετηθεί αναλυτικά η καταπόνηση της στρέψης, γίνονται οι εξής απλοποιητικές παραδοχές :

- Οι διατομές της ράβδου μετά την παραμόρφωση παραμένουν επίπεδες, διατηρούν την διατομή, το μέγεθος, καθώς και τη μεταξύ τους απόσταση.
- Κάθε διατομή περιστρέφεται σαν απόλυτα στερεός δίσκος, δηλαδή σαν σύνολο, επομένως οι ακτίνες παραμένουν ευθείες.
- Το υλικό της ράβδου είναι ομογενές και ισότροπο, ώστε οι ιδιότητες του υλικού να είναι ομοιόμορφες σε κάθε σημείο και διεύθυνση.

Η στρεπτική – διατμητική τάση προκύπτει από το γινόμενο της διατμητικής παραμόρφωσης και του μέτρου της διάτμησης:

- $\tau = G\gamma$  σχέση (1)

Είναι ένας γενικότερος τύπος που διαμορφώνεται ανάλογα με την διατομή που μελετάται.

Το  $G$  είναι το μέτρο διάτμησης  $G \left( \frac{N}{mm^2} \right)$

και το  $(\gamma)$  η διατμητική παραμόρφωση.

Για κυκλική διατομή ορίζεται ως εξής:

- $\gamma = r\theta$  σχέση (2)

όπου  $r$  η ακτίνα στο σημείο που υπολογίζεται η στρεπτική τάση και  $\theta = \frac{d\varphi}{dx}$  ( $rad/mm$ ) η ανοιγμένη γωνία στροφής (ο γενικός τύπος).

$$\varphi = \theta l \text{ γωνία στροφής σε (rad)}$$

$l$  είναι το μήκος της ράβδου (mm)

από σχέση (1) και(2) ο τύπος γίνεται ως εξής:  $t = Gr\theta$  (Pytel, 2003)

Ακολουθώντας το βιβλίο “Roark’s Formulas for Stress and Strain” στο οποίο θα βασιστεί η μελέτη της εργασίας, η διατμητική τάση για ομοιόμορφη κυκλική διατομή εκφράζεται ως εξής:

$$\tau_{max} = \frac{Tr}{J} \left( \frac{N}{mm^2} \right) \text{ για την εξωτερική ακτίνα της επιφάνειας,}$$

$\tau = \frac{T\rho}{J} \left( \frac{N}{mm^2} \right)$  όπου  $(\rho)$  είναι η ακτινική απόσταση από σημείο μικρότερο της επιφάνειας.

$$\text{Η γωνία στροφής } \theta = \frac{Tl}{JG} \text{ (rad)}$$

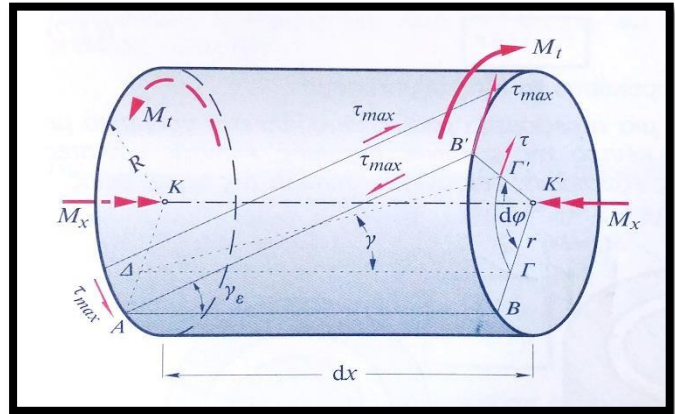
Ενέργεια που αποθηκεύεται κατά την στρέψη σε μια ράβδο:  $U = \frac{T^2 l}{2JG}$  (Joule)

$J$  πολική ροπή αδράνειας [ $mm^4$ ]

Η διατμητική τάση για μη ομοιόμορφη κυκλική διατομή εκφράζεται ως εξής:

$$T = \frac{\theta}{l} KG \text{ or } \theta = \frac{Tl}{KG}$$

Οι τύποι, από το βιβλίο του Roark, για ράβδο ομοιόμορφης κυκλικής διατομής για να ισχύουν, βασίζονται στις ακόλουθες παραδοχές:



Εικόνα 4 Στρέψη ράβδου κυκλικής διατομής

- Η ράβδος είναι ευθεία και ομοιόμορφης κυκλικής διατομής και το υλικό της είναι ομογενές και ισότροπο .
- Στην ράβδο επιδρά ζευγάρι αντίρροπων δυνάμεων, οι οποίες ασκούνται στις άκρες του άξονα κάθετα στο επίπεδο.
- Η ράβδος δεν φορτίζεται πέρα από το όριο της ελαστικής γραμμής.

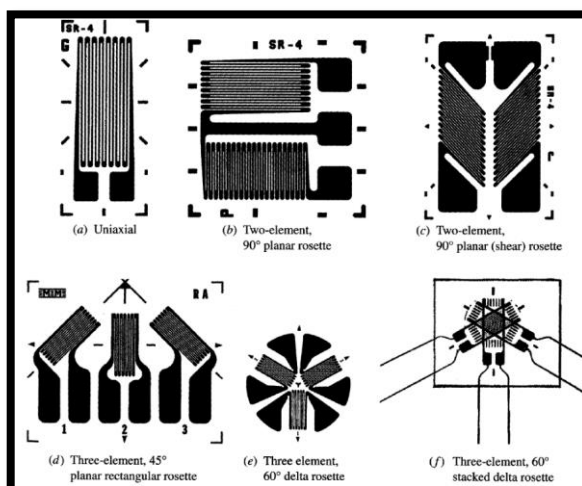
Οι τύποι από το βιβλίο του Roark για ράβδους μη ομοιόμορφης κυκλικής διατομής για να ισχύουν, βασίζονται και αυτοί στις παραπάνω παραδοχές, εκτός αυτής, ότι η διατομή της ράβδου δεν είναι κυκλική. (Roark et al., 1976)

## 1.2. Μέθοδος σειρών

Η μέθοδος σειρών χρησιμοποιείται για την επίλυση πολυωνυμικών εκθετικών διαφορικών εξισώσεων. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιεί υποθετικές εκθετικές σειρές με αγνώστους συντελεστές και εν συνέχεια αντικαθιστά αυτή τη λύση μέσα στη διαφορική εξίσωση, για να βρει μια επαναληπτική σχέση για τους συντελεστές αυτούς. Πρόκειται ουσιαστικά για μια πειραματική μέθοδο που βασίζεται στην αντίστροφη επίλυση, δίνοντας δηλαδή γνωστές τιμές και βασιζόμενη στα αποτελέσματα που προκύπτουν από το πείραμα, καταλήγει στις σχέσεις που θα έδιναν το ίδιο τελικό αποτέλεσμα για τις συγκεκριμένες τιμές. Η πειραματική αυτή μέθοδος για τη μέτρηση των τάσεων, βασίζεται στη μέτρηση της παραμόρφωσης του δοκιμίου με δεδομένο φορτίο. Αφού λοιπόν η τάση είναι άμεσα συνδεδεμένη με το ρυθμό αλλαγής παραμόρφωσης, τότε, μετρώντας την παραμόρφωση, ουσιαστικά μετράται το αποτέλεσμα που προκύπτει από την εφαρμοζόμενη τάση. Η τάση μπορεί έμμεσα να υπολογιστεί από σχέσεις τάσεις παραμόρφωσης. Για να μετρηθεί η παραμόρφωση σε κατασκευές, χρησιμοποιείται η δυνατότητα μέτρησης αλλαγών σε ηλεκτρικά στοιχεία, όπως, αντίσταση, χωρητικότητα ή επαγωγή και επίσης οπτικές επιδράσεις ή παρεμβολές, περίθλαση , διάθλαση ή θερμικές εκπομπές. Στη συγκεκριμένη περίπτωση χρησιμοποιούνται ηλεκτρομηκυσιόμετρα μεταβλητής αντίστασης, ενώ για την καλύτερη και ακριβέστερη προσέγγιση, χρησιμοποιούνται διατάξεις με τρία ηλεκτρομηκυσιόμετρα με διαφορετική κατεύθυνση το καθένα.

Μερικές διατάξεις φαίνονται στην διπλανή εικόνα τα οποία είναι από το βιβλίο του Roark .

Εικόνα 5 Διατάξεις με ηλεκτρομηκυσιόμετρα



### 1.3. Γλώσσα Προγραμματισμού Visual Basic

Η Visual Basic (σε συντομογραφία VB), είναι μια γλώσσα προγραμματισμού της εταιρείας Microsoft. Η VB έχει σχεδιαστεί για να είναι εύκολη στην εκμάθηση και το χειρισμό, αφού επιτρέπει σε αρχάριους χρήστες χωρίς εξειδικευμένη γνώση προγραμματισμού να δημιουργήσουν εύκολα ένα πρόγραμμα. Ο λόγος είναι ότι για τον προγραμματισμό απαιτούνται πολλές από τις ικανότητες “λογικής σκέψης”. Η VB εκτελείται σε περιβάλλον Windows της Microsoft που είναι πολύ διαδεδομένο και οικείο στον χρήστη.

Ο προγραμματισμός σε VB γίνεται από τον οπτικό συνδυασμό στοιχείων (π.χ. κουμπιά) ή ελέγχων σε μια φόρμα, τον προσδιορισμό χαρακτηριστικών και ενεργειών αυτών των στοιχείων και την σύνταξη επιπλέον γραμμών κώδικα για αυξημένη λειτουργικότητα. Καθώς υπάρχουν προεπιλεγμένα χαρακτηριστικά και ενέργειες για τα επιμέρους στοιχεία, μπορεί να δημιουργηθεί ένα απλό πρόγραμμα χωρίς ο προγραμματιστής να γράψει πολλές γραμμές κώδικα.

Με τη Visual Basic είναι δυνατή η δημιουργία εκτελέσιμων αρχείων (EXE), στοιχείων ελέγχου ActiveX ή αρχείων DLL. Κυρίως, όμως, χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη εφαρμογών για τα Windows και τη διασύνδεση συστημάτων βάσεων δεδομένων.

Η Visual Basic for Application (VBA) είναι μια εξειδικευμένη μορφή της Microsoft Visual Basic. Το βασικό της χαρακτηριστικό είναι ότι είναι ενσωματωμένη σε εφαρμογές όπως το MsOffice, AutoCad κτλ. Έτσι δίνει απεριόριστες δυνατότητες στα προγράμματα αφού βοηθά στην αυτοματοποίηση διαδικασιών, ή στην προσθήκη κάποιων νέων δυνατοτήτων τις οποίες, είτε δεν πρόβλεψε ο κατασκευαστής, είτε γιατί είναι εξειδικευμένες για λειτουργίες που χρησιμεύουν σε συγκεκριμένες ανάγκες. Αποτελεί λοιπόν το εργαλείο εκείνο το οποίο ουσιαστικά κάνει πιο εξατομικευμένες τις παραπάνω εφαρμογές. (Halvorson, 1998)

## 1.4. Προγράμματα σχεδίασης

Η ανάπτυξη των σχεδιομελέτης και παραγωγής με χρήση Η/Υ CAD/CAM ξεκίνησε τη δεκαετία του '60, κυρίως από μεγάλες βιομηχανίες. Η πρώτη εφαρμογή CAD αναπτύχθηκε στο MIT, το σύστημα SKETCHPAD. Οι πρώτες εφαρμογές CAD ήταν για σχεδίαση σε 2 διαστάσεις και μετά το '80 επεκτάθηκαν στην τρισδιάστατη απεικόνιση και την μοντελοποίηση αντικειμένων. Η μεγάλη πλειοψηφία των συστημάτων CAD χρησιμοποιούνται σε λειτουργικό windows. (Μπιλάλης and Μαραβελάκης, 2009)

Το σύστημα CAD που χρησιμοποιήθηκε είναι το Autodesk Inventor Professional 2016, της εταιρείας Autodesk. Το πρόγραμμα δόθηκε από την εταιρεία προς χρήση δωρεάν, λόγω της ιδιότητας του φοιτητή. Η έκδοση που χρησιμοποιήθηκε είναι για φοιτητές και για εκπαιδευτική χρήση μόνο. Είναι ένα από τα πολλά προγράμματα σχεδιασμού και μοντελοποίησης, με πολυάριθμες δυνατότητες στην εργασία ενός μηχανολόγου. Ο βασικός λόγος που χρησιμοποιήθηκε το Inventor σαν πρόγραμμα σχεδίασης είναι ότι έχει διδαχθεί στο μάθημα «Σχεδίαση Μηχανολογικών Κατασκευών με Η/Υ (CAD)». Επιπλέον μέσα στα εργαλεία του εμπεριέχεται η γλώσσα προγραμματισμού visual basic for application(VBA) που δίνει την δυνατότητα της δημιουργίας και χρήσης προγραμμάτων γραμμένων σε VBA .

## 2. Κατασκευή Προγράμματος

### 2.1. Δημιουργία Γραφικών και Βασικών στοιχείων του Προγράμματος

#### 2.1.1. Το περιβάλλον του προγράμματος

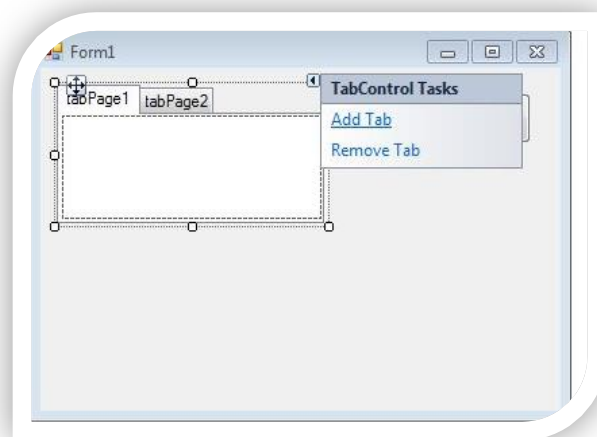
Το πρόγραμμα για να είναι εύχρηστο στον χρήστη και για να μην χρειάζεται ιδιαίτερες γνώσεις για τον χειρισμό του, πρέπει η λειτουργία του να είναι εύκολα κατανοητή και τα γραφικά του εύληπτα στο μάτι του χρήστη.

Στον τρόπο αναζήτησης του επιθυμητής διατομής, έχει χρησιμοποιηθεί η λειτουργία «ταξινόμηση πολλαπλών σελίδων» (Tab menu) (Εικ.6). Δηλαδή στο πάνω μέρος της οθόνης εμφανίζονται χωρισμένες σε κατηγορίες όλες οι διατομές .

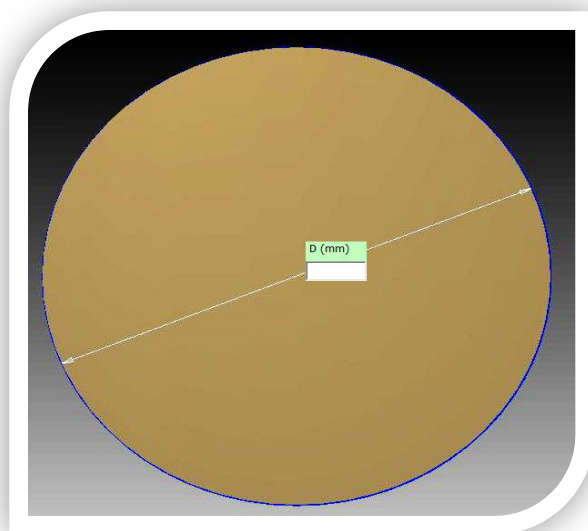
Στην συνέχεια ο χρήστης γνωρίζοντας σε ποια κατηγορία βρίσκεται η επιθυμητή διατομή, την επιλέγει και εμφανίζονται όλες οι διατομές που ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία. Επιλέγει την κατάλληλη και προχωρά στις ενέργειες που θα εξηγηθούν παρακάτω.

Ο τρόπος για την εισαγωγή των δεδομένων από τον χρήστη, έτσι ώστε να υπολογίσει τα αποτελέσματα και να εμφανιστούν, είναι αρκετά απλοϊκός. Όταν ο χρήστης επιλέγει την κατάλληλη διατομή, εμφανίζεται απευθείας σε εικόνα η διατομή που πρέπει να υπολογίσει. Η διατομή εμφανίζεται με τις διαστάσεις της (π.χ. στον κύκλο η διάμετρος) (Εικ.7), όπου στην θέση τους υπάρχουν κενά πεδία, τα οποία συμπληρώνει ανάλογα με τις διαστάσεις που θέλει να υπολογίσει.

Η γλώσσα που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή του προγράμματος είναι η αγγλική. Είναι διεθνής γλώσσα και δίνει την δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα από ανθρώπους διαφορετικών εθνικοτήτων οι οποίοι γνωρίζουν μόνο βασικά αγγλικά.



Εικόνα 7 Ταξινόμηση πολλαπλών σελίδων (Tab menu)



Εικόνα 6 Σχήμα κύκλος , διάσταση διάμετρος D(mm)



## 2.1.2. Άνοιγμα και εκτέλεση του προγράμματος

Το πρόγραμμα έχει αναπτυχθεί στο προγραμματιστικό περιβάλλον CAD συστήματος με χρήση VBA. Η πλατφόρμα της VBA για την δημιουργία προγραμμάτων βρίσκεται σαν εργαλείο μέσα στις επιλογές του Autodesk inventor 2016. Για να μπορεί να τρέξει το πρόγραμμα πρέπει να υπάρχει στον Η/Υ εγκατεστημένη κάποια έκδοση του Autodesk inventor. Με την επιλογή του συστήματος CAD (Autodesk inventor), στην αρχική σελίδα, εμφανίζεται στην κορυφή η διάταξη των ταξινομημένων πολλαπλών σελίδων (Tab menu). Επιλέγεται η σελίδα με την ονομασία «Tools» και στην συνέχεια επιλέγεται το κουμπί «VBA editor» για να γίνει μετάβαση στην πλατφόρμα της VBA. Για να φορτωθεί το πρόγραμμα γίνεται η επιλογή «File» και «Load Project». Αναζητείται το όνομα του προγράμματος “T.P.A. Program” και επιλέγεται το αρχείο που είναι της μορφής «.invb». Όταν φορτωθεί το πρόγραμμα, είναι σε μορφή επεξεργασίας και για να τρέξει επιλέγεται το κουμπί «F5» ή «Play».

Στην συνέχεια η διαδικασία είναι απλή. Ο χρήστης επιλέγει από το (Tab menu) την κατηγορία στην οποία βρίσκεται η επιθυμητή διατομή (π.χ. Basic geometry section) και την επιλέγει. Το επόμενο βήμα είναι να συμπληρώσει σωστά τα κενά πεδία, που είναι οι διαστάσεις της διατομής, η ροπή στρέψης (T) που ασκείται σε αυτόν και σε κάποιες διατομές θα χρειαστεί επιπλέον το μήκος της ράβδου (l), το μετρό διάτμησης (G) και το μέτρο ελαστικότητας (E). Όλα τα δεδομένα που καταχωρούνται στο πρόγραμμα πρέπει να είναι στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (SI). Αφού συμπληρωθούν όλα τα απαραίτητα πεδία, επιλέγεται το κουμπί «Calculate» στο κάτω αριστερά μέρος της οθόνης και εμφανίζονται τα αποτελέσματα. Τα κελιά όπου εμφανίζονται τα αποτελέσματα είναι κλειδωμένα, έτσι ώστε να αποφευχθεί η συμπλήρωση τους κατά λάθος.

Τα αποτελέσματα που επιστρέφει το πρόγραμμα είναι η σταθερά ροπή αδράνειας (It) σε ( $mm^4$ ) και σε ( $cm^4$ ), το εμβαδόν της διατομής (Area) σε ( $mm^2$ ) και η μέγιστη στρεπτική τάση (tmax) σε ( $\frac{N}{mm^2}$ ).

Σε περίπτωση μη συμπλήρωσης κελίου ή στην λανθασμένη εισαγωγή στοιχείων ή σε περίπτωση που υπάρχουν περιορισμοί στη διατομή, εμφανίζεται παράθυρο που επισημαίνει το λάθος και σε κατευθύνει στην ορθή καταχώρηση.

Κάτω από το κουμπί «Calculate» υπάρχουν δύο επιπλέον κουμπιά.

- «Clear» είναι για να αδειάσει όλα τα κελιά από προηγούμενους υπολογισμούς.
- «End» είναι για τον τερματισμό του προγράμματος.

### 2.1.3. Ο σχεδιασμός των βασικών στοιχείων του προγράμματος

Στην αρχή σχεδιασμού του προγράμματος, έχοντας επιλέξει τη μορφή ταξινόμησης πολλαπλών σελίδων, δημιουργήθηκαν τόσες σελίδες όσες οι κατηγορίες διατομών που τοποθετήθηκαν στο πρόγραμμα. Σε κάθε κατηγορία προστέθηκε αριθμός σελίδων ίσο με αυτό των διατομών που περιέχει η κάθε κατηγορία. Στην συνέχεια κατασκευάστηκε κάθε σελίδα ξεχωριστά και προστέθηκαν τα απαραίτητα στοιχεία για κάθε διατομή. Σε κάθε σελίδα δόθηκε ένα όνομα διατομής, έτσι ώστε να μπορεί ο χρήστης να βρει εύκολα αυτόν που ψάχνει. Για την δημιουργία κάθε διατομής χρησιμοποιήθηκε το Inventor, όπου σχεδιάστηκαν όλες οι διατομές και τοποθετήθηκαν οι απαιτούμενες διαστάσεις που χρειάζονται για τον υπολογισμό των τύπων. Στην συνέχεια με επιλογή που διαθέτει το Inventor έγινε εξαγωγή των διατομών σε εικόνες. Οι εικόνες επεξεργάστηκαν κατάλληλα έτσι ώστε να τοποθετηθούν στο πρόγραμμα.

Αφού τοποθετήθηκε κάθε εικόνα στην αντίστοιχη σελίδα σαν φόντο, στη συνέχεια προστέθηκαν τα απαιτούμενα στοιχεία, έτσι ώστε να μπορεί ο χρήστης να δώσει τα δεδομένα και να λάβει τα αποτελέσματα. Προστέθηκαν

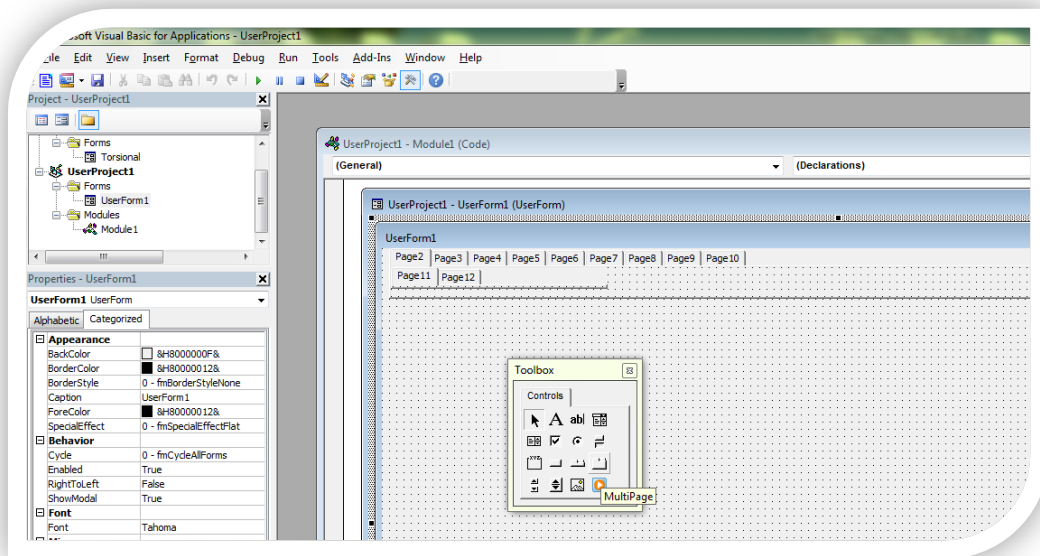
- κενά κελιά στις διαστάσεις κάθε διατομής όπου θα εισάγει ο χρήστης τα δεδομένα και αντίστοιχες ταμπέλες που θα δείχνουν τον συμβολισμό της ανάλογης διάστασης και τις μονάδες της,
- κενά κελιά κλειδωμένα, με την επεξήγηση και τις μονάδες από πάνω τους όπου θα εμφανίζονται τα αποτελέσματα,
- κουμπιά χειρισμού, όπως κλείσιμο προγράμματος, υπολογισμός αποτελεσμάτων και εκκαθάριση κελιών.

Καταχωρήθηκαν στην ταμπέλα κάθε κελιού το όνομά του και δόθηκε η κατάλληλη διάσταση και ο ανάλογος χρωματισμός ώστε να διαφέρουν τα δεδομένα από τα αποτελέσματα.

Για την σωστή λειτουργία του προγράμματος, τοποθετήθηκε πίσω από κάθε κουμπί ο αντίστοιχος κώδικας και σε κάποιες διατομές τοποθετήθηκαν κελιά, στα οποία αναγράφονται οι περιορισμοί που επιβάλλονται από τους τύπους για τον υπολογισμό του αποτελέσματος.

## 2.1.4. Η δημιουργία των βασικών στοιχείων του προγράμματος

Ξεκινώντας δημιουργήθηκε στην πλατφόρμα της VBA ένα καινούργιο πρόγραμμα το «user project 1» και μέσα από αυτό προστέθηκε ένα νέο «userform1». Δόθηκαν οι διαστάσεις που χρειάζονται έτσι ώστε να τοποθετηθούν οι εικόνες των διατομών ακριβώς. Από τα εργαλεία που της VBA στο «toolbox», το «multipage», προστέθηκαν τόσες σελίδες ταξινόμησης, όσες και οι κατηγορίες των διατομών. Σε κάθε κατηγορία προστέθηκαν επιπλέον σελίδες για τις διατομές που ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία.

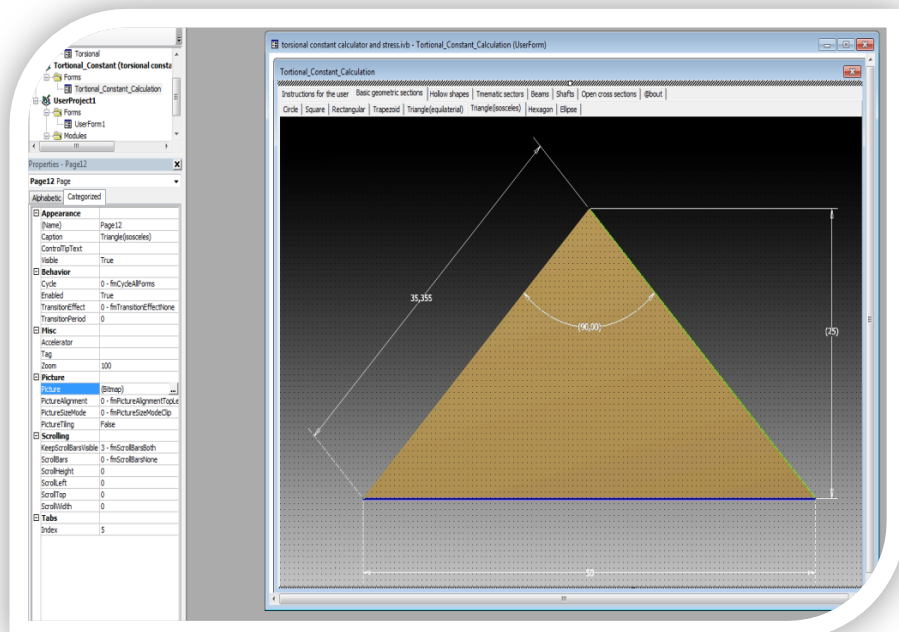


Εικόνα 8 «userform1»

Στην συνέχεια ονοματίστηκαν οι καρτέλες με τα ονόματα των διατομών και προστέθηκαν δύο επιπλέον, μια σαν πρώτη σελίδα

εισαγωγής, την «instructions for the user», όπου θα εξηγεί την λειτουργία του προγράμματος και μια στο τέλος την «@bout» όπου θα

γίνεται παρουσίαση όσων πήραν μέρος στην δημιουργία - εξέλιξη αυτού του



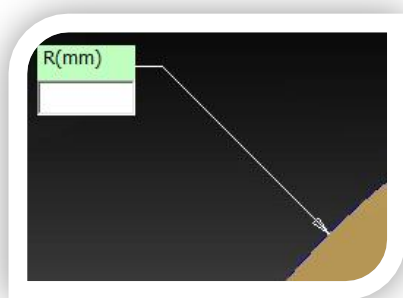
Εικόνα 9 Εισαγωγή εικόνων

προγράμματος. Η εισαγωγή των εικόνων για να χρησιμοποιηθούν ως φόντο, έγινε από τις ιδιότητες κάθε σελίδας και στην επιλογή «picture» φορτώθηκε σε κάθε σελίδα, η εικόνα που δείχνει την διατομή η οποία είχε σχεδιαστεί στο inventor.

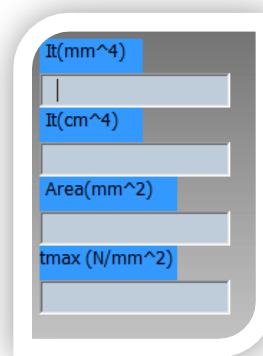
Στο επόμενο βήμα προστεθήκαν όλα τα στοιχεία που χρειάζεται το πρόγραμμα έτσι ώστε να γίνει λειτουργικό, όπως, τα κελιά εισαγωγής δεδομένων και αποτελεσμάτων επεξήγησης κάθε κελιού, τα κουμπιά και σε μερικά σχήματα ταμπέλες με περιορισμούς. Στην συνέχεια έγινε η επεξεργασία τους.

Πρώτα τοποθετήθηκαν όλα τα κελιά «textbox». Τα κελιά εισαγωγής παρέμειναν με λευκό χρώμα (Εικ.11), ενώ τα κελιά αποτελεσμάτων χρωματίστηκαν γκρι και κλειδώθηκαν (Εικ.10) ώστε να μην υπάρχει περίπτωση ο χρήστης να εισάγει δεδομένα σε αυτά. Σε κάποια σχήματα υπάρχουν και κελιά που εμφανίζουν το αποτέλεσμα των περιορισμών που ισχύουν για το έκαστο σχήμα (Εικ.12). Αυτά χρωματίστηκαν με απαλό κίτρινο και κλειδώθηκαν.

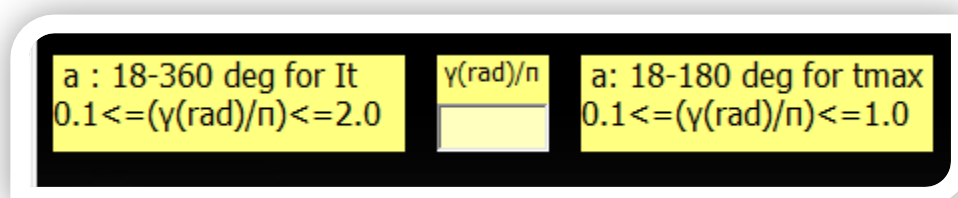
Ύστερα προστέθηκαν «labels» ετικέτες σε κάθε κελί για την επεξήγηση του. Στα κελιά εισαγωγής τοποθετήθηκαν ετικέτες ανοιχτού πράσινου χρώματος, στα κελιά αποτελεσμάτων ετικέτες μπλε χρώματος και στα κελιά περιορισμών ετικέτες κίτρινου χρώματος. Σε όλες τις ετικέτες έχει εισαχθεί γραμματοσειρά «Tahoma» και μέγεθος «10».



Εικόνα 11 Κελί εισαγωγής

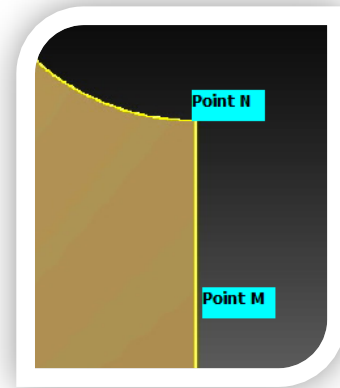


Εικόνα 10 Κελιά αποτελεσμάτων



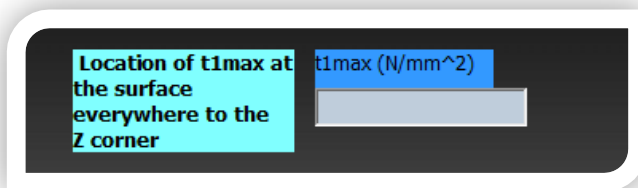
Εικόνα 12 Κελιά περιορισμών

Επιπλέον τοποθετήθηκαν σε ορισμένα σημεία κάποιων σχημάτων ετικέτες που επισημαίνουν κάποιο συγκεκριμένο σημείο «point x» και έχουν χρωματιστεί ανοιχτό γαλάζιο(Εικ.13).



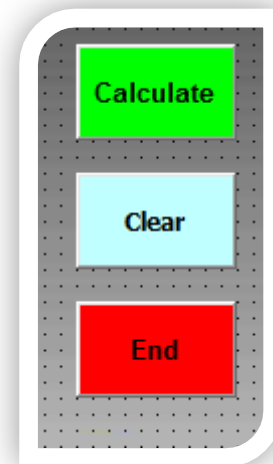
Εικόνα 13 Ετικέτες σημείων

Επειδή σε κάποια σχήματα η στρεπτική τάση εμφανίζεται σε συγκεκριμένα τμήματα του σχήματος, γίνεται επεξήγηση με ετικέτα χρώματος ανοιχτού γαλάζιου δίπλα στα κελιά αποτελεσμάτων(Εικ.14).



Εικόνα 14 Ετικέτα επεξηγήσεων

Τέλος προστέθηκαν τα κουμπιά «command button», ήτοι το *calculate*, το *clear* και το *end* που τοποθετήθηκαν κάτω δεξιά και τους δόθηκαν τα χρώματα πράσινο, ανοιχτό γαλάζιο και κόκκινο αντίστοιχα.

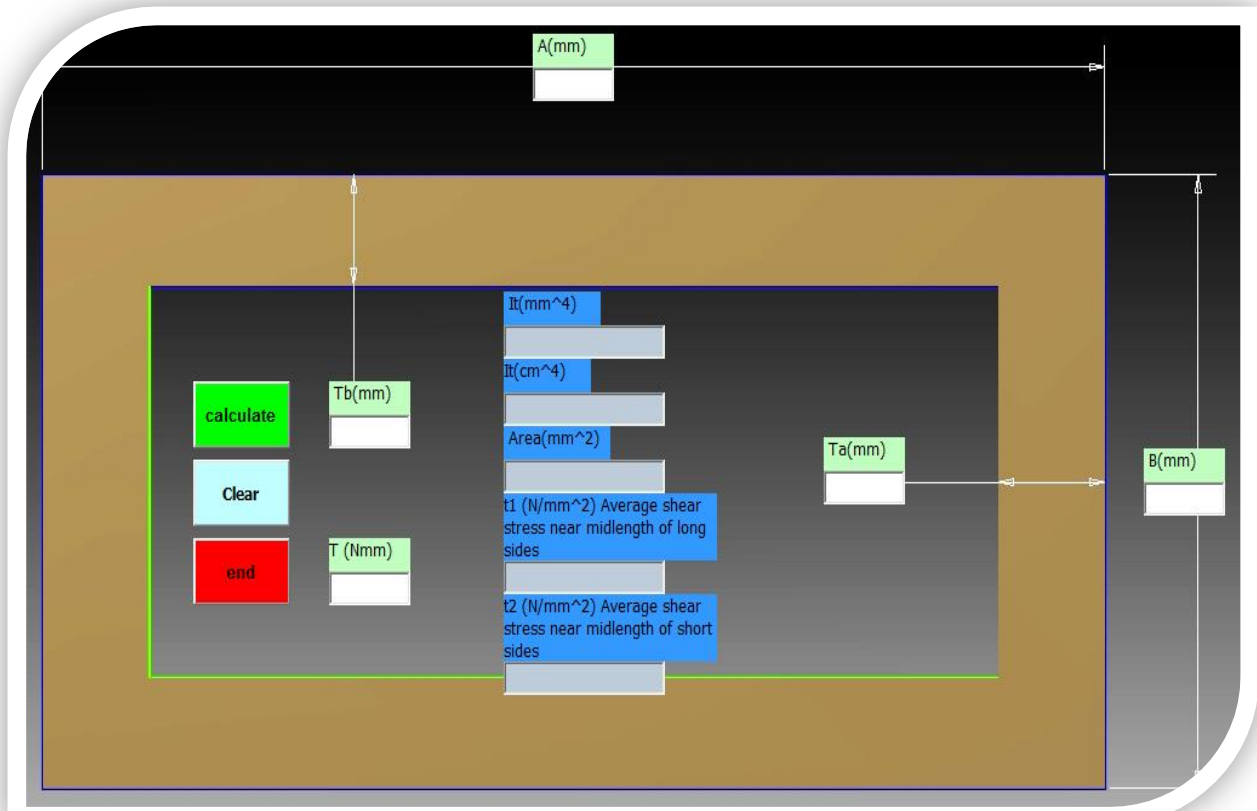


Εικόνα 15 Κουμπιά Χειρισμού

Η διαδικασία εισαγωγής στοιχείων πραγματοποιήθηκε σε όλες τις διατομές, προσαρμόζοντας τα στοιχεία στις απαιτήσεις της εκάστοτε διατομής. Συγκεκριμένα σε κάποιες διατομές χρειάστηκαν κάποιοι περιορισμοί, κάποιες επεξηγήσεις, κάποιο επιπλέον κουμπί κλπ.

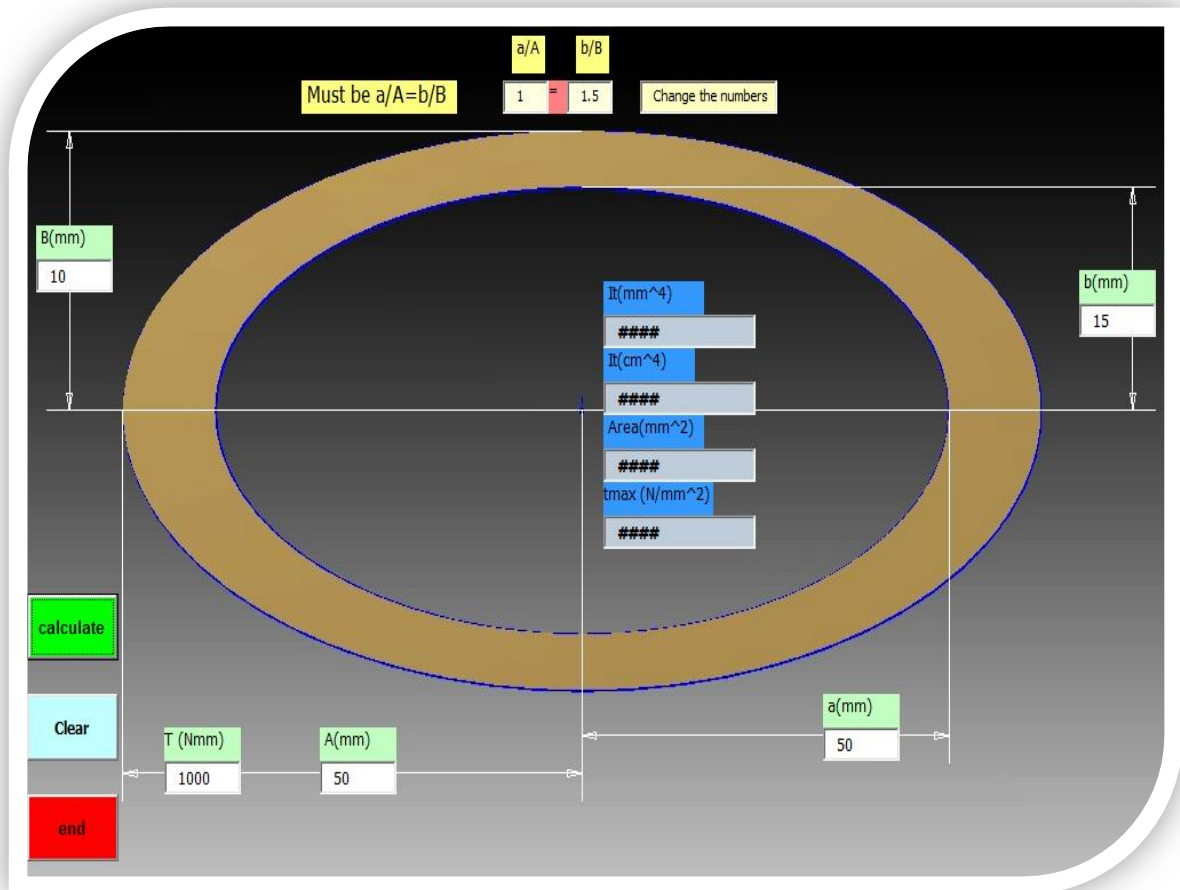
Παρακάτω είναι κάποιες περιπτώσεις διατομών:

Η πρώτη διατομή είναι ένα ορθογώνιο με λεπτό τοίχος (rectangular thin walls) (Εικ.16), το οποίο έχει σαν ιδιαιτερότητα ότι δεν εμφανίζει μια στρεπτική τάση αλλά δυο την ( $t_1$ ) και την ( $t_2$ ) δηλαδή περισσότερα κελιά αποτελεσμάτων.



Εικόνα 16 Ορθογώνιο με λεπτό τοίχος (rectangular thin walls)

Η δεύτερη διατομή είναι μια έλλειψη (Hollow elliptical section) (Εικ.17), στην οποία υπάρχει ο περιορισμός ότι, τα δύο κλάσματα, που είναι οι διαστάσεις του σχήματος, πρέπει να είναι ίσα. Έχει γίνει τοποθετήσει επιπλέον κελιών που ενημερώνουν τον χρήστη για το αποτέλεσμα των κλασμάτων και για την ορθή ή μη ορθή τοποθέτηση των τιμών. Στην παρακάτω εικόνα δεν ισχύει ο περιορισμός, δηλαδή, το  $a/A \neq b/B$ , εμφανίζεται μήνυμα «change the numbers» «άλλαξε τους αριθμούς» και στα κελιά των αποτελεσμάτων εμφανίζεται «####» αντί για αποτέλεσμα.

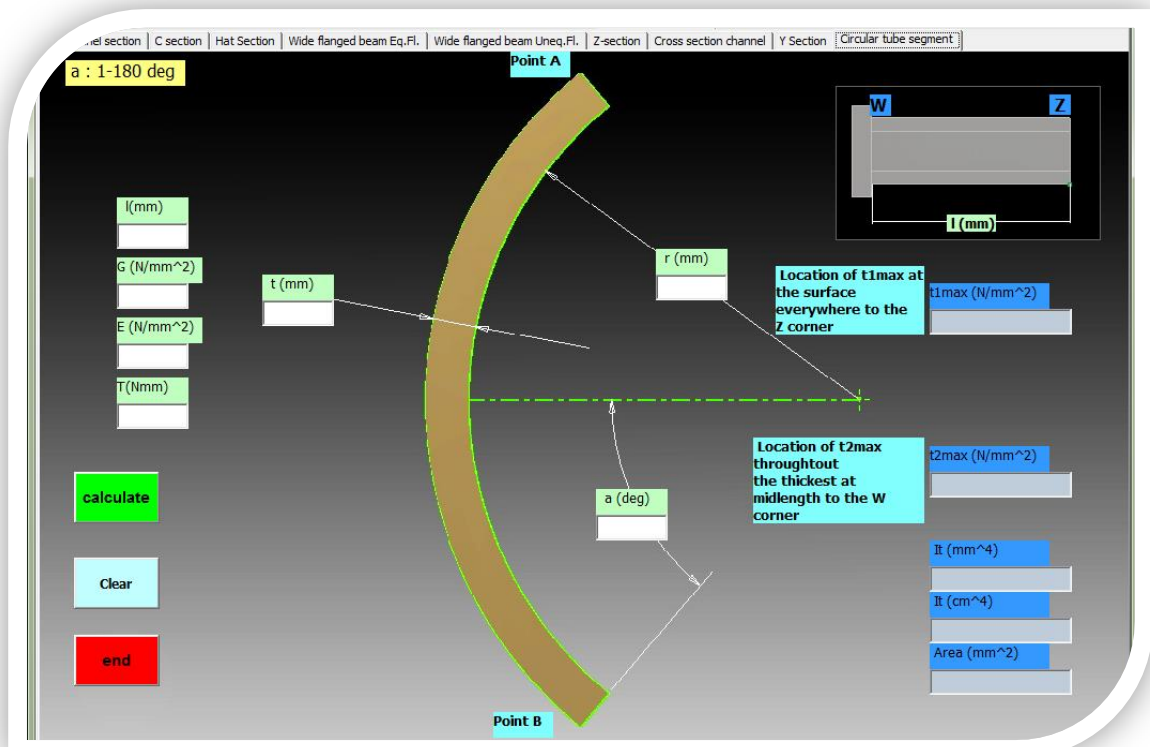


Εικόνα 17 Έλλειψη (Hollow elliptical section)

Η τρίτη διατομή είναι ένα μέρος κυκλικού σωλήνα (Segment of a circular tube) (Εικ.18), που έχει αρκετές ιδιαιτερότητες. Εκτός από τα κελιά εισαγωγής των διαστάσεων και της ροπής στρέψης, χρειάζεται η εισαγωγή επιπλέον δεδομένων για τον υπολογισμό της στρεπτικής τάσης που είναι

- $[l (mm)]$  το μήκος της ράβδου,
- $[G (N/mm^2)]$  το μέτρο διάτμησης της ράβδου,
- $[E (N/mm^2)]$  το μέτρο ελαστικότητας της ράβδου.

Στην περίπτωση αυτή το σχήμα έχει δύο στρεπτικές τάσεις, σε δυο διαφορετικά σημεία, κατά μήκος της ράβδου. Για να γίνει κατανοητό από τον χρήστη σε ποιο σημείο εμφανίζονται, υπάρχει δεύτερη εικόνα πάνω δεξιά, που δείχνει κατά μήκος την ράβδο και τα σημεία που εμφανίζονται οι δύο στρεπτικές τάσεις. Υπάρχουν ακόμα επεξηγήσεις δίπλα στα αποτελέσματα και πάνω αριστερά υπάρχει ένας περιορισμός για την γωνία του σχήματος.

