

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ**

**ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ : ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ**

**ΑΤΜΟΚΙΝΗΤΟΥ ΠΗΔΑΛΙΟΥ ΠΛΟΙΟΥ**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΚΑΡΑΠΟΥΛΟΥΤΙΔΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΟΥΠΑΡΑΝΗΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ**

**ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ**

**2015**

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ**

**ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ : ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ**

**ΑΤΜΟΚΙΝΗΤΟΥ ΠΗΔΑΛΙΟΥ ΠΛΟΙΟΥ**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΚΑΡΑΠΟΥΛΟΥΤΙΔΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ**

**Α.Μ : 4559**

**ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ :**

Βεβαιώνεται η ολοκλήρωση της παραπάνω πτυχιακής εργασίας

Ο καθηγητής

## Περίληψη

Η σχεδίαση και συναρμολόγηση των υπό σχεδίαση δοκιμίων έγινε με πρόγραμμα τρισδιάστατης σχεδίασης. Η χρήση του προγράμματος έγινε από μηνιαία μακέτα free trial. Το πρόγραμμα δίνει την δυνατότητα, σχεδίασης, συναρμολόγησης, μηχανικής κίνησης και δοκιμασίες αντοχής. Κατά την διαδικασία σχεδιασμού των εν λόγω δοκιμίων, έγιναν πολλές δοκιμές διαφόρων σχεδιασμών. Το σχέδιο που επιλέχθηκε και σχεδιάστηκε είναι ενός ατμοκίνητου πηδαλίου. Έγινε σχεδιασμός των μερών (Parts) και η συναρμολόγηση (Assembly).

Σκοπός της εργασίας είναι η γενική περιγραφή ενός συστήματος σε πλήρη τομή, αφού αυτό μπορεί να αποτελέσει ένα εποπτικό μέσο για την διδασκαλία των ναυτικών μαθημάτων. Αυτή η γενική περιγραφή με τις ανάλογες τομές και το animation αποτελεί το βασικό εργαλείο για την επίτευξη της αποτελεσματικής κατανόησης από τους μαθητές της Ακαδημίας. Μετά την σχεδίαση στον ηλεκτρονικό υπολογιστή με την βοήθεια του λογισμικού επιτυγχάνεται αρχικά η εκ νέου σχεδίαση κάποιων τεμαχίων ούτως ώστε να βελτιστοποιηθεί η λειτουργία τους. Σε δεύτερη φάση θα γίνει και ακριβής και στοχευόμενη η κατασκευή τους αφού κάποιος μπορεί να περάσει την γεωμετρία στο CAM (Computer Aided Manufacturing) και να εισάγει τον κώδικα σε αυτόματη εργαλειομηχανή CNC (Computer Numerical Control).

## Abstract

The design and assembly of the design under test was a three-dimensional drawing program platform. The use of the model was made by monthly free trial. The program allows, design, assembly, mechanical motion and strength tests. During the design process of testing purposes, numerous trials of various designs. The design was conceived and is one steam steering gear. Done design parts and assembling them.

The purpose of this paper is a general description of a system in full section, as this can be a visual tool for teaching marine subjects. This general description with the appropriate sections and the animation is the main tool for achieving effective understanding by students of the Academy. After designing the computer with the help of software is achieved by first re-design of some pieces he shall be to optimize the operation. In the second phase will be both accurate and targeted their construction because someone can pass the geometry in CAM (Computer Aided Manufacturing) and insert the code into automatic machine tool CNC (Computer Numerical Control).

## Πρόλογος

Η σχεδίαση ενός απλού εξαρτήματος, μίας απλής κατασκευής είναι μία πρόκληση για ένα σχεδιαστή μηχανικό αφού του δίνεται η δυνατότητα να δει, να συγκρίνει και να διακρίνει οντότητες οι οποίες είναι δύσκολο να τις φανταστεί στο επίπεδο. Αυτό είναι πολύ περισσότερο δύσκολο σε μία συναρμολογημένη διάταξη με πολλά εξαρτήματα. Στην σημερινή εποχή δίνεται η δυνατότητα με την ευρεία χρήση των υπολογιστών και των προγραμμάτων που έχουν ανακαλυφθεί για την καλύτερη – ποιοτικότερη και αποδοτικότερη εργασία των μηχανικών. Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματεύεται με την τρισδιάστατη σχεδίαση ενός ατμοκίνητου πηδαλίου πλοίου, δίνοντας με τον τρόπο αυτό και στον πιο δύσκολο αναγνώστη μία εύκολη εικόνα της σημασίας τους.

# Α' ΜΕΡΟΣ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>

### Ιστορική ανασκόπηση πηδαλίου

Το πηδάλιο είναι το μέσο με το οποίο το πλοίο αλλάζει διεύθυνση και ακολουθεί την κάθε φορά επιθυμητή πορεία ο λόγος αυτός οδήγησε στην ανακαλύψει από τους πρώτους ναυτικούς του πρώτου τύπου πηδαλίου, το οποίο έμοιαζε με κουπί χωρίς σκαρμό, στερεωμένο στην πλευρά των πλοίων και στρεφόταν από ένα δοκάρι (λαγουδέρα) στερεωμένο με ορθή γωνία επάνω στην κεφαλή του τιμονιού (ποδόκρानο) με μια εγκοπή.

Στις αρχές του 19<sup>ου</sup> αιώνα μ.Χ τα εμπορικά και πολεμικά πλοία μεγάλων διαστάσεων με προωστήριες μηχανές, είχαν σαν αποτέλεσμα την δημιουργία διαφόρων συστημάτων που αφορούσε την πηδαλιούχηση των νέων πλοίων. Σ' αυτά τα πλοία το σύστημα που' χε εφαρμογή ήταν το ακλόνητο σύστημα πηδαλίου. Στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα μ.Χ εμφανίστηκαν τα πρώτα υδραυλικά συστήματα πηδαλίου. Μέσω μιας εγκατάστασης με χειροκίνητες αντλίες, ελαιοκυλίνδρους και υδραυλικά έμβολα όπου μέσω υδραυλικών δικτύων μεταδίδονταν η κίνηση από την γέφυρα του πλοίου στον άξονα του πηδαλίου. Αργότερα στα μέσα του ίδιου αιώνα πάντα, εμφανίστηκε το πιο αποτελεσματικό σύστημα πηδαλίου που χρησιμοποιείται μέχρι και σήμερα, αποτελώντας μια πολύ αξιόπιστη λύση, το ηλεκτρουδραυλικό.

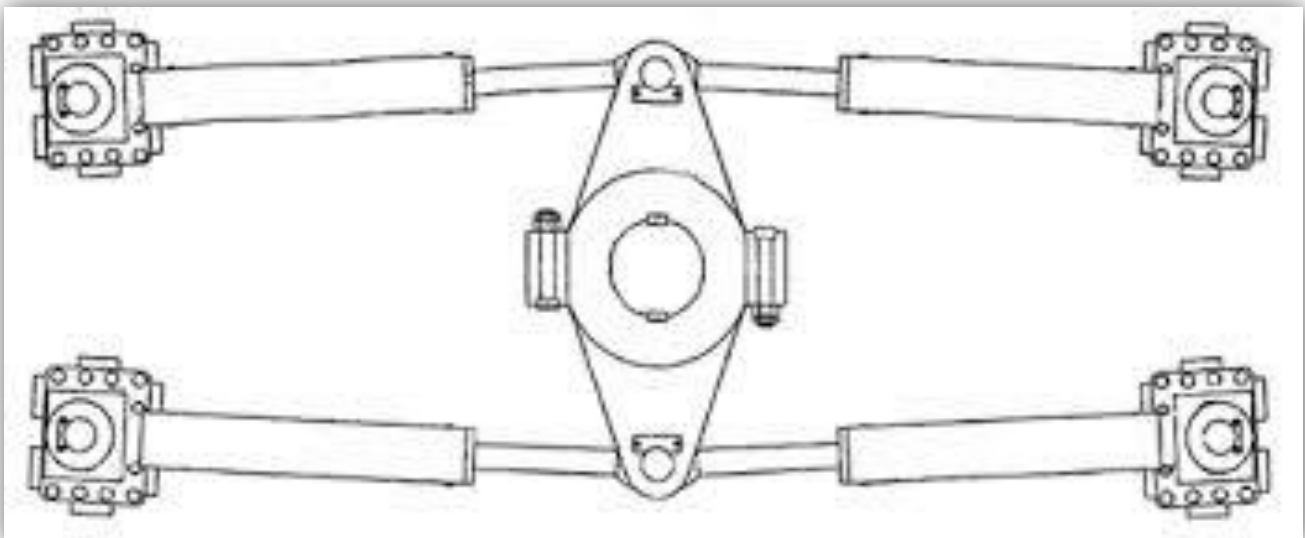
## 1.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΠΗΔΑΛΙΟΥ

### Γενικά

Το μηχάνημα πηδαλίου τοποθετείται είτε στο μηχανοστάσιο ή συνηθέστερα στο πρυμναίο μέρος του πλοίου κοντά στον άξονα του πηδαλίου, σε ιδιαίτερο χώρο που ονομάζεται «διαμέρισμα πηδαλίου». Η θέση πηδαλιούχησης εγκαθίσταται στην γέφυρα του πλοίου.