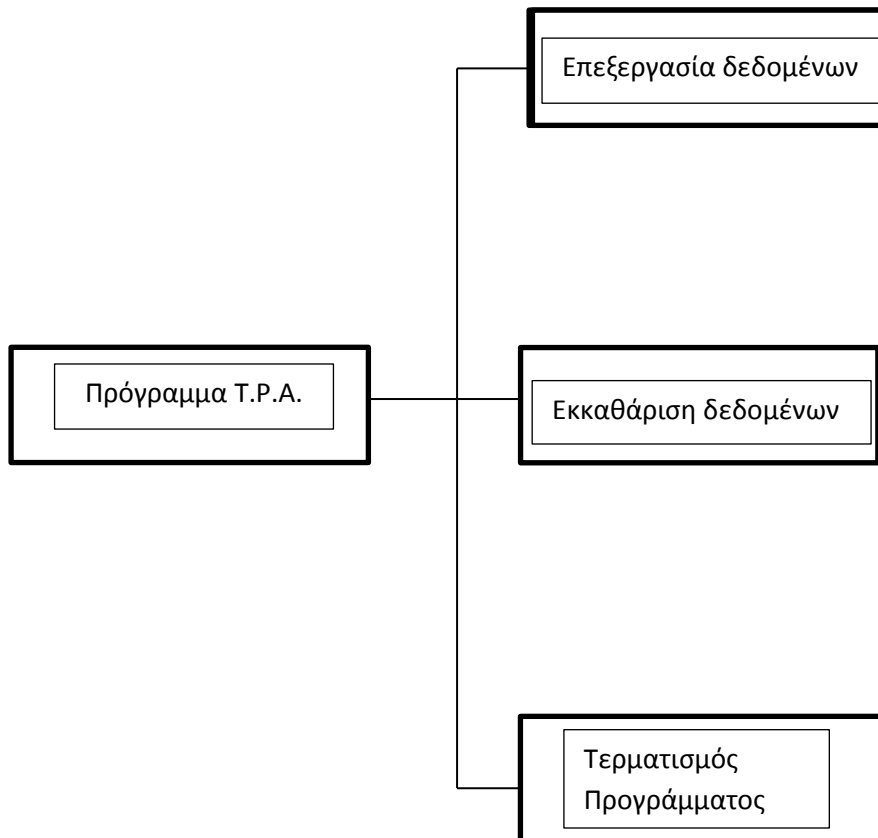


Εικόνα 18 Μέρος κυκλικού σωλήνα (Segment of a circular tube)



## 2.2. Κώδικας

Στο πρόγραμμα κατασκευάστηκαν όλα τα γραφικά, που περιέχουν κουμπιά, κελιά δεδομένων κ.λπ. και βοηθούν τον χρήστη. Όμως για να λειτουργήσει το πρόγραμμα, χρειάζεται να τρέχει από πίσω και ένας αλγόριθμος όπου θα ελέγχει και θα υπολογίζει τα δεδομένα και θα τα εμφανίζει στο πρόγραμμα. Είναι δηλαδή μια πεπερασμένη σειρά ενεργειών, αυστηρά καθορισμένων και εκτελέσιμων σε πεπερασμένο χρόνο, που στοχεύουν στην επίλυση του προβλήματος. Το πρόγραμμα, για να αντιμετωπισθούν σύνθετα προβλήματα που μπορεί να δημιουργηθούν κατά την συγγραφή του, υποδιαιρείται σε τρία υποπρογράμματα, που καθένα έχει τον δικό του αλγόριθμο. Στο πρόγραμμα για κάθε διατομή χρειάζεται τρεις αλγόριθμους. Όλοι οι αλγόριθμοι γράφονται μεταφορικά πίσω από κάθε κουμπί. Έτσι όταν πατάει ο χρήστης ένα από τα τρία κουμπιά ενεργοποιείται ο αντίστοιχος αλγόριθμος. Παρακάτω υπάρχει η μορφή του προγράμματος σε διάγραμμα, που χωρίζεται στα τρία υποπρογράμματα.

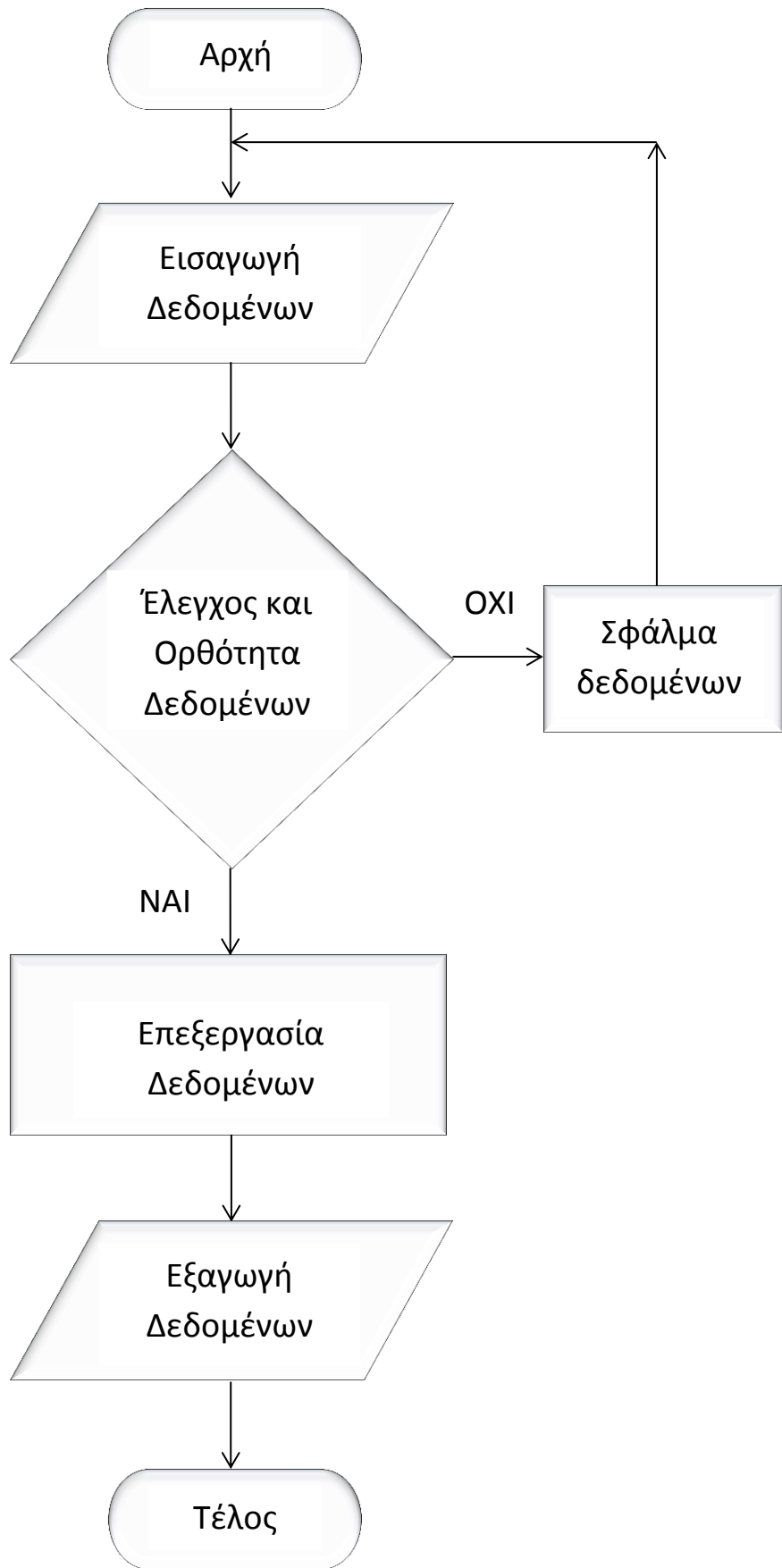


Κάθε αλγόριθμος για να μπορεί να λειτουργήσει σωστά πρέπει να τηρεί τα παρακάτω κριτήρια :

- *Είσοδος* (input). Καμία, μία ή περισσότερες τιμές δεδομένων πρέπει να δίνονται ως είσοδοι στον αλγόριθμο.
- *Έξοδος* (output). Ο αλγόριθμος πρέπει να δημιουργεί τουλάχιστον μία τιμή δεδομένων ως αποτέλεσμα προς το χρήστη ή προς έναν άλλο αλγόριθμο.
- *Καθοριστικότητα* (definiteness). Κάθε εντολή πρέπει να καθορίζεται χωρίς καμία αμφιβολία για τον τρόπο εκτέλεσής της.
- *Περατότητα* (finiteness). Ο αλγόριθμος να τελειώνει μετά από πεπερασμένα βήματα εκτέλεσης των εντολών του.
- *Αποτελεσματικότητα* (effectiveness). Κάθε μεμονωμένη εντολή του αλγορίθμου να είναι απλή.

### 2.2.1. Διάγραμμα Ροής

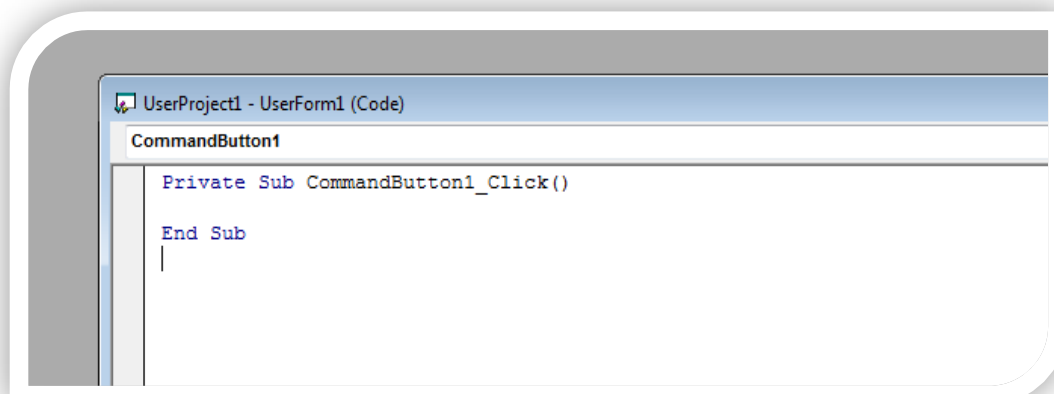
Η βασική λειτουργία του αλγόριθμου που χρησιμοποιήθηκε στο πρόγραμμα βασίζεται στην λογική του παρακάτω διαγράμματος που ονομάζεται Διάγραμμα Ροής.



## 2.2.2. Συγγραφή κώδικα

Ξεκινώντας την συγγραφή κάθε υποπρογράμματος, επιλέγεται διπλό κλικ στο κουμπί εντολής υπολογισμού και μεταφέρεται αυτόματα σε παράθυρο «user form1» στο οποίο μπορείς να γράψεις κώδικα. Τοποθετείται αυτόματα δυο γραμμές κώδικα. Το όνομα του υποπρογράμματος, που ονοματίζεται από το αντίστοιχο κουμπί που επιλέγεται και το κλείσιμο του κώδικα.

```
Private Sub CommandButton1_Click
End Sub
```



Εικόνα 19 Αρχική και τελική εντολή κώδικα

Δεύτερο βήμα είναι να δηλωθούν όλες τις μεταβλητές που θα χρησιμοποιηθούν για την λειτουργία του υποπρογράμματος. Ο αριθμός των μεταβλητών είναι διαφορετικός σε κάθε διατομή, γιατί εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως πόσες διαστάσεις έχει η διατομή, μεταβλητές που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την βοήθεια επίλυσης των υπολογισμών, κλπ. Η δήλωση μιας μεταβλητής γίνεται γράφοντας πρώτα την λέξη «Dim», στην συνέχεια δηλώνεται το όνομα της μεταβλητής και τέλος ορίζεται ο τύπος της μεταβλητής, αν πρόκειται για κείμενο, ακέραιους ή πραγματικούς αριθμούς, κλπ.

Οι μεταβλητές στο πρόγραμμα θα ορίζονται (as Double) στο πεδίο ορισμού {-1.79769313486231570E+308 μέχρι -4.94065645841246544E-324} για τις αρνητικές τιμές και {4.94065645841246544E-324 μέχρι 1.79769313486231570E+308} για τις θετικές τιμές.

Τις μεταβλητές ορίζονται (as double) γιατί προσεγγίζουν τους πραγματικούς αριθμούς και έτσι πετυχαίνεται μεγαλύτερη ακρίβεια στους υπολογισμούς.

```
Dim oJ as Double
Dim oT as Double
```

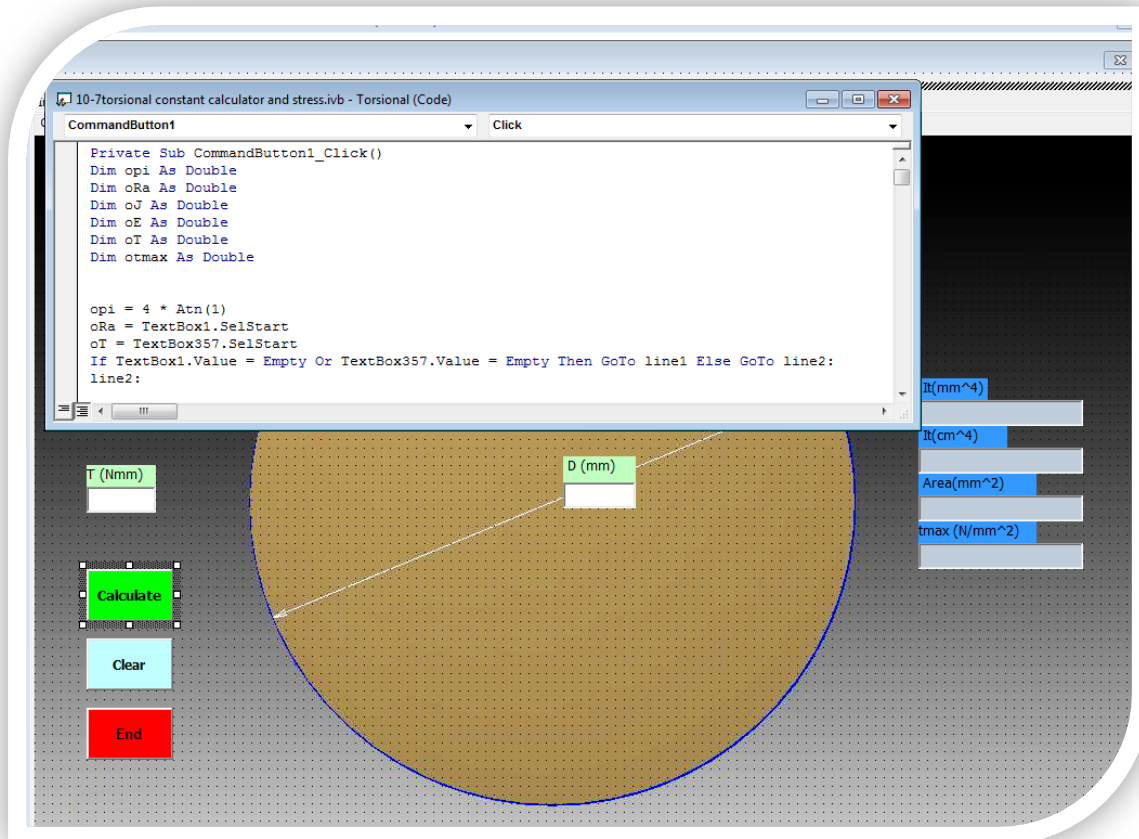
Εικόνα 20 Ορισμός μεταβλητών

Στο επόμενο βήμα συνδέεται κάθε μεταβλητή με ένα κελί από το πρόγραμμα και με την εντολή «SelStart» ορίζεται για

κάθε μεταβλητή πόσα στοιχεία θα περιέχει το κελί που της αντιστοιχεί. Δηλαδή, αν τοποθετηθεί σε ένα κελί ο αριθμός (150,2) στη μεταβλητή θα καταχωρηθεί με την εντολή «SelStart» ο αριθμός [5]. Αυτό γίνεται για να λειτουργήσει ο έλεγχος στην περίπτωση που έχουν μείνει κενά κελιά.

```
oRa = TextBox1.SelStart
oT = TextBox357.SelStart
```

Εικόνα 21 Εντολή «SelStart»



Επιπλέον στα σχήματα που απαιτείται ο αριθμός  $\pi=3,14$  στον υπολογισμό των δεδομένων, για να επιτευχθεί ο μέγιστος αριθμός δεκαδικών και καλύτερη ακρίβεια στα αποτελέσματα, χρησιμοποιείται ο τύπος  $\pi=4*\sigma\phi(1)$ , που γράφεται στο πρόγραμμα ως εξής:

```
opi = 4 * Atn(1)
```

Εικόνα 22 Τύπος για  $\pi=3,14$

Ο παραπάνω τύπος χρησιμοποιείται κυρίως στις διατομές με κύκλο ή τόξα.

Στη συνέχεια ακολουθεί η λογική συνάρτηση, που ελέγχει αν έχουν συμπληρωθεί τα κελιά εισαγωγής. Με την συνάρτηση αυτή γίνονται τα εξής αποτελέσματα:

- Όταν δεν ισχύει η λογική συνάρτηση, τότε όλα τα κελιά εισαγωγής είναι συμπληρωμένα και πηγαίνει στην γραμμή 2 «line 2», συνεχίζοντας κανονικά τους υπολογισμούς και εμφανίζοντας τα αποτελέσματα.
- Στην περίπτωση που ισχύει η λογική συνάρτηση, τότε ένα η περισσότερα κελιά δεν είναι συμπληρωμένα και πηγαίνει στην γραμμή 1 «line 1», παρακάμπτει τους υπολογισμούς, στα κελιά των αποτελεσμάτων παρουσιάζονται «####» και εμφανίζει μήνυμα στον χρήστη που τον ενημερώνει ότι λείπουν τιμές.

If TextBox1.Value = Empty Or TextBox357.Value = Empty Then GoTo line1 Else GoTo line2:

Εικόνα 23 Λογική Συνάρτηση

```
line1:
MsgBox "Value Missing"
TextBox76.Value = "####"
TextBox2.Value = "####"
TextBox3.Value = "####"
TextBox358.Value = "####"
```

Εικόνα 24 Κώδικας γραμμή 1(Line 1)

```
line2:
oRa = TextBox1.Value
oT = TextBox357.Value
oE = opi * (oRa / 2) ^ 2
oJ = opi * (oRa / 2) ^ 4 / 2
TextBox76.Value = oE
TextBox2.Value = oJ
TextBox3.Value = oJ / 10000
otmax = (2 * oT) / (opi * (oRa / 2) ^ 3)
```

Εικόνα 25 Κώδικας γραμμή 2(Line 2)

Αναλύοντας περισσότερο τις γραμμές του κώδικα που υπάρχουν παραπάνω. Η λογική συνάρτηση «If...Then...Else», που βάσει μίας συνθήκης πραγματοποιεί δύο διαδικασίες, μία όταν ισχύει και μία όταν δεν ισχύει.

```
If συνθήκηThen
.
.
Else if
.
End if
```

Εικόνα 26 Λογική Συνάρτηση (if...then...else)

Με την εντολή «value» μπορείς να εισάγεις την τιμή ενός κελιού σε μια μεταβλητή ή το αντίστροφο, με σκοπό την εμφάνιση της στο πρόγραμμα.

```
←
oRa = TextBox1.Value
```

Εικόνα 28 Εισαγωγή τιμής ενός κελιού σε μια μεταβλητή

```
←
TextBox358.Value = otmax
```

Εικόνα 27 Εισαγωγή τιμής μιας μεταβλητής σε ένα κελί

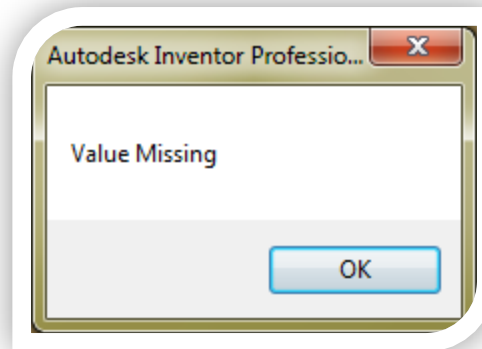
Οι πράξεις που πραγματοποιούνται στον κώδικα είναι με σειρά προτεραιότητας:

<i>a/a</i>	<i>Τελεστές</i>	<i>Ερμηνεία</i>
1	( )	Πράξεις σε παρενθέσεις
2	^	Δυνάμεις
3	* /	Πολ/σμοί - Διαιρέσεις
4	+ -	Πράξεις με πρόσημα
5	+ -	Προσθέσεις-Αφαιρέσεις

Η εντολή «msgbox "μήνυμα"» δημιουργεί ένα μήνυμα για την ενημέρωση του χρήστη. Το μήνυμα τοποθετείται μέσα σε αποσιωπητικά.

MsgBox "μήνυμα"

Εικόνα 29 Εντολή εμφάνισης μηνύματος



Για την διενέργεια των υπολογισμών, σε ορισμένες διατομές, δημιουργήθηκαν οι παρακάτω τριγωνομετρικές συναρτήσεις, αντλώντας υφιστάμενα στοιχεία από την γλώσσα vba:

- Υπερβολικό συνημίτονο [ $\cosh(x)$ ]

Υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο:  $\cosh(x) = \frac{e^x + e^{-x}}{2}$

και γράφεται στον κώδικα:  $\cosh(x) = (\text{Exp}(x) + \text{Exp}(-x)) / 2$

Συναντάται στον κώδικα των σχημάτων "Open Cross Section".

$$\theta_1 = (-T / (c_w * E * (\beta^2))) * (1 - (1 / ((\text{Exp}(\beta * l) + \text{Exp}(-\beta * l)) / 2)))$$

- Υπερβολική εφαπτομένη [ $\tanh(x)$ ]

Υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο:  $\tanh(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$

και γράφεται στον κώδικα:  $\tanh(x) = (\text{Exp}(x) - \text{Exp}(-x)) / (\text{Exp}(x) + \text{Exp}(-x))$

Συναντάται στον κώδικα των σχημάτων "Beams".

$$o_4 = (\text{Exp}(1) - \text{Exp}(-1)) / (\text{Exp}(1) + \text{Exp}(-1))$$

- αντίστροφο συνημίτονου ή τόξο συνημιτόνου [ $\arccos(x)$ ]

Υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$\cos(x)^{-1} = \text{Atan}\left(\frac{x}{\sqrt{-x * x + 1}}\right) + 2 * \text{Atan}(1)$$

και γράφεται στον κώδικα:  $\text{Acos}(x) = \text{Atan}(-x / \text{Sqrt}(-x * x + 1)) + 2 * \text{Atan}(1)$

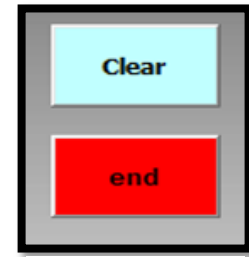
Συναντάται στον κώδικα του σχήματος "C shape shaft".

$$o_{Ai} = 2 * (\text{Atn}(-o_{Ani} / \text{Sqr}(-o_{Ani} * o_{Ani} + 1)) + 2 * \text{Atn}(1)) * (180 / o_{pi})$$



Παρακάτω θα εξηγηθεί η συγγραφή του κώδικα των κουμπιών «clear» και «end» (Εικ.30):

Το κουμπί «clear» έχει τοποθετηθεί με την ιδιότητα να πραγματοποιεί εκκαθάριση δεδομένων σε όλα τα κελιά από προηγούμενους υπολογισμούς, ώστε να εισαχθούν νέα δεδομένα και υπολογισμοί.

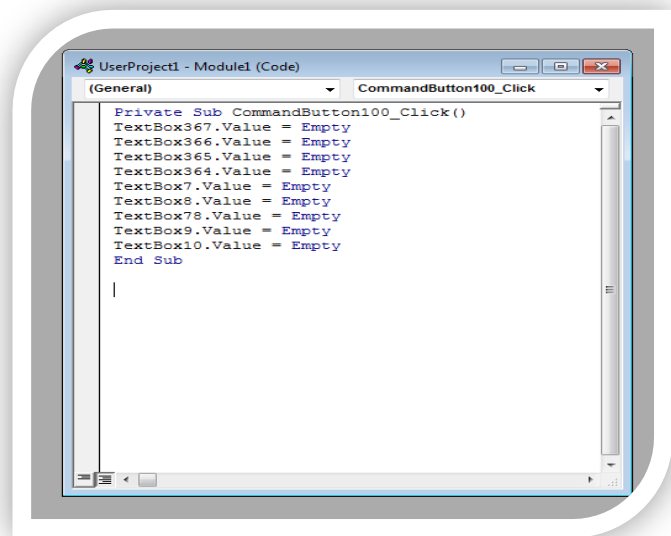


Εικόνα 30 Κουμπιά Clear και End

Ο κώδικας ξεκινάει, όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως, με την εντολή: «Private Sub CommandButton100\_Click()».

Στην συνέχεια απλώς εισάγεται σε όλα τα κελιά η λέξη «Empty», που έχει την ιδιότητα να διαγράφει το περιεχόμενο κάθε κελιού και έτσι μένει άδειο. Με την ολοκλήρωσή του ο κώδικας κλείνει με την εντολή «End sub».

```
TextBox367.Value = Empty
```



Εικόνα 31 Κώδικας κουμπιού Clear

Το κουμπί «end» έχει τοποθετηθεί με την ιδιότητα να πραγματοποιεί τον τερματισμό του προγράμματος, όταν ο χρήστης το επιθυμεί.

Ο κώδικας του αποτελείται από τρεις γραμμές, αφού περιέχει μόνο την εντολή «End» που τερματίζει το πρόγραμμα.

```
Private Sub CommandButton2_Click()
End
End Sub
```

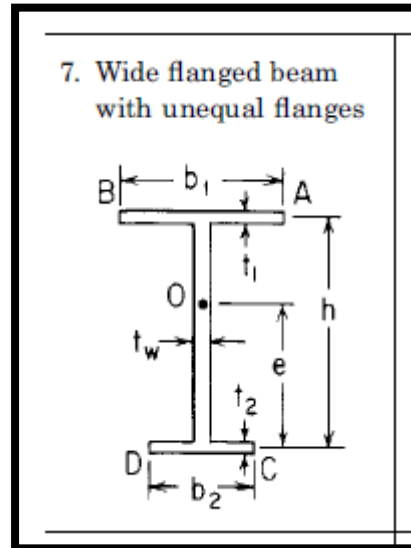
Εικόνα 32 Κώδικας Κουμπιού End

### 2.2.3. Περιπτώσεις Διατομών με ιδιαίτερες λειτουργίες.

Κατά την συγγραφή του κώδικα, χρειάστηκε να προστεθούν σε κάποιες διατομές οι παρακάτω επιπλέον λειτουργίες, ώστε να υπολογίζονται σωστά τα αποτελέσματα:

A. Δοκάρι με άνισες φαρδιές φλάντζες (Wide flanged beam unequal flanges) (Εικ.33). Για να υπολογιστεί η στρεπτική τάση, πρέπει να είναι γνωστό πιο από τα πάχη  $t_1$ ,  $t_2$  και  $t_w$  είναι μεγαλύτερο, για να το τοποθετηθεί στον τύπο. Με την λειτουργία «For...Next» που εμπεριέχεται στην γλώσσα vba, μπορείς να εντοπίσεις εύκολα πιο από τα τρία πάχη είναι μεγαλύτερο.

Η λειτουργία αυτή πραγματοποιεί μια σειρά γραμμών κώδικα για συγκεκριμένο αριθμό επαναλήψεων. Στην αρχή πρέπει να δηλωθεί στον πίνακα [P(3)] τα κελιά που απαιτούνται, (τρία σε αυτήν την περίπτωση) και την μεταβλητή που θα επαναλαμβάνει την διαδικασία (i), που δηλώνεται ως «As Integer»



Εικόνα 33 Δοκάρι με άνισες φαρδιές φλάντζες (Wide flanged beam unequal flanges)

```
Dim P(3) As Double
Dim i As Integer
```

Σε κάθε κελί του πίνακα καταχωρούνται τα τρία πάχη και στην συνέχεια εισάγεται στο tmax το P(1), το πρώτο κελί του πίνακα. Με την λειτουργία «for...next» επαναλαμβάνεται για «i=2 και i=3». Με την λογική συνάρτηση «If...Then...Else» ελέγχεται κάθε φορά, αν κάποια από τις άλλες τιμές του πίνακα είναι μεγαλύτερη από την τιμή tmax που έχει δηλωθεί. Εφόσον είναι κάποια μεγαλύτερη, εισάγεται αυτή στην τιμή tmax.

Το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι ότι στην μεταβλητή tmax έχει εισαχθεί το μεγαλύτερο πάχος και έτσι μπορεί να υπολογιστεί η στρεπτική τάση.

```
P(1) = oTα
```

```
P(2) = oTb
```

```
P(3) = oTw
```

```
.
```

```
.
```

```
.
```

```
tmax = P(1)
```

```
For i = 2 To 3
```

```
  If P(i) > tmax Then
```

```
    tmax = P(i)
```

```
  End If
```

```
Next
```

Εικόνα 34 Λειτουργία «for...next»

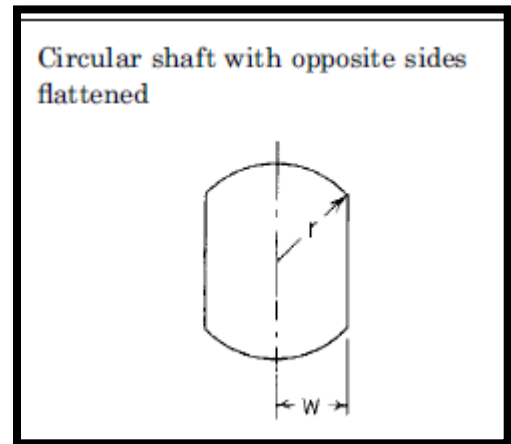
Β. Σε ορισμένες διατομές χρειάστηκε να εισαχθούν περισσότερες από μια λογικές συναρτήσεις, λόγω περιορισμών που είχε η κάθε διατομή. Παρακάτω παρατίθεται ένα παράδειγμα:

Κυκλικός άξονας με επίπεδες πλευρές (Circular shaft with opposite sides flattened 2) (Εικ.35)

Έχει τους εξής περιορισμούς:

$0 \leq \frac{r-w}{r} \leq 0.8$  που είναι για την εύρεση της σταθεράς ροπής αδρανείας.

$0 \leq \frac{r-w}{r} \leq 0.6$  που είναι για την εύρεση της στρεπτική τάσης.



Εικόνα 35Κυκλικός άξονας με επίπεδες πλευρές(Circular shaft with opposite sides flattened)

Ελέγχεται αν ισχύει ο περιορισμός της σταθεράς ροπής αδρανείας και συνεχίζει τους υπολογισμούς. Αν δεν ισχύει πηγαίνει στη «line 4» όπου εμφανίζει μήνυμα στον χρήστη και τοποθετεί στα κελιά αποτελεσμάτων «#####». Επίσης εμφανίζει στα κελιά των περιορισμών τα αποτελέσματα, για να βλέπει ο χρήστης ότι δεν ισχύει ο περιορισμός και διαγράφει τα δεδομένα στα κελιά εισαγωγής, ώστε ο χρήστης να τοποθετήσει νέα που τηρούν τους περιορισμούς.

```
ob = (oRa - oW) / oRa
If ob < 0 Or ob > 0.8 Then GoTo line4:.
.
.
End if
MsgBox "W must be 0.2r<=W<=r"
TextBox60.Value = "#####"
TextBox61.Value = "#####"
TextBox92.Value = "#####"
TextBox390.Value = "#####"
TextBox394.Value = ob
TextBox393.Value = 0.2 * oRa
TextBox62.Value = Empty
TextBox63.Value = Empty
TextBox445.Value = ok
```

Ο περιορισμός της στρεπτικής τάσης εμπεριέχεται κατά ένα μέρος στον περιορισμό της σταθεράς ροπής αδράνειας. Υπάρχει περίπτωση να ισχύει ο πρώτος περιορισμός και να μην ισχύει ο δεύτερος. Στην περίπτωση αυτή πηγαίνει στην «line 6». Εκεί εμφανίζει τα αποτελέσματα, εκτός από την στρεπτική τάση, που τοποθετεί «####». Υπάρχει παρακάτω ένα παράδειγμα που ισχύει ο περιορισμός της σταθεράς ροπής αδράνειας και δεν ισχύει της στρεπτικής τάσης(Εικ.36).

$$ob = (oRa - oW) / oRa$$

If  $ob < 0$  Or  $ob > 0.6$  Then GoTo line6:

- 
- 
- 

line6:

MsgBox "if you want to calculate the tmax the h/r must be  $0 \leq h/r \leq 0,6$ "

TextBox60.Value = oJ

TextBox61.Value = oJ / 10000

TextBox394.Value = ob

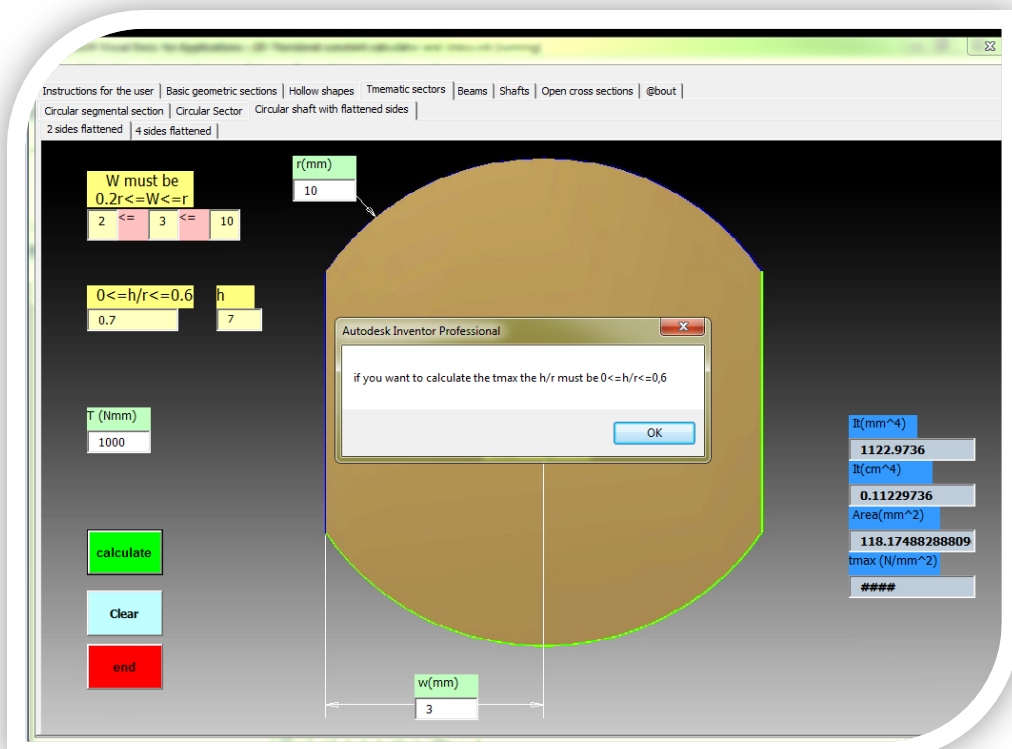
TextBox391.Value = oW

TextBox392.Value = oRa

TextBox390.Value = "####"

TextBox445.Value = ok

GoTo line3:



Εικόνα 36 Κυκλικός άξονας με επίπεδες περίπτωση που δεν υπολογίζει την μέγιστη στρεπτική τάση

- C. Σε ορισμένες διατομές οι τύποι για τον υπολογισμό διαφόρων δεδομένων ήταν αρκετά περίπλοκοι και μακροσκελείς, με αποτέλεσμα το πρόγραμμα να βγάζει την ένδειξη σφάλμα. Επιπλέον αυτοί οι τύποι ήταν πολύ δύσκολο να επεξεργαστούν. Έτσι χρησιμοποιήθηκε μια τεχνική απλούστευσης των τύπων, χωρίζοντας τους σε μικρότερους. Υπάρχει παρακάτω ένα παράδειγμα από την διατομή των Παράκεντρων Κύκλων (Eccentric).

$$oh = oDi / oDo$$

$$ol = oEk / oDo$$

$$om = (4 * oh ^ 2) / (1 - oh ^ 2)$$

$$og = (32 * oh ^ 2) / ((1 - oh ^ 2) * (1 - oh ^ 4))$$

$$ok = ((48 * oh ^ 2) * (1 + 2 * oh ^ 2 + 3 * oh ^ 4 + 2 * oh ^ 6)) / ((1 - oh ^ 2) * (1 - oh ^ 4) * (1 - oh ^ 6))$$

$$ob = ((64 * oh ^ 2) * (2 + 12 * oh ^ 2 + 19 * oh ^ 4 + 28 * oh ^ 6 + 18 * oh ^ 8 + 14 * oh ^ 10 + 3 * oh ^ 12)) / ((1 - oh ^ 2) * (1 - oh ^ 4) * (1 - oh ^ 6) * (1 - oh ^ 8))$$

$$oF = 1 + om * ol + og * (ol ^ 2) + ok * (ol ^ 3) + ob * (ol ^ 4)$$

$$otmax = (16 * oT * oDo * oF) / (opi * (oDo ^ 4 - oDi ^ 4))$$

Εικόνα 37 Τεχνική απλούστευσης τύπων

### 3. Επαλήθευση με το λογισμικό του Roark.

Αφού ολοκληρώθηκε η συγγραφή του κώδικα και η σχεδίαση του προγράμματος, έπρεπε να γίνει έλεγχος της ορθής λειτουργίας του, ώστε τα αποτελέσματα να είναι αληθή.

Ο Roark στην ιστοσελίδα του, διαθέτει λογισμικό που πραγματοποιεί αντίστοιχους υπολογισμούς, με την διαφορά



Εικόνα 38 Λογισμικό Roark's Formulas For Excel

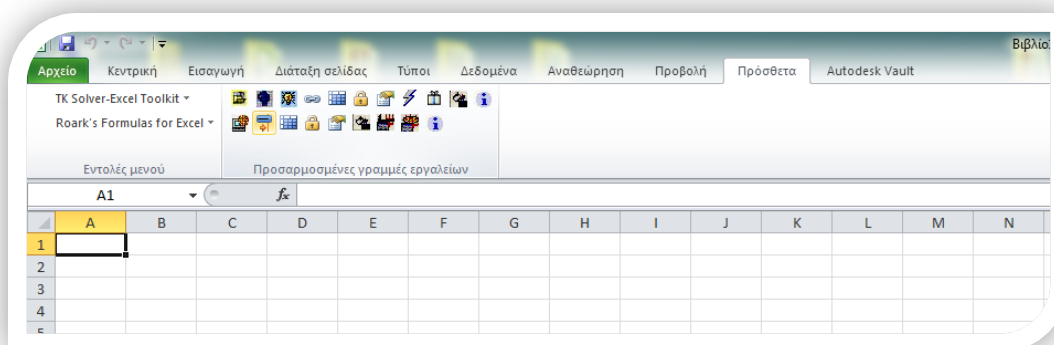
ότι το λογισμικό αυτό είναι επέκταση του προγράμματος

Microsoft excel. Έτσι εγκαταστάθηκε το συγκεκριμένο λογισμικό. Επειδή δεν είναι ελεύθερο λογισμικό, πραγματοποιήθηκε ηλεκτρονική επικοινωνία, ώστε να στείλουν το αρχείο ενεργοποίησης. Το αρχείο που εστάλη είχε δυνατότητα χρήσης τριών ημερών. Μέσα στο σύντομο αυτό χρονικό διάστημα έπρεπε να γίνουν όλοι οι έλεγχοι των υπολογισμών του προγράμματος «T.P.A. Program», τα αποτελέσματά τους και οι διορθώσεις σε τυχόν αποκλίσεις που θα προέκυπταν. (“Roark’s Formulas for Stress and Strain”, n.d.)

#### 3.1. Λειτουργία λογισμικού του Roark

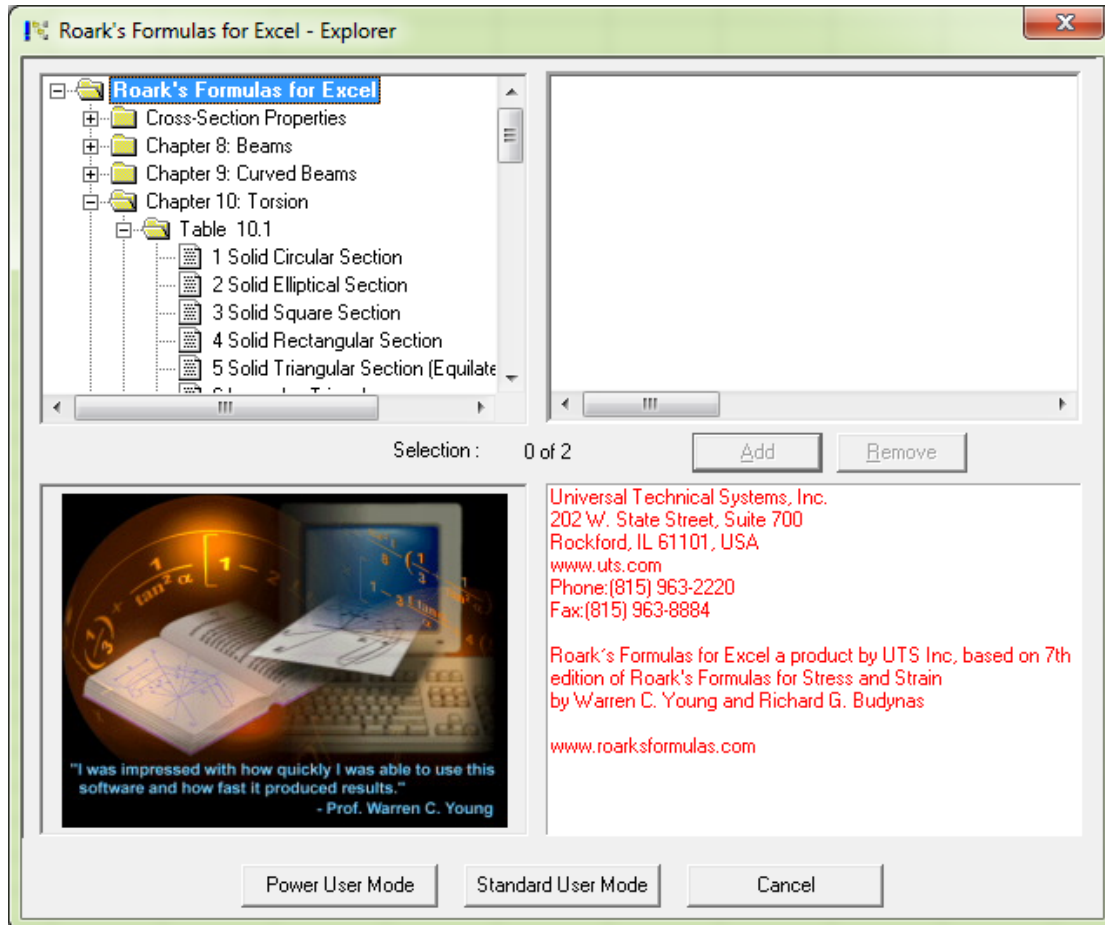
Αφού πραγματοποιήθηκε η εγκατάσταση και η ενεργοποίηση του λογισμικού με το αρχείο που στάλθηκε από το πανεπιστήμιο της Αμερικής “Universal Technical Systems, Inc”, ξεκίνησε η διαδικασία επαλήθευσης όλων των διατομών του προγράμματος.

Από το Microsoft office του υπολογιστή, επιλέχθηκε το πρόγραμμα Microsoft excel και στην σελίδα “Πρόσθετα” έχουν προστεθεί τα εργαλεία από το λογισμικό του Roark : TK Solver Excel Toolkit και το Roark’s Formula s for Excel.



Εικόνα 39 Επέκταση Roark’s Formula s for Excel

Επιλέχθηκε το κουμπί “Roark’s formulas Explorer”, όπου εμφανίστηκε μήνυμα για την επιλογή του κατάλληλου συστήματος μονάδων, «SI ή US». Αφού επιλέχθηκε το σύστημα μονάδων «SI», εμφανίστηκε ένα παράθυρο με τα κεφάλαια του βιβλίου του Roark, από το οποίο επιλέχθηκε το δέκατο που αφορά την στρέψη.



Εικόνα 40 Παράθυρο για επιλογή σχήματος από το Λογισμικό του Roark's

Στην συνέχεια για να εξεταστεί οποιοδήποτε διατομή, δίνονται οι επιλογές «standard user» και «power user». Η διαφορά τους είναι ότι, στην επιλογή «power user» σου δίνεται η δυνατότητα εισαγωγής περισσότερων δεδομένων στο σχήμα, εν αντιθέσει με την επιλογή «standard user» που εισάγονται αυτόματα. Επομένως για τις απλές διατομές επιλέχθηκε η επιλογή «standard user», ενώ για πιο σύνθετες διατομές επιλέχθηκε η επιλογή «power user».

Παρακάτω θα αναλυθούν δυο διατομές που υπολογίστηκαν η μια με «standard user» και η άλλη με «power user»:

### 3.2. Επιλογή standard user για διατομή κύκλου (Circle)

Επιλέγεται η διατομή κύκλου, που θα επαληθευτή με την επιλογή «standard user».

Εμφανίζονται δυο παράθυρα.

Στο πρώτο παράθυρο (Εικ.41)επιλέγεις τις τιμές που θέλεις να εισάγεις. Στον κύκλο εισάγετε η ροπή στρέψης που ασκείται και την ακτίνα του κύκλου.

Name	Unit	Comment
<input type="checkbox"/> matnum		Material Number (see table)
<input checked="" type="checkbox"/> torque	N-m	Twisting Moment (Torque), T
<input type="checkbox"/> L	mm	Length of Section, L
<input checked="" type="checkbox"/> t20r	mm	Radius, r

Εικόνα 41 Παράθυρο για επιλογή δεδομένων εισαγωγής

Στο δεύτερο (Εικ.42) παράθυρο επιλέγονται τα αποτελέσματα που θέλεις να υπολογιστούν. Εν προκειμένω, την σταθερά ροπή αδράνειας και την μέγιστη στρεπτική τάση.

Name	Unit	Comment
<input type="checkbox"/> matl		Material Description
<input type="checkbox"/> G	MPa	Modulus of Rigidity, G
<input type="checkbox"/> t20th	rad	Angle of Twist, theta
<input checked="" type="checkbox"/> K	mm <sup>4</sup>	Torsional Stiffness Constant, K
<input type="checkbox"/> Q	mm <sup>3</sup>	Shear Stress Constant, Q
<input checked="" type="checkbox"/> tau	MPa	Max Shear Stress at Boundary

Εικόνα 42 Παράθυρο για επιλογή εμφάνιση αποτελεσμάτων

Στην συνέχεια εμφανίζεται ένα φύλλο excel (Εικ.43) που περιλαμβάνει πίνακες εισαγωγής δεδομένων και αποτελεσμάτων, καθώς επίσης και σχηματική παράσταση με τον κύκλο, σύμφωνα με τα δεδομένα που έχουν εισαχθεί, όπως βλέπουμε στην παρακάτω εικόνα.



The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following content:

Row 1: **Roark's Formulas for Excel**

Row 2: Chapter Ten: Torsion TABLES 10.1 - 10.3

Row 3: Table 10.1 - Formulas for torsional deformation and stress form and dimensions of cross sections Pages 401 - 412

Row 4: Case: 1 Solid Circular Section

Row 6: **Solid circular section**

Row 7-14: Diagram of a solid circular section with radius  $r$ .

Input	Value	Unit	Comment
torque	1	N-m	Twisting Moment (Torque), T
t20r	5	mm	Radius, r

Output	Value	Unit	Comment
K	981,7477042	mm <sup>4</sup>	Torsional Stiffness Constant, K
tau	5,092958179	MPa	Max Shear Stress at Boundary

Row 26: **Plots:**

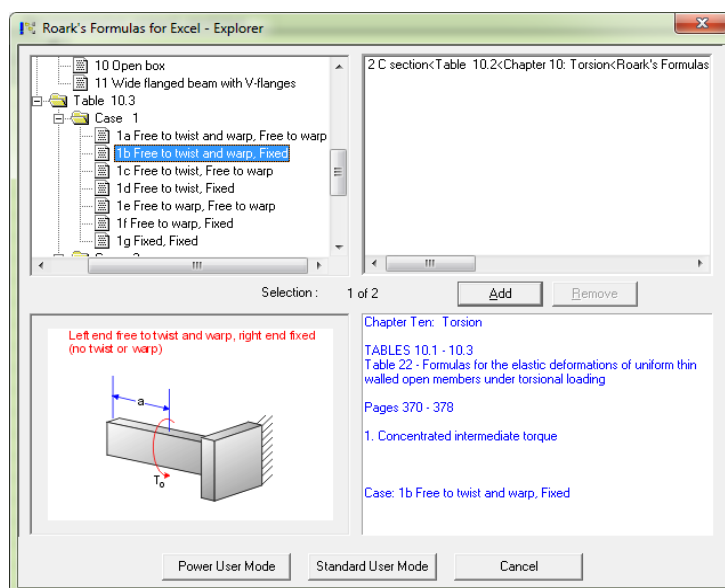
Row 29-38: Plot titled "Section 1 - Solid Circular Section" showing a circular cross-section on a coordinate system with axes ranging from -6 to 6.

Εικόνα 43 Εμφάνιση αποτελεσμάτων από λογισμικό του Roark για διατομή κύκλου

### 3.3. Επιλογή power user για διατομή «Κανάλι τύπου C (C-section)»

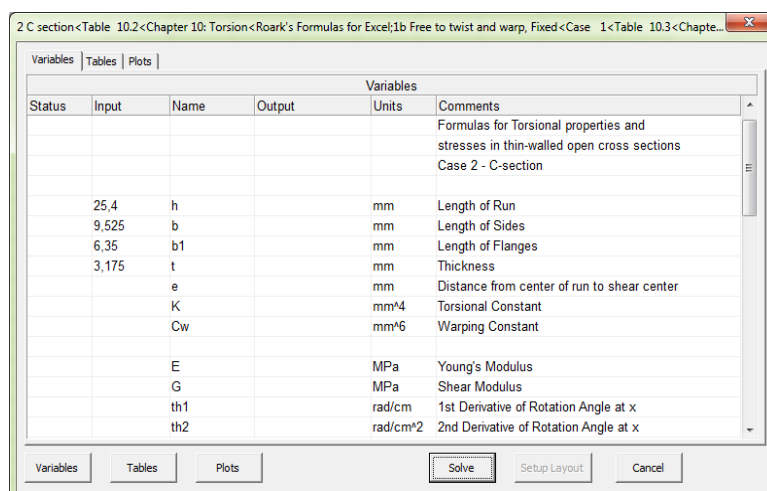
Για τον υπολογισμό της στρεπτικής τάσης των σχημάτων της κατηγορίας «Open cross sections», χρησιμοποιείται απαραίτητα η επιλογή «power user», γιατί εισάγετε ως δεδομένα επιπλέον το μήκος της ράβδου, το μέτρο ελαστικότητας και το μέτρο διάτμησης.

Στην διατομή (c section), για να υπολογίσει το πρόγραμμα την μέγιστη στρεπτική τάση, πρέπει να δοθούν στοιχεία για το πως συγκρατείται η διατομή και που ασκείται η ροπή στρέψης. Στο παράδειγμα παρακάτω εισήχθησαν τα κατάλληλα δεδομένα, όπως βλέπουμε στην παρακάτω εικόνα:



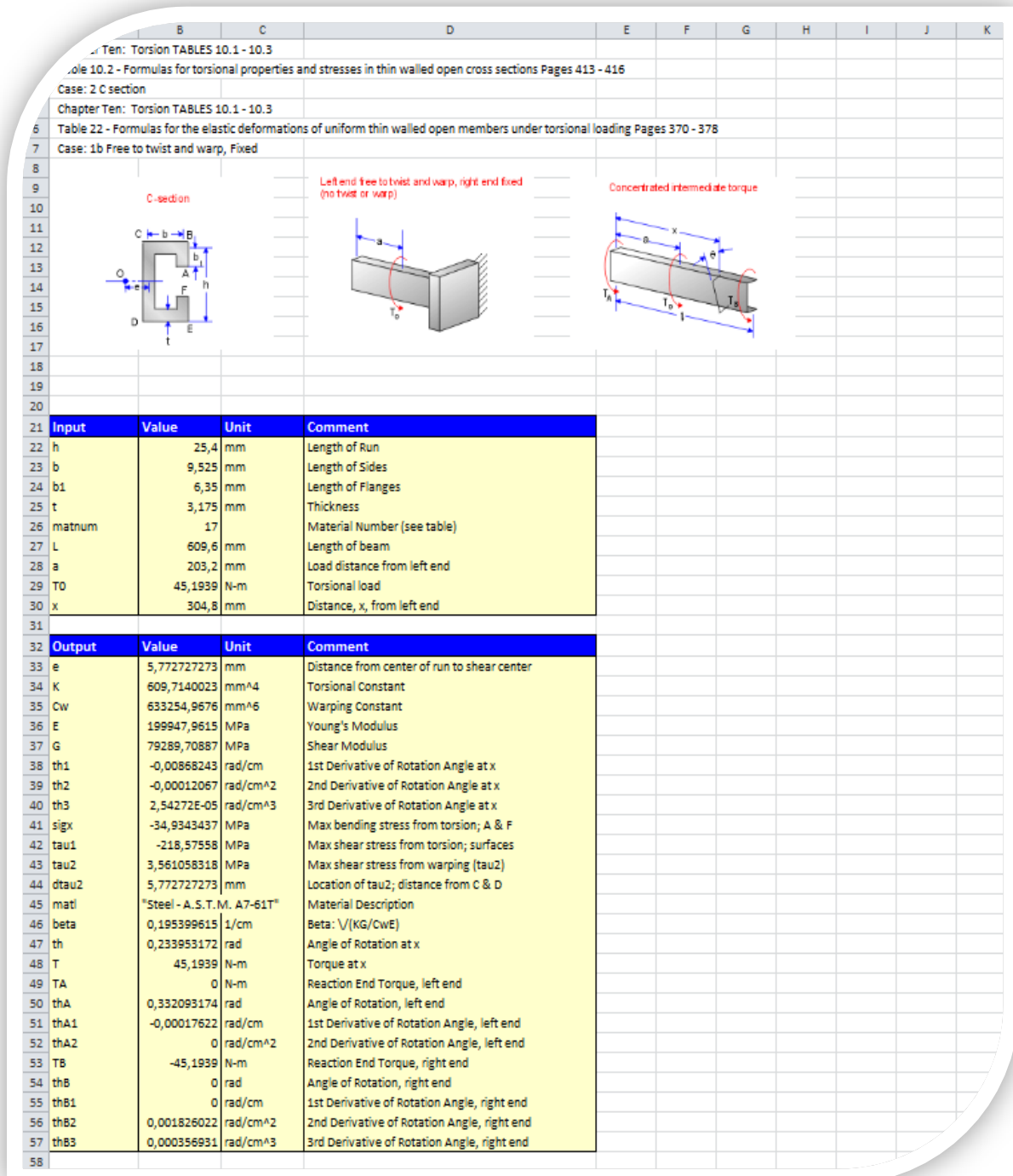
Εικόνα 44 Επιλογή περίπτωσης συγκράτησης διατομής για τα σχήματα της κατηγορίας «Open cross sections»

Στην επιλογή «power user» εμφανίζεται νέο παράθυρο(Εικ.45) που περιλαμβάνει όλες τις δυνατότητες δεδομένων που μπορούν να εισαχθούν στην διατομή, καθώς επίσης και τα αποτελέσματα που θα εμφανιστούν.



Εικόνα 45 Παράθυρο εισαγωγής δεδομένων για επιλογή Power user

Στην συνέχεια πατώντας «Solve» και «setup Layout» εμφανίζονται τα αποτελέσματα σε σελίδα του excel.



Εικόνα 46 Εμφάνιση αποτελεσμάτων από λογισμικό του Roark για διατομή Κανάλι τύπου C

### 3.4. Επαλήθευση όλων των διατομών

Για να είναι απόλυτα αξιόπιστα τα αποτελέσματα του προγράμματός, πραγματοποιήθηκαν δύο διαδικασίες επαλήθευσης.

1<sup>η</sup> Διαδικασία.

- Για κάθε διατομή επιλέχθηκε 1 ζεύγος γεωμετρικών διαστάσεων, που θα ήταν σε πραγματικά πλαίσια και θα τηρούσαν τους περιορισμούς που υπάρχουν σ' αυτές.
- Επιλέξαμε τρεις ροπές στρέψης που θα ασκούσαν σε κάθε διατομή με τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά.

2<sup>η</sup> Διαδικασία

- Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε σε τέσσερες διατομές.
- Επιλέχθηκαν τρία ζεύγη γεωμετρικών διαστάσεων για κάθε διατομή.
- Πραγματοποιήθηκαν οι υπολογισμοί για τρεις ροπές στρέψης, για κάθε ζεύγος.

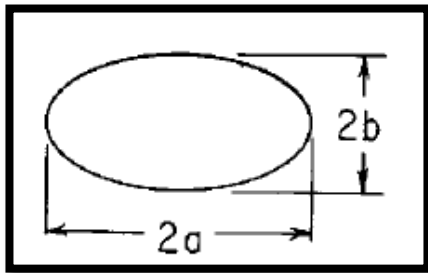
Αφού έγιναν οι υπολογισμοί πρώτα στο πρόγραμμα και καταγράφηκαν τα αποτελέσματα για όλες τις διατομές, στην συνέχεια πραγματοποιήθηκαν αντίστοιχοι υπολογισμοί και στο πρόγραμμα του Roark.

**Η πρώτη μέθοδος** έγινε με σκοπό να ελεγχθεί ότι, σε όλες τις διατομές έχει γίνει σωστή καταγραφή των τύπων στο πρόγραμμα και δίνουν σωστό αποτέλεσμα.

**Η δεύτερη μέθοδος** είχε ως σκοπό να ελεγχθεί η απόκλιση στα αποτελέσματα των δύο προγραμμάτων.

### 3.4.1. Επαλήθευση με την 1<sup>η</sup> διαδικασία

Παρουσίαση παραδείγματος με την 1η διαδικασία για την Διατομή: έλλειψη



Ζεύγος διαστάσεων

$$r-b = 5\text{mm}$$

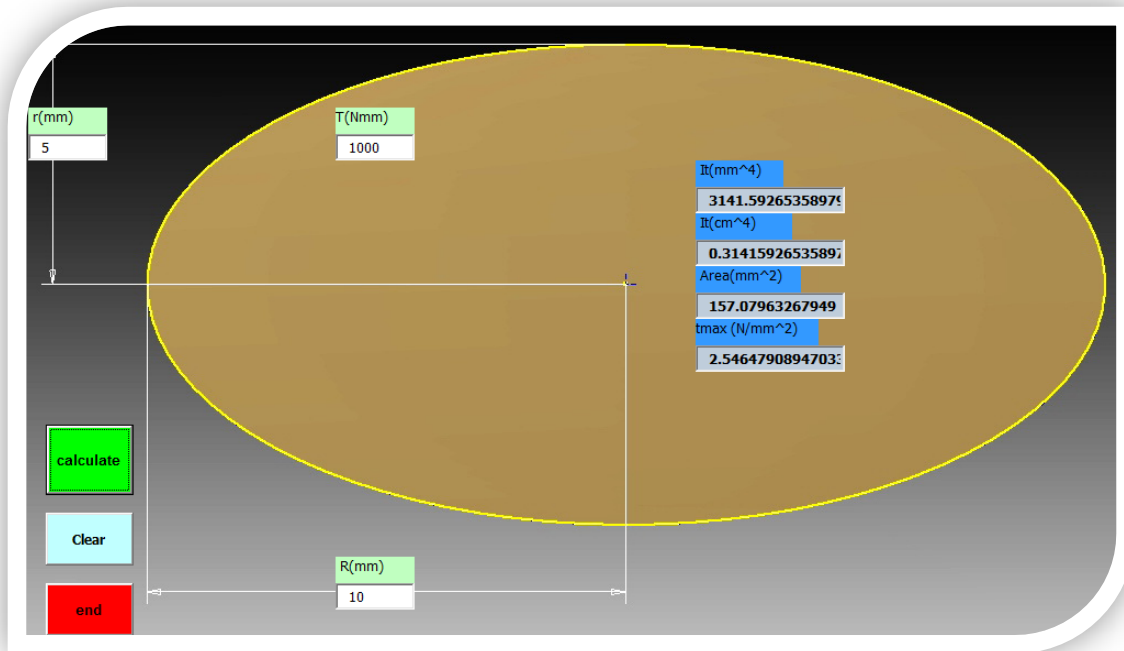
$$R-a = 10\text{mm}$$

Ροπές στρέψεις

$$T_1 = 1000 \frac{N}{\text{mm}^2}, \quad T_2 = 15000 \frac{N}{\text{mm}^2}, \quad T_3 = 45000 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

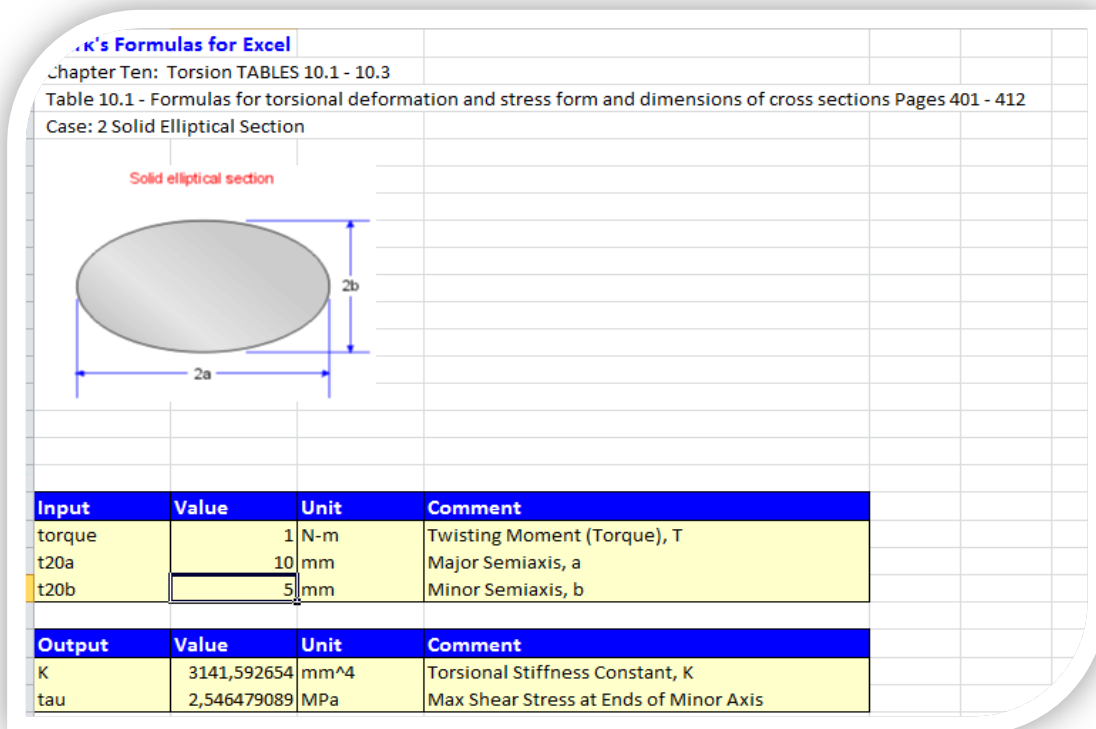
Τα αποτελέσματα στα δύο προγράμματα είναι:

Για  $T_1 = 1000 \frac{N}{mm^2}$



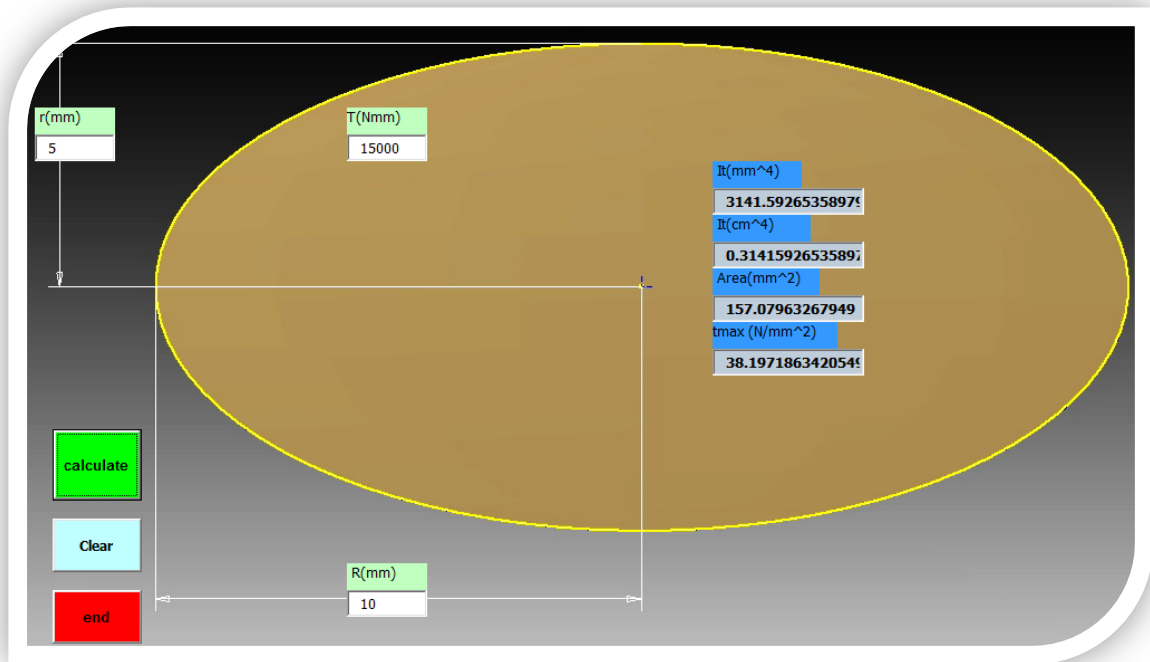
Εικόνα 47 Αποτελέσματα για διατομή έλλειψης για T1 από το πρόγραμμα T.P.A. Program

	T.P.A.	Roark's
tmax (N/mm <sup>2</sup> )	2,546479089	2,546479089



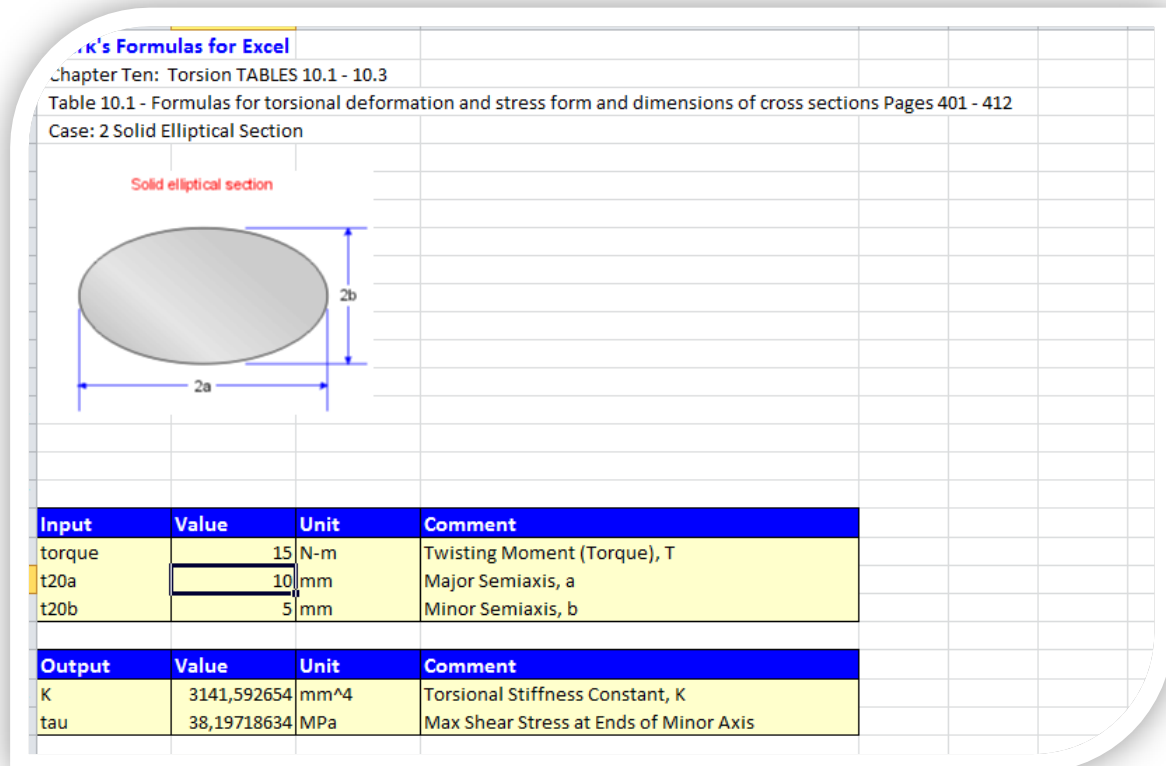
Εικόνα 48 Αποτελέσματα για διατομή έλλειψης για T1 από λογισμικό Roark

Για  $T_2 = 15000 \frac{N}{mm^2}$  .



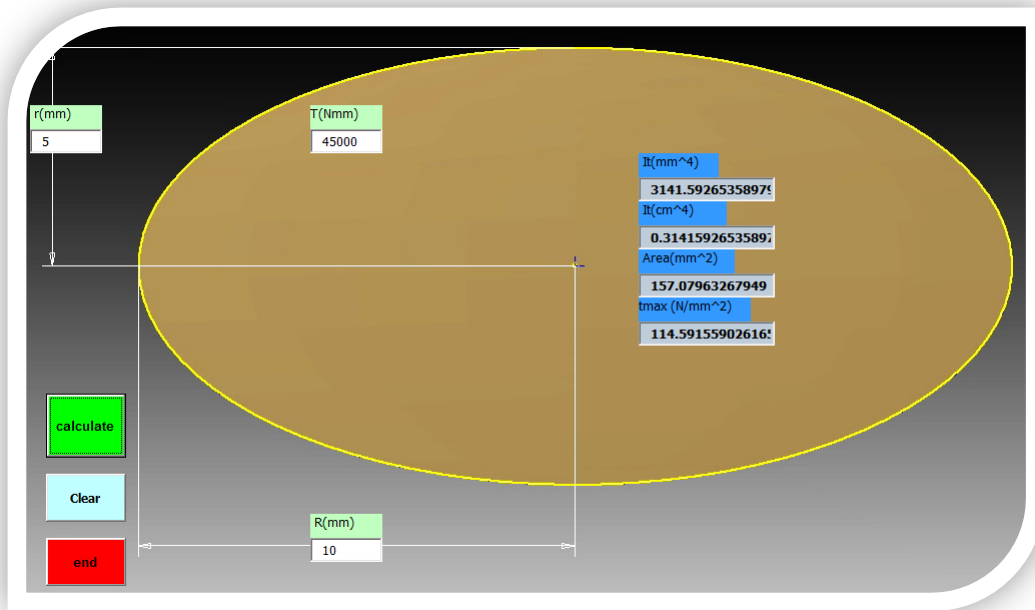
Εικόνα 49 Αποτελέσματα για διατομή έλλειψης για T2 από το πρόγραμμα T.P.A. Program

	T.P.A.	Roark's
tmax (N/mm <sup>2</sup> )	38,197186342	38,19718634



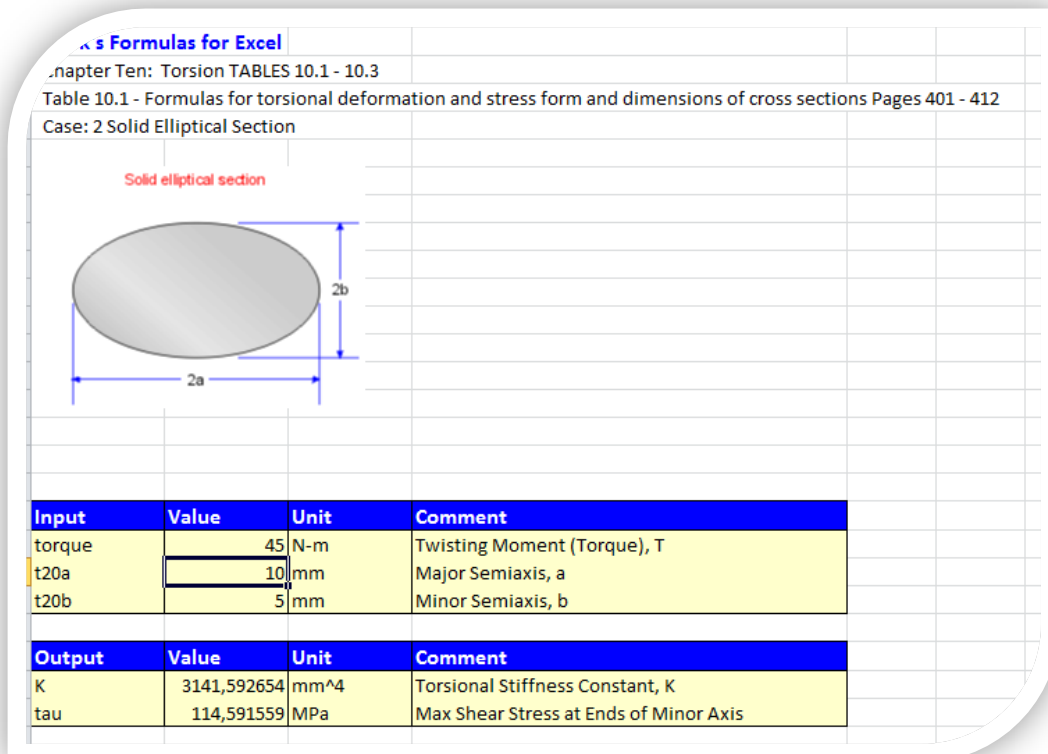
Εικόνα 50 Αποτελέσματα για διατομή έλλειψης για T2 από λογισμικό Roark

Για  $T_3 = 45000 \frac{N}{mm^2}$



Εικόνα 51 Αποτελέσματα για διατομή έλλειψης για T3 από το πρόγραμμα T.P.A. Program

	T.P.A.	Roark's
tmax (N/mm <sup>2</sup> )	114,591559	114,591559

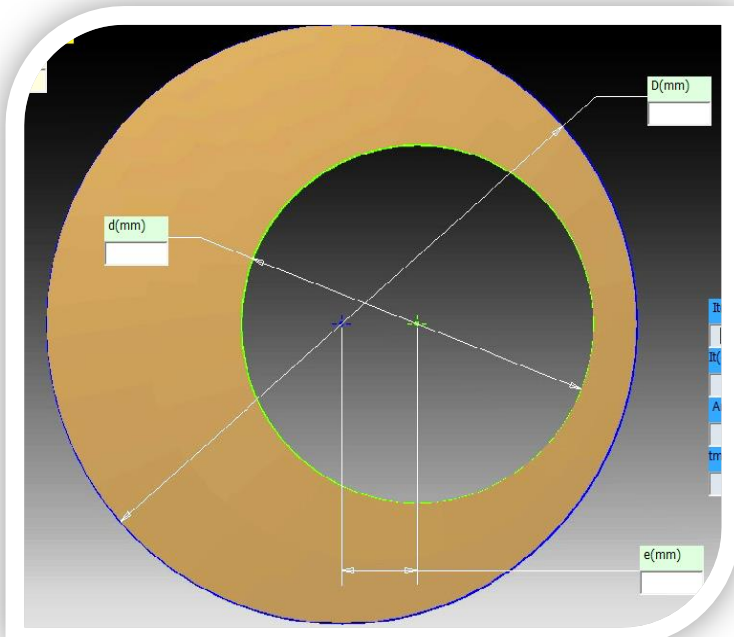


Εικόνα 52 Αποτελέσματα για διατομή έλλειψης για T3 από λογισμικό Roark



### 3.4.2. Επαλήθευση με την 2<sup>η</sup> διαδικασία

α) Παρουσίαση παραδείγματος με την 2η διαδικασία για την Διατομή:  
Παράκεντροι Κύκλοι (Eccentric)



Εικόνα 53 Παράκεντροι Κύκλοι (Eccentric)

1) Σετ διαστάσεων

$$D = 20mm$$

$$d = 8mm$$

$$e = 2mm$$

2) Σετ διαστάσεων

$$D = 55mm$$

$$d = 20mm$$

$$e = 15mm$$

3) Σετ διαστάσεων

$$D = 165mm$$

$$d = 80mm$$

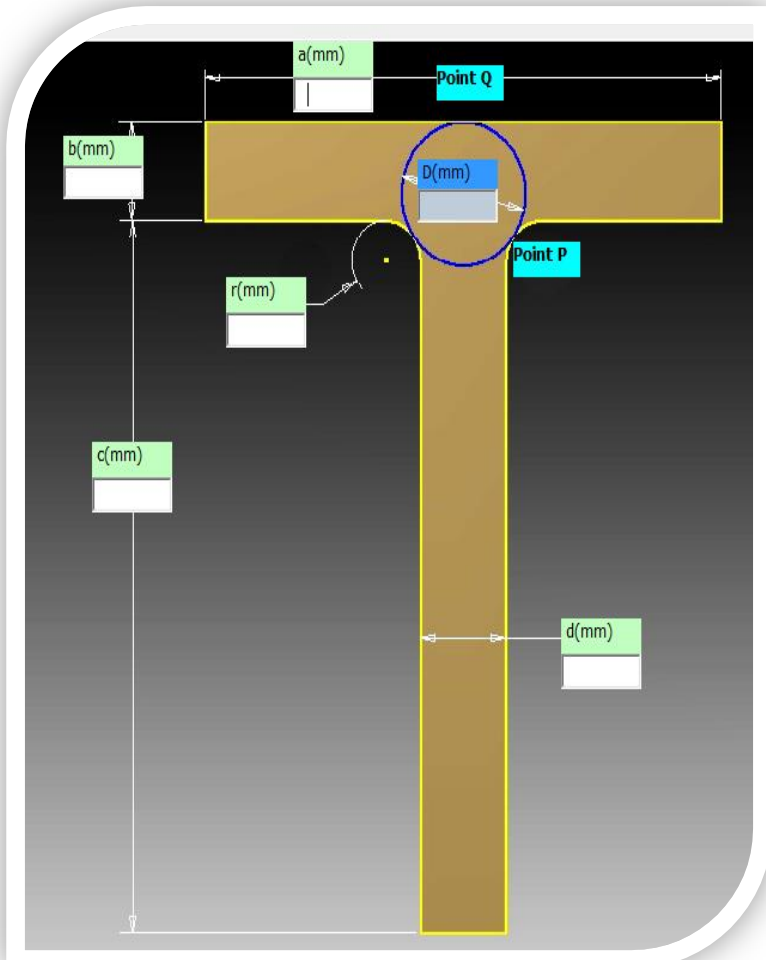
$$e = 30mm$$

### Αποτελέσματα «Παράκεντροι Κύκλοι (Eccentric)»

	Προγράμματα Ροπές στρεψίσεως (Nmm)	Roark's $t_{max}$ (N/mm <sup>2</sup> )	T.P.A. $t_{max}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Απόκλιση (N/mm <sup>2</sup> )
1 σετ διαστάσεων	1000	0,756365918735687	0,756365918735687	0,00
	15000	11,3454887810353	11,3454887810353	0,00
	50000	37,8182959367844	37,8182959367844	0,00
2 σετ διαστάσεων	1000	0,0609128884483433	0,0609128884483433	0,00
	15000	0,913693326725149	0,913693326725149	0,00
	50000	3,045644422417160	3,045644422417160	0,00
3 σετ διαστάσεων	1000	0,00224571837845052	0,00224571837845052	0,00
	15000	0,0336857756767578	0,0336857756767578	0,00
	50000	0,112285918922526	0,112285918922526	0,00

Εικόνα 54 Αποτελέσματα «Παράκεντρων Κύκλων (Eccentric)»

b) Δοκάρι τύπου T (T-Beam simple)



Εικόνα 55 Δοκάρι τύπου T (T-Beam simple)

1) Σετ διαστάσεων

$$a = 20mm$$

$$b = 5mm$$

$$r = 4mm$$

$$c = 15mm$$

$$d = 6mm$$

2) Σετ διαστάσεων

$$a = 75mm$$

$$b = 20mm$$

$$r = 15mm$$

$$c = 85mm$$

$$d = 10mm$$

3) Σετ διαστάσεων

$$a = 185mm$$

$$b = 55mm$$

$$r = 45mm$$

$$c = 200mm$$

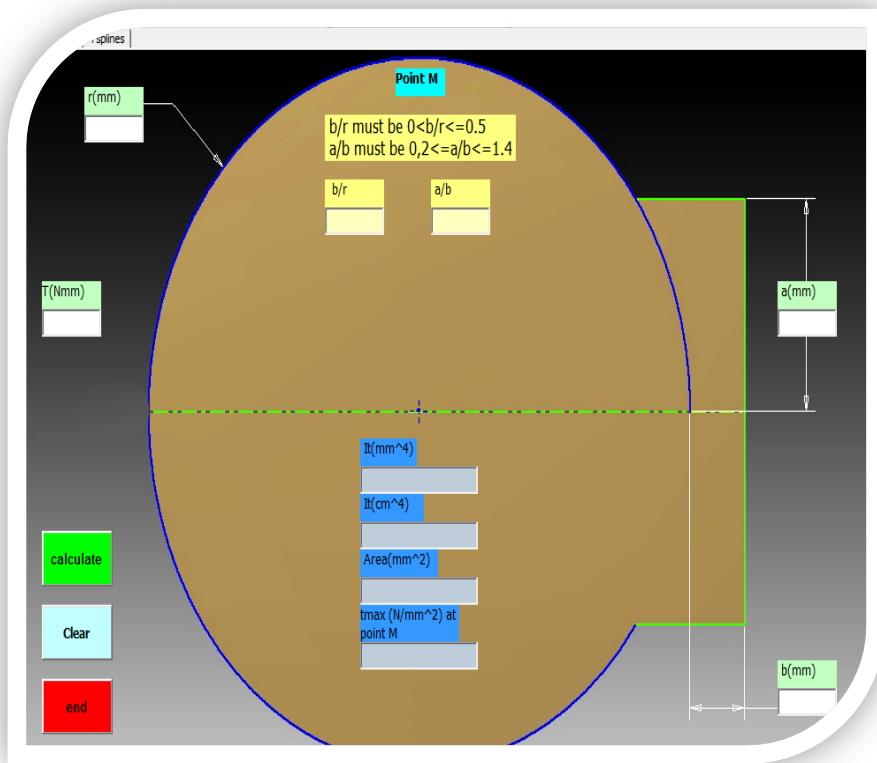
$$d = 65mm$$

Αποτελέσματα «Δοκάρι τύπου T (T-Beam simple)»

	Προγράμματα Ροπές στρεψεις (Nmm)	Roark's tmax (N/mm <sup>2</sup> )	T.P.A. tmax (N/mm <sup>2</sup> )	Απόκλιση (N/mm <sup>2</sup> )
1 σετ διαστάσεων	1000	3,648304458490350	3,648304458490350	0,00
	15000	54,7245668773552	54,7245668773552	0,00
	50000	182,4152229245170	182,4152229245170	0,00
2 σετ διαστάσεων	1000	0,1230637174029080	0,1230637174029080	0,00
	15000	1,845955761043620	1,845955761043620	0,00
	50000	6,153185870145390	6,153185870145400	1E-14
3 σετ διαστάσεων	1000	0,00266484164355864	0,00266484164355864	0,00
	15000	0,0399726246533795	0,0399726246533796	1E-16
	50000	0,133242082177932	0,133242082177932	0,00

Εικόνα 56 Αποτελέσματα για Δοκάρι τύπου T

c) Άξονας με ένα οδόντα (Shaft with one spline)



1) Σετ διαστάσεων

$$r = 20\text{mm}$$

$$a = 5\text{mm}$$

$$b = 6\text{mm}$$

2) Σετ διαστάσεων

$$r = 65\text{mm}$$

$$a = 17\text{mm}$$

$$b = 15\text{mm}$$

3) Σετ διαστάσεων

$$r = 145\text{mm}$$

$$a = 45\text{mm}$$

$$b = 53\text{mm}$$

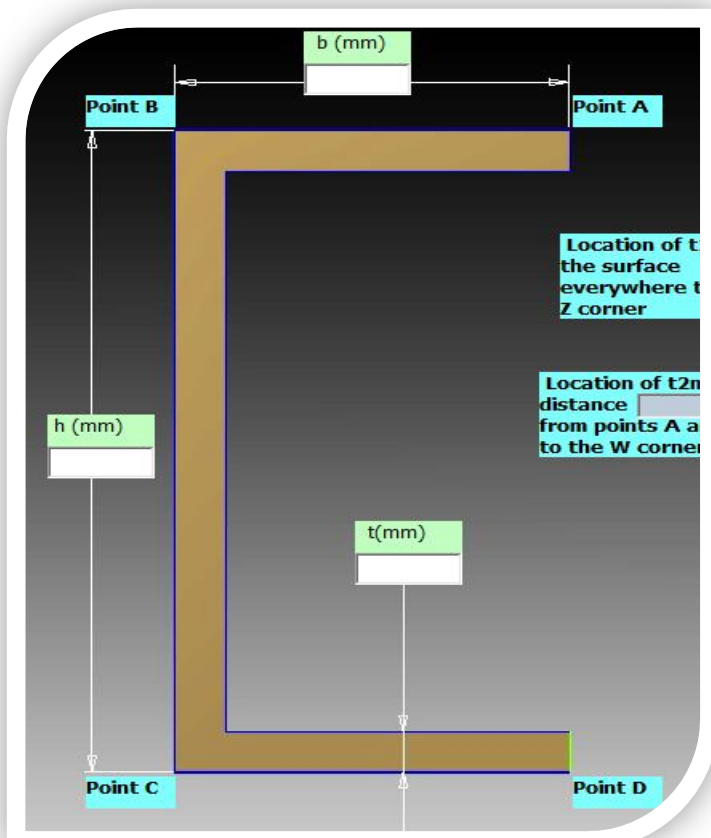
Εικόνα 57 Άξονας με ένα οδόντα (Shaft with one spline)

Αποτελέσματα «Άξονα με ένα οδόντα (Shaft with one spline)»

	Προγράμματα Ροπές στρεψίτες (Nmm)	Roark's $t_{max}$ (N/mm <sup>2</sup> )	T.P.A. $t_{max}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Απόκλιση (N/mm <sup>2</sup> )
1 σετ διαστάσεων	1000	0,0774018031250	0,0774018031250	0,00
	15000	1,1610270468750	1,1610270468750	0,00
	50000	3,8700901562500	3,8700901562500	0,00
2 σετ διαστάσεων	1000	0,1230637174029080	0,1230637174029080	0,00
	15000	1,845955761043620	1,845955761043620	0,00
	50000	6,153185870145390	6,153185870145400	1E-14
3 σετ διαστάσεων	1000	0,00266484164355864	0,00266484164355864	0,00
	15000	0,0399726246533795	0,0399726246533796	1E-16
	50000	0,133242082177932	0,133242082177932	0,00

Εικόνα 58 Αποτελέσματα Άξονα με ένα οδόντα

d) Κανάλι τύπου Π (Π-Channel)



Εικόνα 59 Κανάλι τύπου Π (Π-Channel)

1) Σετ διαστάσεων

$$h = 15\text{mm}$$

$$b = 7\text{mm}$$

$$t = 3\text{mm}$$

2) Σετ διαστάσεων

$$h = 75\text{mm}$$

$$b = 35\text{mm}$$

$$t = 6\text{mm}$$

3) Σετ διαστάσεων

$$h = 125\text{mm}$$

$$b = 65\text{mm}$$

$$t = 14\text{mm}$$

Αποτελέσματα «Κανάλι τύπου Π (Π-Channel)»

	Προγράμματα Ροπές στρέψεως (Nmm)	Roark's		T.P.A.		Απόκλιση t1 (N/mm <sup>2</sup> )	Απόκλιση t2 (N/mm <sup>2</sup> )
		t1 (N/mm <sup>2</sup> )	t2 (N/mm <sup>2</sup> )	t1 (N/mm <sup>2</sup> )	t2 (N/mm <sup>2</sup> )		
1 σετ διαστάσεων	1000	-12,2207646969672	6,7527123082679	-12,2207646969672	6,7527123082679	0,00	1E-14
	15000	-183,3114704545080	101,2906846240180	-183,3114704545080	101,2906846240180	0,00	0,00
	50000	-611,0382348483610	337,6356154133930	-611,0382348483610	337,6356154133930	0,00	0,00
2 σετ διαστάσεων	1000	-0,0071382747694746	0,1009444529871820	-0,0071382747694747	0,1009444529871820	6E-17	0,00
	15000	-0,107074121542119	1,514166794807720	-0,107074121542120	1,514166794807720	1E-15	0,00
	50000	-0,356913738473729	5,047222649359080	-0,356913738473733	5,047222649359080	4E-15	0,00
3 σετ διαστάσεων	1000	-0,000483110967653977	0,01487387390024310	-0,000483110967653978	0,01487387390024310	5E-19	0,00
	15000	-0,00724666451480966	0,2231081085036460	-0,00724666451480966	0,2231081085036460	0,00	0,00
	50000	-0,0241555483826989	0,743693695012153	-0,0241555483826989	0,743693695012153	0,00	0,00

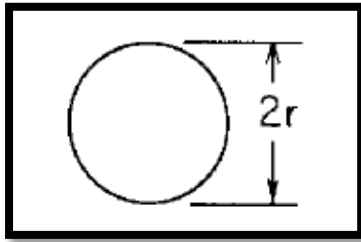
Εικόνα 60 Αποτελέσματα για Κανάλι τύπου Π

Όπως παρατηρείται στα παραπάνω παραδείγματα, οι αποκλίσεις μεταξύ των δυο προγραμμάτων είναι μηδενικές. Σε μερικά αποτελέσματα εμφανίζονται πολύ μικρές αποκλίσεις, που η μεγαλύτερη είναι της τάξης του  $1 * 10^{-14}$ . Αυτό οφείλεται σε στρογγυλοποίηση των δεκαδικών ψηφίων του αριθμού  $\pi=3,14$  που χρησιμοποιείται στους υπολογισμούς.