Σε όλες τις εγκαταστάσεις των πηδαλίων υπάρχει διάταξη με' την οποία αυτά είναι δυνατόν να κινηθούν χειροκίνητα με την βοήθεια συσπαστών σε περίπτωση βλάβης του μηχανήματος.

Να σημειωθεί ότι όπου χρησιμοποιούμε υδραυλικά συστήματα χρησιμοποιείται ως εργαζόμενη ουσία ειδικό λεπτόρρευστο λάδι ή καμιά φορά μίγμα αποσταγμένου νερού και γλυκερίνης σε αναλογία γλυκερίνης 25% περίπου.

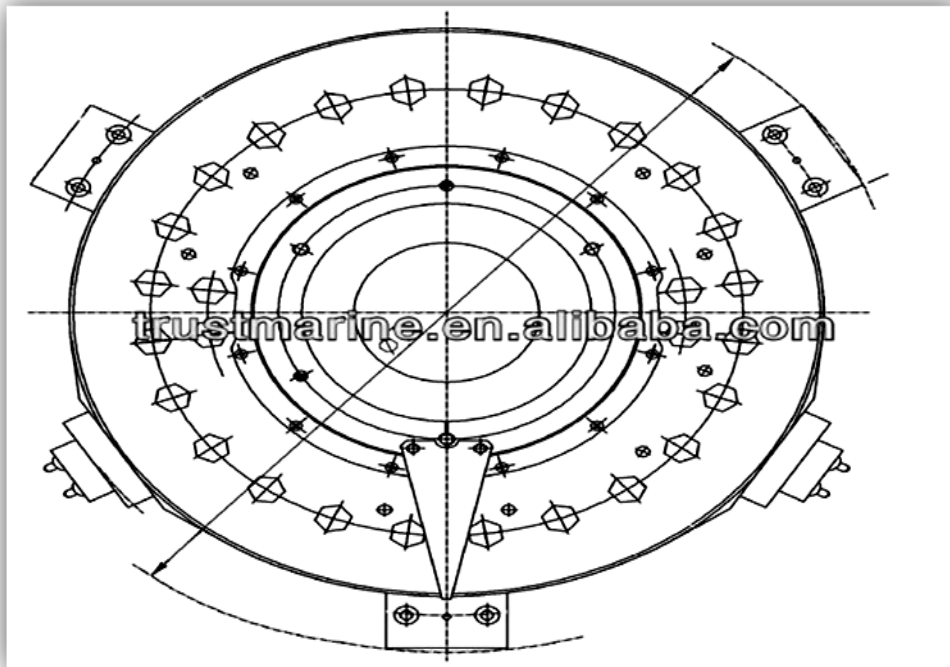


**Εικόνα 1.1 :** Πηδάλιο πλοίου

- Λειτουργία

Ενώ το πλοίο κινείται στο νερό, το ηδάλιο του προσβάλλεται από υδάτινες μάζες. Η γωνία με την οποία το ηδάλιο στρέφεται ή κλείνει προς την διεύθυνση της ροής του νερού ονομάζεται «γωνία προσβολής». Η δράση της ηδαλιούχησης εξαρτάται από την κατανομή των πιέσεων στις δύο επιφάνειες του ηδαλίου, π.χ. όταν το ηδάλιο στραφεί σε μια γωνία του, αναπτύσσεται δύναμη στο κέντρο πίεσής του, το οποίο βρίσκεται προωθέν του γεωμετρικού κέντρου, τις επιφάνειες του ηδαλίου προς μια πλευρά. Έτσι καταστρέφεται η συμμετρική κατανομή των υδάτινων μαζών και γεννάται μια δύναμη που επενεργεί στο κέντρο πίεσής του.

Αυτή η δύναμη που ασκείται κάθετα οφείλεται στην διαφορά ταχύτητας των υδάτινων μαζών στις επιφάνειες του ηδαλίου. Σύμφωνα με το θεώρημα Bernoulli προκαλεί μια διαφορά πιέσεων μεταξύ των υδάτινων μαζών έτσι ώστε να εμφανίζεται μια δύναμη η οποία δρώντας επάνω στο ηδάλιο που δημιουργεί μια ροπή ως προς το κέντρο βάρους του πλοίου.



Εικόνα 1.2 : Δείκτης μοιρών ηδαλίου



Αυτή η ροπή στρέφει το πλοίο. Οι συνιστώσες της ολικής δύναμης είναι:

**α) δυναμική άνωση**

**β) δυναμική αντίσταση**

Η πρώτη δρα κατά διεύθυνση κάθετη προς την διεύθυνση ροής ενώ η δεύτερη κατά τη διεύθυνση της ροής του νερού.

Για μια ορισμένη προσβολής τη λεγόμενη «κρίσιμη γωνία», το πηδάλιο «νεκρώνει» λόγω απώλειας στηρίξεως. Αυτό οφείλεται στην απότομη μείωση της δύναμης που ασκείται στο πηδάλιο, κυρίως όμως στην δημιουργία ροής δύνης στην επιφάνεια του πηδαλίου όπου επικρατεί υποπίεση.

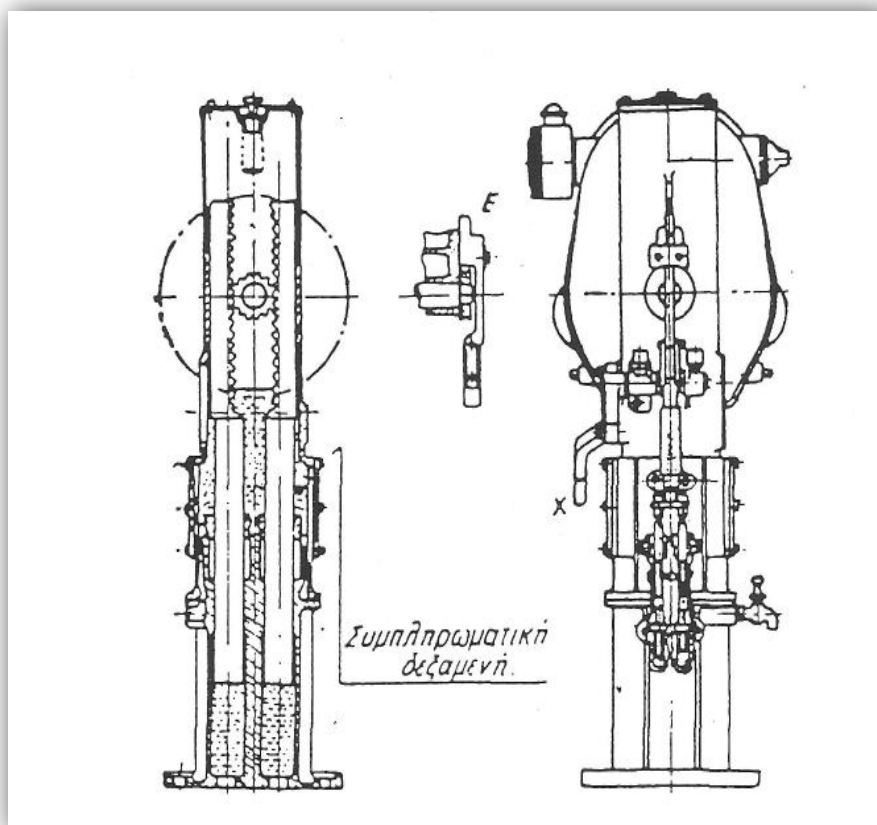
Τα πηδάλια των εμπορικών πλοίων πρέπει να λειτουργούν σ' ένα φάσμα γωνιών μεγαλύτερο από  $35^\circ$ . Το ολικό φάσμα των γωνιών είναι  $70^\circ$ . Η κρίσιμη γωνία τους δεν πρέπει να ανήκει σ' αυτό το εύρος γιατί ένα νέκρωμα του πηδαλίου θα δημιουργήσει σημαντικά προβλήματα κατά την πλοήγησή τους.