## 4. Τύποι στρεπτικής τάσης

### 4.1. Βασικά γεωμετρικά σχήματα (Basic geometric sections)

Κύκλος (circle)



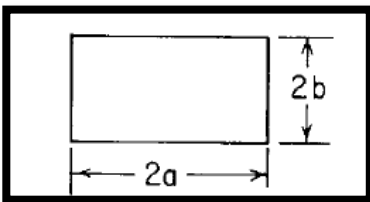
$$\tau_{max} = \frac{2T}{\pi r^3} \left( \frac{N}{mm^2} \right)$$

Τετράγωνο (Square)



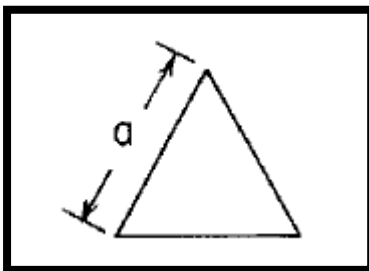
$$\tau_{max} = \frac{0.601T}{a^3} \left( \frac{N}{mm^2} \right)$$

Παραλληλόγραμμο (Rectangular)



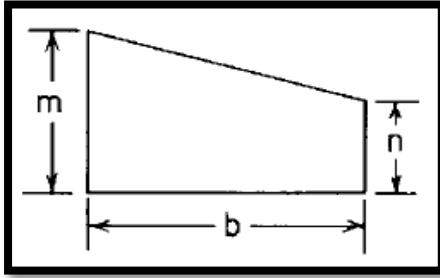
$$\tau_{max} = \frac{3T}{8ab^2} \left[ 1 + 0.6095 \frac{b}{a} + 0.8865 \left( \frac{b}{a} \right)^2 - 1.8023 \left( \frac{b}{a} \right)^3 + 0.9100 \left( \frac{b}{a} \right)^4 \right] \left( \frac{N}{mm^2} \right) \text{ for } a \geq b$$

Ισόπλευρο Τρίγωνο (Triangle equilateral)



$$\tau_{max} = \frac{20T}{a^3} \left( \frac{N}{mm^2} \right)$$

**Τραπεζίο (Trapezoid)**



$$\tau_{max} = \frac{T}{K} C \left( \frac{N}{mm^2} \right)$$

$$K = \frac{1}{12} b(m+n)(m^2 + n^2) - V_L m^4 - V_S n^4$$

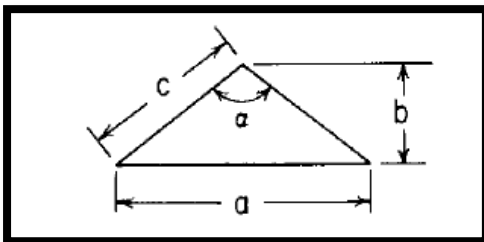
$$V_L = 0.10504 - 0.10s + 0.0848s^2 - 0.06746s^3 + 0.0515s^4$$

$$V_S = 0.10504 - 0.10s + 0.0848s^2 + 0.06746s^3 + 0.0515s^4$$

$$s = \frac{m-n}{b}$$

$$C = \frac{D}{1 + \frac{\pi^2 D^4}{16A^2}} \left[ 1 + 0.15 \left( \frac{\pi^2 D^4}{16A^2} - \frac{D}{2r} \right) \right]$$

**Ισοσκελές Τρίγωνο (Triangle isosceles)**



Για γωνίες μεταξύ ( $39^\circ < \alpha < 82^\circ$ )

$$K = \frac{a^3 b^3}{15a^2 + 20b^2}$$

Για γωνίες μεταξύ ( $82^\circ < \alpha < 120^\circ$ )

$$K = 0.0915b^4 \left( \frac{a}{b} - 0.8592 \right)$$

Για γωνίες μεταξύ ( $39^\circ < \alpha < 120^\circ$ )

$$Q = \frac{K}{b \left[ 0.200 + 0.309 \frac{a}{b} - 0.0418 \left( \frac{a}{b} \right)^2 \right]}$$

Για γωνία  $\alpha=60^\circ$

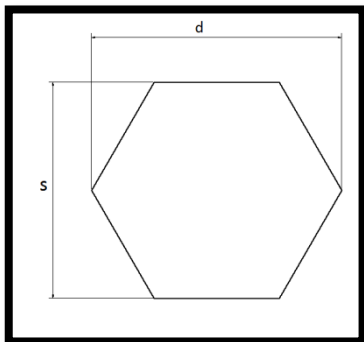
$$Q = 0.0768b^3$$

Για γωνία  $\alpha=90^\circ$

$$Q = 0.1604b^3$$

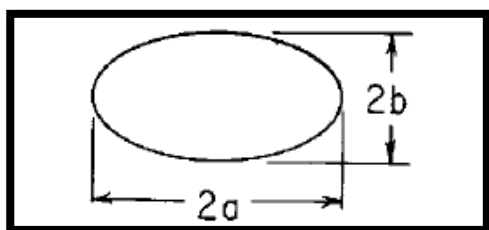
Και  $\tau_{max} = \frac{T}{Q} \left( \frac{N}{mm^2} \right)$

### Εξάγωνο (Hexagon)



$$\tau_{max} = \begin{cases} 5.297 \frac{T}{s^3} \\ 8.157 \frac{T}{d^3} \end{cases}$$

### Έλλειψη (Ellipse)

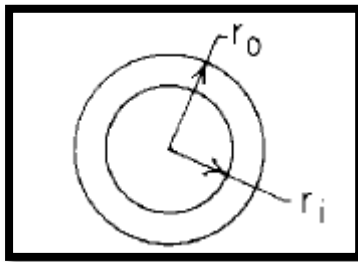


$$\tau_{max} = \frac{2T}{\pi a b^2} \left( \frac{N}{mm^2} \right)$$



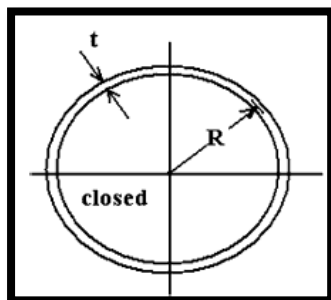
## 4.2. Κούφιας διατομές (Hollow shapes)

Ομόκεντροι κύκλοι (Concentric)



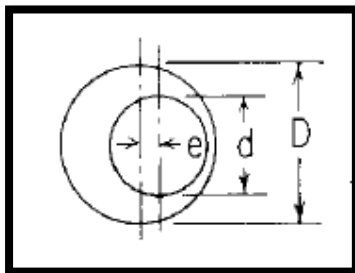
$$\tau_{max} = \frac{2Tr_o}{\pi(r_o^4 - r_i^4)} \left( \frac{N}{mm^2} \right)$$

Λεπτότοιχοι κύκλοι (Thin walls)



$$\tau_{aver} = \frac{T}{2\pi R^2 t} \left( \frac{N}{mm^2} \right)$$

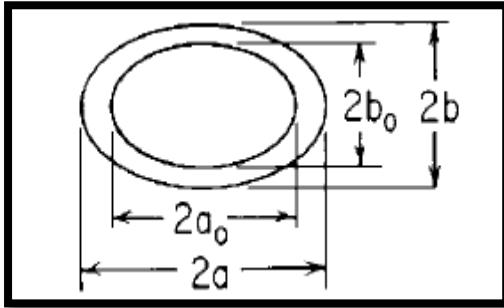
Παράκεντροι Κύκλοι (Eccentric)



$$\tau_{max} = \frac{16TDF}{\pi(D^4 - d^4)} \left( \frac{N}{mm^2} \right)$$

$$F = 1 + \frac{4n^2}{1 - n^2} \lambda + \frac{32n^2}{(1 - n^2)(1 - n^4)} \lambda^2 + \frac{48n^2(1 + 2n^2 + 3n^4 + 2n^6)}{(1 - n^2)(1 - n^4)(1 - n^6)} \lambda^3 + \frac{64n^2(2 + 12n^2 + 19n^4 + 28n^6 + 18n^8 + 14n^{10} + 3n^{12})}{(1 - n^2)(1 - n^4)(1 - n^6)(1 - n^8)} \lambda^4$$

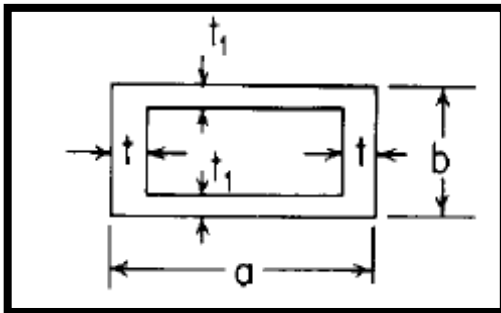
Έλλειψη (Ellipse)



$$q = \frac{a_0}{a} = \frac{b_0}{b}$$

$$\tau_{max} = \frac{2T}{\pi ab^2(1-q^4)} \left( \frac{N}{mm^2} \right)$$

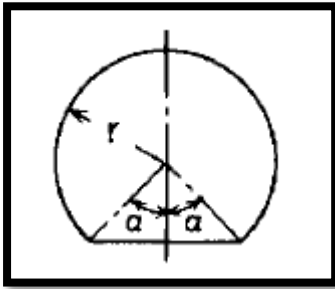
Λεπτότοιχο Παραλληλόγραμμο (Rectangle thin walls)



$$\tau_{average} = \begin{cases} \frac{T}{2t(a-t)(b-t_1)} \left( \frac{N}{mm^2} \right) \text{ κοντά στο μέσο των μικρών πλευρών} \\ \frac{T}{2t_1(a-t)(b-t_1)} \left( \frac{N}{mm^2} \right) \text{ κοντά στο μέσο των μεγάλων πλευρών} \end{cases}$$

### 4.3. Τμηματικές Διατομές (Timematic sectors)

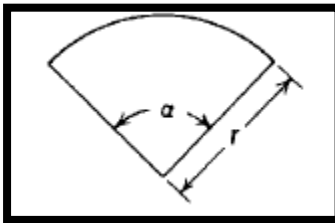
#### Κυκλικό τμήμα (Circular segmental section)



$$B = 0.6366 + 1.7598 \left(\frac{h}{r}\right) - 5.4897 \left(\frac{h}{r}\right)^2 + 14.062 \left(\frac{h}{r}\right)^3 - 14.510 \left(\frac{h}{r}\right)^4 + 6.434 \left(\frac{h}{r}\right)^5$$

$$\tau_{max} = \frac{TB}{r^3} \left(\frac{N}{mm^2}\right) \text{ για } 0 \leq \frac{h}{r} \leq 1.0$$

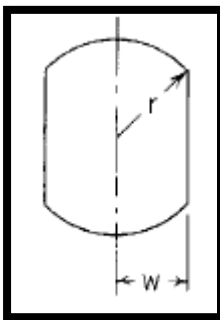
#### Κυκλικό πεδίο (Circular sector)



$$\tau_{max} = \frac{T}{Br^3} \left(\frac{N}{mm^2}\right) \text{ για } 0 \leq \frac{a}{\pi} \leq 1.0$$

$$B = 0.0117 - 0.2137 \left(\frac{a}{\pi}\right) + 2.2475 \left(\frac{a}{\pi}\right)^2 - 4.6709 \left(\frac{a}{\pi}\right)^3 + 5.1764 \left(\frac{a}{\pi}\right)^4 - 2.2000 \left(\frac{a}{\pi}\right)^5$$

#### Κυκλικός άξονας με επίπεδες πλευρές(2&4) (Circular shaft with opposite sides flattened)



Κυκλικός άξονας με δυο πλευρές

$$\tau_{max} = \frac{T}{Br^3} \left(\frac{N}{mm^2}\right) \text{ για } 0 \leq \frac{h}{r} \leq 0.6$$

$$B = 0.6366 + 2.5303 \left(\frac{h}{r}\right) - 11.157 \left(\frac{h}{r}\right)^2 + 49.568 \left(\frac{h}{r}\right)^3 - 85.886 \left(\frac{h}{r}\right)^4 + 68.849 \left(\frac{h}{r}\right)^5$$

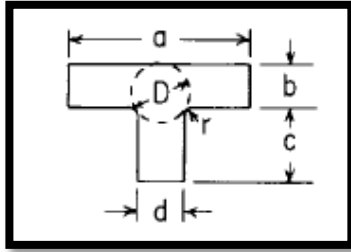
Κυκλικός άξονας με τέσσερις πλευρές

$$\tau_{max} = \frac{T}{Br^3} \left(\frac{N}{mm^2}\right) \text{ για } 0 \leq \frac{h}{r} \leq 0.293$$

$$B = 0.6366 + 2.6298 \left(\frac{h}{r}\right) - 5.6147 \left(\frac{h}{r}\right)^2 + 30.853 \left(\frac{h}{r}\right)^3$$

#### 4.4. Δοκάρια (Beams)

##### Δοκάρι τύπου T (T-Beam simple)



$$k = k_1 + k_2 + aD^4$$

$$k_1 = ab^3 \left[ \frac{1}{3} - 0.21 \frac{b}{a} \left( 1 - \frac{b^4}{12a^4} \right) \right]$$

$$k_2 = cd^3 \left[ \frac{1}{3} - 0.105 \frac{d}{c} \left( 1 - \frac{d^4}{192c^4} \right) \right]$$

$$a = \frac{t}{t_1} \left( 0.15 + 0.10 \frac{r}{b} \right) \quad \text{οπού} \quad t = b \text{ if } b < d$$

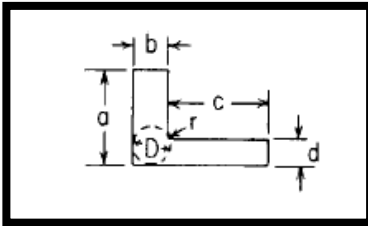
$$t = d \text{ if } d < b$$

$$t_1 = b \text{ if } b > d$$

$$t_1 = d \text{ if } d > b$$

$$D = \frac{(b+r)^2 + rd + \frac{d^2}{4}}{(2r+b)} \quad \text{για } d < 2(b+r)$$

##### Δοκάρι τύπου L απλά (L-Beam simple)



$$k = k_1 + k_2 + aD^4$$

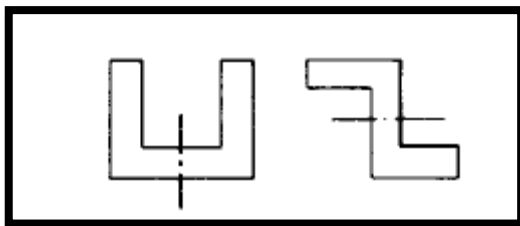
$$k_1 = ab^3 \left[ \frac{1}{3} - 0.21 \frac{b}{a} \left( 1 - \frac{b^4}{12a^4} \right) \right]$$

$$k_2 = cd^3 \left[ \frac{1}{3} - 0.105 \frac{d}{c} \left( 1 - \frac{d^4}{192c^4} \right) \right]$$

$$a = \frac{d}{b} \left( 0.07 + 0.076 \frac{r}{b} \right)$$

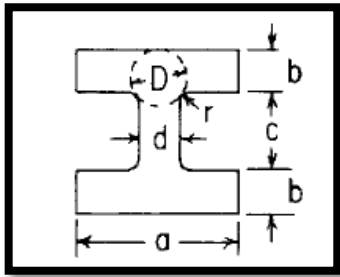
$$D = 2 \left[ d + b + 3r - \sqrt{2(2r+b)(2r+d)} \right] \quad \text{για } b < 2(d+r)$$

##### Δοκάρι τύπου Π απλά (Π-Beam simple) και Δοκάρια τύπου Z (Z-Beam)



Το  $k$  για τα (Π-beam & Z-beam) είναι ίδιο με το τύπου (L-beam)

**Δοκάρι τύπου Η απλά (H-Beam simple)**



$$k = 2k_1 + k_2 + 2aD^4$$

$$k_1 = ab^3 \left[ \frac{1}{3} - 0.21 \frac{b}{a} \left( 1 - \frac{b^4}{12a^4} \right) \right]$$

$$k_2 = \frac{1}{3} cd^3$$

$$a = \frac{t}{t_1} \left( 0.15 + 0.1 \frac{r}{b} \right) \text{ όπου}$$

$$t = b \text{ if } b < d$$

$$t = d \text{ if } d < b$$

$$t_1 = b \text{ if } b > d$$

$$t_1 = d \text{ if } d > b$$

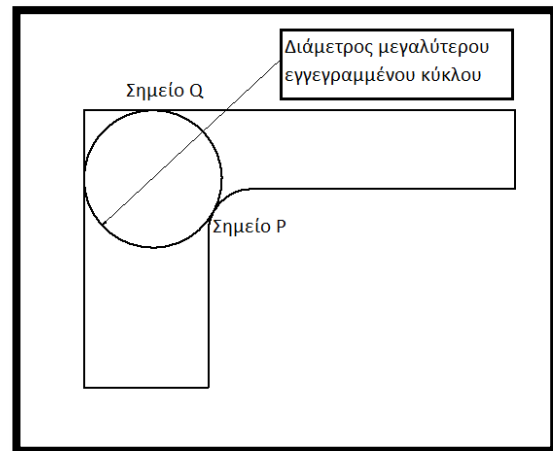
$$D = \frac{(b+r)^2 + rd + \frac{d^2}{4}}{(2r+b)} \text{ για } d < 2(b+r)$$

Όλα τα παραπάνω δοκάρια για τον υπολογισμό της μέγιστης στρεπτικής τάσης χρησιμοποιούν τους δύο τύπους που παραθέτουμε παρακάτω:

Για σημείο Q υπολογίζει την δεύτερη μεγαλύτερη στρεπτική τάση.

$$C = \frac{D}{1 + \frac{\pi^2 D^4}{16A^2}} \left[ 1 + 0.15 \left( \frac{\pi^2 D^4}{16A^2} - \frac{D}{2r} \right) \right]$$

$$\tau = \frac{T}{K} C \left( \frac{N}{mm^2} \right)$$



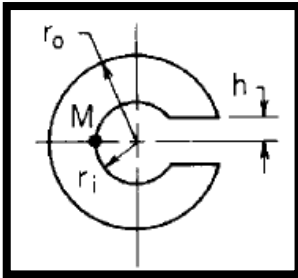
Για σημείο P υπολογίζει την μέγιστη στρεπτική τάση.

$$C = \frac{D}{1 + \frac{\pi^2 D^4}{16A^2}} \left\{ + \left[ 0.118 \ln \left( 1 - \frac{D}{2r} \right) - 0.238 \frac{D}{2r} \right] \tanh \frac{2\phi}{\pi} \right\}$$

$$\tau_{max} = \frac{T}{K} C \left( \frac{N}{mm^2} \right)$$

## 4.5. Άξονες (Shafts)

### Άξονας τύπου C (C-shape Shaft)



$$\text{Στο σημείο } \underline{M} \tau = \frac{TB}{r_o^3} \left( \frac{N}{\text{mm}^2} \right) \quad \text{για } 0.2 \leq \frac{r_i}{r_o} \leq 0.6$$

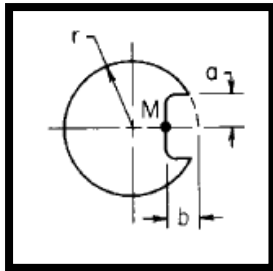
$$B = k_1 + k_2 \left( \frac{r_i}{r_o} \right) + k_3 \left( \frac{r_i}{r_o} \right)^2 + k_4 \left( \frac{r_i}{r_o} \right)^3 \quad \text{για } 0.1 \leq \frac{h}{r_i} \leq 1.0$$

$$k_1 = 2.0014 - 0.1400 \frac{h}{r_i} - 0.3231 \left( \frac{h}{r_i} \right)^3$$

$$k_2 = 2.9047 + 3.0069 \frac{h}{r_i} + 4.0500 \left( \frac{h}{r_i} \right)^2$$

$$k_3 = -15.721 - 6.5077 \frac{h}{r_i} - 12.496 \left( \frac{h}{r_i} \right)^2 \quad k_4 = 29.553 + 4.1115 \frac{h}{r_i} + 18.845 \left( \frac{h}{r_i} \right)^2$$

### Άξονας με ένα αυλάκι (Shaft with keyway 1)



$$\text{Στο σημείο } \underline{M} \tau = \frac{TB}{r^3} \left( \frac{N}{\text{mm}^2} \right) \quad \text{για } 0.2 \leq \frac{b}{r} \leq 0.5$$

$$B = k_1 + k_2 \left( \frac{b}{r} \right) + k_3 \left( \frac{b}{r} \right)^2 + k_4 \left( \frac{b}{r} \right)^3 \quad \text{για } 0.5 \leq \frac{a}{b} \leq 1.5$$

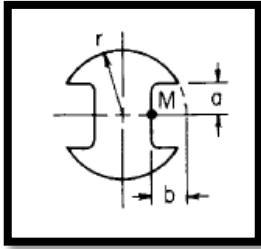
$$k_1 = 1.1690 - 0.3168 \frac{a}{b} + 0.0490 \left( \frac{a}{b} \right)^2$$

$$k_2 = 0.43490 - 0.3168 \frac{a}{b} + 0.8677 \left( \frac{a}{b} \right)^2$$

$$k_3 = -1.1830 + 4.2764 \frac{a}{b} - 1.7024 \left( \frac{a}{b} \right)^2$$

$$k_4 = 0.8812 - 0.2627 \frac{a}{b} - 0.1897 \left( \frac{a}{b} \right)^2$$

**Άξονας με δύο αυλάκια (Shaft with keyways 2)**



Στο σημείο **M**  $\tau = \frac{TB}{r^3} \left( \frac{N}{mm^2} \right)$  για  $0.2 \leq \frac{b}{r} \leq 0.5$

$$B = k_1 + k_2 \left( \frac{b}{r} \right) + k_3 \left( \frac{b}{r} \right)^2 + k_4 \left( \frac{b}{r} \right)^3 \text{ για } 0.5 \leq \frac{a}{b} \leq 1.5$$

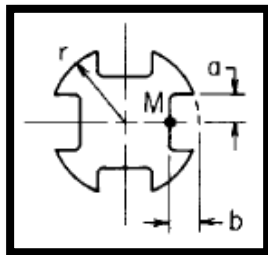
$$k_1 = 1.2512 - 0.5406 \frac{a}{b} + 0.0387 \left( \frac{a}{b} \right)^2$$

$$k_2 = -0.9385 + 2.3450 \frac{a}{b} + 0.3256 \left( \frac{a}{b} \right)^2$$

$$k_3 = 7.2650 - 15.338 \frac{a}{b} + 3.1138 \left( \frac{a}{b} \right)^2$$

$$k_4 = -11.152 + 33.710 \frac{a}{b} - 10.007 \left( \frac{a}{b} \right)^2$$

**Άξονας με τέσσερα αυλάκια (Shaft with keyways 4)**



Στο σημείο **M**  $\tau = \frac{TB}{r^3} \left( \frac{N}{mm^2} \right)$  για  $0.2 \leq \frac{b}{r} \leq 0.4$

$$B = k_1 + k_2 \left( \frac{b}{r} \right) + k_3 \left( \frac{b}{r} \right)^2 + k_4 \left( \frac{b}{r} \right)^3 \text{ για } 0.5 \leq \frac{a}{b} \leq 1.2$$

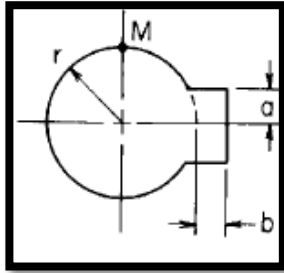
$$k_1 = 1.0434 + 1.0449 \frac{a}{b} - 0.2977 \left( \frac{a}{b} \right)^2$$

$$k_2 = 0.0958 - 9.8401 \frac{a}{b} + 1.6847 \left( \frac{a}{b} \right)^2$$

$$k_3 = 15.749 - 6.9650 \frac{a}{b} + 14.222 \left( \frac{a}{b} \right)^2$$

$$k_4 = -35.878 + 88.696 \frac{a}{b} - 47.545 \left( \frac{a}{b} \right)^2$$

**Άξονας με ένα οδόντα (Shaft with spline 1)**



Στο σημείο **M**  $\tau = \frac{TB}{r^3} \left( \frac{N}{\text{mm}^2} \right)$  για  $0.2 \leq \frac{b}{r} \leq 0.4$

$B = k_1 + k_2 \left( \frac{b}{r} \right) + k_3 \left( \frac{b}{r} \right)^2 + k_4 \left( \frac{b}{r} \right)^3$  για  $0.2 \leq \frac{a}{b} \leq 1.4$

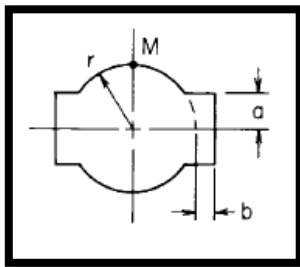
$k_1 = 0.6366$

$k_2 = -0.0023 + 0.0168 \frac{a}{b} + 0.0093 \left( \frac{a}{b} \right)^2$

$k_3 = 0.0052 + 0.0225 \frac{a}{b} - 0.3300 \left( \frac{a}{b} \right)^2$

$k_4 = 0.0984 - 0.4936 \frac{a}{b} + 0.2179 \left( \frac{a}{b} \right)^2$

**Άξονας με δύο οδόντες (Shaft with splines 2)**



Στο σημείο **M**  $\tau = \frac{TB}{r^3} \left( \frac{N}{\text{mm}^2} \right)$  για  $0 \leq \frac{b}{r} \leq 0.5$

$B = k_1 + k_2 \left( \frac{b}{r} \right) + k_3 \left( \frac{b}{r} \right)^2 + k_4 \left( \frac{b}{r} \right)^3$  για  $0.2 \leq \frac{a}{b} \leq 1.4$

$k_1 = 0.6366$

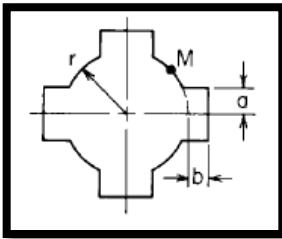
$k_2 = 0.0069 - 0.0229 \frac{a}{b} + 0.0637 \left( \frac{a}{b} \right)^2$

$k_3 = -0.0675 + 0.3996 \frac{a}{b} - 1.0514 \left( \frac{a}{b} \right)^2$

$k_4 = 0.3582 - 1.8324 \frac{a}{b} + 1.5393 \left( \frac{a}{b} \right)^2$



**Άξονας με τέσσερις οδόντες (Shaft with splines 4)**



Στο σημείο **M**  $\tau = \frac{TB}{r^3} \left( \frac{N}{mm^2} \right)$  για  $0 \leq \frac{b}{r} \leq 0.5$

$$B = k_1 + k_2 \left( \frac{b}{r} \right) + k_3 \left( \frac{b}{r} \right)^2 + k_4 \left( \frac{b}{r} \right)^3 \text{ για } 0.2 \leq \frac{a}{b} \leq 1.0$$

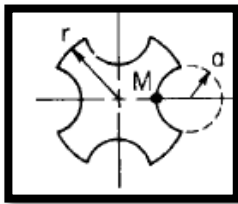
$$k_1 = 0.6366$$

$$k_2 = 0.0114 - 0.0789 \frac{a}{b} + 0.1767 \left( \frac{a}{b} \right)^2$$

$$k_3 = -0.1207 + 1.0291 \frac{a}{b} - 2.3589 \left( \frac{a}{b} \right)^2$$

$$k_4 = 0.5132 - 3.4300 \frac{a}{b} + 4.0226 \left( \frac{a}{b} \right)^2$$

**Άξονες με κυκλικά αυλάκια (Shafts with circular grooves 1,2,4)**



Στο σημείο **M**  $\tau = \frac{TB}{r^3} \left( \frac{N}{mm^2} \right)$  για  $0.1 \leq \frac{a}{r} \leq 0.5$

**Άξονας με ένα κυκλικό αυλάκι**

$$B = 1.0259 + 1.1802 \left( \frac{a}{r} \right) - 2.7897 \left( \frac{a}{r} \right)^2 + 3.7092 \left( \frac{a}{r} \right)^3$$

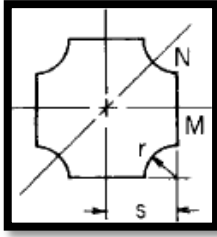
**Άξονας με δυο κυκλικά αυλάκια**

$$B = 1.0055 + 1.5427 \left( \frac{a}{r} \right) - 2.9501 \left( \frac{a}{r} \right)^2 + 7.0534 \left( \frac{a}{r} \right)^3$$

**Άξονας με τέσσερα κυκλικά αυλάκια**

$$B = 1.2135 - 2.9697 \left( \frac{a}{r} \right) + 33.713 \left( \frac{a}{r} \right)^2 + 130.49 \left( \frac{a}{r} \right)^3$$

Τετράγωνος άξονας με 4 κυκλικά αυλάκια (Cross shaft)



Στο σημείο **M**  $\tau = \frac{TB_M}{s^3} \left( \frac{N}{mm^2} \right)$  για  $0 \leq \frac{r}{s} \leq 0.5$

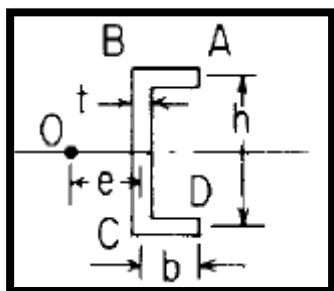
$$B_M = 0.6010 + 0.1059 \left( \frac{r}{s} \right) - 0.9180 \left( \frac{r}{s} \right)^2 + 3.7335 \left( \frac{r}{s} \right)^3 - 2.8686 \left( \frac{r}{s} \right)^4$$

Στο σημείο **N**  $\tau = \frac{TB_N}{s^3} \left( \frac{N}{mm^2} \right)$  για  $0.3 \leq \frac{r}{s} \leq 0.9$

$$B_N = -0.3281 + 9.1405 \left( \frac{r}{s} \right) - 42.520 \left( \frac{r}{s} \right)^2 + 109.04 \left( \frac{r}{s} \right)^3 - 133.95 \left( \frac{r}{s} \right)^4 + 66.054 \left( \frac{r}{s} \right)^5$$

## 4.6. Ανοιχτά Κανάλια (Open cross sections)

### Κανάλι τύπου Π (Π-Channel)

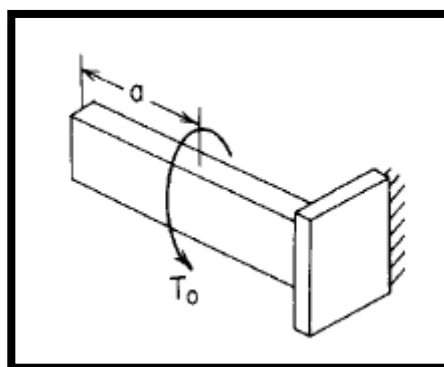


$(\tau_1)_{max} = tG\theta' \left(\frac{N}{mm^2}\right)$  εμφανίζεται στην επιφάνεια.

$(\tau_2)_{max} = \frac{hb^2}{4} \left(\frac{h+3b}{h+6b}\right)^2 E\theta''' \left(\frac{N}{mm^2}\right)$  εμφανίζεται διαμέσου του πάχους σε απόσταση  $\left(b\frac{h+3b}{h+6b}\right)$  από την γωνία **A** στην **D**.

$$C_w = \frac{h^2b^3t}{12} \left(\frac{2h+3b}{h+2b}\right), K = \frac{t^3}{3}(h+2b)$$

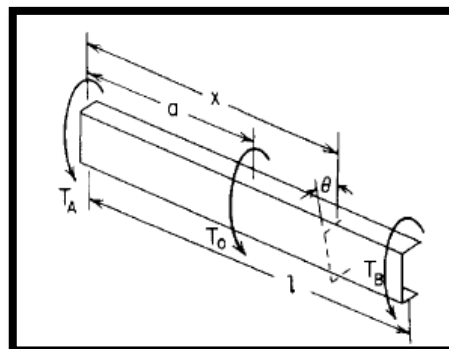
Παίρνεται τις μέγιστες τιμές του  $\theta'$  και του  $\theta'''$  για περίπτωση όπου το Αριστερό άκρο είναι ελεύθερο να στρεβλωθεί και παραμορφωθεί και το δεξιό άκρο σταθερό. Η ροπή στρέψης ( $T_o$ ) ασκείται για ( $\alpha = 0$ ), δηλαδή στο ελεύθερο αριστερό άκρο.



$$\beta = \sqrt{\frac{KG}{C_w E}}$$

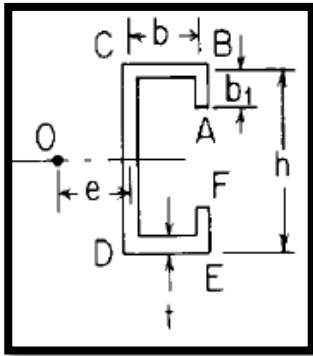
$$\theta'_{max} = \frac{-T_o}{C_w E \beta^2} \left(1 - \frac{1}{\cosh \beta l}\right) \quad \text{για } \chi = 0 \text{ (αριστερό άκρο)}$$

$$\theta'''_{max} = \frac{T_o}{C_w E} \quad \text{για } \chi = l \text{ (δεξί σταθερό άκρο)}$$



Η περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται σε όλες τις διατομές της κατηγορίας (Ανοιχτά Κανάλια Open cross sections) και αντίστοιχα και οι τρεις τύποι  $\theta'_{max}$ ,  $\theta'''_{max}$  και  $\beta$ .

**Κανάλι τύπου C (C-section)**



$(\tau_1)_{max} = tG\theta'$  εμφανίζεται στην επιφάνεια.

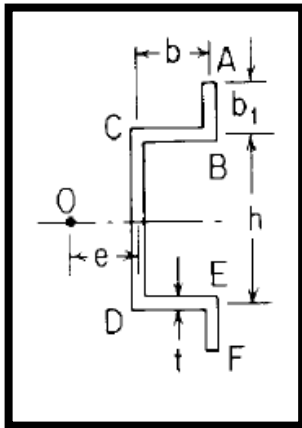
$(\tau_2)_{max} = \left[ \frac{h}{4}(b-e)(2b_1+b-e) + \frac{b_1^2}{2}(b+e) \right] E\theta''' \left( \frac{N}{mm^2} \right)$   
 εμφανίζεται δια μέσου του πάχους σε απόσταση  $e$  από της γωνίες **C** και **D**, στο άνω και κάτω άκρο.

$$e = b \frac{3h^2b + 6h^2b_1 - 8b_1^3}{h^3 + 6h^2b + 6h^2b_1 + 8b_1^3 - 12h^2b_1}$$

$$C_w = t \left[ \frac{h^2b^2}{2} \left( b_1 + \frac{b}{3} - e - \frac{2eb_1}{b} - \frac{2b_1^2}{h} \right) + \frac{h^2e^2}{2} \left( b + b_1 + \frac{h}{6} + \frac{2b_1^2}{h} \right) + \frac{2b_1^3}{3} (b+e)^2 \right]$$

$$K = \frac{t^3}{3} (h + 2b + 2b_1)$$

**Κανάλι τύπου «Καπέλο» (Hat section)**



$\tau_1 = tG\theta'$  εμφανίζεται στην επιφάνεια.

$t_2 = \left[ \frac{h^2(b-e)^2}{8(b+e)} + \frac{b_1^2}{2}(b+e) - \frac{hb_1}{2}(b-e) \right] E\theta''' \left( \frac{N}{mm^2} \right)$   
 εμφανίζεται δια μέσου του πάχους σε απόσταση  $\left( \frac{h(b-e)}{2(b+e)} \right)$  από την γωνία **B** στην **A**.

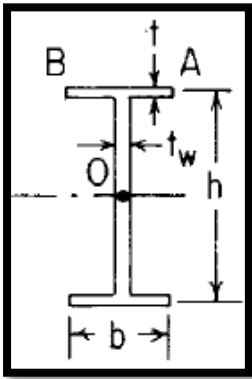
$t_2 = \left[ \frac{b_1^2}{2}(b+e) - \frac{hb_1}{2}(b-e) - \frac{h}{4}(b-e)^2 \right] E\theta''' \left( \frac{N}{mm^2} \right)$   
 εμφανίζεται δια μέσου του πάχους σε απόσταση  $e$  από την γωνία **C** στην **B**.

$$e = b \frac{3h^2b + 6h^2b_1 - 8b_1^3}{h^3 + 6h^2b + 6h^2b_1 + 8b_1^3 - 12h^2b_1}$$

$$C_w = t \left[ \frac{h^2b^2}{2} \left( b_1 + \frac{b}{3} - e - \frac{2eb_1}{b} - \frac{2b_1^2}{h} \right) + \frac{h^2e^2}{2} \left( b + b_1 + \frac{h}{6} + \frac{2b_1^2}{h} \right) + \frac{2b_1^3}{3} (b+e)^2 \right]$$

$$K = \frac{t^3}{3} (h + 2b + 2b_1)$$

**Δοκάρι με ίσες φαρδιές φλάντζες (Wide flanged beam equal flanges)**



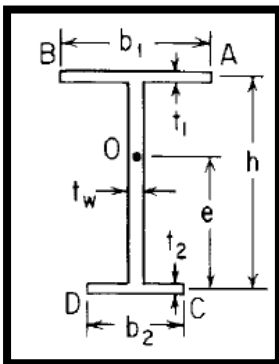
$(\tau_1)_{max} = tG\theta' \left(\frac{N}{mm^2}\right)$  εμφανίζεται στην επιφάνεια.

$(\tau_2)_{max} = -\frac{hb^2}{16}E\theta''' \left(\frac{N}{mm^2}\right)$  εμφανίζεται δια μέσου του πάχους σε ένα μέσον σημείο μεταξύ **A** και **B**.

$$C_w = \frac{h^2tb^3}{24}$$

$$K = \frac{1}{3}(2t^3b + t_w^3h)$$

**Δοκάρι με άνισες φαρδιές φλάντζες (Wide flanged beam unequal flanges)**



$(\tau_1)_{max} = t_{max}G\theta' \left(\frac{N}{mm^2}\right)$  εμφανίζεται στην επιφάνεια στο παχύτερο τμήμα.

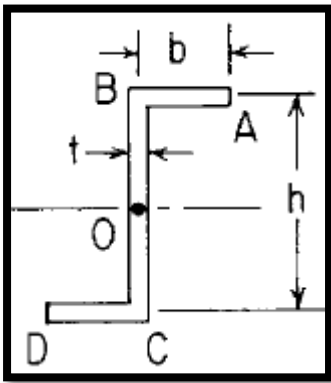
$(\tau_2)_{max} = \frac{-1}{8} \frac{ht_2b_2^3b_1^2}{t_1b_1^3+t_2b_2^3} E\theta''' \left(\frac{N}{mm^2}\right)$  εμφανίζεται δια μέσου του πάχους σε ένα μέσον σημείο μεταξύ **A** και **B** εάν  $t_2b_2 > t_1b_1$ .

$(\tau_2)_{max} = \frac{-1}{8} \frac{ht_1b_1^3b_2^2}{t_1b_1^3+t_2b_2^3} E\theta''' \left(\frac{N}{mm^2}\right)$  εμφανίζεται δια μέσου του πάχους σε ένα μέσον σημείο μεταξύ **C** και **D** εάν  $t_2b_2 < t_1b_1$ .

$$C_w = \frac{h^2t_1t_2b_1^3b_2^3}{12(t_1b_1^3 + t_2b_2^3)}$$

$$K = \frac{1}{3}(t_1^3b_1 + t_2^3b_2 + t_w^3h)$$

**Κανάλι τύπου Z (Z-section)**



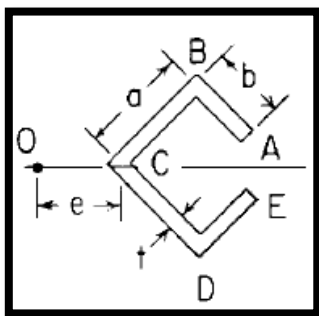
$$(\tau_1)_{max} = tG\theta' \left(\frac{N}{mm^2}\right) \text{ εμφανίζεται στην επιφάνεια.}$$

$$(\tau_2)_{max} = \frac{-hb^2}{4} \left(\frac{b+h}{2b+h}\right)^2 E\theta''' \left(\frac{N}{mm^2}\right) \text{ εμφανίζεται δια μέσου του πάχους σε απόσταση } \left(\frac{b(b+h)}{2b+h}\right) \text{ από το σημείο } \underline{A}.$$

$$C_w = \frac{h^2b^3t}{12} \left(\frac{2h+3b}{h+2b}\right)$$

$$K = \frac{t^3}{3} (h+2b)$$

**Σταυρωτό κανάλι (Cross section channel)**



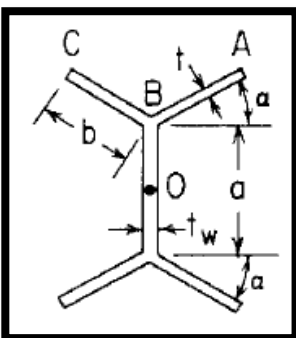
$$(\tau_1)_{max} = tG\theta' \left(\frac{N}{mm^2}\right) \text{ εμφανίζεται στην επιφάνεια.}$$

$$(\tau_2)_{max} = \frac{a^2b^2}{4} \frac{a^2-2ab-b^2}{2a^3-(a-b)^3} E\theta''' \left(\frac{N}{mm^2}\right) \text{ εμφανίζεται δια μέσου του πάχους σε σημείο } \underline{C}.$$

$$C_w = \frac{ta^4b^3}{6} \left(\frac{4a+3b}{2a^3-(a-b)^3}\right)$$

$$K = \frac{2}{3} t^3 (a+b)$$

**Κανάλι τύπου Y (Y-section)**



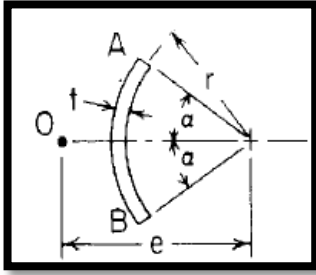
$$(\tau_1)_{max} = tG\theta' \left(\frac{N}{mm^2}\right) \text{ εμφανίζεται στην επιφάνεια.}$$

$$(\tau_2)_{max} = \frac{-a^2b}{4} \cos a E\theta''' \left(\frac{N}{mm^2}\right) \text{ εμφανίζεται δια μέσου του πάχους σε σημείο } \underline{B}.$$

$$C_w = \frac{a^2b^3t}{3} \cos^2 a$$

$$K = \frac{1}{3} (4t^3b + t_w^3a)$$

Τμήμα κυκλικού σωλήνα (Circular tube segment)



$$(\tau_1)_{max} = tG\theta' \left(\frac{N}{mm^2}\right) \text{ εμφανίζεται στην επιφάνεια.}$$

$$(\tau_2)_{max} = r^2 \left[ e(1 - \cos a) - \frac{ra^2}{2} \right] E\theta''' \left(\frac{N}{mm^2}\right)$$

εμφανίζεται δια μέσου του πάχους στο ενδιάμεσο μήκος.

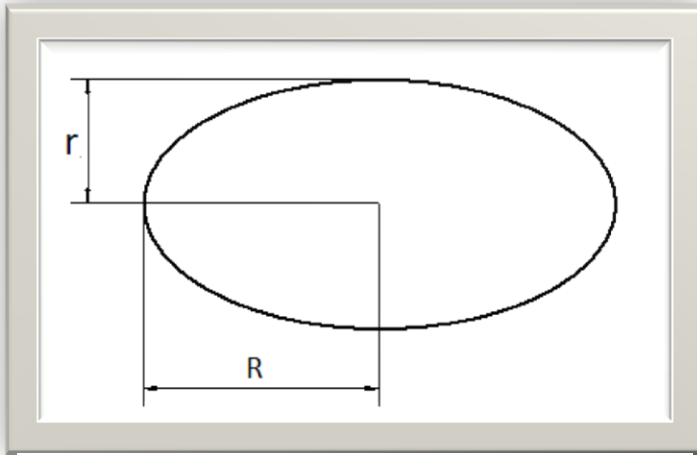
$$e = 2r \frac{\sin a - a \cos a}{a - \sin a \cos a}$$

$$C_w = \frac{2tr^5}{3} \left[ a^3 - 6 \frac{(\sin a - a \cos a)^2}{a - \sin a \cos a} \right]$$

$$K = \frac{2}{3}(t^3ra)$$

## 5. Παραδείγματα αναλυτικής επίλυσης της μέγιστης στρεπτικής τάσης

Έλλειψη (Ellipse)



Εικόνα 61 Διατομή Έλλειψη (Ellipse)

Γεωμετρικά δεδομένα

$$r = 5mm$$

$$R = 10mm$$

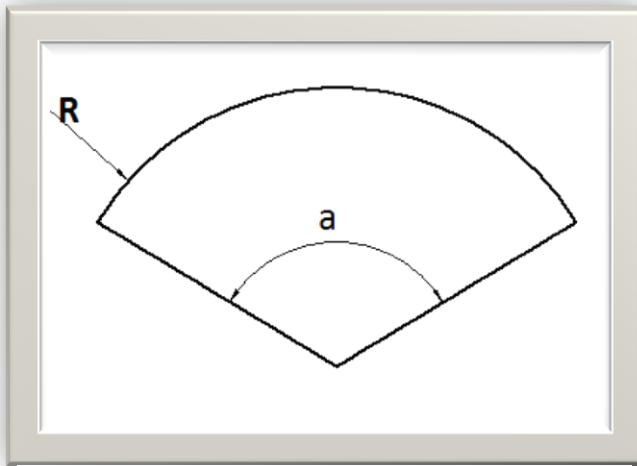
Ροπή στρέψης

$$T = 1000 Nmm$$

$$\tau_{max} = \frac{2T}{\pi ab^2} = \frac{2 \cdot 1000}{\pi \cdot 5 \cdot 10^2} = 2,54647908 \left( \frac{N}{mm^2} \right)$$



Κυκλικό πεδίο (Circular sector)



Εικόνα 62 Διατομή Κυκλικό πεδίο (Circular sector)

Γεωμετρικά δεδομένα

$$r = 20mm$$

$$\alpha = 45^\circ$$

Ροπή στρέψης

$$T = 1000 Nmm$$

$$\alpha = 45^\circ = 45^\circ \frac{\pi}{180^\circ} = 0,78539rad$$

$$B = 0.0117 - 0.2137 \left(\frac{\alpha}{\pi}\right) 2.2475 \left(\frac{\alpha}{\pi}\right)^2 - 4.6709 \left(\frac{\alpha}{\pi}\right)^3 + 5.1764 \left(\frac{\alpha}{\pi}\right)^4 - 2.2000 \left(\frac{\alpha}{\pi}\right)^5$$

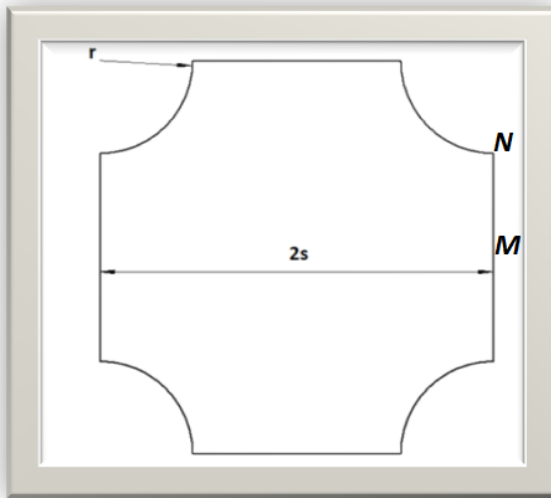
$$= 0.0117 - 0.2137 \left(\frac{0,78539}{\pi}\right) 2.2475 \left(\frac{0,78539}{\pi}\right)^2 - 4.6709 \left(\frac{0,78539}{\pi}\right)^3 + 5.1764 \left(\frac{0,78539}{\pi}\right)^4 - 2.2000 \left(\frac{0,78539}{\pi}\right)^5 = 0.0438328125$$

περιορισμός  $0 \leq \frac{\alpha}{\pi} \leq 1.0$

$$0 \leq \frac{0,78539}{\pi} \leq 1.0 \rightarrow 0 \leq 0,25 \leq 1.0 \text{ ισχύει}$$

$$\tau_{max} = \frac{T}{Br^3} = \frac{1000}{0,0438328125 * 20^3} = 2,851744911 \left(\frac{N}{mm^2}\right)$$

Τετράγωνος άξονας με 4 κυκλικά αυλάκια (Cross shaft)



Γεωμετρικά δεδομένα

$$r = 5mm$$

$$s = 10mm$$

Ροπή στρέψης

$$T = 1000 Nmm$$

Εικόνα 63 Διατομή Τετράγωνος άξονας με 4 κυκλικά αυλάκια (Cross shaft)

Στο σημείο **M**

$$B_M = 0.6010 + 0.1059 \left(\frac{r}{s}\right) - 0.9180 \left(\frac{r}{s}\right)^2 + 3.7335 \left(\frac{r}{s}\right)^3 - 2.8686 \left(\frac{r}{s}\right)^4$$

$$= 0.6010 + 0.1059 \left(\frac{5}{10}\right) - 0.9180 \left(\frac{5}{10}\right)^2 + 3.7335 \left(\frac{5}{10}\right)^3 - 2.8686 \left(\frac{5}{10}\right)^4 = 0.71185$$

$$0 \leq \frac{r}{s} \leq 0.5 \rightarrow 0 \leq 0,5 \leq 0.5 \text{ ισχύει}$$

$$\tau = \frac{TB_M}{s^3} = \frac{1000 * 0,71185}{10^3} = 0,71185 \left(\frac{N}{mm^2}\right)$$

Στο σημείο **N**

$$B_N = -0.3281 + 9.1405 \left(\frac{r}{s}\right) - 42.520 \left(\frac{r}{s}\right)^2 + 109.04 \left(\frac{r}{s}\right)^3 - 133.95 \left(\frac{r}{s}\right)^4 + 66.054 \left(\frac{r}{s}\right)^5$$

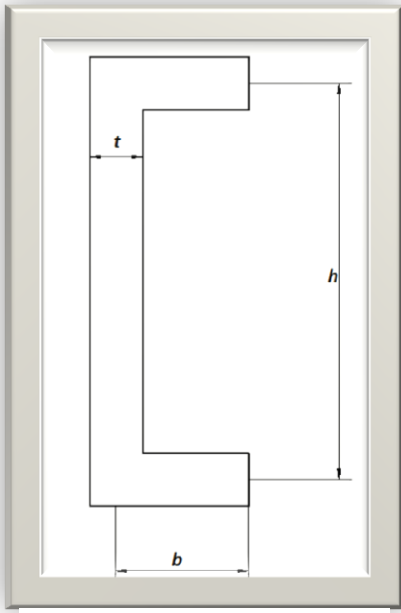
$$= -0.3281 + 9.1405 \left(\frac{5}{10}\right) - 42.520 \left(\frac{5}{10}\right)^2 + 109.04 \left(\frac{5}{10}\right)^3 - 133.95 \left(\frac{5}{10}\right)^4 +$$

$$66.054 \left(\frac{5}{10}\right)^5 = 0,9344625$$

$$0.3 \leq \frac{r}{s} \leq 0.9 \rightarrow 0.3 \leq 0,5 \leq 0.9 \text{ ισχύει}$$

$$\tau = \frac{TB_N}{s^3} = \frac{1000 * 0,9344625}{10^3} = 0,9344625 \left(\frac{N}{mm^2}\right)$$

### Κανάλι τύπου Π (Π-Channel)



Εικόνα 64 Διατομή Κανάλι τύπου Π (Π-Channel)

Γεωμετρικά δεδομένα

$$h = 20mm$$

$$b = 10mm$$

$$t = 5mm$$

$$l = 20mm$$

$$G = 84000 \frac{N}{mm^2}$$

$$E = 200000 \frac{N}{mm^2}$$

Ροπή στρέψης

$$T = 1000 Nmm$$

$$C_w = \frac{h^2 b^3 t}{12} \left( \frac{2h + 3b}{h + 2b} \right) = \frac{20^2 * 10^3 * 5}{12} \left( \frac{2 * 20 + 3 * 10}{20 + 2 * 10} \right) = 34606.933559375 mm^6$$

$$K = \frac{t^3}{3} (h + 2b) = \frac{5^3}{3} (20 + 2 * 10) = 1250 mm^4$$

$$\beta = \sqrt{\frac{KG}{C_w E}} = \sqrt{\frac{1250 * 84000}{34606.933559175 * 200000}} = 0.123168 mm^{-1}$$

$$\theta'_{max} = \frac{-T_o}{C_w E \beta^2} \left( 1 - \frac{1}{\cosh \beta l} \right) = \frac{-1000}{34606.9335593 * 200000 * 0.123168^2} \left( 1 - \frac{1}{\cosh(0.123168 * 20)} \right) = -7.9136119487 * 10^{-6}$$

$$\theta'''_{max} = \frac{T_o}{C_w E} = \frac{1000}{34606.9335593 * 200000} = 1.444797178 * 10^{-7}$$

$$(\tau_1)_{max} = t G \theta'$$

$$= 5 * 84000 * (-7.9136119487 * 10^{-6}) = -3.32371701845551 \left( \frac{N}{mm^2} \right)$$

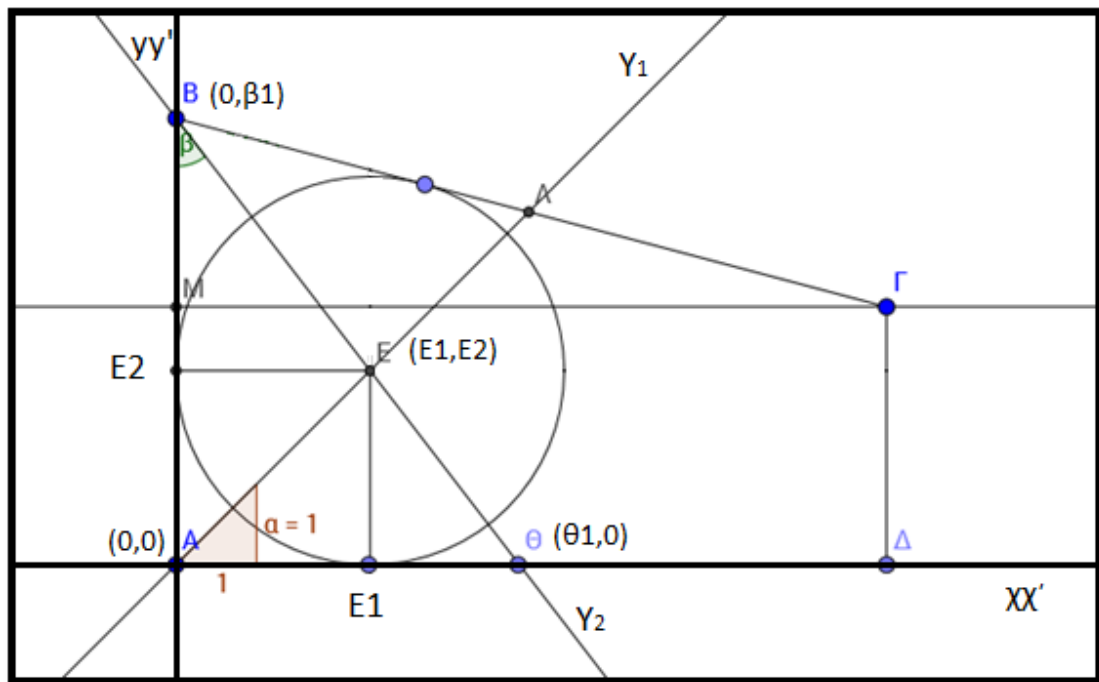
$$(\tau_2)_{max} = \frac{h b^2}{4} \left( \frac{h + 3b}{h + 6b} \right)^2 E \theta'''$$

$$(\tau_2)_{max} = \frac{20 * 10^2}{4} \left( \frac{20 + 3 * 10}{20 + 6 * 10} \right)^2 200000 * 1.444797178 * 10^{-7} = 2.380952380952368 \left( \frac{N}{mm^2} \right)$$

## 6. Αντιμετώπιση προβλημάτων

Στην εκπόνηση της πτυχιακής αντιμετώπιστηκαν ορισμένα προβλήματα που ο τρόπος επίλυσής τους θα αναλυθεί παρακάτω:

- Στην διατομή του τραπέζιου, για να υπολογιστεί η στρεπτική τάση έπρεπε να υπάρχει ως δεδομένο η διάμετρος του μέγιστου εγγεγραμμένου κύκλου μέσα στο τραπέζιο. Ο τύπος δεν υπήρχε στο βιβλίο του Roark, ούτε σε άλλη σχετική βιβλιογραφία. Έτσι έγινε προσπάθεια να δημιουργηθεί ένας τύπος χρησιμοποιώντας απλή τριγωνομετρία. Παρατίθεται παρακάτω η απόδειξη του τύπου.