### 1.3 ΤΗΛΕΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΠΗΔΑΛΙΟΥ

Τηλεκινητήρας είναι το μέρος του πηδαλίου με το οποίο ελέγχουμε το σύστημα πηδαλιούχησης. Μ' αυτό το μέσο μεταβιβάζονται οι εντολές από την γέφυρα και το τιμονάκι, στο πηδάλιο.

Αποτελείται από έναν διαβιβαστεί (πομπό), έναν δέκτη, σωληνώσεις και την μονάδα πλήρωσης. Ο διαβιβαστής είναι τοποθετημένος στην γέφυρα συνδεδεμένος με τον δέκτη μέσω δύο στενών χάλκινων σωλήνων, στους οποίους υπάρχει το υγρό πλήρωσης.

Η μονάδα πλήρωσης είναι τοποθετημένη δίπλα στον δέκτη και το όλο σύστημα πληρώνεται με ένα πτητικό υγρό (λάδι).



**Εικόνα 1.3 :** Τηλεκινητήρας - Πομπός τύπου Mactaggart-Scott

➤ **Οδηγίες λειτουργίας πηδαλίου**

Σε συνθήκες λειτουργίας το τιμόνι δεν θα πρέπει να περιστρέφεται τόσο γρήγορα, έτσι ώστε το σύστημα να υπερβεί την κανονική πίεση λειτουργίας. Η πίεση ελέγχεται στα θλιβόμετρα.


- Εάν η πίεση υπερβεί την κανονική τότε θα πρέπει να περιστρέψουμε το τιμονάκι με αργότερο ρυθμό. Επίσης θα πρέπει να προσέχουμε περιστρέφοντας το τιμόνι, να μην ξεπεράσουμε τα ανώτερα όρια των 35°.
- Η στάθμη του λαδιού θα πρέπει να ελέγχεται περιοδικά στην δεξαμενή συμπληρώσεως.
- Οι δύο χαμηλότεροι κρουνοί αποκλεισμού την μονάδος πλήρωσης θα πρέπει να είναι πάντοτε ανοικτοί σε κατάσταση λειτουργίας. Κλείνουν μόνο όταν επιθεωρείται ο δέκτης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

### ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΗΔΑΛΙΩΝ

#### 2.1 Ηλεκτροϋδραυλικό πηδάλιο

Το ηλεκτροϋδραυλικό πηδάλιο έχει σήμερα την μεγαλύτερη εφαρμογή στα πλοία. Τα κύρια μέρη από τα οποία αποτελείται ενός ηλεκτροϋδραυλικού πηδαλίου είναι τα εξής:

- Το σύστημα τηλεκινήσεως   
(Remote control)
- Το μηχάνημα κινήσεως του πηδαλίου
- Οι μηχανισμοί στροφής του πηδαλίου

Το ηλεκτροϋδραυλικό πηδάλιο κινείται με μία ή κατά κανόνα δύο αντλίες, όπου μπορούν να εργάζονται χωριστά, ή και ταυτόχρονα παράλληλα. Οι αντλίες αυτές είναι του τύπου με περιστρεφόμενο σώμα κυλίνδρων και εμβόλων.

Είναι συνήθως τύπου Waterburry ή Hele - Shaw.

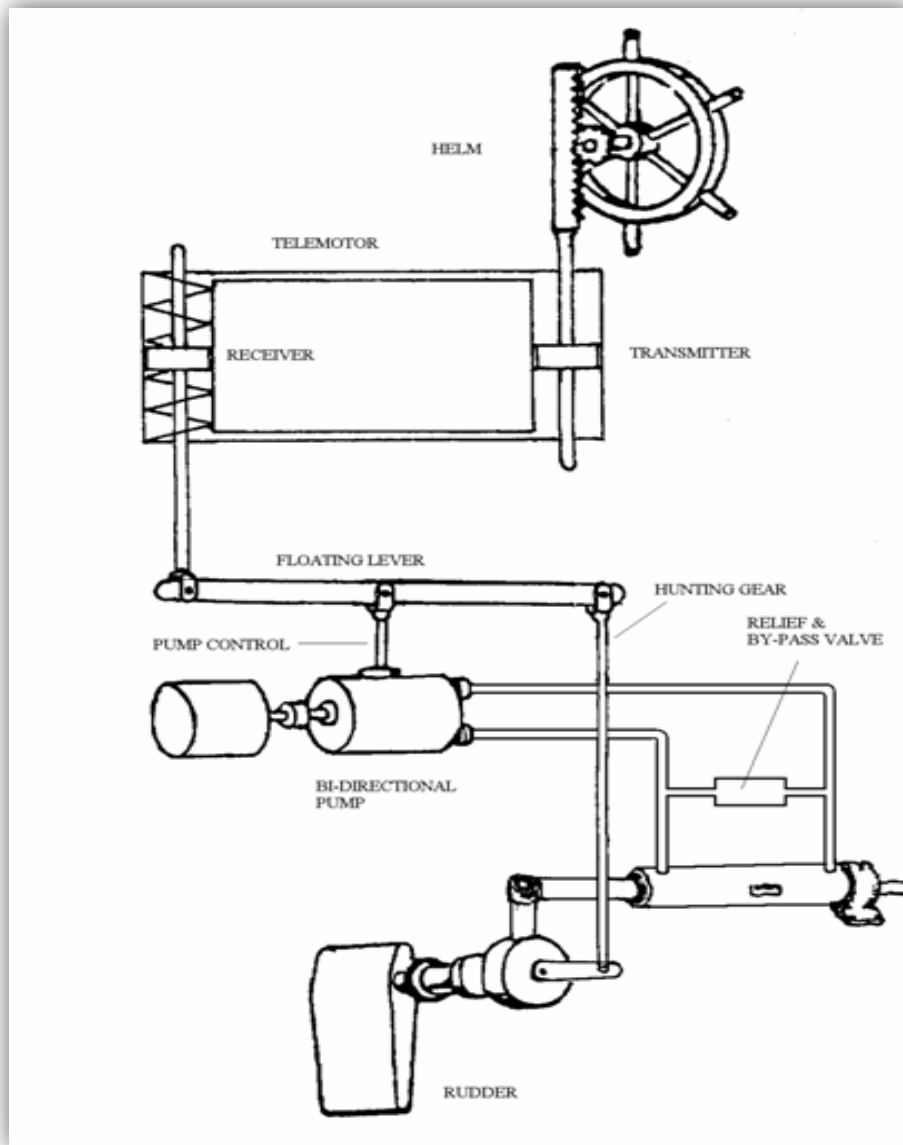
Η αντλία του μηχανήματος συνδέεται με το μηχανισμό στροφής του πηδαλίου με δύο σωλήνες, οι οποίοι χρησιμεύουν άλλοτε ως αναρροφητικοί και άλλοτε ως καταλυτικοί του λαδιού. Η αντλία στρέφεται συνεχώς από κατάλληλο ηλεκτροκινητήρα, αν η λεκάνη των διωστήρων στην αντλία Waterburry είναι κάθετη ή η στεφάνη των πλυνθίων στην αντλία Hele - Shaw. Βρίσκεται στη μέση θέση, η αντλία ούτε αναρροφά, ούτε καταθλίβει λάδι προς τον μηχανισμό στροφή, του πλοίου.

Αν η λεκάνη στραφεί υπό γωνία ή η στεφάνη μετατεθεί σε κεντρική θέση, η αντλία θα αναρροφά λάδι από την μια σωλήνωση και θα καταθλίβει προς την άλλη.

Αντιθέτως αν η λεκάνη στραφεί κατά αντίθετη γωνία ή η στεφάνη μετατεθεί σε αντίθετη εκκεντρική θέση, τότε η αντλία θα αναρροφά και θα καταθλίβει λάδι κατά αντίθετη έννοια.

Έτσι ο μηχανισμός στροφής του πηδαλίου θα στρέφεται τότε από την μία πλευρά και τότε από την αντίστροφη της.

Η θέση της λεκάνης ή της στεφάνης ρυθμίζεται από το σύστημα τηλεκινήσεως, το οποίο επενεργεί στον μοχλό ελέγχου της θέσεως τη λεκάνης ή της στεφάνης.



**Εικόνα 2.1 :** Ηλεκτροϋδραυλικό πηδάλιο

Ο μηχανισμός με τον οποίον στρέφεται το ηλεκτροϋδραυλικό πηδάλιο είναι, παλινδρομικός, εμβολοφόρος ή περιστροφικός.

- **Παλινδρομικοί:** Αποτελείται από δύο κυλίνδρους με ένα ή δύο έμβολα βυθίσεως. Μέσα σ' αυτά επενεργεί η αναρρόφηση και η κατάθλιψη της αντλίας του μηχανήματος πηδαλίου και η ενέργεια αυτή έχει σαν αποτέλεσμα, την μετακίνηση των εμβόλων. Η μετακίνηση αυτή μέσω βραχίωνων ή ζυγώματος μεταδίδεται στο κορμό του πηδαλίου και το περιστρέφει.
- **Περιστροφικοί:** Αποτελείται από κυλινδρικούς δακτυλιοειδή τομείς, μέσα στους οποίους βρίσκονται πτερύγια που επέχουν θέση εμβόλων. Αυτά μετακινούνται γωνιακά ή περιστρέφονται λόγω της ενέργειας αναρροφήσεως και καταθλίψεως που ασκεί η αντλία του μηχανήματος πηδαλίου. Οπότε αυτός ο τύπος καλείται «με περιστροφικά πτερύγια».

## **2.2 Ηλεκτροϋδραυλικό περιστροφικό πηδάλιο**

Ένας νέος τύπος ηλεκτροϋδραυλικού πηδαλίου, που βρήκε εφαρμογή στα εμπορικά πλοία, είναι τα ηλεκτροϋδραυλικά πηδάλια με περιστρεφόμενα πτερύγια, κοινώς και ως A.E.G.

Η λειτουργία του στηρίζεται στις βασικές αρχές του υδραυλικού πηδαλίου με έμβολα βυθίσεως. Η διαφοροποίηση μεταξύ των δύο τύπων πηδαλίου, είναι ότι στο A.E.G. η υδραυλική πίεση, που δημιουργεί το σύστημα μέσω των αντλιών του, «δρα», επάνω σε περιστρεφόμενα πτερύγια, τα οποία βρίσκονται μέσα σε υδραυλικό κιβώτιο, όπου είναι συνδεδεμένος ο άξονας του πηδαλίου.

Και οι δύο αυτοί τύποι πηδαλίου, εργάζονται ικανοποιητικά και πληρούν τις προϋποθέσεις και τους κανονισμούς που προβλέπει η SOLAS - 60 για την ασφαλή πηδαλιούχηση ενός πλοίου.

Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει αυτός ο τύπος πηδαλίου είναι:

- Καταλαμβάνει μικρότερο όγκο σε συνάρτηση με το ηλεκτροϋδραυλικό σύστημα με τα έμβολα βυθίσεως.
- Έχει μικρότερο βάρος.
- Απλούστερο υδραυλικό σύστημα λειτουργίας.
- Απαιτεί περιορισμένη συντήρηση.
- Το A. E. G. έχει καλύτερο μηχανικό βάθρο απόδοσης, καθώς έχει περιορισμένο αριθμό μηχανικών στοιχείων για την λειτουργία τους.
- Απαιτεί ηλεκτροκινητήρες με μικρότερη ισχύ, καθώς η συνολική επιφάνεια των πτερυγίων είναι μεγαλύτερη, από την συνολική επιφάνεια των υδραυλικών εμβόλων, όπου επιδρά η υδραυλική πίεση για μια καθορισμένη ροπή.

## 2.3 Ηλεκτρικό πηδάλιο DONKIN-SCOTT κατά το σύστημα WARD-LEONARD

Αποτελείται από:

- Από την γεννήτρια παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος με τον κινητήρα της.
- Τον κινητήρα του πηδαλίου.
- Το παραλληλόγραμμο με τους οδοντωτούς τροχούς μετάδοσης κίνησης προς αυτό.
- Δύο ρεοστάτες.
- Το οιακοστρόφιο.

Ο κινητήρας του πηδαλίου δεν τροφοδοτείται αμέσως από την τροφοδότηση του πλοίου, αλλά μέσω ιδιαίτερης γεννήτριας. Αυτή αποτελείται από ζεύγος κινητήρα - γεννήτριας που βρίσκεται στο διαμέρισμα του πηδαλίου.

Ο κινητήρας του ζεύγους τροφοδοτείται από την τάση του πλοίου.

Στις ηλεκτρικές συνδέσεις μεταξύ γεννήτριας και κινητήρα πηδαλίου δεν παρεμβάλλονται διακόπτες. Όπως αναφέρεται παρακάτω υπάρχουν δύο όμοιοι ρεοστάτες και δύο άξονες με σπείρωμα. Ο ένας άξονας συνδέεται με το οιακοστρόφιο και ο άλλος μέσω μειωτήρα οδοντωτών τροχών, συνδέεται μηχανικά με τον κινητήρα του πηδαλίου.

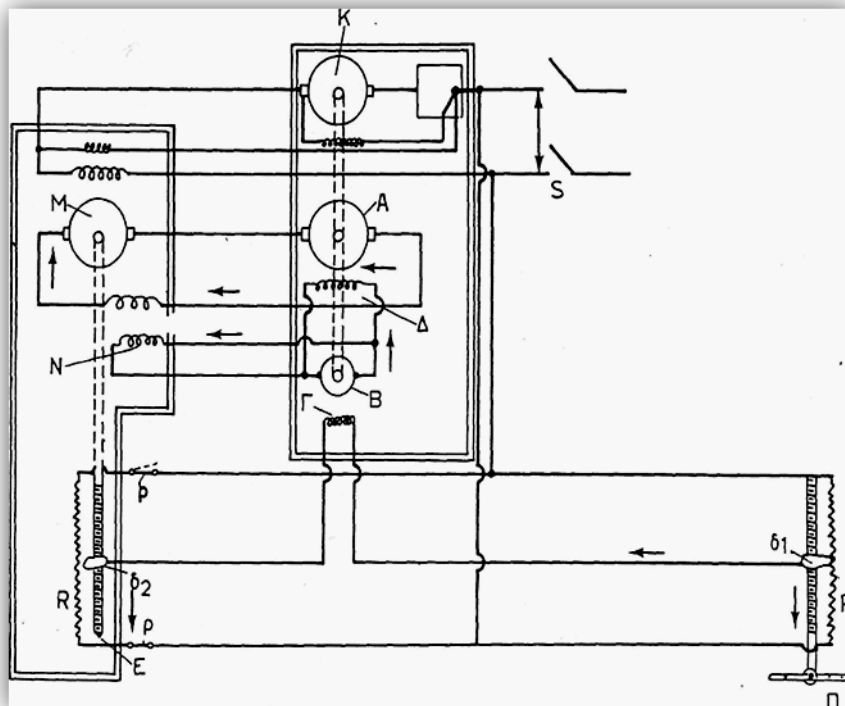
Οι δύο ρεοστάτες συνδέονται ηλεκτρικά σε γέφυρα Wheatstone. Ρεύμα μικρής τιμής διαρρέεται συνεχώς μέσω των ρεοστατών αλλά, εφόσον οι ολισθαίνουσες επαφές βρίσκονται στην αντίστοιχη θέση.

Αν το οιακοστρόφιο στραφεί, θα μετακινήσει την μία επαφή κατά την μία ή την άλλη κατεύθυνση, ρεύμα θα κυκλοφορήσει αντίστοιχα στη διέγερση. Έτσι διεγείρεται η γεννήτρια και αρχίζει να παρέχει ρεύμα στον κινητήρα στροφής του πηδαλίου.

Αυτός στρέφει το πηδάλιο και φέρει την ολισθαίνουσα επαφή του ρεοστάτη σε τέτοια θέση ώστε, όταν δημιουργηθεί ανταπόκριση γωνίας στροφής πηδαλίου, με την γωνία που δόθηκε στο οιακοστρόφιο, να σταματά η διέλευση ρεύματος μέσω της διέγερσης. Τότε η γεννήτρια δεν παράγει τάση και η γεννήτρια σταματά.