Εικόνα 65 Τραπέζιο ABΓΔ σε σύστημα αξόνων

Έστω τυχαίο Τραπέζιο ABΓΔ με τους εξής περιορισμούς(Εικ.65):

$$AB > \Delta\Gamma \text{ και } AD > \Delta\Gamma$$

Ο μεγαλύτερος κύκλος θα εγγράφεται στις πλευρές AB, BΓ και AΔ.

Κέντρο αξόνων σημείο A (0,0)

Ευθεία AΛ είναι η διχοτόμος της γωνίας A και είναι της μορφής  $y_1 = \alpha_1 x$ , αφού περνάει από το κέντρο των αξόνων.

Ευθεία BΘ είναι η διχοτόμος της γωνίας B και είναι της μορφής  $y_2 = \alpha_2 x + \omega$ .

Εκεί που τέμνονται οι δυο ευθείες είναι το κέντρο του κύκλου, σημείο  $E(E_1, E_2)$ .

Υπολογισμός της γωνία B.

Φέρεται ευθεία παράλληλη στην ΑΔ από το σημείο Γ

$MG = AD$  γιατί το ΑΜΓΔ είναι ορθογώνιο, επειδή οι γωνίες Α και Δ είναι ορθές και οι ευθείες ΜΓ και ΑΔ παράλληλες.

$$\tan B = \frac{MG}{AB - \Delta\Gamma}, \tan^{-1} \frac{MG}{AB - \Delta\Gamma} = B$$

$$\tan\left(\frac{B}{2}\right) = \frac{A\theta}{AB} \rightarrow A\theta = AB \tan\left(\frac{B}{2}\right) = \theta_1$$

Γνωρίζοντας το σημείο  $B(0, \beta_1)$ , όπου  $\beta_1 = AB$  (πλευρά τραπεζίου) και έχοντας υπολογιστεί το σημείο  $\theta(\theta_1, 0)$ , μπορεί να υπολογιστεί:

1. η κλίση της ευθείας  $y_2$  (ΒΘ) που είναι  $\alpha_2 = \frac{0 - \beta_1}{\theta_1 - 0} = \frac{-\beta_1}{\theta_1}$  και
2. το  $\omega$  είναι το σημείο που η ευθεία  $y_2$  (ΒΘ) τέμνει τον άξονα γγ', δηλαδή η απόσταση ΑΒ

Άρα η ευθεία ΒΘ γράφεται  $y_2 = \alpha_2 x + \omega = \frac{-\beta_1}{\theta_1} x + AB$ .

Η δεύτερη ευθεία ΑΛ  $y_1 = \alpha_1 x$ , έχει κλίση ευθείας  $\alpha_1 = \tan 45^\circ = 1$  αφού είναι διχοτόμος ορθής γωνίας. Άρα η ευθεία ΑΛ γράφεται  $y_1 = x$ .

Για να βρεθεί το σημείο τομής  $E(E_1, E_2)$ , λύνεται με σύστημα τις δυο ευθείες.

$$y_1 = x \rightarrow E_1 = E_2$$

$$y_2 = \frac{-\beta_1}{\theta_1} x + AB$$

$$\text{οπότε } E_1 = \frac{-\beta_1}{\theta_1} E_1 + AB \rightarrow E_1 = \frac{AB}{\left(1 + \frac{AB}{\theta_1}\right)}$$

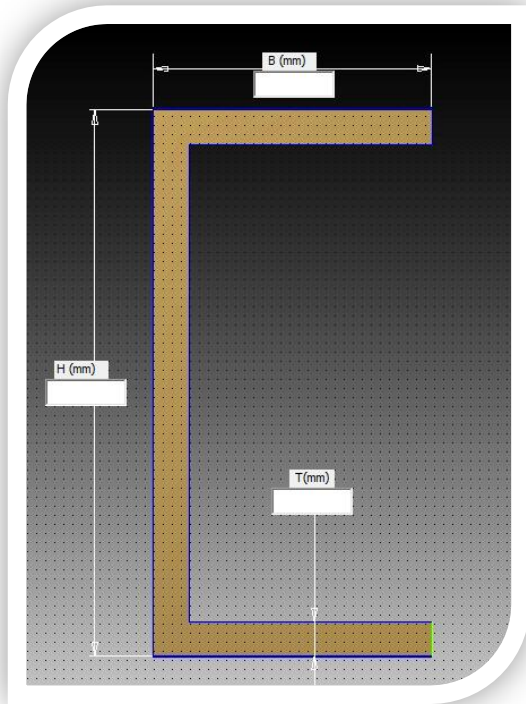
Έτσι υπολογίζεται το κέντρο του κύκλου. Επειδή ο κύκλος εφάπτεται στις πλευρές ΑΒ και ΑΔ οι αποστάσεις  $E_1 = E_2 = r$  είναι η ακτίνα του κύκλου. Οπότε η διάμετρος του κύκλου είναι:

$$D = 2E_1 = 2 \left( \frac{AB}{\left(1 + \frac{AB}{\theta_1}\right)} \right) (mm)$$

- Κατά την επαλήθευση των μετρήσεων του προγράμματος με το λογισμικό του Roark, χρειάστηκε να γίνουν αρκετές τροποποιήσεις για να διορθωθούν ορισμένες αποκλίσεις που εμφανίστηκαν. Επιπλέον έγινε ηλεκτρονική επικοινωνία

με το πανεπιστήμιο «UTS» στις ΗΠΑ, όπου δημιουργήθηκε το λογισμικό του Roark για να ζητηθούν οδηγίες και διευκρινήσεις.

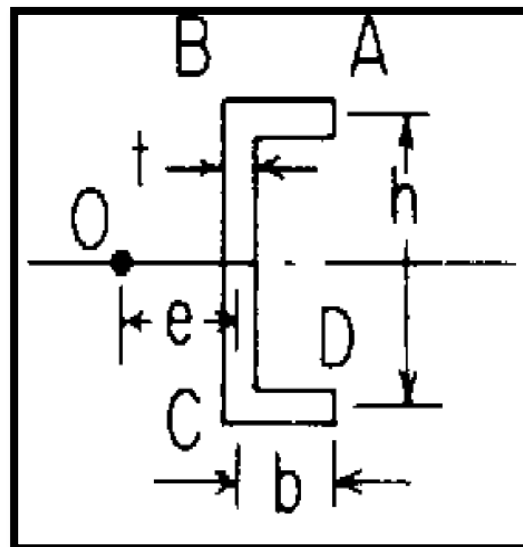
Οι οδηγίες και διευκρινήσεις που δόθηκαν, ήταν απαραίτητες ώστε να κατανοηθεί ο τρόπος λειτουργίας του προγράμματος του Roark και ο τρόπος χρήσης ορισμένων μεταβλητών σε διατομές που είχαν κάποιες ιδιαιτερότητες.



Εικόνα 67 Διατομή channel section από το πρόγραμμα T.P.A. Program

Για την επίλυση του προβλήματος, θα έπρεπε να γίνουν διορθώσεις σε ορισμένες διατομές, να επεξεργασθούν εκ νέου και να τοποθετηθούν στο πρόγραμμα. Επιπλέον, επειδή οι διαστάσεις στα σχήματα που έχει ο Roark δεν είναι εύκολα μετρήσιμες, όταν ο χρήστης επεξεργάζεται ένα δοκίμιο, επιλέχθηκε να γίνουν οι διορθώσεις με άλλο τρόπο. Έτσι πραγματοποιήθηκαν αλλαγές στον κώδικα κάθε διατομής, που χρειαζόταν διόρθωση. Δηλαδή, εισήχθησαν νέες μεταβλητές στον κώδικα, που υπολόγιζαν τις σωστές διαστάσεις, σύμφωνα με τον Roark και στην συνέχεια τοποθετήθηκαν οι νέες μεταβλητές στους τύπους που υπολογίζουν τα αποτελέσματα.

Το πιο σοβαρό πρόβλημα που αντιμετωπίστηκε, ήταν στις διατομές «open cross section» και ιδιαίτερα στον τρόπο εισαγωγής των διαστάσεών τους. Για παράδειγμα στην διατομή «channel section» (Εικ.67), που έχουν τοποθετηθεί τρεις διαστάσεις οι H, B και T. Ο χρήστης τοποθετεί τις τιμές π.χ. B όλη την πλευρά. Στο βιβλίο του Roark όμως(Εικ.66), δεν τοποθετείται ως διάσταση η τιμή ολόκληρης της πλευράς, αλλά μία άλλη μειωμένη τιμή. Εν προκειμένω στην διάσταση B εισάγεται τιμή μειωμένη κατά το μισό πάχος τις διατομής, δηλαδή  $T/2$ .



Εικόνα 66 Διατομή channel section από το βιβλίο Roark's Formulas

## 7. Συμπεράσματα

Στη συγκεκριμένη πτυχιακή μελέτη αναπτύχθηκε πρόγραμμα, με το οποίο υπολογίζει, για ποικίλες διατομές, την μέγιστη στρεπτική τάση με την χρήση σειρών, μέσω του προγραμματιστικού περιβάλλοντος CAD και την χρήση της Visual Basic for applications.

Η επιλογή του συγκεκριμένου αντικειμένου της πτυχιακής εργασίας έγινε με σκοπό :

- να δημιουργηθεί ένα πρόγραμμα που θα μπορούσε να το χρησιμοποιήσει οποιοσδήποτε χρήστης, χωρίς να έχει ιδιαίτερες γνώσεις μηχανολογίας,
- να ασχοληθούμε αναλυτικότερα με το πρόγραμμα σχεδίασης Inventor, που είναι ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο κάθε μηχανολόγου,
- το πρόγραμμα να παρέχει, στο μέλλον, την δυνατότητα εξέλιξης του από άλλους φοιτητές.

Ξεκινώντας την πτυχιακή εργασία χρειάστηκε να συλλεχθούν πληροφορίες από διάφορες πηγές, καθώς το θέμα είναι αρκετά εξειδικευμένο και δεν υπάρχει επαρκής σχετική βιβλιογραφία. Βασικές πηγές ήταν το βιβλίο του Roark και το βιβλίο της Μηχανικής II και η αναζήτηση στο διαδίκτυο.

Στην συνέχεια, μετά την αρχική κατανόηση του θέματος, παρατηρήθηκε ότι ο υπολογισμός της στρεπτικής τάσης, που ασχολείται η πτυχιακή εργασία, πραγματοποιείται και σε άλλα συστήματα μοντελοποίησης CAD. Η διαφορά τους έγκειται στον τρόπο επίλυσης τους, που πραγματοποιείται με διαφορετικές μεθόδους. Μία απ' αυτές είναι η μέθοδος πεπερασμένων στοιχείων (FEM), που είναι μια θεωρητική μέθοδος, εν αντιθέσει με την μέθοδο χρήσης σειρών που είναι μια πειραματική μέθοδος.

Αρχικά μελετήθηκε το πρόγραμμα που είχε δημιουργηθεί σε πτυχιακή εργασία από προηγούμενο φοιτητή, με σκοπό τον υπολογισμό της σταθεράς ροπής αδράνειας. Στην συνέχεια με αξιοποίηση στοιχείων αυτού του προγράμματος, έπρεπε να δημιουργηθεί ένα νέο πρόγραμμα, που βασιζόμενο στο βιβλίο του Roark, θα υπολόγιζε την μέγιστη στρεπτική τάση, χρησιμοποιώντας την μέθοδο σειρών για συγκεκριμένο αριθμό διατομών.

Βασικός στόχος ήταν το πρόγραμμα να είναι απλό και κατανοητό στον χρήστη. Έτσι κρατώντας σαν βασική μορφή του προγράμματος τις πολλαπλές σελίδες ταξινόμησης (Tab Menu), βελτιώθηκαν τα γραφικά του προγράμματος ώστε να είναι περισσότερο εύληπτα στο μάτι του χρήστη. Ο χρήστης του προγράμματος ξεχωρίζει πολύ εύκολα τα τρία βασικά στοιχεία που έχουν τοποθετηθεί σε μια σελίδα, δηλαδή :

- τη διατομής για την οποία θα γίνονται οι υπολογισμοί και βρίσκεται στο φόντο της σελίδας,
- Τα πεδία εισαγωγής δεδομένων και εμφάνισης αποτελεσμάτων και
- τα τρία βασικά κουμπιά χειρισμού του προγράμματος.

Στην πρώτη σελίδα του προγράμματος υπάρχουν οι οδηγίες χειρισμού του, όπου περιγράφεται αναλυτικά ο τρόπος λειτουργίας και δίνονται κάποιες επεξηγήσεις.

Το πρόγραμμα γράφτηκε στην γλώσσα προγραμματισμού «VBA» στο προγραμματιστικό περιβάλλον του προγράμματος «Autodesk inventor». Παρότι δεν έχουμε διδαχθεί αυτή την γλώσσα προγραμματισμού, έχοντας μόνο τις βασικές γνώσεις προγραμματισμού από το λύκειο και από μαθήματα που έχουμε διδαχθεί στην σχολή όπως (Δομημένος Προγραμματισμός Η/Υ), ήταν εύκολη η εκμάθηση της και η χρήση της. Η εξάσκηση στην χρήση των βασικών εντολών της γλώσσας VBA έγινε σε απλές εφαρμογές, που πραγματοποιήθηκαν με αρχεία που έστειλε ο επιβλέπων καθηγητής και σε καθοδηγούσαν βήμα προς βήμα στην δημιουργία μιας νέας εφαρμογής. Μετά την κατανόηση της βασικής δομής της γλώσσας προγραμματισμού, για κάθε πρόβλημα που προέκυπτε, αντλούνταν οι απαραίτητες πληροφορίες από την ηλεκτρονική βοήθεια που υπάρχει στην πλατφόρμα της γλώσσας, αλλά και από αναζητήσεις που έγιναν στο διαδίκτυο. Η VBA είναι μία απλή γλώσσα προγραμματισμού και πολύ εύκολη στην εκμάθηση της ακόμα και για έναν αρχάριο στον προγραμματισμό.

Κατά την δημιουργία του προγράμματος αντιμετωπίστηκαν αρκετά προβλήματα τόσο στο προγραμματιστικό, όσο και στο γραφιστικό περιβάλλον. Μέχρι να δοθεί στο περιβάλλον του προγράμματος η βέλτιστη γραφική σχεδίαση, χρειάστηκε πολλές φορές να γίνει επεξεργασία και να πραγματοποιηθούν βελτιώσεις. Έγινε αρκετός πειραματισμός με τα χρώματα, τα μεγέθη των αντικειμένων και τις γραμματοσειρές, ώστε να διακρίνονται εύκολα στο μάτι του χρήστη όλα τα αντικείμενα του προγράμματος.

Η συγγραφή του κώδικα ήταν ένα από τα βασικότερα θέματα της εργασίας, διότι είναι ο κορμός κάθε προγράμματος. Στο ξεκίνημα, που δεν υπήρχε πλήρης κατανόηση και ευελιξία στην χρήση της προγραμματικής γλώσσας «VBA», έγιναν λάθη στην σύνταξη των εντολών του κώδικα στα πρώτα σχήματα και δημιουργήθηκαν διάφορα προβλήματα που έπρεπε να αντιμετωπισθούν. Σιγά σιγά όμως με την εμπειρία που αποκτήθηκε ξεπεράστηκαν τα πρώτα προβλήματα. Στην συνέχεια που οι διατομές ήταν πιο σύνθετες, οι τύποι και ο τρόπος επίλυσης τους για την εύρεση της μέγιστης στρεπτικής τάσης, γινόταν σταδιακά περισσότερο περίπλοκος και αντίστοιχα εμφανίζονταν πιο δύσκολα προβλήματα. Η επίλυση των προβλημάτων έγινε εφικτή δημιουργώντας μια σωστή δομή στον κωδικά και τοποθετώντας κατάλληλες εντολές, που διευκόλυναν στους υπολογισμούς, όπως η λογική συνάρτηση «If...Then...Else». Ακόμη χρειάστηκε να επιλυθούν προβλήματα,



που αναπόφευκτα συναντώνται όταν βελτιώνεται υφιστάμενο πρόγραμμα, όπως ήταν το συγκεκριμένο, που είχε δημιουργηθεί από προηγούμενο φοιτητή για τον υπολογισμό της σταθεράς ροπής αδράνειας. Έτσι στον κώδικα των διατομών εντοπίστηκαν διάφορα “bugs”, που χρειάστηκε να διορθωθούν και να βελτιωθούν. Κατά την διερεύνηση τους, εντοπίστηκε ότι είτε οφείλονταν σε λάθος αριθμούς, είτε σε κάποιες περιπτώσεις λογικών συναρτήσεων, όταν το πρόγραμμα τις εκτελούσε, έβγαине σφάλμα και σταματούσε.

Ένα δύσκολο στάδιο επίσης ήταν και η επαλήθευση του προγράμματός με το λογισμικό του Roark. Έπρεπε να αντιμετωπιστεί η χρονική στενότητα, διότι η δοκιμαστική έκδοση που δόθηκε μπορούσε να χρησιμοποιηθεί μόνο για διάστημα τριών ημερών. Έτσι κατά την διαδικασία της επαλήθευσης των αποτελεσμάτων, χρειάστηκε η απερίσπαστη εργασία για ένα τριήμερο, διότι δεν ήταν γνωστό, κατά την σύγκριση των δύο προγραμμάτων, τι λάθη θα εμφανίζονταν που θα έπρεπε άμεσα να διορθωθούν και στην συνέχεια να γίνουν νέες επαληθεύσεις μέχρι να υπάρξουν τα σωστά αποτελέσματα.

Τα λάθη που βρέθηκαν, κατά κύριο λόγο οφείλονταν σε αριθμούς που είχαν τοποθετηθεί λάθος κατά την συγγραφή του κώδικα. Το κυριότερο λάθος, όπως έχει ήδη αναλυθεί παραπάνω, βρέθηκε στην επαλήθευση των διατομών της κατηγορίας «open cross section», όπου είχε γίνει λανθασμένα η εισαγωγή των διαστάσεων, σε σχέση με τις διαστάσεις που είχαν καταχωρηθεί στις ίδιες διατομές στο βιβλίο του Roark.

Μετά τις επανειλημμένες δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν, την επαλήθευση με το λογισμικό του Roark, τον εντοπισμό των σφαλμάτων και ατελειών που υπήρχαν και την πραγματοποίηση των απαραίτητων διορθώσεων, θεωρούμε ότι έχει συγγραφεί ένας κώδικας που ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του προγράμματος.

Τελικά μετά την ολοκλήρωση των ελέγχων, την διόρθωση τυχόν προβλημάτων και την εκ νέου επαλήθευση των αποτελεσμάτων, θεωρούμε ότι έχει επιτευχθεί η δημιουργία ενός προγράμματος που είναι εύχρηστο, έχει ομαλή λειτουργία και παρέχει βεβαιότητα για την ορθότητα των αποτελεσμάτων.

Η ενασχόληση με την δημιουργία του προγράμματος, έδωσε την ευκαιρία να επεκταθούν οι γνώσεις και στον προγραμματισμό, πέραν της σχεδίασης που έχουν διδαχτεί στο μάθημα (Σχεδίαση Μηχ/κων Κατασκευών με Η/Υ (CAD)). Επίσης στο σχεδιαστικό πρόγραμμα Inventor δίνεται η δυνατότητα της δημιουργίας απλών υποπρογραμμάτων για προσωπικές απαιτήσεις.

Ολοκληρώνοντας πρέπει να αναφερθεί ότι το πρόγραμμα που δημιουργήθηκε είναι ένα χρήσιμο εργαλείο που βοηθά στον υπολογισμό της σταθεράς ροπής αδράνειας, του εμβαδού των διατομών και της μέγιστης στρεπτικής τάσης για

ποικίλες διατομές. Κάθε χρήστης μπορεί εύκολα να το λειτουργήσει, αρκεί να έχει στον υπολογιστή του εγκατεστημένη μια έκδοση του Autodesk Inventor. Είναι ένα αξιόπιστο εργαλείο και έχει πολλές μελλοντικές δυνατότητες ανάπτυξης. Μπορεί να προστεθούν στο πρόγραμμα επιπλέον στοιχεία, ώστε να υπολογίζει διάφορες καταπονήσεις όπως κάμψη, εφελκυσμός, κλπ., ακόμα και συνδυασμένες καταπονήσεις. Επίσης προσθέτοντας μία βάση δεδομένων με τις ιδιότητες των υλικών (π.χ σίδηρος, χαλκός, κλπ), μπορεί να υπολογιστεί ο συντελεστής ασφάλειας της διατομής. Επιπλέον η γλώσσα VBA, μέσω κάποιων εντολών της, μπορεί να συνεργαστεί με το πρόγραμμα Microsoft excel, για παράδειγμα δημιουργία γραφικών παραστάσεων.

Όπως ήδη αναφέρθηκε οι δυνατότητες του προγράμματος για μελλοντική αξιοποίηση και εξέλιξη είναι αρκετές. Εκτιμάται ότι θα γίνει ένα πραγματικό εργαλείο σε μελλοντικούς φοιτητές για την πραγματοποίηση νέων πτυχιακών εργασιών.

## 8. Βιβλιογραφία

Halvorson, M. (1998), *Microsoft Visual Basic 6.0 Step by Step*, Κλειδάριθμος.

Pytel, A.J.K. (2003), *Mechanics of Materials*, Second Edi.

Roark, R.J., Young, W.C. and Plunkett, R. (1976), *Formulas for Stress and Strain, Journal of Applied Mechanics*, McGraw-Hill, Seventh Ed., Vol. 43, doi:10.1115/1.3423917.

“Roark’s Formulas for Stress and Strain.” (n.d.). , available at: <http://www.roarksformulas.com/> (accessed 2 November 2015).

“Torsion @ www.roymech.co.uk.” (n.d.). , available at: [http://www.roymech.co.uk/Useful\\_Tables/Torsion/Torsion.html](http://www.roymech.co.uk/Useful_Tables/Torsion/Torsion.html).

Βουθούνης, Π. (1993), *Τεχνική Μηχανική Αντοχή των υλικών*, Αθήνα, 6η Έκδοση.

Μπιλάλης, Ν. and Μαραβελάκης, Ε. (2009), *Συστήματα CAD/CAM και Τρισδιάστατη Μοντελοποίηση*, Κριτική ΑΕ, Αθήνα, 1η έκδοση.

## 9. Παράρτημα

### 9.1. Ο κώδικας

```
Private Sub CommandButton1_Click()  
Dim opi As Double  
Dim oRa As Double  
Dim oJ As Double  
Dim oE As Double  
Dim oT As Double  
Dim otmax As Double  
opi = 4 * Atn(1)  
oRa = TextBox1.SelStart  
oT = TextBox357.SelStart  
If TextBox1.Value = Empty Or TextBox357.Value = Empty Then GoTo line1 Else  
GoTo line2:  
line2:  
oRa = TextBox1.Value  
oT = TextBox357.Value  
oE = opi * (oRa / 2) ^ 2  
oJ = opi * (oRa / 2) ^ 4 / 2  
TextBox76.Value = oE  
TextBox2.Value = oJ  
TextBox3.Value = oJ / 10000  
otmax = (2 * oT) / (opi * (oRa / 2) ^ 3)  
TextBox358.Value = otmax  
If oJ > 0 Then GoTo line3:  
line1:  
MsgBox "Value Missing"  
TextBox76.Value = "####"  
TextBox2.Value = "####"  
TextBox3.Value = "####"  
TextBox358.Value = "####"  
line3:  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton100_Click()  
TextBox367.Value = Empty  
TextBox366.Value = Empty  
TextBox365.Value = Empty  
TextBox364.Value = Empty  
TextBox7.Value = Empty  
TextBox8.Value = Empty  
TextBox78.Value = Empty  
TextBox9.Value = Empty  
TextBox10.Value = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton101_Click()  
TextBox368.Value = Empty  
TextBox369.Value = Empty
```

```
TextBox79.Value = Empty  
TextBox15.Value = Empty  
TextBox14.Value = Empty  
TextBox13.Value = Empty  
TextBox12.Value = Empty  
TextBox11.Value = Empty  
TextBox10.Value = Empty  
TextBox502.Value = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton102_Click()  
TextBox371.Value = Empty  
TextBox370.Value = Empty  
TextBox80.Value = Empty  
TextBox18.Value = Empty  
TextBox17.Value = Empty  
TextBox16.Value = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton103_Click()  
TextBox359.Value = Empty  
TextBox72.Value = Empty  
TextBox71.Value = Empty  
TextBox70.Value = Empty  
TextBox73.Value = Empty  
TextBox74.Value = Empty  
TextBox75.Value = Empty  
TextBox360.Value = Empty  
TextBox69.Value = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton104_Click()  
TextBox372.Value = Empty  
TextBox19.Value = Empty  
TextBox90.Value = Empty  
TextBox374.Value = Empty  
TextBox91.Value = Empty  
TextBox373.Value = Empty  
TextBox81.Value = Empty  
TextBox21.Value = Empty  
TextBox20.Value = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton105_Click()  
TextBox376.Value = Empty  
TextBox25.Value = Empty  
TextBox24.Value = Empty  
TextBox375.Value = Empty  
TextBox82.Value = Empty  
TextBox23.Value = Empty  
TextBox22.Value = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton106_Click()  
    TextBox378.Value = Empty  
    TextBox377.Value = Empty  
    TextBox83.Value = Empty  
    TextBox26.Value = Empty  
    TextBox27.Value = Empty  
    TextBox29.Value = Empty  
    TextBox28.Value = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton107_Click()  
    TextBox379.Value = Empty  
    TextBox380.Value = Empty  
    TextBox84.Value = Empty  
    TextBox33.Value = Empty  
    TextBox32.Value = Empty  
    TextBox31.Value = Empty  
    TextBox30.Value = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton108_Click()  
    TextBox34.Value = Empty  
    TextBox35.Value = Empty  
    TextBox85.Value = Empty  
    TextBox382.Value = Empty  
    TextBox381.Value = Empty  
    TextBox36.Value = Empty  
    TextBox37.Value = Empty  
    TextBox38.Value = Empty  
    TextBox383.Value = Empty  
    TextBox319.Value = Empty  
    TextBox318.Value = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton109_Click()  
    TextBox43.Value = Empty  
    TextBox384.Value = Empty  
    TextBox41.Value = Empty  
    TextBox42.Value = Empty  
    TextBox44.Value = Empty  
    TextBox39.Value = Empty  
    TextBox40.Value = Empty  
    TextBox86.Value = Empty  
    TextBox385.Value = Empty  
    TextBox386.Value = Empty  
    TextBox320.Value = Empty  
    TextBox321.Value = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton110_Click()  
    TextBox47.Value = Empty  
    TextBox48.Value = Empty  
    TextBox49.Value = Empty
```

```
TextBox50.Value = Empty  
TextBox387.Value = Empty  
TextBox45.Value = Empty  
TextBox46.Value = Empty  
TextBox87.Value = Empty  
TextBox388.Value = Empty  
TextBox517.Value = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton111_Click()  
TextBox389.Value = Empty  
TextBox62.Value = Empty  
TextBox63.Value = Empty  
TextBox391.Value = Empty  
TextBox392.Value = Empty  
TextBox393.Value = Empty  
TextBox394.Value = Empty  
TextBox60.Value = Empty  
TextBox61.Value = Empty  
TextBox92.Value = Empty  
TextBox390.Value = Empty  
TextBox445.Value = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton112_Click()  
TextBox395.Value = Empty  
TextBox67.Value = Empty  
TextBox68.Value = Empty  
TextBox64.Value = Empty  
TextBox65.Value = Empty  
TextBox93.Value = Empty  
TextBox396.Value = Empty  
TextBox323.Value = Empty  
TextBox398.Value = Empty  
TextBox399.Value = Empty  
TextBox397.Value = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton113_Click()  
TextBox356.Value = Empty  
TextBox58.Value = Empty  
TextBox400.Value = Empty  
TextBox57.Value = Empty  
TextBox59.Value = Empty  
TextBox55.Value = Empty  
TextBox56.Value = Empty  
TextBox89.Value = Empty  
TextBox401.Value = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton114_Click()  
TextBox53.Value = Empty  
TextBox402.Value = Empty
```

```
TextBox54.Value = Empty  
TextBox404.Value = Empty  
TextBox403.Value = Empty  
TextBox88.Value = Empty  
TextBox52.Value = Empty  
TextBox51.Value = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton115_Click()  
TextBox405.Value = Empty  
TextBox182.Value = Empty  
TextBox183.Value = Empty  
TextBox184.Value = Empty  
TextBox331.Value = Empty  
TextBox332.Value = Empty  
TextBox185.Value = Empty  
TextBox186.Value = Empty  
TextBox187.Value = Empty  
TextBox406.Value = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton116_Click()  
TextBox407.Value = Empty  
TextBox235.Value = Empty  
TextBox340.Value = Empty  
TextBox339.Value = Empty  
TextBox233.Value = Empty  
TextBox234.Value = Empty  
TextBox237.Value = Empty  
TextBox236.Value = Empty  
TextBox232.Value = Empty  
TextBox408.Value = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton117_Click()  
TextBox241.Value = Empty  
TextBox409.Value = Empty  
TextBox341.Value = Empty  
TextBox342.Value = Empty  
TextBox239.Value = Empty  
TextBox240.Value = Empty  
TextBox243.Value = Empty  
TextBox242.Value = Empty  
TextBox238.Value = Empty  
TextBox410.Value = Empty
```

```
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton118_Click()  
TextBox344.Value = Empty  
TextBox343.Value = Empty  
TextBox247.Value = Empty  
TextBox411.Value = Empty
```



```
TextBox246.Value = Empty  
TextBox245.Value = Empty  
TextBox244.Value = Empty  
TextBox249.Value = Empty  
TextBox248.Value = Empty  
TextBox412.Value = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton119_Click()  
TextBox413.Value = Empty  
TextBox223.Value = Empty  
TextBox345.Value = Empty  
TextBox346.Value = Empty  
TextBox222.Value = Empty  
TextBox220.Value = Empty  
TextBox224.Value = Empty  
TextBox225.Value = Empty  
TextBox414.Value = Empty  
TextBox221.Value = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton120_Click()  
TextBox215.Value = Empty  
TextBox216.Value = Empty  
TextBox217.Value = Empty  
TextBox415.Value = Empty  
TextBox348.Value = Empty  
TextBox347.Value = Empty  
TextBox214.Value = Empty  
TextBox218.Value = Empty  
TextBox219.Value = Empty  
TextBox416.Value = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton121_Click()  
TextBox349.Value = Empty  
TextBox350.Value = Empty  
TextBox210.Value = Empty  
TextBox213.Value = Empty  
TextBox209.Value = Empty  
TextBox208.Value = Empty  
TextBox211.Value = Empty  
TextBox212.Value = Empty  
TextBox418.Value = Empty  
TextBox417.Value = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton122_Click()  
TextBox199.Value = Empty  
TextBox200.Value = Empty  
TextBox419.Value = Empty  
TextBox352.Value = Empty  
TextBox198.Value = Empty
```

```
TextBox201.Value = Empty  
TextBox202.Value = Empty  
TextBox420.Value = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton123_Click()  
TextBox194.Value = Empty  
TextBox195.Value = Empty  
TextBox421.Value = Empty  
TextBox353.Value = Empty  
TextBox197.Value = Empty  
TextBox196.Value = Empty  
TextBox193.Value = Empty  
TextBox422.Value = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton124_Click()  
TextBox191.Value = Empty  
TextBox192.Value = Empty  
TextBox354.Value = Empty  
TextBox423.Value = Empty  
TextBox188.Value = Empty  
TextBox189.Value = Empty  
TextBox190.Value = Empty  
TextBox424.Value = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton125_Click()  
TextBox355.Value = Empty  
TextBox425.Value = Empty  
TextBox251.Value = Empty  
TextBox253.Value = Empty  
TextBox250.Value = Empty  
TextBox254.Value = Empty  
TextBox255.Value = Empty  
TextBox426.Value = Empty  
TextBox427.Value = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton126_Click()  
TextBox324.Value = Empty  
TextBox428.Value = Empty  
TextBox94.Value = Empty  
TextBox95.Value = Empty  
TextBox96.Value = Empty  
TextBox97.Value = Empty  
TextBox98.Value = Empty  
TextBox99.Value = Empty  
TextBox100.Value = Empty  
TextBox101.Value = Empty  
TextBox102.Value = Empty
```

```
TextBox429.Value = Empty  
TextBox430.Value = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton127_Click()  
TextBox103.Value = Empty  
TextBox104.Value = Empty  
TextBox105.Value = Empty  
TextBox106.Value = Empty  
TextBox107.Value = Empty  
TextBox108.Value = Empty  
TextBox109.Value = Empty  
TextBox110.Value = Empty  
TextBox111.Value = Empty  
TextBox437.Value = Empty  
TextBox438.Value = Empty  
TextBox436.Value = Empty  
TextBox327.Value = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton128_Click()  
TextBox328.Value = Empty  
TextBox433.Value = Empty  
TextBox119.Value = Empty  
TextBox115.Value = Empty  
TextBox116.Value = Empty  
TextBox117.Value = Empty  
TextBox118.Value = Empty  
TextBox114.Value = Empty  
TextBox112.Value = Empty  
TextBox113.Value = Empty  
TextBox121.Value = Empty  
TextBox434.Value = Empty  
TextBox435.Value = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton129_Click()  
TextBox124.Value = Empty  
TextBox126.Value = Empty  
TextBox125.Value = Empty  
TextBox127.Value = Empty  
TextBox123.Value = Empty  
TextBox439.Value = Empty  
TextBox329.Value = Empty  
TextBox122.Value = Empty  
TextBox129.Value = Empty  
TextBox130.Value = Empty  
TextBox128.Value = Empty  
TextBox440.Value = Empty  
TextBox441.Value = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton130_Click()
```

```
TextBox330.Value = Empty  
TextBox442.Value = Empty  
TextBox139.Value = Empty  
TextBox133.Value = Empty  
TextBox137.Value = Empty  
TextBox135.Value = Empty  
TextBox138.Value = Empty  
TextBox136.Value = Empty  
TextBox131.Value = Empty  
TextBox132.Value = Empty  
TextBox141.Value = Empty  
TextBox443.Value = Empty  
TextBox444.Value = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton131_Click()  
TextBox446.Value = Empty  
TextBox447.Value = Empty  
TextBox448.Value = Empty  
TextBox449.Value = Empty  
TextBox450.Value = Empty  
TextBox451.Value = Empty  
TextBox298.Value = Empty  
TextBox299.Value = Empty  
TextBox300.Value = Empty  
TextBox301.Value = Empty  
TextBox302.Value = Empty  
TextBox303.Value = Empty  
TextBox510.Value = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton132_Click()  
TextBox453.Value = Empty  
TextBox454.Value = Empty  
TextBox455.Value = Empty  
TextBox456.Value = Empty  
TextBox457.Value = Empty  
TextBox452.Value = Empty  
TextBox295.Value = Empty  
TextBox296.Value = Empty  
TextBox297.Value = Empty  
TextBox291.Value = Empty  
TextBox292.Value = Empty  
TextBox293.Value = Empty  
TextBox294.Value = Empty  
TextBox511.Value = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton133_Click()  
TextBox458.Value = Empty  
TextBox459.Value = Empty  
TextBox460.Value = Empty  
TextBox461.Value = Empty
```

```
TextBox462.Value = Empty  
TextBox463.Value = Empty  
TextBox464.Value = Empty  
TextBox286.Value = Empty  
TextBox287.Value = Empty  
TextBox288.Value = Empty  
TextBox284.Value = Empty  
TextBox285.Value = Empty  
TextBox289.Value = Empty  
TextBox290.Value = Empty  
TextBox512.Value = Empty  
TextBox514.Value = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton134_Click()  
TextBox465.Value = Empty  
TextBox466.Value = Empty  
TextBox467.Value = Empty  
TextBox468.Value = Empty  
TextBox470.Value = Empty  
TextBox469.Value = Empty  
TextBox281.Value = Empty  
TextBox282.Value = Empty  
TextBox283.Value = Empty  
TextBox277.Value = Empty  
TextBox278.Value = Empty  
TextBox279.Value = Empty  
TextBox280.Value = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton135_Click()  
TextBox473.Value = Empty  
TextBox474.Value = Empty  
TextBox475.Value = Empty  
TextBox476.Value = Empty  
TextBox472.Value = Empty  
TextBox471.Value = Empty  
TextBox269.Value = Empty  
TextBox270.Value = Empty  
TextBox271.Value = Empty  
TextBox272.Value = Empty  
TextBox273.Value = Empty  
TextBox274.Value = Empty  
TextBox275.Value = Empty  
TextBox276.Value = Empty  
TextBox268.Value = Empty  
TextBox515.Value = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton136_Click()  
TextBox479.Value = Empty  
TextBox480.Value = Empty  
TextBox481.Value = Empty
```

```
TextBox482.Value = Empty  
TextBox478.Value = Empty  
TextBox477.Value = Empty  
TextBox262.Value = Empty  
TextBox263.Value = Empty  
TextBox264.Value = Empty  
TextBox265.Value = Empty  
TextBox266.Value = Empty  
TextBox267.Value = Empty  
TextBox516.Value = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton137_Click()  
TextBox483.Value = Empty  
TextBox484.Value = Empty  
TextBox485.Value = Empty  
TextBox486.Value = Empty  
TextBox487.Value = Empty  
TextBox488.Value = Empty  
TextBox304.Value = Empty  
TextBox305.Value = Empty  
TextBox306.Value = Empty  
TextBox307.Value = Empty  
TextBox308.Value = Empty  
TextBox309.Value = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton138_Click()  
TextBox489.Value = Empty  
TextBox490.Value = Empty  
TextBox491.Value = Empty  
TextBox492.Value = Empty  
TextBox493.Value = Empty  
TextBox494.Value = Empty  
TextBox501.Value = Empty  
TextBox315.Value = Empty  
TextBox316.Value = Empty  
TextBox317.Value = Empty  
TextBox310.Value = Empty  
TextBox311.Value = Empty  
TextBox312.Value = Empty  
TextBox313.Value = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton139_Click()  
TextBox495.Value = Empty  
TextBox496.Value = Empty  
TextBox497.Value = Empty  
TextBox498.Value = Empty  
TextBox499.Value = Empty  
TextBox500.Value = Empty  
TextBox256.Value = Empty  
TextBox257.Value = Empty
```

```
TextBox258.Value = Empty  
TextBox259.Value = Empty  
TextBox260.Value = Empty  
TextBox261.Value = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton140_Click()  
TextBox325.Value = Empty  
TextBox326.Value = Empty  
TextBox142.Value = Empty  
TextBox143.Value = Empty  
TextBox144.Value = Empty  
TextBox145.Value = Empty  
TextBox146.Value = Empty  
TextBox147.Value = Empty  
TextBox148.Value = Empty  
TextBox149.Value = Empty  
TextBox150.Value = Empty  
TextBox151.Value = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton141_Click()  
TextBox167.Value = Empty  
TextBox333.Value = Empty  
TextBox334.Value = Empty  
TextBox169.Value = Empty  
TextBox166.Value = Empty  
TextBox168.Value = Empty  
TextBox165.Value = Empty  
TextBox170.Value = Empty  
TextBox164.Value = Empty  
TextBox161.Value = Empty  
TextBox162.Value = Empty  
TextBox163.Value = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton142_Click()  
TextBox335.Value = Empty  
TextBox336.Value = Empty  
TextBox152.Value = Empty  
TextBox153.Value = Empty  
TextBox154.Value = Empty  
TextBox157.Value = Empty  
TextBox181.Value = Empty  
TextBox159.Value = Empty  
TextBox155.Value = Empty  
TextBox160.Value = Empty  
TextBox158.Value = Empty  
TextBox156.Value = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton143_Click()  
TextBox337.Value = Empty
```

```
TextBox338.Value = Empty
TextBox174.Value = Empty
TextBox171.Value = Empty
TextBox172.Value = Empty
TextBox173.Value = Empty
TextBox178.Value = Empty
TextBox179.Value = Empty
TextBox177.Value = Empty
TextBox175.Value = Empty
TextBox180.Value = Empty
TextBox176.Value = Empty
End Sub

Private Sub CommandButton2_Click()
End
End Sub

Private Sub CommandButton98_Click()
TextBox76.Value = Empty
TextBox2.Value = Empty
TextBox3.Value = Empty
TextBox358.Value = Empty
TextBox1.Value = Empty
TextBox357.Value = Empty
End Sub

Private Sub CommandButton3_Click()
Dim oa As Double
Dim oJ As Double
Dim oE As Double
Dim oT As Double
Dim otmax As Double
oa = TextBox6.SelStart
oT = TextBox361.SelStart
If TextBox6.Value = Empty Or TextBox361.Value = Empty Then GoTo line1 Else
GoTo line2:
line2:
oa = TextBox6.Value
oT = TextBox361.Value
oE = (2 * oa) ^ 2
oJ = 2.25 * oa ^ 4
otmax = (0.601 * oT) / (oa ^ 3)
TextBox77.Value = oE
TextBox4.Value = oJ
TextBox5.Value = oJ / 10000
TextBox362.Value = otmax
TextBox363.Value = 2 * oa
If oJ > 0 Then GoTo line3:
line1:
MsgBox "Value Missing"
TextBox77.Value = "####"
TextBox4.Value = "####"
TextBox5.Value = "####"
```



```
TextBox362.Value = "####"  
TextBox363.Value = "####"  
GoTo line3:  
line3:  
End Sub  
  
Private Sub CommandButton4_Click()  
End  
End Sub  
  
Private Sub CommandButton5_Click()  
Dim oa As Double  
Dim ob As Double  
Dim oC As Double  
Dim od As Double  
Dim oE As Double  
Dim oJ As Double  
Dim oEm As Double  
Dim oT As Double  
Dim otmax As Double  
Dim oF As Double  
Dim og As Double  
Dim oh As Double  
Dim ok As Double  
Dim ol As Double  
  
oa = TextBox9.SelStart  
ob = TextBox10.SelStart  
oT = TextBox364.SelStart  
If TextBox9.Value = Empty Or TextBox10.Value = Empty Or TextBox364.Value =  
Empty Then GoTo line1 Else GoTo line2:  
line2:  
oa = TextBox9.Value  
ob = TextBox10.Value  
oT = TextBox364.Value  
If oa < ob Then GoTo line4  
oEm = (2 * oa) * (2 * ob)  
oC = 3.36 * (ob / oa)  
od = oa * (ob ^ 3)  
oE = 1 - (ob ^ 4 / (12 * (oa ^ 4)))  
oJ = od * ((16 / 3) - (oC * oE))  
TextBox78.Value = oEm  
TextBox7.Value = oJ  
TextBox8.Value = oJ / 10000  
oF = (3 * oT) / (8 * oa * (ob ^ 2))  
og = 0.6095 * (ob / oa)  
oh = 0.8865 * (ob / oa) ^ 2  
ok = 1.8023 * (ob / oa) ^ 3  
ol = 0.91 * (ob / oa) ^ 4  
otmax = oF * (1 + og + oh - ok + ol)  
TextBox365.Value = otmax  
TextBox366.Value = 2 * oa
```

```
TextBox367.Value = 2 * ob
If oJ > 0 Then GoTo line3:
line1:
MsgBox "Value Missing"
TextBox78.Value = "####"
TextBox7.Value = "####"
TextBox8.Value = "####"
TextBox365.Value = "####"
TextBox366.Value = "####"
TextBox367.Value = "####"
GoTo line3:
line4:
MsgBox " b must be smaller than a (a>=b)"
TextBox10.Value = Empty
TextBox9.Value = Empty
TextBox78.Value = "####"
TextBox7.Value = "####"
TextBox8.Value = "####"
TextBox365.Value = "####"
TextBox366.Value = "####"
TextBox367.Value = "####"
GoTo line3:
line3:
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton6_Click()
End
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton7_Click()
Dim om As Double
Dim oNa As Double
Dim ob As Double
Dim oS As Double
Dim oV1 As Double
Dim oVs As Double
Dim oJ As Double
Dim oE As Double
Dim oT As Double
Dim tQ As Double
Dim cQ As Double
Dim opi As Double
Dim o1 As Double
Dim o5 As Double
Dim od As Double
Dim ef As Double
Dim au As Double
om = TextBox13.SelStart
oNa = TextBox14.SelStart
ob = TextBox15.SelStart
oT = TextBox368.SelStart
```

```

If TextBox13.Value = Empty Or TextBox14.Value = Empty Or TextBox15.Value =
Empty Or TextBox368.Value = Empty Then GoTo line1 Else GoTo line2:
opi = 4 * Atn(1)
line2:
om = TextBox13.Value
oNa = TextBox14.Value
ob = TextBox15.Value
oT = TextBox368.Value
oE = (om + oNa) * ob / 2
opi = 4 * Atn(1)
If om < oNa Then
MsgBox "n must be n < m "
TextBox13.Value = Empty
TextBox14.Value = Empty
GoTo line3:
End If
If ob < oNa Then
MsgBox "n must be n < b"
TextBox15.Value = Empty
TextBox14.Value = Empty
GoTo line3:
End If
oS = (om - oNa) / ob
oV1 = 0.10504 - (0.1 * oS) + (0.0848 * oS ^ 2) - (0.06746 * oS ^ 3) +
(0.0515 * oS ^ 4)
oVs = 0.10504 + (0.1 * oS) + (0.0848 * oS ^ 2) + (0.06746 * oS ^ 3) +
(0.0515 * oS ^ 4)
oJ = (1 / 12) * (ob * (om + oNa) * (om ^ 2 + oNa ^ 2)) - (oV1 * om ^ 4) -
(oVs * oNa ^ 4)
TextBox79.Value = oE
TextBox11.Value = oJ
TextBox12.Value = oJ / 10000
opi = 4 * Atn(1)
ef = Atn(ob / (om - oNa))
au = Tan(ef / 2) * om
od = 2 * (om / (1 + (om / au)))
If ob < od Then
TextBox502.Value = ob
Else
TextBox502.Value = od
End If
o5 = ((opi ^ 2 * od ^ 4) / (16 * oE ^ 2))
o1 = 1 + ((opi ^ 2 * od ^ 4) / (16 * oE ^ 2))
cQ = (od / o1) * (1 + 0.15 * (o5))
tQ = (oT / oJ) * cQ
TextBox369.Value = tQ
If oJ > 0 Then GoTo line3 Else GoTo line3:
line1:
MsgBox "Value Missing"
TextBox79.Value = "####"
TextBox11.Value = "####"
TextBox12.Value = "####"
TextBox369.Value = "####"

```

```
GoTo line3:
line4:
TextBox79.Value = "####"
TextBox11.Value = "####"
TextBox12.Value = "####"
TextBox369.Value = "####"
GoTo line3:
line3:
End Sub

Private Sub CommandButton8_Click()
End
End Sub

Private Sub CommandButton9_Click()
Dim oa As Double
Dim oJ As Double
Dim oE As Double
Dim oT As Double
Dim otmax As Double

oa = TextBox18.SelStart
oT = TextBox370.SelStart
If TextBox18.Value = Empty Or TextBox370.Value = Empty Then GoTo line1 Else
GoTo line2:
line2:
oa = TextBox18.Value
oT = TextBox370.Value
oJ = ((oa ^ 4) * Sqr(3)) / 80
oE = 0.36056 * oa ^ 2
otmax = (20 * oT) / (oa ^ 3)
TextBox80.Value = oE
TextBox16.Value = oJ
TextBox17.Value = oJ / 10000
TextBox371.Value = otmax
If oJ > 0 Then GoTo line3:
line1:
MsgBox "Value Missing"
TextBox80.Value = "####"
TextBox16.Value = "####"
TextBox17.Value = "####"
TextBox371.Value = "####"
line3:
End Sub

Private Sub CommandButton10_Click()
End
End Sub

Private Sub CommandButton11_Click()
Dim oS As Double
Dim oJ As Double
Dim oE As Double
```

```
Dim oT As Double
Dim otmax As Double
oS = TextBox19.SelStart
oT = TextBox372.SelStart
If TextBox19.Value = Empty Or TextBox372.Value = Empty Then GoTo line1 Else
GoTo line2:
line2:
oS = TextBox19.Value
oT = TextBox372.Value
If ToggleButton1.Value = False Then
    oJ = 0.064913 * oS ^ 4
    oE = Sqr(0.75) * 0.75 * oS ^ 2
    TextBox91.Value = oS * Sqr(0.75)
    TextBox90.Value = oS
    otmax = 8.157 * (oT / (oS ^ 3))
    TextBox373.Value = otmax
    TextBox374.Value = oS / 2

    ElseIf ToggleButton1.Value = True Then
        oJ = 0.1154 * oS ^ 4
        oE = (0.75 / Sqr(0.75)) * oS ^ 2
        TextBox90.Value = oS / Sqr(0.75)
        TextBox91.Value = oS
        otmax = 5.297 * (oT / (oS ^ 3))
        TextBox373.Value = otmax
        TextBox374.Value = (oS / Sqr(0.75)) / 2
    End If
    TextBox20.Value = oJ
    TextBox21.Value = oJ / 10000
    TextBox81.Value = oE
    If oJ > 0 Then GoTo line3:
    line1:
    MsgBox "Value Missing"
    TextBox20.Value = "####"
    TextBox21.Value = "####"
    TextBox81.Value = "####"
    TextBox373.Value = "####"
    line3:
End Sub

Private Sub CommandButton12_Click()
End
End Sub

Private Sub CommandButton99_Click()
    TextBox4.Value = Empty
    TextBox5.Value = Empty
    TextBox6.Value = Empty
    TextBox77.Value = Empty
    TextBox361.Value = Empty
    TextBox362.Value = Empty
    TextBox363.Value = Empty
End Sub
```

```
Private Sub ToggleButton1_Click()
    If ToggleButton1.Value = False Then
        ToggleButton1.Caption = "d(mm)"
    ElseIf ToggleButton1.Value = True Then
        ToggleButton1.Caption = "s(mm)"
    End If
End Sub

Private Sub CommandButton13_Click()
    Dim oa As Double
    Dim ob As Double
    Dim opi As Double
    Dim oJ As Double
    Dim oE As Double
    Dim oT As Double
    Dim otmax As Double

    opi = 4 * Atn(1)
    oa = TextBox24.SelStart
    ob = TextBox25.SelStart
    oT = TextBox375.SelStart
    If TextBox24.Value = Empty Or TextBox25.Value = Empty Or TextBox375.Value = Empty Then GoTo line1 Else GoTo line2:
line2:
    oa = TextBox24.Value
    ob = TextBox25.Value
    oT = TextBox375.Value
    oE = opi * oa * ob
    oJ = ((opi * (oa ^ 3)) * (ob ^ 3)) / ((oa ^ 2) + (ob ^ 2))
    otmax = (2 * oT) / (opi * oa * (ob ^ 2))
    TextBox22.Value = oJ
    TextBox23.Value = oJ / 10000
    TextBox82.Value = oE
    TextBox376.Value = otmax
    If oJ > 0 Then GoTo line3:
line1:
    MsgBox "Value Missing"
    TextBox82.Value = "####"
    TextBox22.Value = "####"
    TextBox23.Value = "####"
    TextBox376.Value = "####"
line3:
End Sub

Private Sub CommandButton14_Click()
End
End Sub

Private Sub CommandButton15_Click()
    Dim oRi As Double
    Dim oRo As Double
    Dim opi As Double
```

```
Dim oJ As Double
Dim oE As Double
Dim oT As Double
Dim otmax As Double
oRi = TextBox28.SelStart
oRo = TextBox29.SelStart
oT = TextBox377.SelStart
If TextBox28.Value = Empty Or TextBox29.Value = Empty Or TextBox377.Value =
Empty Then GoTo line1 Else GoTo line2:
line2:
oRi = TextBox28.Value
oRo = TextBox29.Value
oT = TextBox377.Value
If oRi >= oRo Then
MsgBox "ri must be ri < ro"
GoTo line4:
End If
opi = 4 * Atn(1)
oE = (opi * oRo ^ 2) - (opi * oRi ^ 2)
oJ = (opi * (oRo ^ 4 - oRi ^ 4)) / 2
otmax = (2 * oT * oRo) / (opi * (oRo ^ 4 - oRi ^ 4))
TextBox26.Value = oJ
TextBox27.Value = oJ / 10000
TextBox83.Value = oE
TextBox378.Value = otmax
If oJ > 0 Then GoTo line3:
line1:
MsgBox "Value Missing"
TextBox26.Value = "####"
TextBox27.Value = "####"
TextBox83.Value = "####"
TextBox378.Value = "####"
GoTo line3:
line4:
TextBox26.Value = "####"
TextBox27.Value = "####"
TextBox83.Value = "####"
TextBox378.Value = "####"
TextBox28.Value = Empty
TextBox29.Value = Empty
line3:
End Sub

Private Sub CommandButton16_Click()
End
End Sub

Private Sub CommandButton17_Click()
Dim opi As Double
Dim oRa As Double
Dim oT As Double
Dim oJ As Double
Dim oE As Double
```

```
Dim oRi As Double
Dim oT1 As Double
Dim otmax As Double
oRa = TextBox32.SelStart
oT = TextBox33.SelStart
oT1 = TextBox379.SelStart
If TextBox32.Value = Empty Or TextBox33.Value = Empty Or TextBox379.Value =
Empty Then GoTo line1 Else GoTo line2:
line2:
oRa = TextBox32.Value / 2
oT = TextBox33.Value
oT1 = TextBox379.Value

If oRa < oT Then
    MsgBox "t must be D/2>=t"
    TextBox33.Value = Empty
    TextBox32.Value = Empty
    TextBox30.Value = "####"
    TextBox31.Value = "####"
    TextBox84.Value = "####"
    TextBox380.Value = "####"
    GoTo line3
End If
oRi = oRa - oT
opi = 4 * Atn(1)
oE = (opi * oRa ^ 2) - (opi * oRi ^ 2)
oJ = 2 * opi * oRa ^ 3 * oT
otmax = oT1 / (2 * opi * oRa ^ 2 * oT)
TextBox30.Value = oJ
TextBox31.Value = oJ / 10000
TextBox84.Value = oE
TextBox380.Value = otmax
If oJ > 0 Then GoTo line3:
line1:
MsgBox "Value Missing"
TextBox30.Value = "####"
TextBox31.Value = "####"
TextBox84.Value = "####"
TextBox380.Value = "####"
line3:
End Sub

Private Sub CommandButton18_Click()
End
End Sub

Private Sub CommandButton19_Click()
Dim oEk As Double
Dim oDi As Double
Dim oDo As Double
Dim ol As Double
Dim oh As Double
Dim oJ As Double
```



```
Dim opi As Double
Dim oC As Double
Dim oE As Double
Dim oT As Double
Dim otmax As Double
Dim oF As Double
Dim og As Double
Dim ob As Double
Dim ok As Double
Dim om As Double
```

```
oEk = TextBox36.SelStart
oDi = TextBox37.SelStart
oDo = TextBox38.SelStart
oT = TextBox381.SelStart
If TextBox36.Value = Empty Or TextBox38.Value = Empty Or TextBox37.Value =
Empty Or TextBox381.Value = Empty Then GoTo line1 Else GoTo line2:
line2:
oEk = TextBox36.Value
oDi = TextBox37.Value
oDo = TextBox38.Value
oT = TextBox381.Value
TextBox318.Value = oEk + (oDi / 2)
TextBox319.Value = oDo / 2
If oEk + (oDi / 2) >= oDo / 2 Then
TextBox36.Value = Empty
TextBox37.Value = Empty
TextBox38.Value = Empty
TextBox383.Value = "Change the numbers"
MsgBox " must be e+d/2 < D/2 "
GoTo line4:
End If
opi = 4 * Atn(1)
oE = ((opi * oDo ^ 2) / 4) - ((opi * oDi ^ 2) / 4)
oI = oEk / oDo
oh = oDi / oDo
oC = 1 + ((16 * oh ^ 2 * oI ^ 2) / ((1 - oh ^ 2) * (1 - oh ^ 4))) + ((384 *
oh ^ 4 * oI ^ 4) / ((1 - oh ^ 2) ^ 2 * (1 - oh ^ 4) ^ 4))
oJ = opi * (oDo ^ 4 - oDi ^ 4) / (32 * oC)
om = (4 * oh ^ 2) / (1 - oh ^ 2)
og = (32 * oh ^ 2) / ((1 - oh ^ 2) * (1 - oh ^ 4))
ok = ((48 * oh ^ 2) * (1 + 2 * oh ^ 2 + 3 * oh ^ 4 + 2 * oh ^ 6)) / ((1 - oh
^ 2) * (1 - oh ^ 4) * (1 - oh ^ 6))
ob = ((64 * oh ^ 2) * (2 + 12 * oh ^ 2 + 19 * oh ^ 4 + 28 * oh ^ 6 + 18 * oh
^ 8 + 14 * oh ^ 10 + 3 * oh ^ 12)) / ((1 - oh ^ 2) * (1 - oh ^ 4) * (1 - oh
^ 6) * (1 - oh ^ 8))
oF = 1 + om * oI + og * (oI ^ 2) + ok * (oI ^ 3) + ob * (oI ^ 4)
otmax = (16 * oT * oDo * oF) / (opi * (oDo ^ 4 - oDi ^ 4))
TextBox85.Value = oE
TextBox34.Value = oJ
TextBox35.Value = oJ / 10000
```

```
TextBox382.Value = otmax
TextBox383.Value = "OK"
If oJ > 0 Then GoTo line3:
line1:
MsgBox "Value Missing"
TextBox85.Value = "####"
TextBox34.Value = "####"
TextBox35.Value = "####"
TextBox382.Value = "####"
GoTo line3:
line4:
TextBox85.Value = "####"
TextBox34.Value = "####"
TextBox35.Value = "####"
TextBox382.Value = "####"
line3:
End Sub

Private Sub CommandButton20_Click()
End
End Sub

Private Sub CommandButton21_Click()
Dim oAi As Double
Dim oAo As Double
Dim oBi As Double
Dim oBo As Double
Dim oQ As Double
Dim opi As Double
Dim oJ As Double
Dim oE As Double
Dim oT As Double
Dim otmax As Double
oAo = TextBox41.SelStart
oAi = TextBox42.SelStart
oBo = TextBox43.SelStart
oBi = TextBox44.SelStart
oT = TextBox384.SelStart
If TextBox41.Value = Empty Or TextBox42.Value = Empty Or TextBox43.Value =
Empty Or TextBox44.Value = Empty Or TextBox384.Value = Empty Then GoTo line1
Else GoTo line2:
line2:
oAo = TextBox41.Value
oAi = TextBox42.Value
oBo = TextBox43.Value
oBi = TextBox44.Value
oT = TextBox384.Value
oQ = oAi / oAo
opi = 4 * Atn(1)
If oAi / oAo <> oBi / oBo Then
TextBox320.Value = oBi / oBo
TextBox321.Value = oQ
TextBox386.Value = "Change the numbers"
```

```

    MsgBox "Must be a/A=b/B"
    GoTo line4:
End If
If oAi >= oAo Or oBi >= oBo Then
MsgBox "Must be A>a and B>b"
GoTo line4:
End If

oE = (opi * oAo * oBo) - (opi * oAi * oBi)
oJ = ((opi * oAo ^ 3 * oBo ^ 3) * (1 - oQ ^ 4)) / (oAo ^ 2 + oBo ^ 2)
otmax = (2 * oT) / ((opi * oAo * oBo ^ 2) * (1 - oQ ^ 4))
TextBox320.Value = oBi / oBo
TextBox321.Value = oQ
TextBox86.Value = oE
TextBox39.Value = oJ
TextBox40.Value = oJ / 10000
TextBox386.Value = "OK"
TextBox385.Value = otmax
If oJ > 0 Then GoTo line3:
line1:
MsgBox "Value Missing"
TextBox86.Value = "####"
TextBox39.Value = "####"
TextBox40.Value = "####"
TextBox385.Value = "####"
TextBox321.Value = Empty
TextBox320.Value = Empty
TextBox386.Value = " Fill in all the boxes "
GoTo line3:
line4:
TextBox86.Value = "####"
TextBox39.Value = "####"
TextBox40.Value = "####"
TextBox385.Value = "####"
line3:
End Sub

Private Sub CommandButton22_Click()
End
End Sub
Private Sub CommandButton23_Click()
Dim oa As Double
Dim ob As Double
Dim oTb As Double
Dim oTa As Double
Dim oJ As Double
Dim oE As Double
Dim oT1 As Double
Dim oT2 As Double
Dim oT As Double
oa = TextBox47.SelStart
ob = TextBox48.SelStart
oTa = TextBox50.SelStart

```

```
oTb = TextBox49.SelStart
oT = TextBox387.SelStart
```

```
If TextBox47.Value = Empty Or TextBox48.Value = Empty Or TextBox49.Value =
Empty Or TextBox50.Value = Empty Or TextBox387.Value = Empty Then GoTo line1
Else GoTo line2:
```

```
line2:
```

```
oa = TextBox47.Value
ob = TextBox48.Value
oTa = TextBox50.Value
oTb = TextBox49.Value
oT = TextBox387.Value
```

```
If ob > oTb And oa > oTa Then
```

```
oE = (ob * oa) - ((oa - (2 * oTa)) * (ob - (2 * oTb)))
oJ = (2 * oTa * oTb * (oa - oTa) ^ 2 * (ob - oTb) ^ 2) / ((oa * oTa) + (ob *
oTb) - oTa ^ 2 - oTb ^ 2)
oT1 = oT / (2 * oTa * (oa - oTa) * (ob - oTb))
oT2 = oT / (2 * oTb * (oa - oTa) * (ob - oTb))
```

```
TextBox45.Value = oJ
TextBox46.Value = oJ / 10000
TextBox87.Value = oE
TextBox388.Value = oT1
TextBox517.Value = oT2
Else
MsgBox "A and B must be A>Ta and B>Tb"
TextBox47.Value = Empty
TextBox48.Value = Empty
TextBox49.Value = Empty
TextBox50.Value = Empty
GoTo line3:
End If
```

```
If oJ > 0 Then GoTo line3:
```

```
line1:
```

```
MsgBox "Value Missing"
TextBox45.Value = "####"
TextBox46.Value = "####"
TextBox87.Value = "####"
TextBox388.Value = "####"
TextBox517.Value = "####"
```

```
line3:
```

```
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton24_Click()
End
```

End Sub

```

Private Sub CommandButton25_Click()
Dim oa As Double
Dim ob As Double
Dim oRa As Double
Dim oC As Double
Dim oh As Double
Dim od As Double
Dim opi As Double
Dim oE As Double
Dim otmax As Double
Dim oT As Double
Dim B1 As Double
opi = 4 * Atn(1)
oRa = TextBox53.SelStart
oa = TextBox54.SelStart
oT = TextBox402.SelStart
If TextBox53.Value = Empty Or TextBox54.Value = Empty Or TextBox402.Value =
Empty Then GoTo line1 Else GoTo line2:
line2:
oRa = TextBox53.Value
oa = TextBox54.Value
oT = TextBox402.Value
ob = oa * opi / 180
oh = oRa * (1 - Cos(ob))
od = oh / oRa
oE = opi * oRa ^ 2 * ((360 - (2 * oa)) / 360)
If od < 0 Or od > 1 Or oa > 90 Then
MsgBox "a must be 0-90(deg)"
GoTo line4:
End If
TextBox404.Value = ob
oC = 0.7854 - (0.0333 * od) - (2.6183 * od ^ 2) + (4.1595 * od ^ 3) -
(3.0769 * od ^ 4) + (0.9299 * od ^ 5)
oJ = 2 * oC * oRa ^ 4
TextBox51.Value = oJ
TextBox52.Value = oJ / 10000
TextBox88.Value = oE
B1 = 0.6366 + (1.7598 * od) - (5.4897 * od ^ 2) + (14.062 * od ^ 3) - (14.51
* od ^ 4) + (6.434 * od ^ 5)
otmax = (oT * B1) / (oRa ^ 3)
TextBox403.Value = otmax
If oJ > 0 Then GoTo line3:
line1:
MsgBox "Value Missing"
TextBox51.Value = "####"
TextBox52.Value = "####"
TextBox88.Value = "####"
TextBox403.Value = "####"
TextBox404.Value = "####"
GoTo line3:
line4:

```

```

TextBox51.Value = "####"
TextBox52.Value = "####"
TextBox88.Value = "####"
TextBox403.Value = "####"
TextBox54.Value = Empty
TextBox404.Value = "####"
line3:
End Sub

Private Sub CommandButton26_Click()
End
End Sub

Private Sub CommandButton27_Click()
Dim oC As Double
Dim oJ As Double
Dim oRa As Double
Dim opi As Double
Dim oE As Double
Dim og As Double
Dim oDeg As Double
Dim oEm As Double
Dim oT As Double
Dim otmax As Double
Dim B1 As Double
opi = 4 * Atn(1)
oRa = TextBox58.SelStart
oDeg = TextBox59.SelStart
oT = TextBox400.SelStart
If TextBox58.Value = Empty Or TextBox59.Value = Empty Or TextBox400.Value =
Empty Then GoTo line1 Else GoTo line2:
line2:
oRa = TextBox58.Value
oDeg = TextBox59.Value
oT = TextBox400.Value
og = oDeg * opi / 180
TextBox57.Value = og
oE = og / opi
oEm = opi * oRa ^ 2 * oDeg / 360
TextBox356.Value = oE
If oE < 0.1 Or oE > 2 Then
MsgBox "must be 0.1<=(α(rad)/δ)<=2.0 or a(deg)= 18-360 deg"
GoTo line4:
End If
oC = 0.0034 - (0.0697 * oE) + (0.5825 * oE ^ 2) - (0.295 * oE ^ 3) + (0.0874
* oE ^ 4) - (0.0111 * oE ^ 5)
oJ = oC * oRa ^ 4
TextBox55.Value = oJ
TextBox56.Value = oJ / 10000
TextBox89.Value = oEm
If oE < 0.1 Or oE > 1 Then
MsgBox "if you want to calculate the tmax the a must be 0.1<=(α(rad)/δ)<=1.0
or a(deg)= 18-180 deg"

```

```
TextBox401.Value = "####"  
GoTo line3:  
End If  
B1 = 0.0117 - (0.2137 * oE) + (2.2475 * oE ^ 2) - (4.6709 * oE ^ 3) +  
(5.1764 * oE ^ 4) - (2.2 * oE ^ 5)  
otmax = oT / (B1 * oRa ^ 3)  
TextBox401.Value = otmax  
If oJ > 0 Then GoTo line3:  
line1:  
MsgBox "Value Missing"  
TextBox55.Value = "####"  
TextBox56.Value = "####"  
TextBox89.Value = "####"  
TextBox57.Value = "####"  
TextBox401.Value = "####"  
TextBox356.Value = "####"  
GoTo line3:  
line4:  
TextBox55.Value = "####"  
TextBox56.Value = "####"  
TextBox89.Value = "####"  
TextBox57.Value = "####"  
TextBox401.Value = "####"  
TextBox59.Value = Empty  
line3:  
End Sub  
  
Private Sub CommandButton28_Click()  
End  
End Sub  
  
Private Sub CommandButton29_Click()  
Dim oJ As Double  
Dim oC As Double  
Dim oRa As Double  
Dim oW As Double  
Dim ob As Double  
Dim opi As Double  
Dim ol As Double  
Dim ok As Double  
Dim oAn As Double  
Dim oAt As Double  
Dim oE As Double  
Dim oX As Double  
Dim oT As Double  
Dim otmax As Double  
Dim b As Double  
  
oRa = TextBox62.SelStart  
oW = TextBox63.SelStart  
oT = TextBox389.SelStart
```

```
If TextBox62.Value = Empty Or TextBox63.Value = Empty Or TextBox389.Value =  
Empty Then GoTo line1 Else GoTo line2:  
line2:  
oRa = TextBox62.Value  
oW = TextBox63.Value  
oT = TextBox389.Value  
If oW > oRa Then  
MsgBox "the W must be W<r"  
TextBox60.Value = "####"  
TextBox61.Value = "####"  
TextBox92.Value = "####"  
TextBox390.Value = "####"  
TextBox391.Value = "####"  
TextBox392.Value = "####"  
TextBox393.Value = "####"  
TextBox394.Value = "####"  
TextBox445.Value = "####"  
GoTo line3:  
End If  
ob = (oRa - oW) / oRa  
opi = 4 * Atn(1)  
oX = oW / oRa  
ok = oRa - oW  
TextBox393.Value = 0.2 * oRa  
TextBox391.Value = oW  
TextBox392.Value = oRa  
If ok = 0 Then  
oE = opi * (oRa) ^ 2  
TextBox92.Value = oE  
Else  
oAn = (Atn(-oX / Sqr(-oX * oX + 1)) + 2 * Atn(1)) * 2 * (180 / opi)  
oAt = ((opi * oRa ^ 2 * oAn) / 360) - (oI * (oRa - ok) / 2)  
oE = (opi * oRa ^ 2) - (2 * oAt)  
TextBox92.Value = oE  
End If  
If ob < 0 Or ob > 0.8 Then GoTo line4:  
oI = 2 * Sqr(ok * (2 * oRa - ok))  
oC = 0.7854 - (0.4053 * ob) - (3.581 * ob ^ 2) + (5.2708 * ob ^ 3) -  
(2.0772 * ob ^ 4)  
oJ = 2 * oC * oRa ^ 4  
b = 0.6366 + 2.5303 * (ob) - 11.157 * (ob ^ 2) + 49.568 * (ob ^ 3) - 85.886  
* (ob ^ 4) + 69.849 * (ob ^ 5)  
If ob < 0 Or ob > 0.6 Then GoTo line6:  
otmax = (oT * b) / (oRa ^ 3)  
TextBox60.Value = oJ  
TextBox61.Value = oJ / 10000  
TextBox394.Value = ob  
TextBox391.Value = oW  
TextBox392.Value = oRa  
TextBox390.Value = otmax  
TextBox445.Value = ok  
If oJ > 0 Then GoTo line3:  
line1:
```



```
MsgBox "Value Missing"
TextBox60.Value = "####"
TextBox61.Value = "####"
TextBox92.Value = "####"
TextBox390.Value = "####"
TextBox391.Value = "####"
TextBox392.Value = "####"
TextBox393.Value = "####"
TextBox394.Value = "####"
TextBox445.Value = "####"
GoTo line3:
line4:
MsgBox "W must be  $0.2r \leq W \leq r$ "
TextBox60.Value = "####"
TextBox61.Value = "####"
TextBox92.Value = "####"
TextBox390.Value = "####"
TextBox394.Value = ob
TextBox393.Value =  $0.2 * oRa$ 
TextBox62.Value = Empty
TextBox63.Value = Empty
TextBox445.Value = ok
GoTo line3:
line6:
MsgBox "if you want to calculate the tmax the h/r must be  $0 \leq h/r \leq 0,6$ "
TextBox60.Value = oJ
TextBox61.Value = oJ / 10000
TextBox394.Value = ob
TextBox391.Value = oW
TextBox392.Value = oRa
TextBox390.Value = "####"
TextBox445.Value = ok
GoTo line3:
GoTo line3:
line3:
End Sub

Private Sub CommandButton30_Click()
End
End Sub

Private Sub CommandButton31_Click()
Dim oJ As Double
Dim oC As Double
Dim oRa As Double
Dim oW As Double
Dim ob As Double
Dim opi As Double
Dim oX As Double
Dim ok As Double
Dim ol As Double
Dim oAn As Double
Dim oAt As Double
```

```
Dim oE As Double
Dim oT As Double
Dim otmax As Double
Dim b As Double
Dim ow1 As Double
Dim or1 As Double
oRa = TextBox68.SelStart
oW = TextBox67.SelStart
oT = TextBox395.SelStart
If TextBox67.Value = Empty Or TextBox68.Value = Empty Or TextBox395.Value =
Empty Then GoTo line1 Else GoTo line2:
line2:
oRa = TextBox68.Value
oW = TextBox67.Value
oT = TextBox395.Value
If oW > oRa Then
MsgBox "the W must be W<r"
TextBox64.Value = "####"
TextBox65.Value = "####"
TextBox93.Value = "####"
TextBox396.Value = "####"
TextBox323.Value = "####"
TextBox397.Value = "####"
TextBox398.Value = "####"
TextBox399.Value = "####"
GoTo line3:
End If
ob = (oRa - oW) / oRa
opi = 4 * Atn(1)
oX = oW / oRa
ok = oRa - oW
ow1 = oW
or1 = oRa
TextBox323.Value = 0.707 * oRa
TextBox397.Value = ob
TextBox398.Value = ow1
TextBox399.Value = or1
If ok = 0 Then
oE = opi * (oRa) ^ 2
TextBox93.Value = oE
ElseIf ok <> 0 Then
oAn = (Atn(-oX / Sqr(-oX * oX + 1)) + 2 * Atn(1)) * 2 * (180 / opi)
oAt = ((opi * oRa ^ 2 * oAn) / 360) - (oI * (oRa - ok) / 2)
oE = (opi * oRa ^ 2) - (4 * oAt)
TextBox93.Value = oE
End If
If ob < 0 Or ob > 0.293 Then
GoTo line4:
End If
oI = 2 * Sqr(ok * (2 * oRa - ok))
oC = 0.7854 - (0.7 * ob) - (7.7982 * ob ^ 2) + (14.578 * ob ^ 3)
oJ = 2 * oC * oRa ^ 4
b = 0.6366 + 2.6298 * (ob) - 5.6147 * (ob ^ 2) + 30.853 * (ob ^ 3)
```

```
otmax = (oT * b) / (oRa ^ 3)
TextBox64.Value = oJ
TextBox65.Value = oJ / 10000
TextBox396.Value = otmax
If oJ > 0 Then GoTo line3:
line1:
MsgBox "Value Missing"
TextBox64.Value = "####"
TextBox65.Value = "####"
TextBox93.Value = "####"
TextBox396.Value = "####"
TextBox323.Value = "####"
TextBox397.Value = "####"
TextBox398.Value = "####"
TextBox399.Value = "####"
GoTo line3:
line4:
MsgBox "W must be 0.707*r<=W<=r and h/r must be 0<=h/r<0.293"
TextBox64.Value = "####"
TextBox65.Value = "####"
TextBox93.Value = "####"
TextBox396.Value = "####"
TextBox323.Value = 0.707 * oRa
TextBox67.Value = Empty
TextBox68.Value = Empty
line3:
End Sub

Private Sub CommandButton32_Click()
End
End Sub

Private Sub CommandButton33_Click()
Dim oa As Double
Dim ob As Double
Dim oC As Double
Dim opi As Double
Dim oAn As Double
Dim oE As Double
Dim oJ As Double
Dim oQ As Double
Dim otmax As Double
Dim oT As Double
oa = TextBox72.SelStart
ob = TextBox71.SelStart
oT = TextBox359.SelStart
If TextBox71.Value = Empty Or TextBox72.Value = Empty Or TextBox359.Value =
Empty Then GoTo line1 Else GoTo line2
line2:
oa = TextBox72.Value
ob = TextBox71.Value
oT = TextBox359.Value
opi = 4 * Atn(1)
```

```

oC = Sqr((oa / 2) ^ 2 + (ob ^ 2))
oAn = 2 * (Atn(((oa / 2) / ob)) * (180 / oPi))
oE = (oa * ob) / 2
If oAn > 120 Or oAn < 39 Then
MsgBox "The angle must be from 39(deg)to 120(deg)"
TextBox69.Value = "####"
TextBox75.Value = "####"
TextBox73.Value = "####"
TextBox74.Value = "####"
TextBox360.Value = "####"
TextBox72.Value = Empty
TextBox71.Value = Empty
TextBox70.Value = oAn
GoTo line3:
End If
    If oAn >= 39 And oAn < 82 Then
        oJ = (oa ^ 3 * ob ^ 3) / ((15 * oa ^ 2) + (20 * ob ^ 2))
    End If
        If oAn >= 82 And oAn <= 120 Then
            oJ = (0.0915 * ob ^ 4) * ((oa / ob) - 0.8592)
        End If
            If oAn = 90 Then
                oQ = 0.1604 * (ob ^ 3)
            ElseIf oAn = 60 Then
                oQ = 0.0768 * (ob ^ 3)
            Else
                oQ = oJ / (ob * (0.2 + 0.309 * (oa / ob) - 0.0418 * (oa / ob) ^ 2))
            End If
                otmax = oT / oQ
                TextBox70.Value = oAn
                TextBox69.Value = oC
                TextBox75.Value = oE
                TextBox73.Value = oJ
                TextBox74.Value = oJ / 10000
                TextBox360.Value = otmax
    If oJ > 0 Then GoTo line3:
line1:
MsgBox "Value Missing"
TextBox70.Value = "####"
TextBox69.Value = "####"
TextBox75.Value = "####"
TextBox73.Value = "####"
TextBox74.Value = "####"
TextBox360.Value = "####"
line3:
End Sub

Private Sub CommandButton34_Click()
End
End Sub

Private Sub CommandButton35_Click()
Dim oa As Double

```

```
Dim ob As Double
Dim oC As Double
Dim oDf As Double
Dim oE As Double
Dim od As Double
Dim oRa As Double
Dim oJ As Double
Dim oJa As Double
Dim oJb As Double
Dim oAk As Double
Dim oTa As Double
Dim oTb As Double
Dim oJaa As Double
Dim oJba As Double
Dim oT As Double
Dim tP As Double
Dim cP As Double
Dim opi As Double
Dim o1 As Double
Dim o2 As Double
Dim o3 As Double
Dim o4 As Double
Dim o5 As Double
Dim tQ As Double
Dim cQ As Double
oa = TextBox94.SelStart
ob = TextBox95.SelStart
oC = TextBox98.SelStart
oDf = TextBox99.SelStart
oRa = TextBox97.SelStart
oT = TextBox428.SelStart
If TextBox94.Value = Empty Or TextBox95.Value = Empty Or TextBox97.Value =
Empty Or TextBox98.Value = Empty Or TextBox99.Value = Empty Or
TextBox428.Value = Empty Then GoTo line1 Else GoTo line2:
line2:
oa = TextBox94.Value
ob = TextBox95.Value
oC = TextBox98.Value
oDf = TextBox99.Value
oRa = TextBox97.Value
oT = TextBox428.Value
opi = 4 * Atn(1)
TextBox324.Value = 2 * (ob + oRa)
oE = (oa * ob) + (oC * oDf) + ((4 - opi) * (oRa ^ 2) / 2)
If oDf >= 2 * (ob + oRa) Then
MsgBox "d must be d<2*(b+r)"
TextBox95.Value = Empty
TextBox97.Value = Empty
TextBox99.Value = Empty
GoTo line4:
End If
If ob <= oDf Then
oTa = ob
```

```

oTb = oDf
End If
If ob > oDf Then
oTa = oDf
oTb = ob
End If
oJaa = 1 - (ob ^ 4 / (12 * oa ^ 4))
oJba = 1 - (oDf ^ 4 / (192 * oC ^ 4))
od = (((ob + oRa) ^ 2) + (oRa * oDf) + (oDf ^ 2 / 4)) / ((2 * oRa) + ob)
oAk = (oTa / oTb) * (0.15 + (0.1 * oRa / ob))
oJa = (oa * ob ^ 3) * ((1 / 3) - ((0.21 * ob / oa) * oJaa))
oJb = (oC * oDf ^ 3) * ((1 / 3) - ((0.105 * oDf / oC) * oJba))
oJ = oJa + oJb + (oAk * od ^ 4)
TextBox96.Value = od
TextBox100.Value = oE
TextBox101.Value = oJ
TextBox102.Value = oJ / 10000
o1 = 1 + ((opi ^ 2 * od ^ 4) / (16 * oE ^ 2))
o2 = 0.118 * Log(1 - (od / (2 * (-oRa))))
o3 = 0.238 * (od / (2 * (-oRa)))
o4 = (Exp(1) - Exp(-1)) / (Exp(1) + Exp(-1))
cP = (od / (o1)) * (1 + (o2 - o3) * o4)
tP = (oT / oJ) * cP
o5 = ((opi ^ 2 * od ^ 4) / (16 * oE ^ 2))
cQ = (od / o1) * (1 + 0.15 * (o5))
tQ = (oT / oJ) * cQ
TextBox429.Value = tP
TextBox430.Value = tQ
If oJ > 0 Then GoTo line3:
line1:
MsgBox "Value Missing"
TextBox100.Value = "####"
TextBox101.Value = "####"
TextBox102.Value = "####"
TextBox96.Value = "####"
TextBox429.Value = "####"
TextBox430.Value = "####"
TextBox324.Value = "####"
GoTo line3:
line4:
TextBox96.Value = "####"
TextBox100.Value = "####"
TextBox102.Value = "####"
TextBox101.Value = "####"
TextBox429.Value = "####"
TextBox430.Value = "####"
line3:
End Sub

Private Sub CommandButton36_Click()
End
End Sub

```

```
Private Sub CommandButton37_Click()
Dim oa As Double
Dim ob As Double
Dim oC As Double
Dim oDf As Double
Dim od As Double
Dim oRa As Double
Dim oAk As Double
Dim oE As Double
Dim oJa As Double
Dim oJb As Double
Dim oJ As Double
Dim oDa As Double
Dim oJaa As Double
Dim oJba As Double
Dim oT As Double
Dim tP As Double
Dim cP As Double
Dim opi As Double
Dim o1 As Double
Dim o2 As Double
Dim o3 As Double
Dim o4 As Double
Dim o5 As Double
Dim tQ As Double
Dim cQ As Double
oa = TextBox106.SelStart
ob = TextBox105.SelStart
oC = TextBox103.SelStart
oDf = TextBox108.SelStart
oRa = TextBox104.SelStart
oT = TextBox436.SelStart
If TextBox103.Value = Empty Or TextBox436.Value = Empty Or TextBox104.Value
= Empty Or TextBox105.Value = Empty Or TextBox106.Value = Empty Or
TextBox108.Value = Empty Then GoTo line1 Else GoTo line2:
line2:
oa = TextBox106.Value
ob = TextBox105.Value
oC = TextBox103.Value
oDf = TextBox108.Value
oRa = TextBox104.Value
oT = TextBox436.Value
opi = 4 * Atn(1)
TextBox327.Value = 2 * (oDf + oRa)
oE = (oa * ob) + (oC * oDf) + (((oRa ^ 2) / 4) * (4 - opi))
If ob < oDf Then
MsgBox " b must be the biggest dimension among b and d (b>= d)"
TextBox105.Value = Empty
    TextBox108.Value = Empty
    GoTo line4:
End If
If ob >= 2 * (oDf + oRa) Then
MsgBox "b must be b<2*(d+r)"
```

```

    TextBox104.Value = Empty
    TextBox105.Value = Empty
    TextBox108.Value = Empty
    GoTo line4:
    End If
    oDa = 2 * ((2 * oRa) + ob) * ((2 * oRa) + oDf)
    od = 2 * (oDf + ob + (3 * oRa) - Sqr(oDa))
    oAk = (oDf / ob) * (0.07 + (0.076 * (oRa / ob)))
    oJaa = 1 - ((ob ^ 4) / (12 * oa ^ 4))
    oJa = (oa * ob ^ 3) * ((1 / 3) - (0.21 * (ob / oa) * oJaa))
    oJba = 1 - ((oDf ^ 4) / (192 * oC ^ 4))
    oJb = (oC * oDf ^ 3) * ((1 / 3) - (0.105 * (oDf / oC) * oJba))
    oJ = oJa + oJb + (oAk * od ^ 4)
    TextBox107.Value = od
    TextBox109.Value = oJ
    TextBox110.Value = oJ / 10000
    TextBox111.Value = oE
    o1 = 1 + ((opi ^ 2 * od ^ 4) / (16 * oE ^ 2))
    o2 = 0.118 * Log(1 - (od / (2 * (-oRa))))
    o3 = 0.238 * (od / (2 * (-oRa)))
    o4 = (Math.Exp(1) - Math.Exp(-1)) / (Math.Exp(1) + Math.Exp(-1))
    cP = (od / (o1)) * (1 + (o2 - o3) * o4)
    tP = (oT / oJ) * cP
    o5 = ((opi ^ 2 * od ^ 4) / (16 * oE ^ 2))
    cQ = (od / o1) * (1 + 0.15 * (o5))
    tQ = (oT / oJ) * cQ
    TextBox437.Value = tP
    TextBox438.Value = tQ
    If oJ > 0 Then GoTo line3:

line1:
MsgBox "Value Missing"
TextBox107.Value = "####"
TextBox109.Value = "####"
TextBox110.Value = "####"
TextBox111.Value = "####"
TextBox437.Value = "####"
TextBox438.Value = "####"
TextBox327.Value = "####"
line4:
TextBox107.Value = "####"
TextBox109.Value = "####"
TextBox110.Value = "####"
TextBox111.Value = "####"
TextBox437.Value = "####"
TextBox438.Value = "####"
line3:
End Sub

Private Sub CommandButton38_Click()
End
End Sub

```



```
Private Sub CommandButton39_Click()  
Dim oa As Double  
Dim ob As Double  
Dim oC As Double  
Dim oDf As Double  
Dim od As Double  
Dim oE As Double  
Dim oRa As Double  
Dim oJa As Double  
Dim oJaa As Double  
Dim oJb As Double  
Dim oJ As Double  
Dim oAk As Double  
Dim oT As Double  
Dim oTa As Double  
Dim oT1 As Double  
Dim tP As Double  
Dim cP As Double  
Dim opi As Double  
Dim o1 As Double  
Dim o2 As Double  
Dim o3 As Double  
Dim o4 As Double  
Dim o5 As Double  
Dim tQ As Double  
Dim cQ As Double
```

```
oa = TextBox119.SelStart  
ob = TextBox115.SelStart  
oC = TextBox117.SelStart  
oDf = TextBox116.SelStart  
oRa = TextBox118.SelStart  
oT1 = TextBox433.SelStart  
If TextBox115.Value = Empty Or TextBox116.Value = Empty Or TextBox433.Value  
= Empty Or TextBox117.Value = Empty Or TextBox118.Value = Empty Or  
TextBox119.Value = Empty Then GoTo line1 Else GoTo line2:  
line2:  
oa = TextBox119.Value  
ob = TextBox115.Value  
oC = TextBox117.Value  
oDf = TextBox116.Value  
oRa = TextBox118.Value  
oT1 = TextBox433.Value  
TextBox328.Value = 2 * (ob + oRa)  
opi = 4 * Atn(1)  
If ob < oDf Then  
oT = ob  
oTa = oDf  
ElseIf ob > oDf Then
```

```

oT = oDf
oTa = ob
ElseIf ob = oDf Then
oT = oDf
oTa = ob
Else
MsgBox "d,b must be d<b or d>b"
GoTo line4:
End If
    If oDf >= 2 * (ob + oRa) Then
MsgBox "d must be d<2(b+r)"
TextBox115.Value = Empty
TextBox116.Value = Empty
TextBox118.Value = Empty
GoTo line4:
End If
    oE = (2 * oa * ob) + (oC * oDf) + ((4 - opi) * oRa ^ 2)
od = ((ob + oRa) ^ 2 + (oRa * oDf) + (oDf ^ 2 / 4)) / ((2 * oRa) + ob)
oAk = (oT / oTa) * (0.15 + (0.1 * oRa / ob))
oJaa = 1 - (ob ^ 4 / (12 * oa ^ 4))
oJa = (oa * ob ^ 3) * ((1 / 3) - (0.21 * ob / oa * oJaa))
oJb = 1 / 3 * oC * oDf ^ 3
oJ = (2 * oJa) + oJb + (2 * oAk * od ^ 4)
TextBox112.Value = oJ
TextBox113.Value = oJ / 10000
TextBox114.Value = od
TextBox121.Value = oE
o1 = 1 + ((opi ^ 2 * od ^ 4) / (16 * oE ^ 2))
o2 = 0.118 * Log(1 - (od / (2 * (-oRa))))
o3 = 0.238 * (od / (2 * (-oRa)))
o4 = (Math.Exp(1) - Math.Exp(-1)) / (Math.Exp(1) + Math.Exp(-1))
cP = (od / (o1)) * (1 + (o2 - o3) * o4)
tP = (oT1 / oJ) * cP
o5 = ((opi ^ 2 * od ^ 4) / (16 * oE ^ 2))
cQ = (od / o1) * (1 + 0.15 * (o5))
tQ = (oT1 / oJ) * cQ
TextBox434.Value = tP
TextBox435.Value = tQ
If oJ > 0 Then GoTo line3:
line1:
MsgBox "Value Missing"
TextBox112.Value = "####"
TextBox113.Value = "####"
TextBox114.Value = "####"
TextBox121.Value = "####"
TextBox434.Value = "####"
TextBox435.Value = "####"
GoTo line3:
line4:
TextBox112.Value = "####"
TextBox113.Value = "####"
TextBox114.Value = "####"
TextBox121.Value = "####"