Κλείνοντας ο διακόπτης  $S$ , τίθεται σε λειτουργία ο κινητήρας  $K$  που στρέφει συγχρόνως την γεννήτρια  $A$  και την διεγέρτρια της  $B$ . Η γεννήτρια  $A$  δεν παράγει τάση άρα ο κινητήρας στροφής πηδαλίου  $N$  δεν στρέφεται. Αν θέλουμε να στρέψουμε το πηδάλιο, στρέφουμε το οιακοστρόφιο  $\Pi$ , και έτσι μετακινείται η επαφή  $\delta_1$  κατά την φορά του βέλους. Η ηλεκτρική ισορροπία του συστήματος καταστρέφεται και ρεύμα κατά την φορά του βέλους, θα κυκλοφορήσει μέσω της διεγέρσεως της διεγέρτριας  $B$ , η οποία παράγει αμέσως τάση, και ρεύμα κυκλοφορεί μέσω του πηνίου  $N$ . Από ρεύμα διαρρέει την διέγερση  $\Delta$  της κύριας γεννήτριας και αυτή παράγει τάση που είναι ανάλογη της στροφής του οιακοστρόφιου και τροφοδοτεί τον κινητήρα στροφής πηδαλίου  $M$ . Αυτός στρέφει το πηδάλιο με ταχύτητα ανάλογη προς την τάση τροφοδοτήσεως του, και ταυτόχρονα μετακινεί την επαφή  $\delta_2$  που έχει μηχανική σύνδεση κατά την φορά του βέλους. Μετακίνηση του οιακοστρόφιου κατά την αντίθετη φορά δημιουργεί με τον ίδιο ακριβώς τρόπο αντίθετης φοράς, ρεύματος με αποτέλεσμα την αντίθετη στροφή του πηδαλίου.



**Εικόνα 2.2 :** Σχεδιάγραμμα του ηλεκτρικού πηδαλίου DONKIN- SCOTT κατά το σύστημα WARD-LEONARD:

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

### ΑΤΜΟΚΙΝΗΤΟ ΠΗΔΑΛΙΟ ΠΛΟΙΟΥ

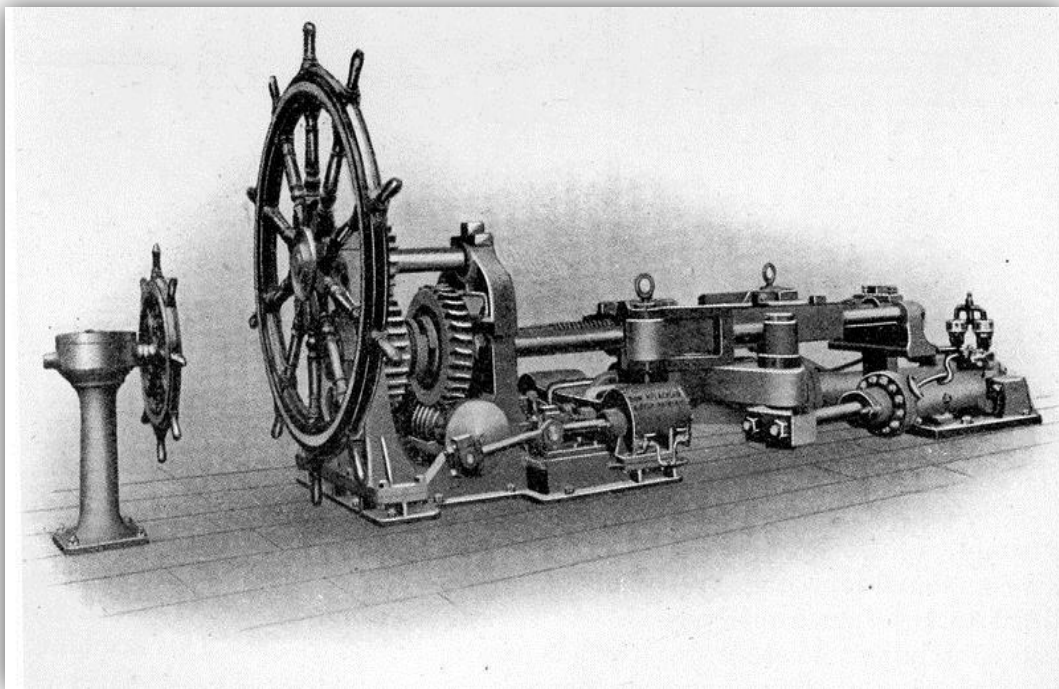
#### 3.1 Γενικά

Είναι κατά κανόνα δίκύλινδροι ατμομηχανή κατακόρυφη ή οριζόντιου τύπου με γωνία στροφάλων  $90^\circ$  για να είναι πάντοτε εξασφαλισμένη η κίνηση του.

Εκτός από τους κύριους ατμοσύρτες του, ανά ένας για κάθε κύλινδρο διαθέτει επίσης και άλλο ατμοσύρτη, το λεγόμενο «ρυθμιστικό ή διαφορικό συρτή». Μ' αυτόν επιτυγχάνεται η εκκίνηση, η λειτουργία, η κράτηση και η αναστροφή της φοράς περιστροφής του.

Αυτός ο ατμοσύρτης είναι το κύριο χαρακτηριστικό και το σπουδαιότερο εξάρτημα του ατμοκίνητου μηχανήματος.

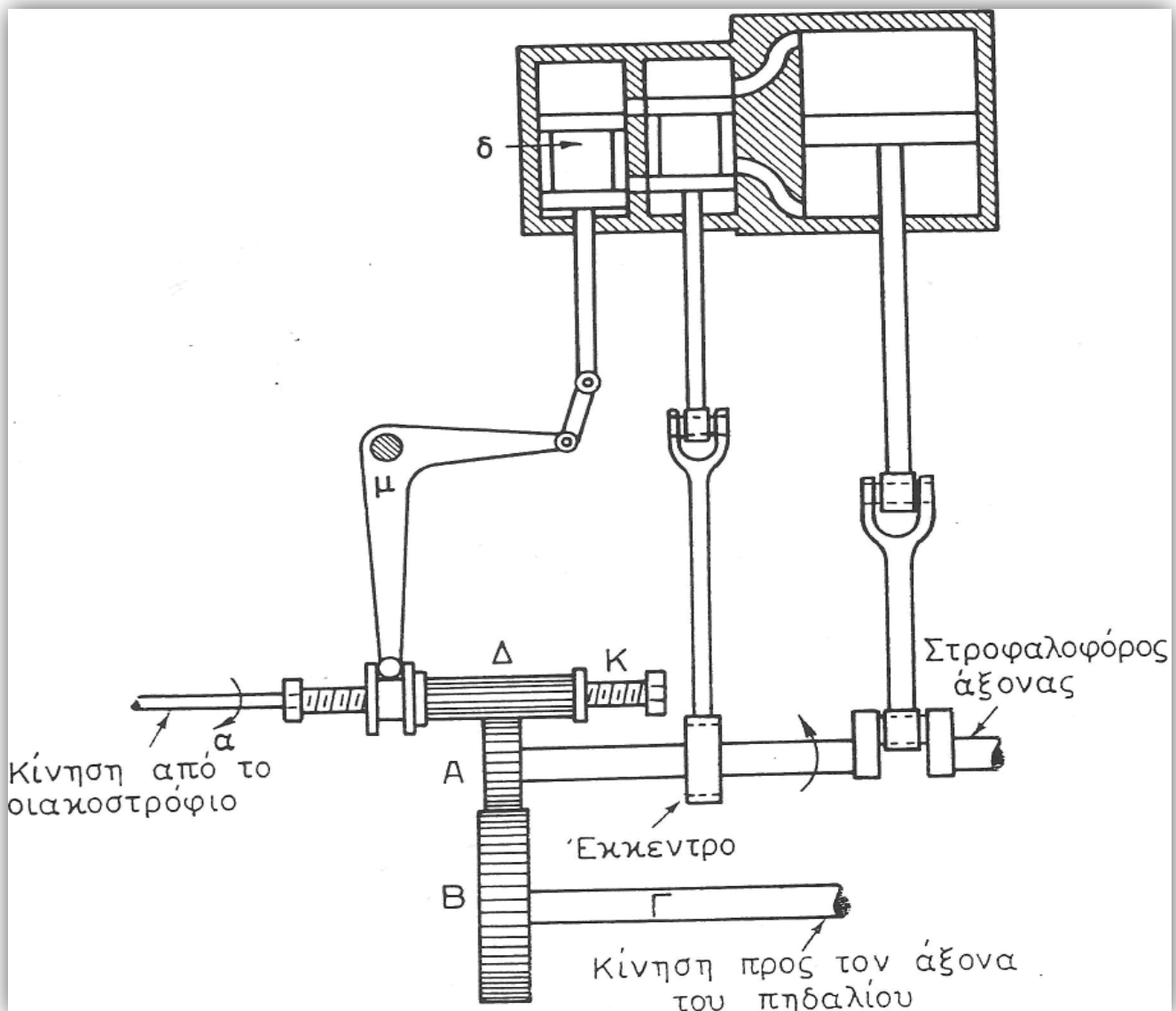
Η κίνηση του πηδαλίου μεταδίδεται στο ρυθμιστικό συρτή είτε μηχανικά, είτε υδραυλικά.