```

```
TextBox434.Value = "####"  
TextBox435.Value = "####"  
line3:  
End Sub  
  
Private Sub CommandButton40_Click()  
End  
End Sub  
  
Private Sub CommandButton41_Click()  
Dim oa As Double  
Dim ob As Double  
Dim oC As Double  
Dim oDf As Double  
Dim od As Double  
Dim oRa As Double  
Dim oAk As Double  
Dim oE As Double  
Dim oJa As Double  
Dim oJb As Double  
Dim oJ As Double  
Dim oDa As Double  
Dim oJaa As Double  
Dim oJba As Double  
Dim oT As Double  
Dim tP As Double  
Dim cP As Double  
Dim opi As Double  
Dim o1 As Double  
Dim o2 As Double  
Dim o3 As Double  
Dim o4 As Double  
Dim o5 As Double  
Dim tQ As Double  
Dim cQ As Double  
oa = TextBox124.SelStart  
ob = TextBox122.SelStart  
oC = TextBox123.SelStart  
oDf = TextBox127.SelStart  
oRa = TextBox125.SelStart  
oT = TextBox439.SelStart  
If TextBox122.Value = Empty Or TextBox439.Value = Empty Or TextBox127.Value  
= Empty Or TextBox123.Value = Empty Or TextBox124.Value = Empty Or  
TextBox125.Value = Empty Then GoTo line1 Else GoTo line2:  
line2:  
oa = TextBox124.Value  
ob = TextBox122.Value  
oC = TextBox123.Value  
oDf = TextBox127.Value  
oRa = TextBox125.Value  
oT = TextBox439.Value  
opi = 4 * Atn(1)  
TextBox329.Value = 2 * (oDf + oRa)
```

```

If ob < oDf Then
MsgBox " b must be the biggest dimension among b and d (b>= d)"
TextBox122.Value = Empty
TextBox127.Value = Empty
GoTo line4:
End If
    If ob >= 2 * (oDf + oRa) Then
        MsgBox "b must be b<2*(d+r)"
        TextBox122.Value = Empty
    TextBox125.Value = Empty
    TextBox127.Value = Empty
        GoTo line4:
    End If
        oE = (2 * oa * ob) + (oC * oDf) + ((4 - opi) * (oRa ^ 2) / 2)
oDa = 2 * ((2 * oRa) + ob) * ((2 * oRa) + oDf)
    od = 2 * (oDf + ob + (3 * oRa) - Sqr(oDa))
oAk = (oDf / ob) * (0.07 + (0.076 * (oRa / ob)))
    oJaa = 1 - ((ob ^ 4) / (12 * oa ^ 4))
    oJa = (oa * ob ^ 3) * ((1 / 3) - (0.21 * (ob / oa) * oJaa))
    oJba = 1 - ((oDf ^ 4) / (192 * oC ^ 4))
    oJb = (oC * oDf ^ 3) * ((1 / 3) - (0.105 * (oDf / oC) * oJba))
oJ = (oJa) + oJb + (oAk * od ^ 4)

TextBox126.Value = od
TextBox129.Value = oJ
TextBox130.Value = oJ / 10000
TextBox128.Value = oE
o1 = 1 + ((opi ^ 2 * od ^ 4) / (16 * oE ^ 2))
o2 = 0.118 * Log(1 - (od / (2 * (-oRa))))
o3 = 0.238 * (od / (2 * (-oRa)))
o4 = (Math.Exp(1) - Math.Exp(-1)) / (Math.Exp(1) + Math.Exp(-1))
cP = (od / (o1)) * (1 + (o2 - o3) * o4)
o5 = ((opi ^ 2 * od ^ 4) / (16 * oE ^ 2))
cQ = (od / o1) * (1 + 0.15 * (o5))
tP = (oT / oJ) * cP
tQ = (oT / oJ) * cQ
TextBox440.Value = tP
TextBox441.Value = tQ
If oJ > 0 Then GoTo line3:
line1:
MsgBox "Value Missing"
TextBox126.Value = "####"
TextBox129.Value = "####"
TextBox130.Value = "####"
TextBox128.Value = "####"
TextBox440.Value = "####"
TextBox441.Value = "####"
TextBox329.Value = "####"
GoTo line3:
line4:
TextBox129.Value = "####"
TextBox130.Value = "####"
TextBox128.Value = "####"

```

```
TextBox440.Value = "####"  
TextBox441.Value = "####"  
TextBox126.Value = "####"  
line3:  
End Sub  
  
Private Sub CommandButton42_Click()  
End  
End Sub  
  
Private Sub CommandButton43_Click()  
Dim oa As Double  
Dim ob As Double  
Dim oC As Double  
Dim oDf As Double  
Dim od As Double  
Dim oRa As Double  
Dim oAk As Double  
Dim oE As Double  
Dim oJa As Double  
Dim oJb As Double  
Dim oJ As Double  
Dim oDa As Double  
Dim oJaa As Double  
Dim oJba As Double  
Dim oT As Double  
Dim tP As Double  
Dim cP As Double  
Dim opi As Double  
Dim o1 As Double  
Dim o2 As Double  
Dim o3 As Double  
Dim o4 As Double  
Dim o5 As Double  
Dim tQ As Double  
Dim cQ As Double  
oa = TextBox133.SelStart  
ob = TextBox139.SelStart  
oC = TextBox136.SelStart  
oDf = TextBox135.SelStart  
oRa = TextBox137.SelStart  
oT = TextBox442.SelStart  
If TextBox133.Value = Empty Or TextBox442.Value = Empty Or TextBox135.Value  
= Empty Or TextBox136.Value = Empty Or TextBox137.Value = Empty Or  
TextBox139.Value = Empty Then GoTo line1 Else GoTo line2:  
line2:  
oa = TextBox133.Value  
ob = TextBox139.Value  
oC = TextBox136.Value  
oDf = TextBox135.Value  
oRa = TextBox137.Value  
oT = TextBox442.Value  
TextBox330.Value = 2 * (oDf + oRa)
```

```

opi = 4 * Atn(1)
If ob < oDf Then
MsgBox " b must be the biggest dimension among b and d (b>= d)"
TextBox135.Value = Empty
TextBox139.Value = Empty
GoTo line4:
End If
    If ob >= 2 * (oDf + oRa) Then
        MsgBox "b must be b<2*(d+r)"
        TextBox135.Value = Empty
    TextBox137.Value = Empty
    TextBox139.Value = Empty
    GoTo line4:
    End If
        oE = (2 * oa * ob) + (oC * oDf) + ((4 - opi) * (oRa ^ 2) / 2)
oDa = 2 * ((2 * oRa) + ob) * ((2 * oRa) + oDf)
    od = 2 * (oDf + ob + (3 * oRa) - Sqr(oDa))
oAk = (oDf / ob) * (0.07 + (0.076 * (oRa / ob)))

        oJaa = 1 - ((ob ^ 4) / (12 * oa ^ 4))
oJa = (oa * ob ^ 3) * ((1 / 3) - (0.21 * (ob / oa) * oJaa))
        oJba = 1 - ((oDf ^ 4) / (192 * oC ^ 4))
oJb = (oC * oDf ^ 3) * ((1 / 3) - (0.105 * (oDf / oC) * oJba))
oJ = (oJa) + oJb + (oAk * od ^ 4)
TextBox138.Value = od
TextBox131.Value = oJ
TextBox132.Value = oJ / 10000
TextBox141.Value = oE
oE = 135.73
o1 = 1 + ((opi ^ 2 * od ^ 4) / (16 * oE ^ 2))
o2 = 0.118 * Log(1 - (od / (2 * (-oRa))))
o3 = 0.2388 * (od / (2 * (-oRa)))
o4 = (Math.Exp(1) - Math.Exp(-1)) / (Math.Exp(1) + Math.Exp(-1))
cP = (od / (o1)) * (1 + (o2 - o3) * o4)
tP = (oT / oJ) * cP
o5 = ((opi ^ 2 * od ^ 4) / (16 * oE ^ 2))
cQ = (od / o1) * (1 + 0.15 * (o5))
tQ = (oT / oJ) * cQ
TextBox443.Value = tP
TextBox444.Value = tQ
If oJ > 0 Then GoTo line3:
line1:
MsgBox "Value Missing"
TextBox138.Value = "####"
TextBox131.Value = "####"
TextBox132.Value = "####"
TextBox141.Value = "####"
TextBox443.Value = "####"
TextBox330.Value = "####"
TextBox444.Value = "####"
line4:
TextBox138.Value = "####"
TextBox131.Value = "####"

```

```
TextBox132.Value = "####"  
TextBox141.Value = "####"  
TextBox443.Value = "####"  
TextBox330.Value = "####"  
TextBox444.Value = "####"  
line3:  
End Sub  
  
Private Sub CommandButton44_Click()  
End  
End Sub  
  
Private Sub CommandButton45_Click()  
Dim oa As Double  
Dim ob As Double  
Dim oDf As Double  
Dim od As Double  
Dim oE As Double  
Dim oEa As Double  
Dim oEb As Double  
Dim oF As Double  
Dim oJ As Double  
Dim oS As Double  
Dim oV As Double  
Dim oTa As Double  
Dim oTb As Double  
Dim oTw As Double  
Dim oRa As Double  
Dim oCa As Double  
Dim oCb As Double  
Dim oCc As Double  
Dim oGa As Double  
Dim oGb As Double  
Dim oFa As Double  
Dim opi As Double  
opi = 4 * Atn(1)  
ob = TextBox150.SelStart  
oDf = TextBox145.SelStart  
oTa = TextBox149.SelStart  
oTb = TextBox146.SelStart  
oTw = TextBox151.SelStart  
oRa = TextBox148.SelStart  
If TextBox150.Value = Empty Or TextBox145.Value = Empty Or TextBox149.Value  
= Empty Or TextBox146.Value = Empty Or TextBox151.Value = Empty Or  
TextBox148.Value = Empty Then GoTo line1 Else GoTo line2:  
line2:  
ob = TextBox150.Value  
oDf = TextBox145.Value  
oTa = TextBox149.Value  
oTb = TextBox146.Value  
oTw = TextBox151.Value  
oRa = TextBox148.Value  
oGa = oRa / oTb
```

```

oGb = oTw / oTb
TextBox325.Value = oGa
TextBox326.Value = oGb
If oGa < 0.2 Or oGa > 1 Then
MsgBox "r/t2 must be: 0,2=<r/t2=<1,0"
End If
If oGb < 0.5 Or oGb > 1 Then
MsgBox "tw/t2 must be :0,5=<tw/t2=<1,0"
GoTo line4:
End If
oCa = -0.1033 + (0.3466 * oGa) - (0.03727 * oGa ^ 2) + (0.1694 * oGa ^ 3)
oCb = 0.3062 - (0.7656 * oGa) + (1.3348 * oGa ^ 2) - (0.6897 * oGa ^ 3)
oCc = -0.1074 + (0.4167 * oGa) - (0.9049 * oGa ^ 2) + (0.5002 * oGa ^ 3)

oa = oCa + (oCb * oGb) + (oCc * oGb ^ 2)
oS = (2 * (oTb - oTa)) / (ob - oTw)
oV = 0.10504 + (0.1 * oS) + (0.0848 * oS ^ 2) + (0.06746 * oS ^ 3) +
(0.05153 * oS ^ 4)
oFa = Sqr((1 / oS ^ 2) + 1)
oF = oRa * oS * (oFa - 1 - (oTw / (2 * oRa)))
od = ((oF + oTb) ^ 2 + (oTw * (oRa + (0.25 * oTw)))) / (oF + oRa + oTb)
oJ = ((1 / 12) * (ob - oTw) * (oTa + oTb) * (oTa ^ 2 + oTb ^ 2)) + ((1 / 3)
* (oTw * oTb ^ 3)) + ((1 / 3) * (oDf - oTb) * oTw ^ 3) + (oa * od ^ 4) - (2
* oV * oTa ^ 4) - (0.105 * oTw ^ 4)
oEa = ((ob - oTw) * (oTb - oTa)) / 2
oEb = ((4 * oRa ^ 2) - (opi * oRa ^ 2)) / 2
oE = (oTa * ob) + ((oDf - oTa) * oTw) + oEa + oEb
TextBox144.Value = oE
TextBox147.Value = od
TextBox142.Value = oJ
TextBox143.Value = oJ / 10000
If oJ > 0 Then GoTo line3:
line1:
MsgBox "Value Missing"
TextBox144.Value = "####"
TextBox147.Value = "####"
TextBox142.Value = "####"
TextBox143.Value = "####"
line4:
TextBox144.Value = "####"
TextBox147.Value = "####"
TextBox142.Value = "####"
TextBox143.Value = "####"
line3:
End Sub

Private Sub CommandButton46_Click()
End
End Sub

Private Sub CommandButton47_Click()
Dim oa As Double
Dim ob As Double

```



```
Dim oDf As Double
Dim od As Double
Dim oE As Double
Dim oEa As Double
Dim oEb As Double
Dim oF As Double
Dim oJ As Double
Dim oS As Double
Dim oV As Double
Dim oTa As Double
Dim oTb As Double
Dim oTw As Double
Dim oRa As Double
Dim oCa As Double
Dim oCb As Double
Dim oCc As Double
Dim oGa As Double
Dim oGb As Double
Dim oFa As Double
Dim opi As Double
opi = 4 * Atn(1)
ob = TextBox159.SelStart
oDf = TextBox157.SelStart
oTa = TextBox156.SelStart
oTb = TextBox158.SelStart
oTw = TextBox155.SelStart
oRa = TextBox181.SelStart
If TextBox155.Value = Empty Or TextBox156.Value = Empty Or TextBox157.Value
= Empty Or TextBox158.Value = Empty Or TextBox159.Value = Empty Or
TextBox181.Value = Empty Then GoTo line1 Else GoTo line2:
line2:
ob = TextBox159.Value
oDf = TextBox157.Value
oTa = TextBox156.Value
oTb = TextBox158.Value
oTw = TextBox155.Value
oRa = TextBox181.Value
oGa = oRa / oTb
oGb = oTw / oTb
TextBox336.Value = oGa
TextBox335.Value = oGb
If oGa < 0.2 Or oGa > 1 Then
MsgBox "r/t2 must be: 0,2=<r/t2=<1,0"
GoTo line4:
End If
If oGb < 0.5 Or oGb > 1 Then
MsgBox "tw/t2 must be :0,5=<tw/t2=<1,0"
GoTo line4:
End If
oCa = -0.1033 + (0.3466 * oGa) - (0.03727 * oGa ^ 2) + (0.1694 * oGa ^ 3)
oCb = 0.3062 - (0.7656 * oGa) + (1.3348 * oGa ^ 2) - (0.6897 * oGa ^ 3)
oCc = -0.1074 + (0.4167 * oGa) - (0.9049 * oGa ^ 2) + (0.5002 * oGa ^ 3)
oa = oCa + (oCb * oGb) + (oCc * oGb ^ 2)
```

```

oS = (2 * (oTb - oTa)) / (ob - oTw)
oV = 0.10504 + (0.1 * oS) + (0.0848 * oS ^ 2) + (0.06746 * oS ^ 3) +
(0.05153 * oS ^ 4)
oFa = Sqr((1 / oS ^ 2) + 1)
oF = oRa * oS * (oFa - 1 - (oTw / (2 * oRa)))
od = ((oF + oTb) ^ 2 + (oTw * (oRa + (0.25 * oTw)))) / (oF + oRa + oTb)
oJ = ((1 / 6) * (ob - oTw) * (oTa + oTb) * (oTa ^ 2 + oTb ^ 2)) + ((2 / 3) *
(oTw * oTb ^ 3)) + ((1 / 3) * (oDf - (2 * oTb)) * oTw ^ 3) + (2 * oa * od ^
4) - (4 * oV * oTa ^ 4)

```

```

    oEa = (ob - oTw) * (oTb - oTa)
    oEb = (4 * oRa ^ 2) - (opi * oRa ^ 2)
oE = (2 * oTa * ob) + ((oDf - (2 * oTa)) * oTw) + oEa + oEb
TextBox154.Value = oE
TextBox160.Value = od
TextBox152.Value = oJ
TextBox153.Value = oJ / 10000
If oJ > 0 Then GoTo line3:
line1:
MsgBox "Value Missing"
TextBox154.Value = "####"
TextBox160.Value = "####"
TextBox152.Value = "####"
TextBox153.Value = "####"
line4:
TextBox154.Value = "####"
TextBox160.Value = "####"
TextBox152.Value = "####"
TextBox153.Value = "####"
line3:
End Sub

```

```

Private Sub CommandButton48_Click()
End
End Sub

```

```

Private Sub CommandButton49_Click()
Dim oa As Double
Dim ob As Double
Dim oDf As Double
Dim od As Double
Dim oE As Double
Dim oEa As Double
Dim oEb As Double
Dim om As Double
Dim oJ As Double
Dim oS As Double
Dim oV As Double
Dim oTa As Double
Dim oTb As Double
Dim oTw As Double
Dim oRa As Double
Dim oCa As Double

```

```

Dim oCb As Double
Dim oCc As Double
Dim oGa As Double
Dim oGb As Double
Dim oDa As Double
Dim opi As Double
opi = 4 * Atn(1)
ob = TextBox169.SelStart
oDf = TextBox165.SelStart
oTa = TextBox167.SelStart
oTb = TextBox166.SelStart
oTw = TextBox164.SelStart
oRa = TextBox168.SelStart
If TextBox169.Value = Empty Or TextBox165.Value = Empty Or TextBox167.Value
= Empty Or TextBox166.Value = Empty Or TextBox164.Value = Empty Or
TextBox168.Value = Empty Then GoTo line1 Else GoTo line2:
line2:
ob = TextBox169.Value
oDf = TextBox165.Value
oTa = TextBox167.Value
oTb = TextBox166.Value
oTw = TextBox164.Value
oRa = TextBox168.Value
oGa = oRa / oTb
oGb = oTw / oTb
TextBox334.Value = oGa
TextBox333.Value = oGb
If oGa < 0.2 Or oGa > 1 Then
MsgBox "r/t2 must be: 0,2=<r/t2=<1,0"
GoTo line4:
End If
If oGb < 0.6 Or oGb > 1 Then
MsgBox "tw/t2 must be :0,5=<tw/t2=<1,0"
GoTo line4:
End If
oCa = -0.10264 - (0.44045 * oGa) + (1.2413 * oGa ^ 2) - (0.68518 * oGa ^ 3)
oCb = 0.24145 + (1.3046 * oGa) - (3.0311 * oGa ^ 2) + (1.6659 * oGa ^ 3)
oCc = -0.057158 - (0.89368 * oGa) + (1.8919 * oGa ^ 2) + (1.0281 * oGa ^ 3)
oa = oCa + (oCb * oGb) + (oCc * oGb ^ 2)
oS = (oTb - oTa) / (ob - oTw)
oV = 0.10504 + (0.1 * oS) + (0.0848 * oS ^ 2) + (0.06746 * oS ^ 3) +
(0.05153 * oS ^ 4)
om = oTb - (oRa * (oS + 1 - Sqr(1 + oS ^ 2)))
oDa = 2 * ((2 * oRa) + oTw) * ((2 * oRa) + om)
od = 2 * (((3 * oRa) + oTw + om) - Sqr(oDa))
oJ = ((1 / 12) * (ob - oTw) * (oTa + oTb) * (oTa ^ 2 + oTb ^ 2)) + ((1 / 3)
* (oTw * oTb ^ 3)) + ((1 / 3) * (oDf - oTb) * oTw ^ 3) + (oa * od ^ 4) - (oV
* oTa ^ 4) + (0.105 * oTb ^ 2) - (0.105 * oTw ^ 4)
oEa = ((ob - oTw) * (oTb - oTa)) / 2
oEb = ((4 * oRa ^ 2) - (opi * oRa ^ 2)) / 2
oE = (oTw * oDf) + ((ob - oTw) * oTa) + oEa + oEb
TextBox163.Value = oE
TextBox170.Value = od

```

```
TextBox161.Value = oJ
TextBox162.Value = oJ / 10000
If oJ > 0 Then GoTo line3:
line1:
MsgBox "Value Missing"
TextBox163.Value = "####"
TextBox170.Value = "####"
TextBox161.Value = "####"
TextBox162.Value = "####"
line4:
TextBox163.Value = "####"
TextBox170.Value = "####"
TextBox161.Value = "####"
TextBox162.Value = "####"
line3:
End Sub

Private Sub CommandButton50_Click()
End
End Sub

Private Sub CommandButton51_Click()
Dim oa As Double
Dim ob As Double
Dim oDf As Double
Dim od As Double
Dim oE As Double
Dim oEa As Double
Dim oEb As Double
Dim om As Double
Dim oJ As Double
Dim oS As Double
Dim oV As Double
Dim oTa As Double
Dim oTb As Double
Dim oTw As Double
Dim oRa As Double
Dim oCa As Double
Dim oCb As Double
Dim oCc As Double
Dim oGa As Double
Dim oGb As Double
Dim oDa As Double
Dim opi As Double
opi = 4 * Atn(1)
ob = TextBox179.SelStart
oDf = TextBox176.SelStart
oTa = TextBox178.SelStart
oTb = TextBox180.SelStart
oTw = TextBox175.SelStart
oRa = TextBox177.SelStart
```

```

If TextBox175.Value = Empty Or TextBox176.Value = Empty Or TextBox177.Value
= Empty Or TextBox178.Value = Empty Or TextBox179.Value = Empty Or
TextBox180.Value = Empty Then GoTo line1 Else GoTo line2:
line2:
ob = TextBox179.Value
oDf = TextBox176.Value
oTa = TextBox178.Value
oTb = TextBox180.Value
oTw = TextBox175.Value
oRa = TextBox177.Value
oGa = oRa / oTb
oGb = oTw / oTb
TextBox337.Value = oGa
TextBox338.Value = oGb
If oGa < 0.2 Or oGa > 1 Then
MsgBox "r/t2 must be: 0,2=<r/t2=<1,0"
GoTo line4:
End If
If oGb < 0.6 Or oGb > 1 Then
MsgBox "tw/t2 must be :0,5=<tw/t2=<1,0"
GoTo line4:
End If
oCa = -0.10264 - (0.44045 * oGa) + (1.2413 * oGa ^ 2) - (0.68518 * oGa ^ 3)
oCb = 0.24145 + (1.3046 * oGa) - (3.0311 * oGa ^ 2) + (1.6659 * oGa ^ 3)
oCc = -0.057158 - (0.89368 * oGa) + (1.8919 * oGa ^ 2) + (1.0281 * oGa ^ 3)
oa = oCa + (oCb * oGb) + (oCc * oGb ^ 2)
oS = (oTb - oTa) / (ob - oTw)
oV = 0.10504 + (0.1 * oS) + (0.0848 * oS ^ 2) + (0.06746 * oS ^ 3) +
(0.05153 * oS ^ 4)
om = oTb - (oRa * (oS + 1 - Sqr(1 + oS ^ 2)))
oDa = 2 * ((2 * oRa) + oTw) * ((2 * oRa) + om)
od = 2 * (((3 * oRa) + oTw + om) - Sqr(oDa))
oJ = ((1 / 6) * (ob - oTw) * (oTa + oTb) * (oTa ^ 2 + oTb ^ 2)) + ((2 / 3) *
(oTw * oTb ^ 3)) + ((1 / 3) * (oDf - (2 * oTb)) * oTw ^ 3) + (2 * oa * od ^
4) - (2 * oV * oTa ^ 4) - (0.21 * oTb ^ 4)
oEa = (ob - oTw) * (oTb - oTa)
oEb = (4 * oRa ^ 2) - (opi * oRa ^ 2)
oE = (oTw * oDf) + ((ob - oTw) * oTa * 2) + oEa + oEb
TextBox173.Value = oE
TextBox174.Value = od
TextBox171.Value = oJ
TextBox172.Value = oJ / 10000
If oJ > 0 Then GoTo line3:
line1:
MsgBox "Value Missing"
TextBox173.Value = "####"
TextBox174.Value = "####"
TextBox171.Value = "####"
TextBox172.Value = "####"
line4:
TextBox173.Value = "####"
TextBox174.Value = "####"
TextBox171.Value = "####"

```

```
TextBox172.Value = "####"  
line3:  
End Sub  
  
Private Sub CommandButton52_Click()  
End  
End Sub  
  
Private Sub CommandButton53_Click()  
Dim oRo As Double  
Dim oRi As Double  
Dim oh As Double  
Dim ol As Double  
Dim opi As Double  
Dim oWi As Double  
Dim oWo As Double  
Dim oAni As Double  
Dim oAno As Double  
Dim oAi As Double  
Dim oAo As Double  
Dim oRea As Double  
Dim oEo As Double  
Dim oE As Double  
Dim oJ As Double  
Dim oJa As Double  
Dim oJb As Double  
Dim oJc As Double  
Dim oJd As Double  
Dim oC As Double  
Dim oEaa As Double  
Dim oEba As Double  
Dim oEa As Double  
Dim oEb As Double  
Dim oT As Double  
Dim otmax As Double  
Dim k1 As Double  
Dim k2 As Double  
Dim k3 As Double  
Dim k4 As Double  
oRo = TextBox182.SelStart  
oRi = TextBox183.SelStart  
oh = TextBox184.SelStart  
oT = TextBox405.SelStart  
If TextBox182.Value = Empty Or TextBox183.Value = Empty Or TextBox184.Value  
= Empty Or TextBox405.Value = Empty Then GoTo line1 Else GoTo line2:  
line2:  
oRo = TextBox182.Value  
oRi = TextBox183.Value  
oh = TextBox184.Value  
oT = TextBox405.Value  
opi = 4 * Atn(1)  
  
If oRi <= 0 Or oRo <= 0 Then
```

```

MsgBox "r,R must be r,R>0"
TextBox183.Value = Empty
TextBox182.Value = Empty
GoTo line4:
End If

TextBox332.Value = oRi / oRo
TextBox331.Value = oh / oRi
If oRi / oRo < 0.2 Or oRi / oRo > 0.6 Then
MsgBox " r/R must be 0,2<=r/R<= 0,6 "
TextBox183.Value = Empty
TextBox182.Value = Empty
GoTo line4:
End If
If oh / oRi < 0.1 Or oh / oRi > 1 Then
MsgBox "h/r must be 0,1<=h/r<= 0,6"
TextBox183.Value = Empty
TextBox184.Value = Empty
GoTo line4:
End If
oJa = 0.4427 + (0.0064 * (oh / oRi)) - (0.0201 * (oh / oRi) ^ 2)
oJb = -0.8071 - (0.4047 * (oh / oRi)) + (0.1051 * (oh / oRi) ^ 2)
oJc = -0.0469 + (1.2063 * (oh / oRi)) - (0.3538 * (oh / oRi) ^ 2)
oJd = 0.5023 - (0.9618 * (oh / oRi)) + (0.3639 * (oh / oRi) ^ 2)
oC = oJa + (oJb * (oRi / oRo)) + (oJc * (oRi / oRo) ^ 2) + (oJd * (oRi /
oRo) ^ 3)
oJ = 2 * oC * oRo ^ 4
oI = 2 * oh
oWi = oRi - Sqr(oRi ^ 2 - (oI ^ 2 / 4))
oWo = oRo - Sqr(oRo ^ 2 - (oI ^ 2 / 4))
oAni = (oRi - oWi) / oRi
oAno = (oRo - oWo) / oRo
oAi = 2 * (Atn(-oAni / Sqr(-oAni * oAni + 1)) + 2 * Atn(1)) * (180 / opi)
oAo = 2 * (Atn(-oAno / Sqr(-oAno * oAno + 1)) + 2 * Atn(1)) * (180 / opi)
oEaa = (oI * (oRi - oWi)) / 2
oEa = ((opi * oRi ^ 2 * oAi) / 360) - oEaa
oEba = (oI * (oRo - oWo)) / 2
oEb = ((opi * oRo ^ 2 * oAo) / 360) - oEba
oRea = (oI * Wi) - oEa
oEo = oRea + ((oI * (oRo - oRi - oWo)) + oEb)
oE = (opi * oRo ^ 2) - oEo - (opi * oRi ^ 2)
k1 = 2.0014 - (0.14 * (oh / oRi)) - (0.3231 * (oh / oRi) ^ 3)
k2 = 2.9047 + (3.0069 * (oh / oRi)) + (4.05 * (oh / oRi) ^ 2)
k3 = -15.721 - (6.5077 * (oh / oRi)) - (12.496 * (oh / oRi) ^ 2)
k4 = 29.553 + (4.1115 * (oh / oRi)) + (18.845 * (oh / oRi) ^ 2)
B1 = k1 + (k2 * (oRi / oRo)) + (k3 * (oRi / oRo) ^ 2) + (k4 * (oRi / oRo) ^
3)
otmax = (oT * B1) / (oRo ^ 3)
TextBox185.Value = oJ
TextBox186.Value = oJ / 10000
TextBox187.Value = oE

```

```
TextBox406.Value = otmax
If oJ > 0 Then GoTo line3:
line1:
MsgBox "Value Missing"
TextBox185.Value = "####"
TextBox186.Value = "####"
TextBox187.Value = "####"
TextBox406.Value = "####"
TextBox331.Value = "####"
TextBox332.Value = "####"
GoTo line3:
line4:
TextBox185.Value = "####"
TextBox186.Value = "####"
TextBox187.Value = "####"
TextBox406.Value = "####"
line3:
End Sub

Private Sub CommandButton54_Click()
End
End Sub

Private Sub CommandButton55_Click()
Dim oa As Double
Dim oRa As Double
Dim oC As Double
Dim oE As Double
Dim oJ As Double
Dim ol As Double
Dim oWa As Double
Dim oWb As Double
Dim oAa As Double
Dim oAb As Double
Dim oAn As Double
Dim oAnb As Double
Dim oAna As Double
Dim opi As Double
Dim oh As Double
Dim oAnaa As Double
Dim oAnba As Double
Dim otmax As Double
Dim oT As Double
Dim B1 As Double
oRa = TextBox191.SelStart
oa = TextBox192.SelStart
oT = TextBox423.SelStart
If TextBox191.Value = Empty Or TextBox192.Value = Empty Or TextBox423.Value
= Empty Then GoTo line1 Else GoTo line2:
line2:
oRa = TextBox191.Value
oa = TextBox192.Value
oT = TextBox423.Value
```



```

opi = 4 * Atn(1)
If oRa <= 0 Then
MsgBox "R must be r>0"
TextBox354.Value = "####"
TextBox191.Value = Empty
GoTo line4:
End If
TextBox354.Value = oa / oRa
If oa / oRa < 0 Or oa / oRa > 0,5 Then
MsgBox "a/r must be 0<=a/r<=0,5"
TextBox191.Value = Empty
TextBox192.Value = Empty
GoTo line4:
End If
oC = 0.7854 - (0.0409 * (oa / oRa)) - (6.2371 * (oa / oRa) ^ 2) + (7.2538 *
(oa / oRa) ^ 3)
oJ = 2 * oC * oRa ^ 4
oWb = oa ^ 2 / (2 * oRa)
oI = 2 * Sqr(oWb * ((2 * oRa) - oWb))
oWa = oa - Sqr(oa ^ 2 - (oI ^ 2 / 4))
oAnaa = (oRa - oWb) / oRa
oAnba = (oa - oWa) / oa
oAna = 2 * (180 / opi) * (Atn(-oAnaa / Sqr(-oAnaa * oAnaa + 1)) + 2 *
Atn(1))
oAnb = 2 * (180 / opi) * (Atn(-oAnba / Sqr(-oAnba * oAnba + 1)) + 2 *
Atn(1))
oAa = ((opi * oRa ^ 2 * oAna) / 360) - ((oI * (oRa - oWb)) / 2)
oAb = ((opi * oa ^ 2 * oAnb) / 360) - ((oI * (oa - oWa)) / 2)
oE = (opi * oRa ^ 2) - (4 * (oAa + oAb))
TextBox188.Value = oJ
TextBox189.Value = oJ / 10000
TextBox190.Value = oE
If oa / oRa < 0.1 Then
TextBox424.Value = "####"
MsgBox " If you want to calculate the tmax the a/r must be 0,1<=a/r<=0,5"
GoTo line3:
End If
B1 = 1.2135 - (2.9697 * (oa / oRa)) + (33.713 * (oa / oRa) ^ 2) - (99.506 *
(oa / oRa) ^ 3) + (130.49 * (oa / oRa) ^ 4)
otmax = (oT * B1) / (oRa ^ 3)
TextBox424.Value = otmax
If oJ > 0 Then GoTo line3:
line1:
MsgBox "Value Missing"
TextBox188.Value = "####"
TextBox189.Value = "####"
TextBox190.Value = "####"
TextBox424.Value = "####"
TextBox354.Value = "####"
GoTo line3:
line4:
TextBox188.Value = "####"
TextBox189.Value = "####"

```

```
TextBox190.Value = "####"  
TextBox424.Value = "####"  
line3:  
End Sub  
  
Private Sub CommandButton56_Click()  
End  
End Sub  
  
Private Sub CommandButton57_Click()  
Dim oa As Double  
Dim oRa As Double  
Dim oC As Double  
Dim oE As Double  
Dim oJ As Double  
Dim ol As Double  
Dim oWa As Double  
Dim oWb As Double  
Dim oAa As Double  
Dim oAb As Double  
Dim oAn As Double  
Dim oAnb As Double  
Dim oAna As Double  
Dim opi As Double  
Dim oh As Double  
Dim oAnaa As Double  
Dim oAnba As Double  
Dim oT As Double  
Dim B1 As Double  
Dim otmax As Double  
oRa = TextBox195.SelStart  
oa = TextBox194.SelStart  
oT = TextBox421.SelStart  
If TextBox195.Value = Empty Or TextBox194.Value = Empty Or TextBox421.Value  
= Empty Then GoTo line1 Else GoTo line2:  
line2:  
oRa = TextBox195.Value  
oa = TextBox194.Value  
oT = TextBox421.Value  
opi = 4 * Atn(1)  
If oRa <= 0 Then  
MsgBox "R must be r>0"  
TextBox353.Value = "####"  
TextBox195.Value = Empty  
GoTo line4:  
End If  
  
TextBox353.Value = oa / oRa  
If oa / oRa < 0 Or oa / oRa > 0.5 Then  
MsgBox "a/r must be 0<=a/r<=0,5"  
TextBox194.Value = Empty  
TextBox195.Value = Empty  
GoTo line4:
```

```

End If
oC = 0.7854 - (0.0147 * (oa / oRa)) - (3.0649 * (oa / oRa) ^ 2) + (2.5453 *
(oa / oRa) ^ 3)
oJ = 2 * oC * oRa ^ 4
oWb = oa ^ 2 / (2 * oRa)
oI = 2 * Sqr(oWb * ((2 * oRa) - oWb))
oWa = oa - Sqr(oa ^ 2 - (oI ^ 2 / 4))
oAnaa = (oRa - oWb) / oRa
oAnba = (oa - oWa) / oa
oAna = 2 * (180 / opi) * (Atn(-oAnaa / Sqr(-oAnaa * oAnaa + 1)) + 2 *
Atn(1))
oAnb = 2 * (180 / opi) * (Atn(-oAnba / Sqr(-oAnba * oAnba + 1)) + 2 *
Atn(1))
oAa = ((opi * oRa ^ 2 * oAna) / 360) - ((oI * (oRa - oWb)) / 2)
oAb = ((opi * oa ^ 2 * oAnb) / 360) - ((oI * (oa - oWa)) / 2)
oE = (opi * oRa ^ 2) - (2 * (oAa + oAb))
TextBox197.Value = oJ
TextBox196.Value = oJ / 10000
TextBox193.Value = oE
If oa / oRa < 0.1 Then
TextBox422.Value = "#####"
MsgBox " If you want to calculate the tmax the a/r must be 0,1<=a/r<=0,5"
GoTo line3:
End If
B1 = 1.0055 + (1.5427 * (oa / oRa)) - (2.9501 * (oa / oRa) ^ 2) + (7.0534 *
(oa / oRa) ^ 3)
otmax = (oT * B1) / (oRa ^ 3)
TextBox422.Value = otmax
If oJ > 0 Then GoTo line3:
line1:
MsgBox "Value Missing"
TextBox197.Value = "#####"
TextBox196.Value = "#####"
TextBox193.Value = "#####"
TextBox422.Value = "#####"
TextBox353.Value = "#####"
GoTo line3:
line4:
TextBox197.Value = "#####"
TextBox196.Value = "#####"
TextBox193.Value = "#####"
TextBox422.Value = "#####"
line3:
End Sub

Private Sub CommandButton58_Click()
End
End Sub

Private Sub CommandButton59_Click()
Dim oa As Double
Dim oRa As Double
Dim oC As Double

```

```
Dim oE As Double
Dim oJ As Double
Dim ol As Double
Dim oWa As Double
Dim oWb As Double
Dim oAa As Double
Dim oAb As Double
Dim oAn As Double
Dim oAnb As Double
Dim oAna As Double
Dim opi As Double
Dim oh As Double
Dim oAnaa As Double
Dim oAnba As Double
Dim B1 As Double
Dim oT As Double
Dim otmax As Double
oRa = TextBox200.SelStart
oa = TextBox199.SelStart
oT = TextBox419.SelStart
If TextBox200.Value = Empty Or TextBox199.Value = Empty Or TextBox419.Value
= Empty Then GoTo line1 Else GoTo line2:
line2:
oRa = TextBox200.Value
oa = TextBox199.Value
oT = TextBox419.Value
opi = 4 * Atn(1)
If oRa <= 0 Then
MsgBox "R must be r>0"
TextBox352.Value = "####"
TextBox200.Value = Empty
GoTo line4:
End If
TextBox352.Value = oa / oRa
If oa / oRa < 0 Or oa / oRa > 0.5 Then
MsgBox "a/r must be 0<=a/r<=0,5"
TextBox199.Value = Empty
TextBox200.Value = Empty
GoTo line4:
End If
oC = 0.7854 - (0.0225 * (oa / oRa)) - (1.4154 * (oa / oRa) ^ 2) + (0.9167 *
(oa / oRa) ^ 3)
oJ = 2 * oC * oRa ^ 4

oWb = oa ^ 2 / (2 * oRa)
ol = 2 * Sqr(oWb * ((2 * oRa) - oWb))
oWa = oa - Sqr(oa ^ 2 - (ol ^ 2 / 4))
oAnaa = (oRa - oWb) / oRa
oAnba = (oa - oWa) / oa
oAna = 2 * (180 / opi) * (Atn(-oAnaa / Sqr(-oAnaa * oAnaa + 1)) + 2 *
Atn(1))
oAnb = 2 * (180 / opi) * (Atn(-oAnba / Sqr(-oAnba * oAnba + 1)) + 2 *
Atn(1))
```

```

oAa = ((opi * oRa ^ 2 * oAna) / 360) - ((ol * (oRa - oWb)) / 2)
oAb = ((opi * oa ^ 2 * oAnb) / 360) - ((ol * (oa - oWa)) / 2)
oE = (opi * oRa ^ 2) - (oAa + oAb)
TextBox202.Value = oJ
TextBox201.Value = oJ / 10000
TextBox198.Value = oE
If oa / oRa < 0.1 Then
TextBox420.Value = "#####"
MsgBox " If you want to calculate the tmax the a/r must be 0,1<=a/r<=0,5"
GoTo line3:
End If
B1 = 1.0259 + (1.1802 * (oa / oRa)) - (2.7897 * (oa / oRa) ^ 2) + (3.7092 *
(oa / oRa) ^ 3)
otmax = (oT * B1) / (oRa ^ 3)
TextBox420.Value = otmax
If oJ > 0 Then GoTo line3:
line1:
MsgBox "Value Missing"
TextBox202.Value = "#####"
TextBox201.Value = "#####"
TextBox198.Value = "#####"
TextBox420.Value = "#####"
TextBox352.Value = "#####"
GoTo line3:
line4:
TextBox202.Value = "#####"
TextBox201.Value = "#####"
TextBox198.Value = "#####"
TextBox420.Value = "#####"
line3:
End Sub

Private Sub CommandButton60_Click()
End
End Sub

Private Sub CommandButton63_Click()
Dim oa As Double
Dim ob As Double
Dim oC As Double
Dim oE As Double
Dim ok As Double
Dim ol As Double
Dim oJa As Double
Dim oJb As Double
Dim oJc As Double
Dim oJd As Double
Dim oJ As Double
Dim oAe As Double
Dim oAn As Double
Dim oRa As Double
Dim opi As Double
Dim oW As Double

```

```

Dim oT As Double
Dim otmax As Double
Dim B1 As Double
Dim k1 As Double
Dim k2 As Double
Dim k3 As Double
Dim k4 As Double
oa = TextBox213.SelStart
ob = TextBox209.SelStart
oRa = TextBox210.SelStart
oT = TextBox417.SelStart
If TextBox213.Value = Empty Or TextBox209.Value = Empty Or TextBox210.Value
= Empty Or TextBox417.Value = Empty Then GoTo line1 Else GoTo line2:
line2:
oa = TextBox213.Value
ob = TextBox209.Value
oRa = TextBox210.Value
oT = TextBox417.Value
opi = 4 * Atn(1)
ol = 2 * oa
If ob <= 0 Or oRa <= 0 Then
MsgBox "b,r must be 0<b,r"
TextBox350.Value = "####"
TextBox349.Value = "####"
GoTo line4:
End If
TextBox350.Value = ob / oRa
TextBox349.Value = oa / ob
If ob / oRa <= 0 Or ob / oRa > 0.5 Then
MsgBox "b/r must be 0<b/r<=0.5"
TextBox210.Value = Empty
TextBox209.Value = Empty
GoTo line4:
End If
If oa / ob < 0.2 Or oa / ob > 1 Then
MsgBox "a/b must be 0,2<=a/b<=1"
TextBox213.Value = Empty
TextBox209.Value = Empty
GoTo line4:
End If
oJa = 0.7854
oJb = 0.0595 - (0.3397 * (oa / ob)) + (0.3239 * (oa / ob) ^ 2)
oJc = -0.6008 + (3.1396 * (oa / ob)) - (2.0693 * (oa / ob) ^ 2)
oJd = 1.0869 - (6.2451 * (oa / ob)) + (9.419 * (oa / ob) ^ 2)
oC = oJa + (oJb * (ob / oRa)) + (oJc * (ob / oRa) ^ 2) + (oJd * (ob / oRa) ^
3)
oJ = 2 * oC * oRa ^ 4
oW = oRa - Sqr(oRa ^ 2 - (ol ^ 2 / 4))
ok = oRa - oW
oAn = 2 * (Atn(-(ok / oRa) / Sqr(-(ok / oRa) * (ok / oRa) + 1)) + 2 *
Atn(1)) * (180 / opi)
oAe = ((opi * oRa ^ 2 * oAn) / 360) - ((ol * ok) / 2)
oE = (opi * oRa ^ 2) + (4 * ((ol * ob) - oAe))

```

```
TextBox208.Value = oE
TextBox212.Value = oJ
TextBox211.Value = oJ / 10000
k1 = 0.6366
k2 = 0.0114 - (0.0789 * (oa / ob)) + (0.1767 * (oa / ob) ^ 2)
k3 = -0.1207 + (1.0291 * (oa / ob)) - (2.3589 * (oa / ob) ^ 2)
k4 = 0.5132 - (3.43 * (oa / ob)) + (4.0226 * (oa / ob) ^ 2)
B1 = k1 + (k2 * (ob / oRa)) + (k3 * (ob / oRa) ^ 2) + (k4 * (ob / oRa) ^ 3)
otmax = (oT * B1) / (oRa ^ 3)
TextBox418.Value = otmax
If oJ > 0 Then GoTo line3:
line1:
MsgBox "Value Missing"
TextBox208.Value = "####"
TextBox212.Value = "####"
TextBox211.Value = "####"
TextBox418.Value = "####"
TextBox349.Value = "####"
TextBox350.Value = "####"
GoTo line3:
line4:
TextBox208.Value = "####"
TextBox212.Value = "####"
TextBox211.Value = "####"
TextBox418.Value = "####"
line3:
End Sub

Private Sub CommandButton64_Click()
End
End Sub

Private Sub CommandButton65_Click()
Dim oa As Double
Dim ob As Double
Dim oC As Double
Dim oE As Double
Dim ok As Double
Dim ol As Double
Dim oJa As Double
Dim oJb As Double
Dim oJc As Double
Dim oJd As Double
Dim oJ As Double
Dim oAe As Double
Dim oAn As Double
Dim oRa As Double
Dim opi As Double
Dim oW As Double
Dim oT As Double
Dim otmax As Double
Dim B1 As Double
Dim k1 As Double
```

```

Dim k2 As Double
Dim k3 As Double
Dim k4 As Double
oa = TextBox216.SelStart
ob = TextBox215.SelStart
oRa = TextBox217.SelStart
oT = TextBox415.SelStart
If TextBox215.Value = Empty Or TextBox216.Value = Empty Or TextBox217.Value
= Empty Or TextBox415.Value = Empty Then GoTo line1 Else GoTo line2:
line2:
oa = TextBox216.Value
ob = TextBox215.Value
oRa = TextBox217.Value
oT = TextBox415.Value
opi = 4 * Atn(1)
ol = 2 * oa
If ob <= 0 Or oRa <= 0 Then
MsgBox "b,r must be 0<b,r"
TextBox348.Value = "####"
TextBox347.Value = "####"
GoTo line4:
End If
TextBox348.Value = ob / oRa
TextBox347.Value = oa / ob
If ob / oRa <= 0 Or ob / oRa > 0.5 Then
MsgBox "b/r must be 0<b/r<=0.5"
TextBox217.Value = Empty
TextBox215.Value = Empty
GoTo line4:
End If
If oa / ob < 0.2 Or oa / ob > 1.4 Then
MsgBox "a/b must be 0,2<=a/b<=1.4"
TextBox216.Value = Empty
TextBox215.Value = Empty
GoTo line4:
End If
oJa = 0.7854
oJb = 0.0204 - (0.1307 * (oa / ob)) + (0.1157 * (oa / ob) ^ 2)
oJc = -0.2075 + (1.1544 * (oa / ob)) - (0.5937 * (oa / ob) ^ 2)
oJd = 0.3608 - (2.2582 * (oa / ob)) + (3.7336 * (oa / ob) ^ 2)
oC = oJa + (oJb * (ob / oRa)) + (oJc * (ob / oRa) ^ 2) + (oJd * (ob / oRa) ^
3)
oJ = 2 * oC * oRa ^ 4
oW = oRa - Sqr(oRa ^ 2 - (ol ^ 2 / 4))
ok = oRa - oW
oAn = 2 * (Atn(-(ok / oRa) / Sqr(-(ok / oRa) * (ok / oRa) + 1)) + 2 *
Atn(1)) * (180 / opi)
oAe = ((opi * oRa ^ 2 * oAn) / 360) - ((ol * ok) / 2)
oE = (opi * oRa ^ 2) + (2 * ((ol * ob) - oAe))
TextBox214.Value = oE
TextBox219.Value = oJ
TextBox218.Value = oJ / 10000
k1 = 0.6366