Εικόνα 3.1 : Ατμοκίνητο πηδάλιο

### 3.2 Αρχή λειτουργίας

Με την βοήθεια του παρακάτω σχήματος θα εξετάσουμε την αρχή στην οποία βασίζεται η λειτουργία του συστήματος.



Εικόνα 3.2 : Λειτουργία ατμοκίνητου πηδαλίου

Η κίνηση του άξονα Α από τον πηδαλιούχο μεταβιβάζεται μέσω του αγκωνωτού μοχλού Μ, προς τον διαφορετικό συρτή δ. Όταν αυτός βρίσκεται στην μέση του θέση, δεν επιτρέπει καμιά διέλευση ατμού προς τον ατμοσύρτη του κυλίνδρου. Όταν όμως μετακινηθεί από αυτή την θέση, διανέμει τον απλό έτσι, ώστε να κινηθεί ο στροφαλοφόρος άξονας του μηχανήματος.

Αυτός μέσω του τροχού Α κινεί τον οδοντωτό τροχό Β που με την σειρά του μεταδίδει την κίνηση του στον άξονα Γ από τον οποίο κινείται το πηδάλιο.

Ας θεωρήσουμε ότι ο πηδαλιούχος στρέφει το πηδάλιο κατά  $10^\circ$  δεξιά.

Με την κίνηση αυτή ο διαφορετικός συρτής α, κινείται από την μέση θέση του σε μια απλή θέση και θέλει σε λειτουργία το μηχανήμα.

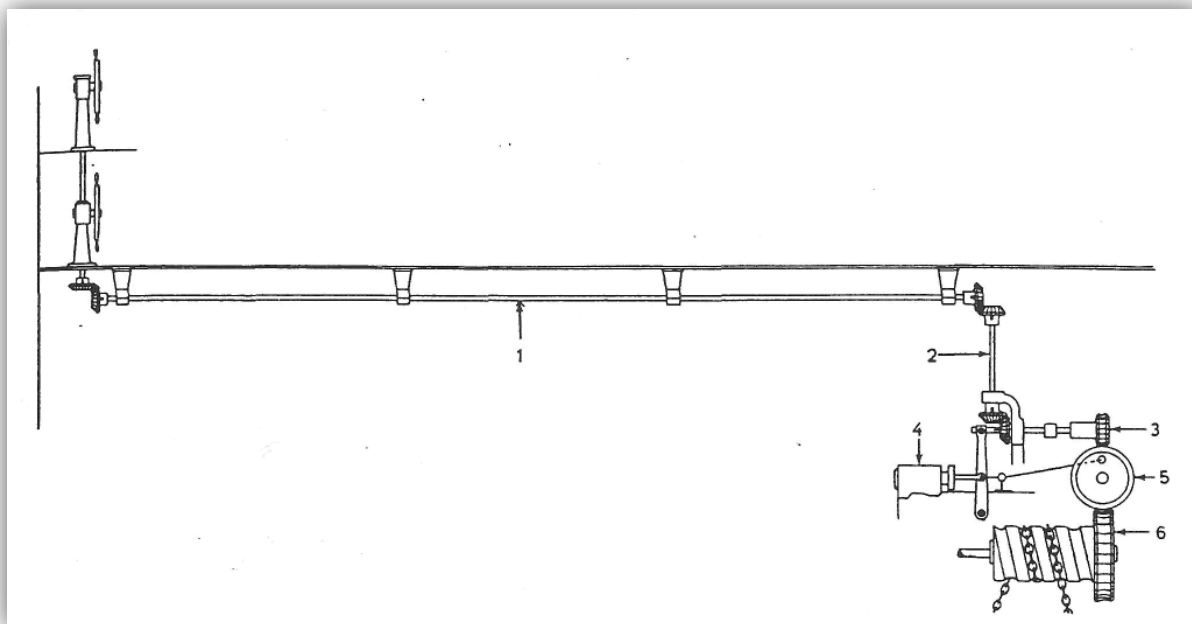
Με την βοήθεια του χιτωνίου Δ και τον κοχλία Κ, ο στροφαλοφόρος άξονας του μηχανήματος στρέφει το χιτώνιο Δ τόσο όσο το έστριψε ο πηδαλιούχος, αλλά με αντίθετη φορά περιστροφή, και έτσι με την ελάχιστη ή διαφορετική κίνηση που εκτελεί ο πηδαλιούχος στο διαφορετικό συρτή, το ίδιο το μηχανήμα τον επαναφέρει στη θέση του (μέση). Για αυτό ο συρτής ονομάζεται διαφορετικός.

### 3.3 Η ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΓΕΦΥΡΑ ΠΡΟΣ ΤΟ ΔΙΑΦΟΡΙΚΟ ΣΥΡΤΗ ΤΟΥ ΑΤΜΟΚΙΝΗΤΟΥ ΠΗΔΑΛΙΟΥ

#### Με μηχανική μετάδοση

Εικονίζεται στο παρακάτω σχήμα για δύο εναλλασσόμενες θέσεις χειρισμού από την άνω και κάτω γέφυρα.

#### Με την υδραυλική μετάδοση



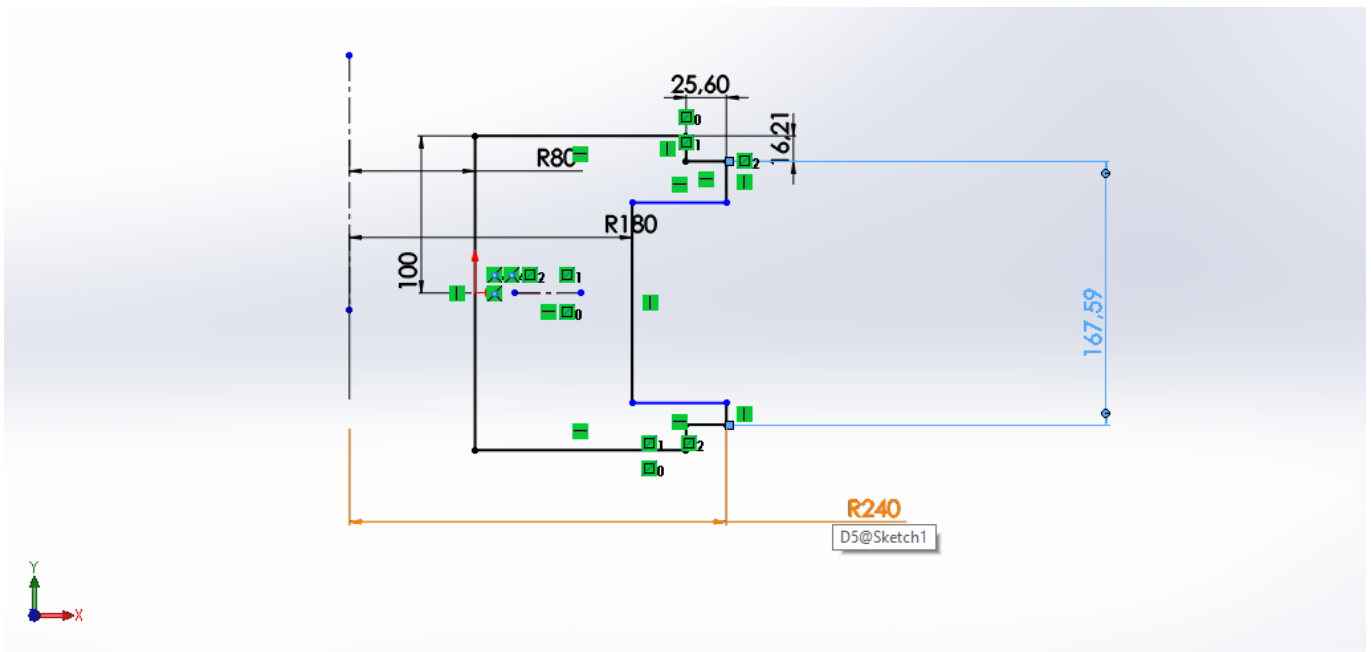
Το σύστημα είναι πολύ διαδεδομένο και απλό. Χρησιμοποιείται σε μεγαλύτερα σκάφη, όταν η απόσταση από την γέφυρα μέχρι το διαμέρισμα του πηδαλίου είναι μεγάλη και η μηχανική μετάδοση δυσχεραίνεται. Η κίνηση μεταδίδεται με υδραυλική ενέργεια και επικράτησε να ονομάζεται «υδραυλική τηλεκίνηση» και όλο το σύστημα «μετάδοση με τηλεκινήτηρα». Ως εργαζόμενη ουσία χρησιμοποιείται ειδικό λάδι ή αποσταγμένο νερό με γλυκερίνη 25% έως και 50% για ψυχρότητα κλίμακα. Η γλυκερίνη χρησιμοποιείται για τον υποβιβασμό του σημείο πήξεως του νερού.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup> -Β' ΜΕΡΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΤΜΟΚΙΝΗΤΟΥ ΠΗΔΑΛΙΟΥ

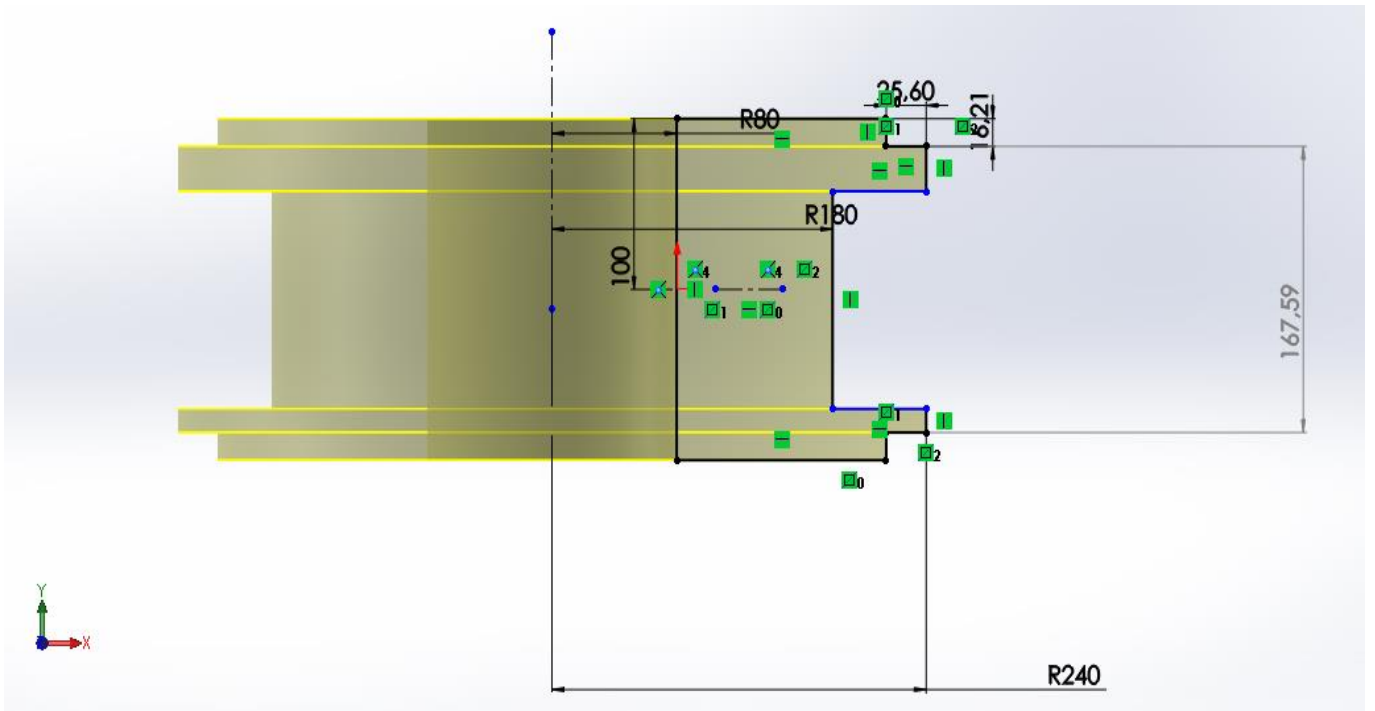
## ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΩΝ ΜΕΡΩΝ ΠΗΔΑΛΙΟΥ

Σε αυτό το κεφαλαίο θα παρουσιαστεί αναλυτικά ο σχεδιασμός των κομματιών του ατμοκίνητου πηδαλίου ενός πλοίου σε διάφορα πλάνα και τομές. Ο σχεδιασμός κάθε κομματιού αρχικά πραγματοποιείται σε δισδιάστατη μορφή και στην πορεία με την χρήση συγκεκριμένων εντολών γίνεται η μετατροπή σε τρισδιάστατη.

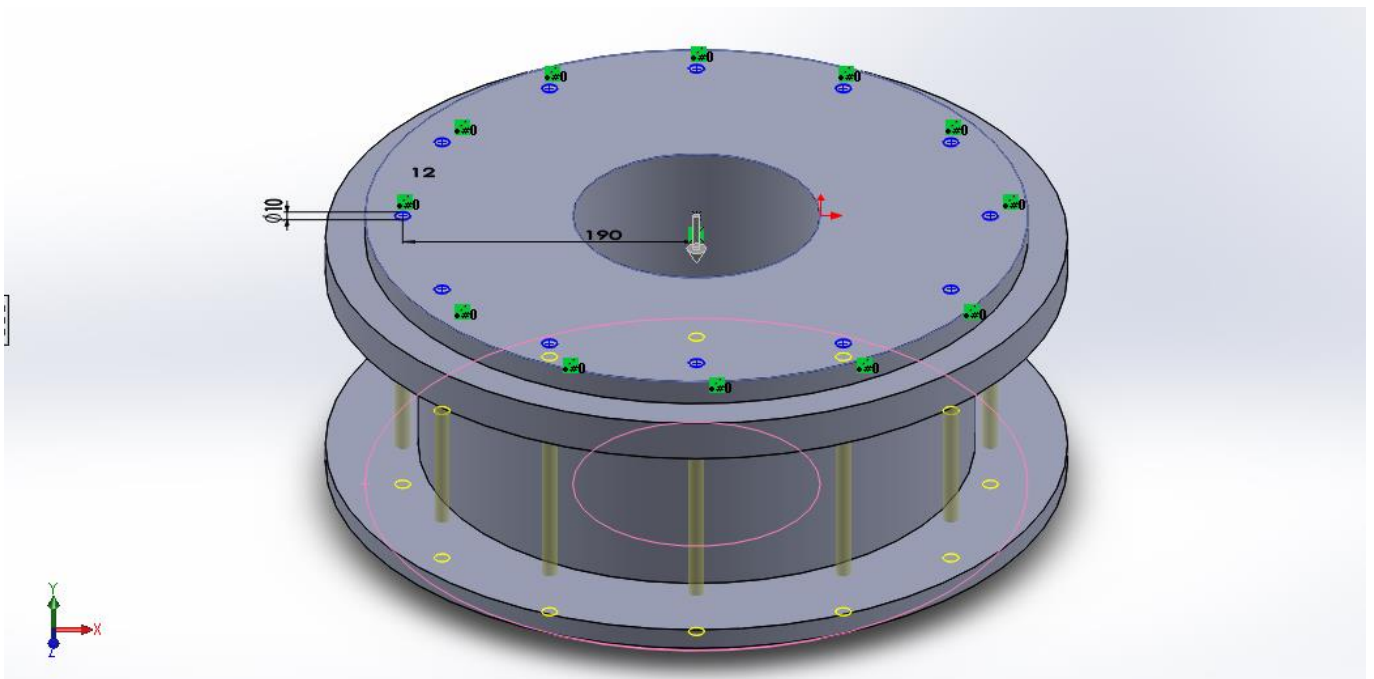
### 4.1 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ ΠΗΔΑΛΙΟΥ