```



```
k2 = 0.0069 - (0.0229 * (oa / ob)) + (0.0637 * (oa / ob) ^ 2)
k3 = -0.0675 + (0.3996 * (oa / ob)) - (1.0514 * (oa / ob) ^ 2)
k4 = 0.3582 - (1.8324 * (oa / ob)) + (1.5393 * (oa / ob) ^ 2)
B1 = k1 + (k2 * (ob / oRa)) + (k3 * (ob / oRa) ^ 2) + (k4 * (ob / oRa) ^ 3)
otmax = (oT * B1) / (oRa ^ 3)
TextBox416.Value = otmax
If oJ > 0 Then GoTo line3:
line1:
MsgBox "Value Missing"
TextBox214.Value = "####"
TextBox219.Value = "####"
TextBox218.Value = "####"
TextBox416.Value = "####"
TextBox347.Value = "####"
TextBox348.Value = "####"
GoTo line3:
line4:
TextBox214.Value = "####"
TextBox219.Value = "####"
TextBox218.Value = "####"
TextBox416.Value = "####"
line3:
End Sub

Private Sub CommandButton66_Click()
End
End Sub

Private Sub CommandButton67_Click()
Dim oa As Double
Dim ob As Double
Dim oC As Double
Dim oE As Double
Dim ok As Double
Dim ol As Double
Dim oJa As Double
Dim oJb As Double
Dim oJc As Double
Dim oJd As Double
Dim oJ As Double
Dim oAe As Double
Dim oAn As Double
Dim oRa As Double
Dim opi As Double
Dim oW As Double
Dim oT As Double
Dim otmax As Double
Dim B1 As Double
Dim k1 As Double
Dim k2 As Double
Dim k3 As Double
Dim k4 As Double
oa = TextBox222.SelStart
```

```

ob = TextBox221.SelStart
oRa = TextBox223.SelStart
oT = TextBox413.SelStart
If TextBox221.Value = Empty Or TextBox222.Value = Empty Or TextBox223.Value
= Empty Or TextBox413.Value = Empty Then GoTo line1 Else GoTo line2:
line2:
oa = TextBox222.Value
ob = TextBox221.Value
oRa = TextBox223.Value
oT = TextBox413.Value
opi = 4 * Atn(1)
ol = 2 * oa
If ob <= 0 Or oRa <= 0 Then
MsgBox "b,r must be 0<b,r"
TextBox346.Value = "####"
TextBox345.Value = "####"
GoTo line4:
End If
TextBox346.Value = ob / oRa
TextBox345.Value = oa / ob
If ob / oRa <= 0 Or ob / oRa > 0.5 Then
MsgBox "b/r must be 0<b/r<=0.5"
TextBox221.Value = Empty
TextBox223.Value = Empty
GoTo line4:
End If
If oa / ob < 0.2 Or oa / ob > 1.4 Then
MsgBox "a/b must be 0,2<=a/b<=1.4"
TextBox221.Value = Empty
TextBox222.Value = Empty
GoTo line4:
End If
oJa = 0.7854
oJb = 0.0264 - (0.1187 * (oa / ob)) + (0.0868 * (oa / ob) ^ 2)
oJc = -0.2017 + (0.9019 * (oa / ob)) - (0.4947 * (oa / ob) ^ 2)
oJd = 0.2911 - (1.4875 * (oa / ob)) + (2.0651 * (oa / ob) ^ 2)
oC = oJa + (oJb * (ob / oRa)) + (oJc * (ob / oRa) ^ 2) + (oJd * (ob / oRa) ^
3)
oJ = 2 * oC * oRa ^ 4
oW = oRa - Sqr(oRa ^ 2 - (ol ^ 2 / 4))
ok = oRa - oW
oAn = 2 * (Atn(-(ok / oRa) / Sqr(-(ok / oRa) * (ok / oRa) + 1)) + 2 *
Atn(1)) * (180 / opi)
oAe = ((opi * oRa ^ 2 * oAn) / 360) - ((ol * ok) / 2)
oE = (opi * oRa ^ 2) + ((ol * ob) - oAe)
TextBox220.Value = oE
TextBox225.Value = oJ
TextBox224.Value = oJ / 10000
k1 = 0.6366
k2 = -0.0023 + (0.0168 * (oa / ob)) + (0.0093 * (oa / ob) ^ 2)
k3 = 0.0052 + (0.0225 * (oa / ob)) - (0.33 * (oa / ob) ^ 2)
k4 = 0.0984 - (0.4936 * (oa / ob)) + (0.2179 * (oa / ob) ^ 2)
B1 = k1 + (k2 * (ob / oRa)) + (k3 * (ob / oRa) ^ 2) + (k4 * (ob / oRa) ^ 3)

```

```
otmax = (oT * B1) / (oRa ^ 3)
TextBox414.Value = otmax
If oJ > 0 Then GoTo line3:
line1:
MsgBox "Value Missing"
TextBox220.Value = "####"
TextBox225.Value = "####"
TextBox224.Value = "####"
TextBox414.Value = "####"
TextBox346.Value = "####"
TextBox345.Value = "####"
GoTo line3:
line4:
TextBox220.Value = "####"
TextBox225.Value = "####"
TextBox224.Value = "####"
TextBox414.Value = "####"
line3:
End Sub

Private Sub CommandButton68_Click()
End
End Sub

Private Sub CommandButton71_Click()
Dim oRa As Double
Dim oa As Double
Dim ob As Double
Dim oE As Double
Dim oC As Double
Dim oJa As Double
Dim oJb As Double
Dim oJc As Double
Dim oJd As Double
Dim oJ As Double
Dim ol As Double
Dim oAn As Double
Dim oAe As Double
Dim oW As Double
Dim ok As Double
Dim opi As Double
Dim oT As Double
Dim otmax As Double
Dim B1 As Double
Dim k1 As Double
Dim k2 As Double
Dim k3 As Double
Dim k4 As Double
oa = TextBox234.SelStart
ob = TextBox233.SelStart
oRa = TextBox235.SelStart
oT = TextBox407.SelStart
```

```
If TextBox233.Value = Empty Or TextBox234.Value = Empty Or TextBox235.Value = Empty Or TextBox407.Value = Empty Then GoTo line1 Else GoTo line2:
line2:
oa = TextBox234.Value
ob = TextBox233.Value
oRa = TextBox235.Value
oT = TextBox407.Value
opi = 4 * Atn(1)
ol = 2 * oa
If oRa <= 0 Or ob <= 0 Then
MsgBox "r,b must be b,r>0"
TextBox340.Value = "####"
TextBox339.Value = "####"
GoTo line4:
End If
TextBox340.Value = ob / oRa
TextBox339.Value = oa / ob
If ob / oRa <= 0 Or ob / oRa > 0.5 Then
MsgBox "b/r must be 0<b/r<=0,5"
TextBox233.Value = Empty
TextBox235.Value = Empty
GoTo line4:
End If
If oa / ob < 0.3 Or oa / ob > 1.5 Then
MsgBox "a/b must be 0,3<=a/b<=1,5"
TextBox234.Value = Empty
TextBox233.Value = Empty
    GoTo line4:
End If
oJa = 0.7854
oJb = -0.0848 + (0.1234 * (oa / ob)) - (0.0847 * (oa / ob) ^ 2)
oJc = -0.4318 - (2.2 * (oa / ob)) + (0.7633 * (oa / ob) ^ 2)
oJd = -0.078 + (2.0618 * (oa / ob)) - (0.5234 * (oa / ob) ^ 2)
oC = oJa + (oJb * (ob / oRa)) + (oJc * (ob / oRa) ^ 2) + (oJd * (ob / oRa) ^ 3)
oJ = 2 * oC * oRa ^ 4
oW = oRa - Sqr(oRa ^ 2 - (ol ^ 2 / 4))
ok = oRa - oW
oAn = 2 * (Atn(-(ok / oRa) / Sqr(-(ok / oRa) * (ok / oRa) + 1)) + 2 * Atn(1)) * (180 / opi)
oAe = ((opi * oRa ^ 2 * oAn) / 360) - ((ol * ok) / 2)
oE = (opi * oRa ^ 2) - ((ol * ob) + oAe)
TextBox232.Value = oE
TextBox237.Value = oJ
TextBox236.Value = oJ / 10000
If oa / ob < 0.5 Then
MsgBox "if you want to calculate the tmax the a/b must be 0,5<=a/b<=1,5 "
TextBox408.Value = "####"
GoTo line3:
End If
If ob / oRa < 0.2 Then
MsgBox "if you want to calculate the tmax the b/r must be 0,2<=b/r<=0,5 "
TextBox408.Value = "####"
```

```
GoTo line3:
End If
k1 = 1.169 - (0.3168 * (oa / ob)) + (0.049 * (oa / ob) ^ 2)
k2 = 0.4349 - (1.5096 * (oa / ob)) + (0.8677 * (oa / ob) ^ 2)
k3 = -1.183 + (4.2764 * (oa / ob)) - (1.7024 * (oa / ob) ^ 2)
k4 = 0.8812 - (0.2627 * (oa / ob)) - (0.1897 * (oa / ob) ^ 2)
B1 = k1 + (k2 * (ob / oRa)) + (k3 * (ob / oRa) ^ 2) + (k4 * (ob / oRa) ^ 3)
otmax = (oT * B1) / (oRa ^ 3)
TextBox408.Value = otmax
If oJ > 0 Then GoTo line3:
line1:
MsgBox "Value Missing"
TextBox232.Value = "#####"
TextBox237.Value = "#####"
TextBox236.Value = "#####"
TextBox408.Value = "#####"
TextBox339.Value = "#####"
TextBox340.Value = "#####"
line4:
TextBox232.Value = "#####"
TextBox237.Value = "#####"
TextBox236.Value = "#####"
TextBox408.Value = "#####"
line3:
End Sub

Private Sub CommandButton72_Click()
End
End Sub

Private Sub CommandButton73_Click()
Dim oRa As Double
Dim oa As Double
Dim ob As Double
Dim oE As Double
Dim oC As Double
Dim oJa As Double
Dim oJb As Double
Dim oJc As Double
Dim oJd As Double
Dim oJ As Double
Dim ol As Double
Dim oAn As Double
Dim oAe As Double
Dim oW As Double
Dim ok As Double
Dim opi As Double
Dim oT As Double
Dim otmax As Double
Dim B1 As Double
Dim k1 As Double
Dim k2 As Double
Dim k3 As Double
```

```

Dim k4 As Double
oa = TextBox240.SelStart
ob = TextBox239.SelStart
oRa = TextBox241.SelStart
oT = TextBox409.SelStart
If TextBox239.Value = Empty Or TextBox240.Value = Empty Or TextBox241.Value
= Empty Or TextBox409.Value = Empty Then GoTo line1 Else GoTo line2:
line2:
oa = TextBox240.Value
ob = TextBox239.Value
oRa = TextBox241.Value
oT = TextBox409.Value
opi = 4 * Atn(1)
ol = 2 * oa
If ob <= 0 Or oRa <= 0 Then
MsgBox "b,r must be 0<b,r"
GoTo line4:
End If
TextBox342.Value = ob / oRa
TextBox341.Value = oa / ob
If ob / oRa <= 0 Or ob / oRa > 0.5 Then
MsgBox "b/r must be 0<b/r<=0,5"
TextBox239.Value = Empty
TextBox241.Value = Empty
GoTo line4:
End If
If oa / ob < 0.3 Or oa / ob > 1.5 Then
MsgBox "a/b must be 0,3<=a/b<=1,5"
TextBox240.Value = Empty
TextBox239.Value = Empty
GoTo line4:
End If
oJa = 0.7854
oJb = -0.0795 + (0.1286 * (oa / ob)) - (0.1169 * (oa / ob) ^ 2)
oJc = -1.4126 - (3.8589 * (oa / ob)) + (1.3292 * (oa / ob) ^ 2)
oJd = 0.7098 + (4.1936 * (oa / ob)) - (1.1053 * (oa / ob) ^ 2)
oC = oJa + (oJb * (ob / oRa)) + (oJc * (ob / oRa) ^ 2) + (oJd * (ob / oRa) ^
3)
oJ = 2 * oC * oRa ^ 4
oW = oRa - Sqr(oRa ^ 2 - (ol ^ 2 / 4))
ok = oRa - oW
oAn = 2 * (Atn(-(ok / oRa) / Sqr(-(ok / oRa) * (ok / oRa) + 1)) + 2 *
Atn(1)) * (180 / opi)
oAe = ((opi * oRa ^ 2 * oAn) / 360) - ((ol * ok) / 2)
oE = (opi * oRa ^ 2) - (2 * ((ol * ob) + oAe))
TextBox238.Value = oE
TextBox243.Value = oJ
TextBox242.Value = oJ / 10000
If ob / oRa < 0.2 Then
MsgBox "if you want to calculate the tmax the b/r must be 0,2<b/r<=0,5"
TextBox410.Value = "#####"
GoTo line3:
End If

```

```
If oa / ob < 0.5 Then
MsgBox "if you want to calculate the tmax the a/b must be 0,5<a/b<=1,5"
TextBox410.Value = "#####"
GoTo line3:
End If
k1 = 1.2512 - (0.5406 * (oa / ob)) + (0.0387 * (oa / ob) ^ 2)
k2 = -0.9385 + (2.345 * (oa / ob)) + (0.3256 * (oa / ob) ^ 2)
k3 = 7.265 - (15.338 * (oa / ob)) + (3.1138 * (oa / ob) ^ 2)
k4 = -11.152 + (33.71 * (oa / ob)) - (10.007 * (oa / ob) ^ 2)
B1 = k1 + (k2 * (ob / oRa)) + (k3 * (ob / oRa) ^ 2) + (k4 * (ob / oRa) ^ 3)
otmax = (oT * B1) / (oRa ^ 3)
TextBox410.Value = otmax
If oJ > 0 Then GoTo line3:
line1:
MsgBox "Value Missing"
TextBox238.Value = "#####"
TextBox243.Value = "#####"
TextBox242.Value = "#####"
TextBox341.Value = "#####"
TextBox342.Value = "#####"
TextBox410.Value = "#####"
GoTo line3:
line4:
TextBox238.Value = "#####"
TextBox243.Value = "#####"
TextBox242.Value = "#####"
TextBox410.Value = "#####"
TextBox341.Value = "#####"
TextBox342.Value = "#####"
line3:
End Sub

Private Sub CommandButton74_Click()
End
End Sub

Private Sub CommandButton75_Click()
Dim oRa As Double
Dim oa As Double
Dim ob As Double
Dim oE As Double
Dim oC As Double
Dim oJa As Double
Dim oJb As Double
Dim oJc As Double
Dim oJd As Double
Dim oJ As Double
Dim ol As Double
Dim oAn As Double
Dim oAe As Double
Dim oW As Double
Dim ok As Double
Dim opi As Double
```

```

Dim oT As Double
Dim otmax As Double
Dim B1 As Double
Dim k1 As Double
Dim k2 As Double
Dim k3 As Double
Dim k4 As Double
oa = TextBox246.SelStart
ob = TextBox245.SelStart
oRa = TextBox247.SelStart
oT = TextBox411.SelStart
If TextBox246.Value = Empty Or TextBox245.Value = Empty Or TextBox247.Value
= Empty Or TextBox411.Value = Empty Then GoTo line1 Else GoTo line2:
line2:
oa = TextBox246.Value
ob = TextBox245.Value
oRa = TextBox247.Value
oT = TextBox411.Value
opi = 4 * Atn(1)
ol = 2 * oa

If ob <= 0 Or oRa <= 0 Then
MsgBox "b,r must be 0<b,r"
GoTo line4:
End If
TextBox344.Value = ob / oRa
TextBox343.Value = oa / ob
If ob / oRa <= 0 Or ob / oRa > 0.4 Then
MsgBox "b/r must be 0<b/r<=0,4"
TextBox245.Value = Empty
TextBox247.Value = Empty
GoTo line4:
End If
If oa / ob < 0.3 Or oa / ob > 1.2 Then
MsgBox "a/b must be 0,3<a/b<=1,2"
    TextBox245.Value = Empty
    TextBox246.Value = Empty
GoTo line4:
End If
oJa = 0.7854
oJb = -0.1496 + (0.2773 * (oa / ob)) - (0.211 * (oa / ob) ^ 2)
oJc = -2.9138 - (8.2354 * (oa / ob)) + (2.5782 * (oa / ob) ^ 2)
oJd = 2.2991 + (12.097 * (oa / ob)) - (2.2838 * (oa / ob) ^ 2)
oC = oJa + (oJb * (ob / oRa)) + (oJc * (ob / oRa) ^ 2) + (oJd * (ob / oRa) ^
3)
oJ = 2 * oC * oRa ^ 4
oW = oRa - Sqr(oRa ^ 2 - (ol ^ 2 / 4))
ok = oRa - oW
oAn = 2 * (Atn(-(ok / oRa) / Sqr(-(ok / oRa) * (ok / oRa) + 1)) + 2 *
Atn(1)) * (180 / opi)
oAe = ((opi * oRa ^ 2 * oAn) / 360) - ((ol * ok) / 2)
oE = (opi * oRa ^ 2) - (4 * ((ol * ob) + oAe))
TextBox244.Value = oE

```



```

TextBox249.Value = oJ
TextBox248.Value = oJ / 10000
If ob / oRa < 0.2 Then
MsgBox "if you want to calculate the tmax the b/r must be 0,2<b/r<=0,4"
TextBox412.Value = "#####"
GoTo line3:
End If
If oa / ob < 0.5 Then
MsgBox "if you want to calculate the tmax the a/b must be 0,5<a/b<=1,2"
TextBox412.Value = "#####"
GoTo line3:
End If
k1 = 1.0434 + (1.0449 * (oa / ob)) - (0.2977 * (oa / ob) ^ 2)
k2 = 0.0958 - (9.8401 * (oa / ob)) + (1.6847 * (oa / ob) ^ 2)
k3 = 15.749 - (6.965 * (oa / ob)) + (14.222 * (oa / ob) ^ 2)
k4 = -35.878 + (88.696 * (oa / ob)) - (47.545 * (oa / ob) ^ 2)
B1 = k1 + (k2 * (ob / oRa)) + (k3 * (ob / oRa) ^ 2) + (k4 * (ob / oRa) ^ 3)

otmax = (oT * B1) / (oRa ^ 3)
TextBox412.Value = otmax
If oJ > 0 Then GoTo line3:
line1:
MsgBox "Value Missing"
TextBox244.Value = "#####"
TextBox249.Value = "#####"
TextBox248.Value = "#####"
TextBox412.Value = "#####"
TextBox344.Value = "#####"
TextBox343.Value = "#####"
GoTo line3:
line4:
TextBox244.Value = "#####"
TextBox249.Value = "#####"
TextBox248.Value = "#####"
TextBox412.Value = "#####"
line3:
End Sub

Private Sub CommandButton76_Click()
End
End Sub

Private Sub CommandButton77_Click()
Dim oS As Double
Dim oRa As Double
Dim oJ As Double
Dim oC As Double
Dim oE As Double
Dim opi As Double
Dim oT As Double
Dim otmaxM As Double
Dim otmaxN As Double

```

```

Dim BM As Double
Dim BN As Double
oS = TextBox251.SelStart
oRa = TextBox253.SelStart
oT = TextBox425.SelStart
If TextBox251.Value = Empty Or TextBox253.Value = Empty Or TextBox425.Value
= Empty Then GoTo line1 Else GoTo line2:
line2:
oS = TextBox251.Value
oRa = TextBox253.Value
oT = TextBox425.Value
opi = 4 * Atn(1)
  If oS <= 0 Then
    MsgBox "s must be s>0"
    TextBox355.Value = "####"
    TextBox251.Value = Empty
    GoTo line4:
  End If
TextBox355.Value = oRa / oS
  If oRa / oS < 0 Or oRa / oS > 0.9 Then
    MsgBox " r/s must be 0<=r/s<=0,9"
    TextBox253.Value = Empty
    TextBox251.Value = Empty
    GoTo line4:
  End If
oC = 1.1266 - (0.321 * (oRa / oS)) + (3.1519 * ((oRa / oS) ^ 2)) - (14.347 *
((oRa / oS) ^ 3)) + (15.223 * (oRa / oS) ^ 4) - (4.7767 * (oRa / oS) ^ 5)
oJ = 2 * oC * oS ^ 4
oE = (4 * oS ^ 2) - (opi * oRa ^ 2)
TextBox255.Value = oJ
TextBox254.Value = oJ / 10000
TextBox250.Value = oE
If oRa / oS <= 0.5 Then
  BM = 0.601 + (0.1059 * (oRa / oS)) - (0.918 * (oRa / oS) ^ 2) + (3.7335
* (oRa / oS) ^ 3) - (2.8686 * (oRa / oS) ^ 4)
  otmaxM = (oT * BM) / (oS ^ 3)
  TextBox426.Value = otmaxM
Else
  MsgBox " if you want to calculate the tmax at point M r/s must be
0<=r/s<=0,5"
  TextBox426.Value = "####"
End If
If oRa / oS >= 0.3 Then
  BN = -0.3281 + (9.1405 * (oRa / oS)) - (42.52 * (oRa / oS) ^ 2) +
(109.04 * (oRa / oS) ^ 3) - (133.95 * (oRa / oS) ^ 4) + (66.054 * (oRa
/ oS) ^ 5)
  tmaxN = (oT * BN) / (oS ^ 3)
  TextBox427.Value = otmaxN
Else
  MsgBox " if you want to calculate the tmax at point N r/s must be
0,3<=r/s<=0,9"
  TextBox427.Value = "####"
End If

```

```
If oJ > 0 Then GoTo line3:
line1:
MsgBox "Value Missing"
TextBox255.Value = "####"
TextBox254.Value = "####"
TextBox250.Value = "####"
TextBox426.Value = "####"
TextBox427.Value = "####"
TextBox355.Value = "####"
GoTo line3:
line4:
TextBox255.Value = "####"
TextBox254.Value = "####"
TextBox250.Value = "####"
TextBox426.Value = "####"
TextBox427.Value = "####"
line3:
End Sub

Private Sub CommandButton78_Click()
End
End Sub

Private Sub CommandButton79_Click()
Dim oa As Double
Dim oRa As Double
Dim oT As Double
Dim oJ As Double
Dim opi As Double
Dim G As Double
Dim E As Double
Dim T As Double
Dim t1 As Double
Dim t2 As Double
Dim cw As Double
Dim â As Double
Dim l As Double
Dim è1 As Double
Dim e1 As Double
Dim è3 As Double
Dim ora1 As Double
opi = 4 * Atn(1)
oRa = TextBox256.SelStart
oT = TextBox261.SelStart
oa = TextBox257.SelStart
G = TextBox496.SelStart
E = TextBox497.SelStart
T = TextBox498.SelStart
l = TextBox495.SelStart
If TextBox256.Value = Empty Or TextBox261.Value = Empty Or TextBox257.Value
= Empty Or TextBox495.Value = Empty Or TextBox496.Value = Empty Or
TextBox497.Value = Empty Or TextBox498.Value = Empty Then GoTo line1 Else
GoTo line2:
```

```

line2:
oRa = TextBox256.Value
oT = TextBox261.Value
oa = TextBox257.Value
G = TextBox496.Value
T = TextBox498.Value
E = TextBox497.Value
l = TextBox495.Value
ora1 = oRa + oT / 2
If oa > 180 Or oa <= 1 Then
MsgBox " a must be 0< a <=180"
    TextBox257.Value = Empty
    GoTo line4:
End If
oa = TextBox257.Value * opi / 180
oJ = (2 / 3) * oT ^ 3 * oRa * oa
oE = (opi * (oRa + oT) ^ 2 * (oa / 180)) - ((opi * oRa ^ 2) * oa / 180)
e1 = (2 * oRa) * ((Sin(oa) - oa * Cos(oa)) / (oa - Sin(oa) * Cos(oa)))
cw = (2 * oT * (oRa ^ 5) / 3) * ((oa ^ 3) - 6 * ((Sin(oa) - oa * Cos(oa)) ^
2) / (oa - Sin(oa) * Cos(oa)))
â = Sqr((oJ * G) / (cw * E))
è1 = (-T / (cw * E * (â ^ 2))) * (1 - (1 / ((Exp(â * l) + Exp(-â * l)) /
2)))
è3 = (T) / (cw * E)
t1 = oT * G * è1
t2 = (oRa ^ 2) * (e1 * (1 - Cos(oa)) - (oRa * (oa ^ 2) / 2)) * E * è3
TextBox258.Value = oJ
TextBox259.Value = oJ / 10000
TextBox260.Value = oE
TextBox499.Value = t1
TextBox500.Value = t2
    If oJ > 0 Then GoTo line3:
line1:
MsgBox "Value Missing"
TextBox258.Value = "####"
TextBox259.Value = "####"
TextBox260.Value = "####"
TextBox499.Value = "####"
TextBox500.Value = "####"
line4:
TextBox258.Value = "####"
TextBox259.Value = "####"
TextBox260.Value = "####"
TextBox499.Value = "####"
TextBox500.Value = "####"
line3:
End Sub

Private Sub CommandButton80_Click()
End
End Sub

Private Sub CommandButton81_Click()

```

```

Dim ob As Double
Dim oh As Double
Dim oT As Double
Dim oJ As Double
Dim oE As Double
Dim oh1 As Double
Dim G As Double
Dim E As Double
Dim T As Double
Dim t1 As Double
Dim t2 As Double
Dim cw As Double
Dim â As Double
Dim l As Double
Dim è1 As Double
Dim è3 As Double
Dim ob1 As Double
ob = TextBox262.SelStart
oh = TextBox264.SelStart
oT = TextBox263.SelStart
G = TextBox480.SelStart
E = TextBox481.SelStart
T = TextBox482.SelStart
l = TextBox479.SelStart
If TextBox262.Value = Empty Or TextBox263.Value = Empty Or TextBox264.Value
= Empty Or TextBox479.Value = Empty Or TextBox480.Value = Empty Or
TextBox481.Value = Empty Or TextBox482.Value = Empty Then GoTo line1 Else
GoTo line2:
line2:
ob = TextBox262.Value
oh = TextBox264.Value
oT = TextBox263.Value
G = TextBox480.Value
T = TextBox482.Value
E = TextBox481.Value
l = TextBox479.Value
oh1 = oh - oT
ob1 = ob - (oT / 2)
oJ = (oT ^ 3 / 3) * (oh1 + 2 * ob1)
oE = (ob * oh) - ((ob - 2 * oT) * (oh - oT))
cw = ((oT * (oh1 ^ 2) * (ob1 ^ 3)) / 12) * ((ob1 + 2 * oh1) / (2 * ob1 +
oh1))
â = Sqr((oJ * G) / (cw * E))
è1 = (-T / (cw * E * (â ^ 2))) * (1 - (1 / ((Exp(â * l) + Exp(-â * l)) /
2)))
è3 = (T) / (cw * E)
t1 = oT * G * è1
t2 = (((-oh1 * (ob1 ^ 2)) / 4) * (((ob1 + oh1) / (2 * ob1 + oh1)) ^ 2) * E *
è3
TextBox265.Value = oJ
TextBox266.Value = oJ / 10000
TextBox267.Value = oE
TextBox477.Value = t1

```

```
TextBox478.Value = t2
TextBox516.Value = (ob1 * (ob1 + oh1)) / (2 * ob1 + oh1)
If oJ > 0 Then GoTo line3:
line1:
MsgBox "Value Missing"
TextBox265.Value = "####"
TextBox266.Value = "####"
TextBox267.Value = "####"
TextBox478.Value = "####"
TextBox477.Value = "####"
TextBox516.Value = "####"
line3:
End Sub

Private Sub CommandButton82_Click()
End
End Sub

Private Sub CommandButton83_Click()
Dim oba As Double
Dim oh As Double
Dim oTa As Double
Dim oTw As Double
Dim oBb As Double
Dim oTb As Double
Dim oJ As Double
Dim oE As Double
Dim oh1 As Double
Dim G As Double
Dim E As Double
Dim T As Double
Dim t1 As Double
Dim t2 As Double
Dim cw As Double
Dim â As Double
Dim l As Double
Dim è1 As Double
Dim è3 As Double
Dim P(3) As Double
Dim tmax As Double
Dim i As Integer
oba = TextBox268.SelStart
oh = TextBox269.SelStart
oTa = TextBox270.SelStart
oTw = TextBox271.SelStart
oBb = TextBox272.SelStart
oTb = TextBox273.SelStart
G = TextBox474.SelStart
E = TextBox475.SelStart
T = TextBox476.SelStart
l = TextBox474.SelStart
If TextBox268.Value = Empty Or TextBox269.Value = Empty Or TextBox270.Value
= Empty Or TextBox271.Value = Empty Or TextBox272.Value = Empty Or
```

```

TextBox273.Value = Empty Or TextBox473.Value = Empty Or TextBox474.Value =
Empty Or TextBox475.Value = Empty Or TextBox476.Value = Empty Then GoTo
line1 Else GoTo line2:
line2:
oba = TextBox268.Value
oh = TextBox269.Value
oTa = TextBox270.Value
oTw = TextBox271.Value
oBb = TextBox272.Value
oTb = TextBox273.Value
l = TextBox473.Value
G = TextBox474.Value
E = TextBox475.Value
T = TextBox476.Value
oh1 = oh - (oTa / 2) - (oTb / 2)
P(1) = oTa
P(2) = oTb
P(3) = oTw
oJ = (oTa ^ 3 * oba + oTb ^ 3 * oBb + oTw ^ 3 * oh1) / 3
oE = (oBb * oTb) + (oba * oTa) + (oTw * (oh - oTa - oTb))
cw = ((oh1 ^ 2) * oTa * oTb * (oba ^ 3) * (oBb ^ 3)) / (12 * (oTa * (oba ^
3) + oTb * (oBb ^ 3)))
â = Sqr((oJ * G) / (cw * E))
è1 = (-T / (cw * E * (â ^ 2))) * (1 - (1 / ((Exp(â * l) + Exp(-â * l)) /
2)))
è3 = (T) / (cw * E)
tmax = oTa
For i = 2 To 3

    If P(i) > tmax Then
        tmax = P(i)

    End If

Next
t1 = tmax * G * è1
If oTb * oBb > oTa * oba Then
t2 = (E * è3) * (-1 / 8) * (oh1 * oTb * (oBb ^ 3) * (oba ^ 2)) / (oTa * (oba
^ 3) + oTb * (oBb ^ 3))
TextBox515.Value = "A to B"
ElseIf oTb * oBb < oTa * oba Then
t2 = (E * è3) * (-1 / 8) * (oh1 * oTa * (oba ^ 3) * (oBb ^ 2)) / (oTa * (oba
^ 3) + oTb * (oBb ^ 3))
TextBox515.Value = "C to D"
ElseIf oTb * oBb = oTa * oba Then
MsgBox "the shape is wide flanged beam with equal flanges"
GoTo line3:
End If
TextBox274.Value = oJ
TextBox275.Value = oJ / 10000
TextBox276 = oE
TextBox471.Value = t1
TextBox472.Value = t2
If oJ > 0 Then GoTo line3:

```

```
line1:
MsgBox "Value Missing"
TextBox274.Value = "####"
TextBox275.Value = "####"
TextBox276.Value = "####"
TextBox471.Value = "####"
TextBox472.Value = "####"
TextBox515.Value = "####"
line3:
End Sub

Private Sub CommandButton84_Click()
End
End Sub

Private Sub CommandButton85_Click()
Dim ob As Double
Dim oTw As Double
Dim oh As Double
Dim oT As Double
Dim oJ As Double
Dim oE As Double
Dim oh1 As Double
Dim G As Double
Dim E As Double
Dim T As Double
Dim t1 As Double
Dim t2 As Double
Dim cw As Double
Dim â As Double
Dim l As Double
Dim è1 As Double
Dim è3 As Double
ob = TextBox277.SelStart
oTw = TextBox280.SelStart
oh = TextBox278.SelStart
oT = TextBox279.SelStart
G = TextBox466.SelStart
E = TextBox467.SelStart
T = TextBox468.SelStart
l = TextBox465.SelStart
If TextBox277.Value = Empty Or TextBox280.Value = Empty Or TextBox278.Value = Empty Or TextBox279.Value = Empty Or TextBox465.Value = Empty Or TextBox466.Value = Empty Or TextBox467.Value = Empty Or TextBox468.Value = Empty Then GoTo line1 Else GoTo line2:
line2:
ob = TextBox277.Value
oTw = TextBox280.Value
oh = TextBox278.Value
oT = TextBox279.Value
oh1 = oh - oT
G = TextBox466.Value
E = TextBox467.Value
```



```

T = TextBox468.Value
l = TextBox465.Value
oJ = ((2 * oT ^ 3 * ob) + (oTw ^ 3 * (oh1))) * (1 / 3)
oE = (ob * oh) - ((ob - oTw) * (oh - (2 * oT)))
cw = ((oh1 ^ 2) * oT * (ob ^ 3)) / 24
â = Sqr((oJ * G) / (cw * E))
è1 = (-T / (cw * E * (â ^ 2))) * (1 - (1 / ((Exp(â * l) + Exp(-â * l)) /
2)))
è3 = (T) / (cw * E)
t1 = oT * G * è1
t2 = (-1) * (oh1 * (ob ^ 2) / 16) * E * è3
TextBox281.Value = oJ
TextBox282.Value = oJ / 10000
TextBox283.Value = oE
TextBox470.Value = t1
TextBox469.Value = t2
If oJ > 0 Then GoTo line3:
line1:
MsgBox "Value Missing"
TextBox281.Value = "####"
TextBox282.Value = "####"
TextBox283.Value = "####"
TextBox469.Value = "####"
TextBox470.Value = "####"
line3:
End Sub

Private Sub CommandButton86_Click()
End
End Sub

Private Sub CommandButton87_Click()
Dim ob As Double
Dim oba As Double
Dim oh As Double
Dim oT As Double
Dim oJ As Double
Dim oE As Double
Dim oh1 As Double
Dim ob1 As Double
Dim oba1 As Double
Dim e1 As Double
Dim G As Double
Dim E As Double
Dim T As Double
Dim t1 As Double
Dim t2a As Double
Dim t2b As Double
Dim cw As Double
Dim â As Double
Dim l As Double
Dim è1 As Double
Dim è3 As Double

```

```

Dim m As Double
Dim n As Double
Dim z As Double
Dim x As Double
ob = TextBox284.SelStart
oba = TextBox285.SelStart
oh = TextBox289.SelStart
oT = TextBox290.SelStart
G = TextBox459.SelStart
E = TextBox460.SelStart
T = TextBox461.SelStart
l = TextBox458.SelStart
If TextBox284.Value = Empty Or TextBox285.Value = Empty Or TextBox289.Value
= Empty Or TextBox290.Value = Empty Or TextBox458.Value = Empty Or
TextBox459.Value = Empty Or TextBox460.Value = Empty Or TextBox460.Value =
Empty Then GoTo line1 Else GoTo line2:
line2:
oT = TextBox290.Value
ob = TextBox284.Value
oba = TextBox285.Value
oh = TextBox289.Value
G = TextBox459.Value
E = TextBox460.Value
T = TextBox461.Value
l = TextBox458.Value
oh1 = oh - oT
ob1 = ob - oT
oba1 = oba - oT / 2
oJ = (oT ^ 3 / 3) * (oh1 + 2 * ob1 + 2 * oba1)
oE = (ob * oh) - ((ob - 2 * oT) * (oh - 2 * oT)) - (oT * (oh - 2 * oba))
e1 = ob1 * ((3 * (oh1 ^ 2) * ob1 + 6 * (oh1 ^ 2) * oba1 - 8 * (oba1 ^ 3)) /
((oh1 ^ 3) + 6 * (oh1 ^ 2) * ob1 + 6 * (oh1 ^ 2) * oba1 + 8 * (oba1 ^ 3) +
12 * oh1 * (oba1 ^ 2)))
m = (((oh1 ^ 2) * (ob1 ^ 2)) / 2)
n = (oba1 + ob1 / 3 - e1 - ((2 * e1 * oba1) / ob1) - (2 * (oba1 ^ 2)) / oh1)
z = (((oh1 ^ 2) * (e1 ^ 2)) / 2) * ((ob1 + oba1 + (oh1 / 6) + ((2 * oba1 ^
2) / oh1)))
x = ((2 * (oba1 ^ 3) / 3)) * ((ob1 + e1) ^ 2)
cw = oT * (m * n + z + x)
â = Sqr((oJ * G) / (cw * E))
è1 = (-T / (cw * E * (â ^ 2))) * (1 - (1 / ((Exp(â * l) + Exp(-â * l)) /
2)))
è3 = (T) / (cw * E)
t1 = oT * G * è1
t2a = (((oba1 ^ 2) / 2) * (ob1 + e1) - ((oh1 * oba1) / 2) * (ob1 - e1) -
(oh1 / 4) * (ob1 - e1) ^ 2) * E * è3
t2b = (((oh1 ^ 2) * (ob1 - e1) ^ 2) / (8 * (ob1 + e1))) + ((oba1 ^ 2) / 2)
* (ob1 + e1) - ((oh1 * oba1) / 2) * (ob1 - e1)) * E * è3
TextBox286.Value = oJ
TextBox287.Value = oJ / 10000
TextBox288.Value = oE
TextBox464.Value = t1
TextBox462.Value = t2a

```

```
TextBox463.Value = t2b
TextBox514.Value = e1
TextBox512.Value = (oh1 * (ob1 - e1)) / (2 * (ob1 + e1))
If oJ > 0 Then GoTo line3:
line1:
MsgBox "Value Missing"
TextBox286.Value = "####"
TextBox287.Value = "####"
TextBox288.Value = "####"
TextBox464.Value = "####"
TextBox462.Value = "####"
TextBox463.Value = "####"
TextBox512.Value = "####"
TextBox514.Value = "####"
line3:
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton88_Click()
End
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton89_Click()
Dim ob As Double
Dim oba As Double
Dim oh As Double
Dim oT As Double
Dim oJ As Double
Dim oE As Double
Dim oh1 As Double
Dim ob1 As Double
Dim oba1 As Double
Dim e1 As Double
Dim G As Double
Dim E As Double
Dim T As Double
Dim t1 As Double
Dim t2 As Double
Dim cw As Double
Dim â As Double
Dim l As Double
Dim è1 As Double
Dim è3 As Double
Dim m As Double
Dim n As Double
Dim z As Double
Dim x As Double
ob = TextBox291.SelStart
oba = TextBox292.SelStart
oh = TextBox293.SelStart
oT = TextBox294.SelStart
G = TextBox453.SelStart
E = TextBox454.SelStart
T = TextBox455.SelStart
```

```

l = TextBox452.SelStart
If TextBox291.Value = Empty Or TextBox292.Value = Empty Or TextBox293.Value
= Empty Or TextBox294.Value = Empty Or TextBox452.Value = Empty Or
TextBox453.Value = Empty Or TextBox454.Value = Empty Or TextBox455.Value =
Empty Then GoTo line1 Else GoTo line2:
line2:
oT = TextBox294.Value
oh = TextBox293.Value
ob = TextBox291.Value
oba = TextBox292.Value
oh1 = TextBox293.Value - (oT / 2)
ob1 = TextBox291.Value - oT
oba1 = TextBox292.Value - (oT / 2)
G = TextBox453.Value
E = TextBox454.Value
T = TextBox455.Value
l = TextBox452.Value
oJ = (oT ^ 3 / 3) * (oh1 + 2 * ob1 + 2 * oba1)
oE = (ob * oh) - ((ob - 2 * oT) * (oh - 2 * oT)) - (oT * (oh - 2 * oba))
e1 = ob1 * ((3 * (oh1 ^ 2) * ob1 + 6 * (oh1 ^ 2) * oba1 - 8 * (oba1 ^ 3)) /
((oh1 ^ 3) + 6 * (oh1 ^ 2) * ob1 + 6 * (oh1 ^ 2) * oba1 + 8 * (oba1 ^ 3) -
12 * oh1 * (oba1 ^ 2)))
m = (((oh1 ^ 2) * (ob1 ^ 2)) / 2)
n = (oba1 + ob1 / 3 - e1 - ((2 * e1 * oba1) / ob1) + (2 * (oba1 ^ 2)) / oh1)
z = (((oh1 ^ 2) * (e1 ^ 2)) / 2) * ((ob1 + oba1 + (oh1 / 6) - ((2 * oba1 ^
2) / oh1)))
x = ((2 * (oba1 ^ 3) / 3)) * ((ob1 + e1) ^ 2)
cw = oT * (m * n + z + x)
â = Sqr((oJ * G) / (cw * E))
è1 = (-T / (cw * E * (â ^ 2))) * (1 - (1 / ((Exp(â * l) + Exp(-â * l)) /
2)))
è3 = (T) / (cw * E)
t1 = oT * G * è1
t2 = ((oh1 / 4) * (ob1 - e1) * (2 * oba1 + ob1 - e1) + ((oba1 ^ 2) / 2) *
(ob1 + e1)) * E * è3
TextBox295.Value = oJ
TextBox296.Value = oJ / 10000
TextBox297.Value = oE
TextBox457.Value = t1
TextBox456.Value = t2
TextBox511.Value = e1
If oJ > 0 Then GoTo line3:
line1:
MsgBox "Value Missing"
TextBox295.Value = "####"
TextBox296.Value = "####"
TextBox297.Value = "####"
TextBox456.Value = "####"
TextBox457.Value = "####"
TextBox511.Value = "####"
line3:
End Sub

```

```

Private Sub CommandButton90_Click()
End
End Sub

Private Sub CommandButton91_Click()
Dim ob As Double
Dim oh As Double
Dim oT As Double
Dim oJ As Double
Dim oE As Double
Dim ob1 As Double
Dim oh1 As Double
Dim G As Double
Dim E As Double
Dim T As Double
Dim t1 As Double
Dim t2 As Double
Dim cw As Double
Dim â As Double
Dim l As Double
Dim è1 As Double
Dim è3 As Double
ob = TextBox298.SelStart
oh = TextBox299.SelStart
oT = TextBox300.SelStart
G = TextBox446.SelStart
E = TextBox447.SelStart
T = TextBox448.SelStart
l = TextBox451.SelStart
If TextBox298.Value = Empty Or TextBox299.Value = Empty Or TextBox300.Value
= Empty Or TextBox446.Value = Empty Or TextBox447.Value = Empty Or
TextBox448.Value = Empty Or TextBox451.Value = Empty Then GoTo line1 Else
GoTo line2:
line2:
oT = TextBox300.Value
oh = TextBox299.Value
ob = TextBox298.Value
oh1 = TextBox299.Value - (oT)
ob1 = TextBox298.Value - (oT / 2)
G = TextBox446.Value
E = TextBox447.Value
T = TextBox448.Value
l = TextBox451.Value
oJ = ((oT ^ 3) / 3) * (oh1 + 2 * ob1)
oE = (ob * oh) - ((ob - oT) * (oh - 2 * oT))
cw = (((oh1 ^ 2) * (ob1 ^ 3) * oT) / 12) * ((2 * oh1 + 3 * ob1) / (oh1 + 6 *
ob1))
â = Sqr((oJ * G) / (cw * E))
è1 = (-T / (cw * E * (â ^ 2))) * (1 - (1 / ((Exp(â * l) + Exp(-â * l)) /
2)))
è3 = (T) / (cw * E)
t1 = oT * G * è1

```

```
t2 = ((oh1 * ob1 ^ 2) / 4) * (((oh1 + 3 * ob1) / (oh1 + 6 * ob1)) ^ 2) * E *
è3
TextBox301.Value = oJ
TextBox302.Value = oJ / 10000
TextBox303.Value = oE
TextBox450.Value = t1
TextBox449.Value = t2
TextBox510.Value = ob1 * ((oh1 + 3 * ob1) / (oh1 + 6 * ob1))
If oJ > 0 Then GoTo line3:
line1:
MsgBox "Value Missing"
TextBox301.Value = "####"
TextBox302.Value = "####"
TextBox303.Value = "####"
TextBox449.Value = "####"
TextBox450.Value = "####"
TextBox510.Value = "####"

line3:
End Sub

Private Sub CommandButton92_Click()
End
End Sub

Private Sub CommandButton93_Click()
Dim oa As Double
Dim oT As Double
Dim ob As Double
Dim oJ As Double
Dim oE As Double
Dim G As Double
Dim E As Double
Dim T As Double
Dim t1 As Double
Dim t2 As Double
Dim cw As Double
Dim â As Double
Dim l As Double
Dim è1 As Double
Dim è3 As Double
Dim oa1 As Double
Dim ob1 As Double
oa = TextBox304.SelStart
oT = TextBox305.SelStart
ob = TextBox306.SelStart
G = TextBox484.SelStart
l = TextBox483.SelStart
E = TextBox485.SelStart
T = TextBox486.SelStart
If TextBox304.Value = Empty Or TextBox305.Value = Empty Or TextBox306.Value
= Empty Or TextBox484.Value = Empty Or TextBox485.Value = Empty Or
```

```

TextBox486.Value = Empty Or TextBox483.Value = Empty Then GoTo line1 Else
GoTo line2:
line2:
oa = TextBox304.Value
oT = TextBox305.Value
ob = TextBox306.Value
oa1 = oa - oT
ob1 = ob - (oT / 2)
G = TextBox484.Value
E = TextBox485.Value
T = TextBox486.Value
l = TextBox483.Value
oJ = (2 / 3) * (oT ^ 3 * (oa1 + ob1))
oE = (2 * oa * oT) + (2 * (ob - oT) * oT)
  cw = (oT * (oa1 ^ 4) * (ob1 ^ 3) / 6) * ((4 * oa1 + 3 * ob1) / (2 * (oa1 ^
  3) - (oa1 - ob1) ^ 3))
  â = Sqr((oJ * G) / (cw * E))
  è1 = (-T / (cw * E * (â ^ 2))) * (1 - (1 / ((Exp(â * l) + Exp(-â * l)) /
  2)))
  è3 = (T) / (cw * E)
  t1 = oT * G * è1
  t2 = (((oa1 ^ 2) * (ob1 ^ 2) / 4) * ((oa1 ^ 2) - 2 * oa1 * ob1 - (ob1 ^ 2))
  / (2 * (oa1 ^ 3) - (oa1 - ob1) ^ 3)) * (E * è3)
TextBox307.Value = oJ
TextBox308.Value = oJ / 10000
TextBox309.Value = oE
TextBox487.Value = t1
TextBox488.Value = t2
If oJ > 0 Or oJ < 0 Then GoTo line3:
line1:
MsgBox "Value Missing"
TextBox307.Value = "####"
TextBox308.Value = "####"
TextBox309.Value = "####"
TextBox487.Value = "####"
TextBox488.Value = "####"
line3:
End Sub

Private Sub CommandButton95_Click()
End
End Sub

Private Sub CommandButton96_Click()
Dim ob As Double
Dim oT As Double
Dim oTw As Double
Dim oa As Double
Dim oJ As Double
Dim oE As Double
Dim G As Double
Dim E As Double
Dim T As Double

```

```

Dim t1 As Double
Dim t2 As Double
Dim cw As Double
Dim â As Double
Dim l As Double
Dim è1 As Double
Dim è3 As Double
Dim adeg As Double
oT = TextBox310.SelStart
ob = TextBox311.SelStart
oTw = TextBox312.SelStart
oa = TextBox313.SelStart
G = TextBox490.SelStart
l = TextBox489.SelStart
E = TextBox491.SelStart
T = TextBox492.SelStart
adeg = TextBox501.SelStart
If TextBox310.Value = Empty Or TextBox311.Value = Empty Or TextBox312.Value
= Empty Or TextBox313.Value = Empty Or TextBox489.Value = Empty Or
TextBox490.Value = Empty Or TextBox491.Value = Empty Or TextBox492.Value =
Empty Or TextBox501.Value = Empty Then GoTo line1 Else GoTo line2:
line2:
oT = TextBox310.Value
ob = TextBox311.Value
oTw = TextBox312.Value
oa = TextBox313.Value
G = TextBox490.Value
E = TextBox491.Value
T = TextBox492.Value
l = TextBox489.Value
adeg = TextBox501.Value
If adeg >= 90 Or adeg < 0 Then
MsgBox " a must be 0<= a <90"
    TextBox501.Value = Empty
    TextBox315.Value = "####"
    TextBox316.Value = "####"
    TextBox317.Value = "####"
    TextBox493.Value = "####"
    TextBox494.Value = "####"
GoTo line3:
End If
adeg = TextBox501.Value * 3.14159265358979 / 180
oJ = (4 * oT ^ 3 * ob + oTw ^ 3 * oa) / 3
oE = (4 * ob * oT) + (oa * oTw) + (oTw * Sqr(4 * oT ^ 2 - oTw ^ 2) / 2)
cw = (((oa ^ 2) * (ob ^ 3) * oT) / 3) * (Cos(adeg)) ^ 2
â = Sqr((oJ * G) / (cw * E))
è1 = (-T / (cw * E * (â ^ 2))) * (1 - (1 / ((Exp(â * l) + Exp(-â * l)) /
2)))
è3 = (T) / (cw * E)
t1 = oT * G * è1
t2 = ((-oa * (ob ^ 2)) / 4) * Cos(adeg) * E * è3
TextBox315.Value = oJ
TextBox316.Value = oJ / 10000

```



```
TextBox317.Value = oE
TextBox493.Value = t1
TextBox494.Value = t2
If oJ > 0 Then GoTo line3:
line1:
MsgBox "Value Missing"
TextBox315.Value = "####"
TextBox316.Value = "####"
TextBox317.Value = "####"
TextBox493.Value = "####"
TextBox494.Value = "####"
line3:
End Sub

Private Sub CommandButton97_Click()
End
End Sub
```