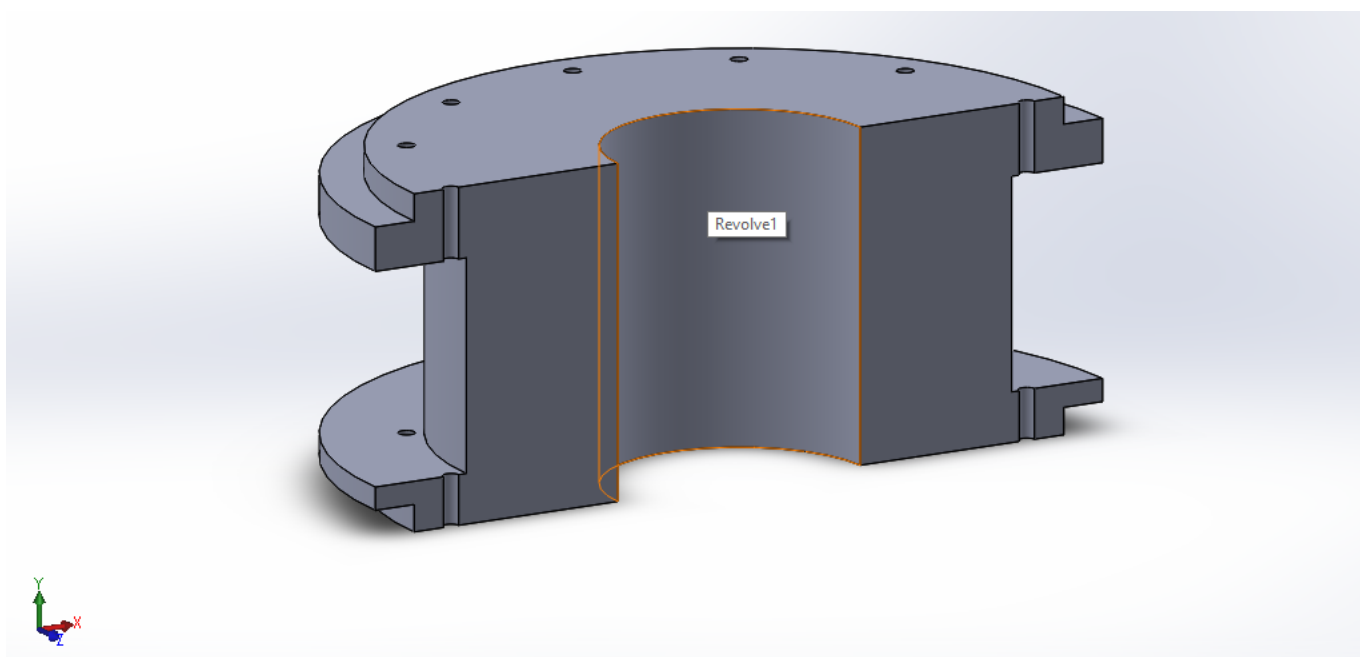
Εικόνα 4.1.1 : Σχεδιασμός και τοποθέτηση διαστάσεων κεντρικού κυλίνδρου



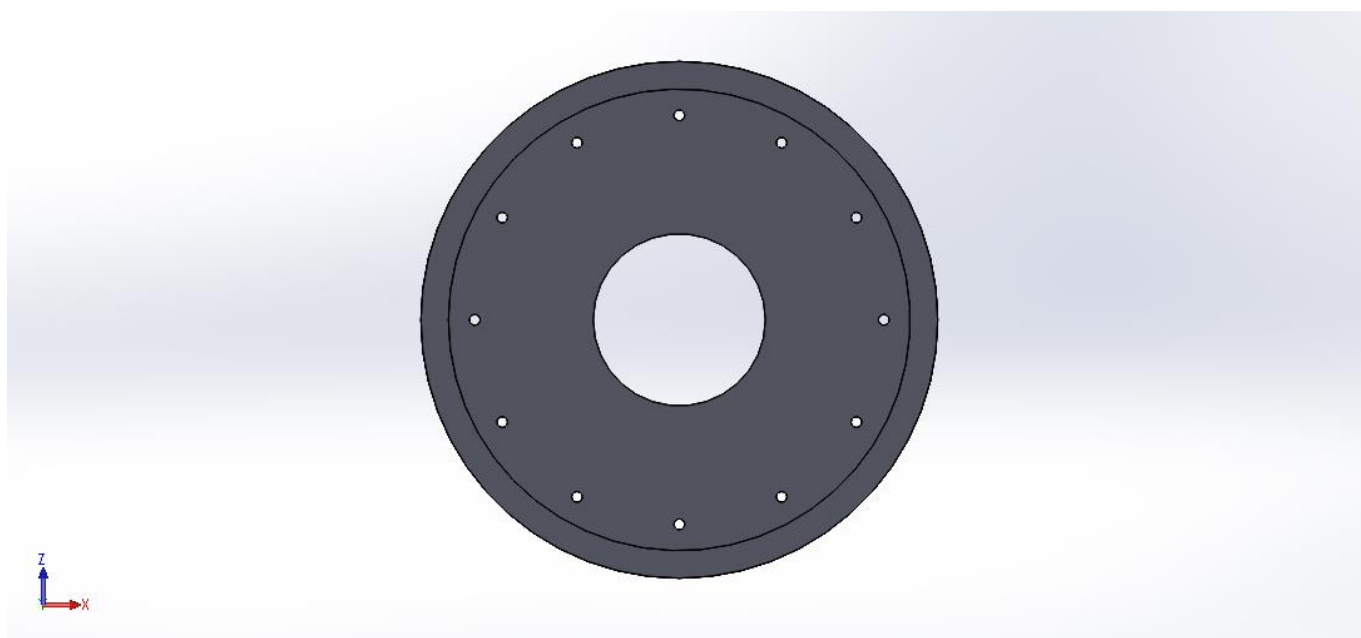
Εικόνα 4.1.2 : Εξώθηση δοκιμίου με την χρήση εντολής REVOLVED-BASE



Εικόνα 4.1.3 : Σχεδιασμός οπών με την χρήση εντολής CUT-EXTRUDE



**Εικόνα 4.1.4 :** Τομή κεντρικού κυλίνδρου σε πλάγια όψη

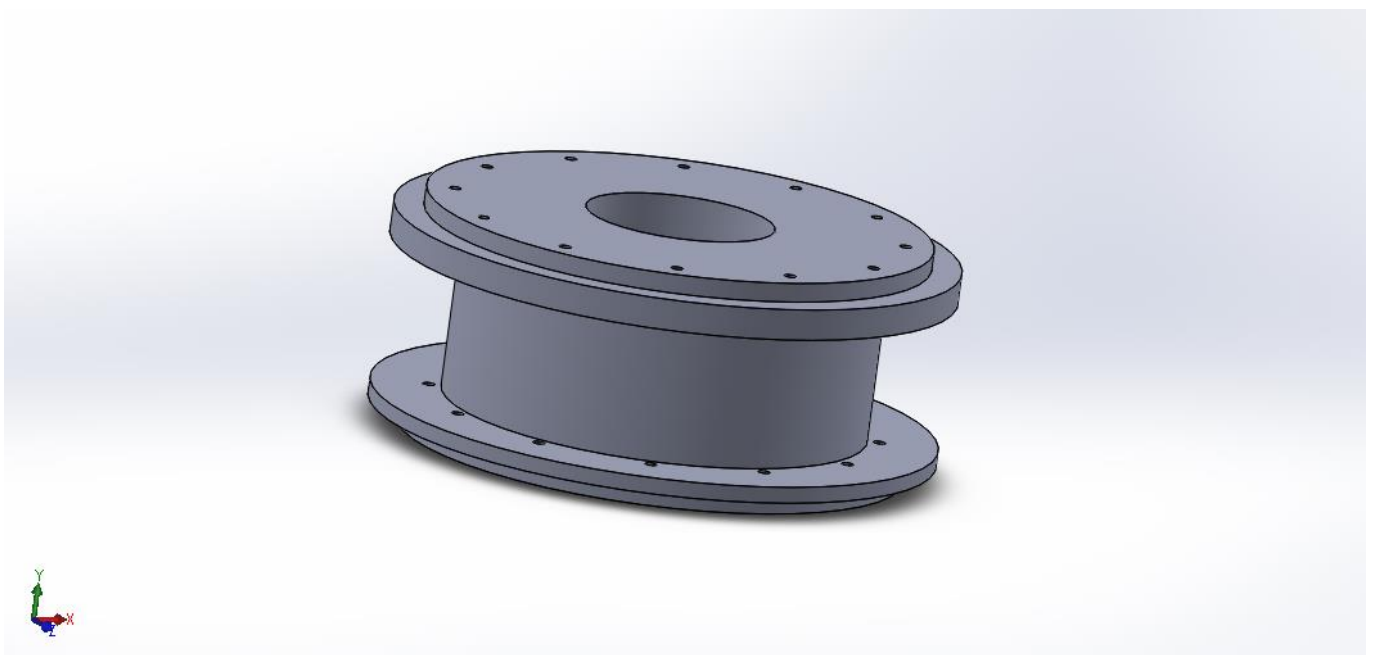


**Εικόνα 4.1.5 :** Κάτω όψη κεντρικού κυλίνδρου



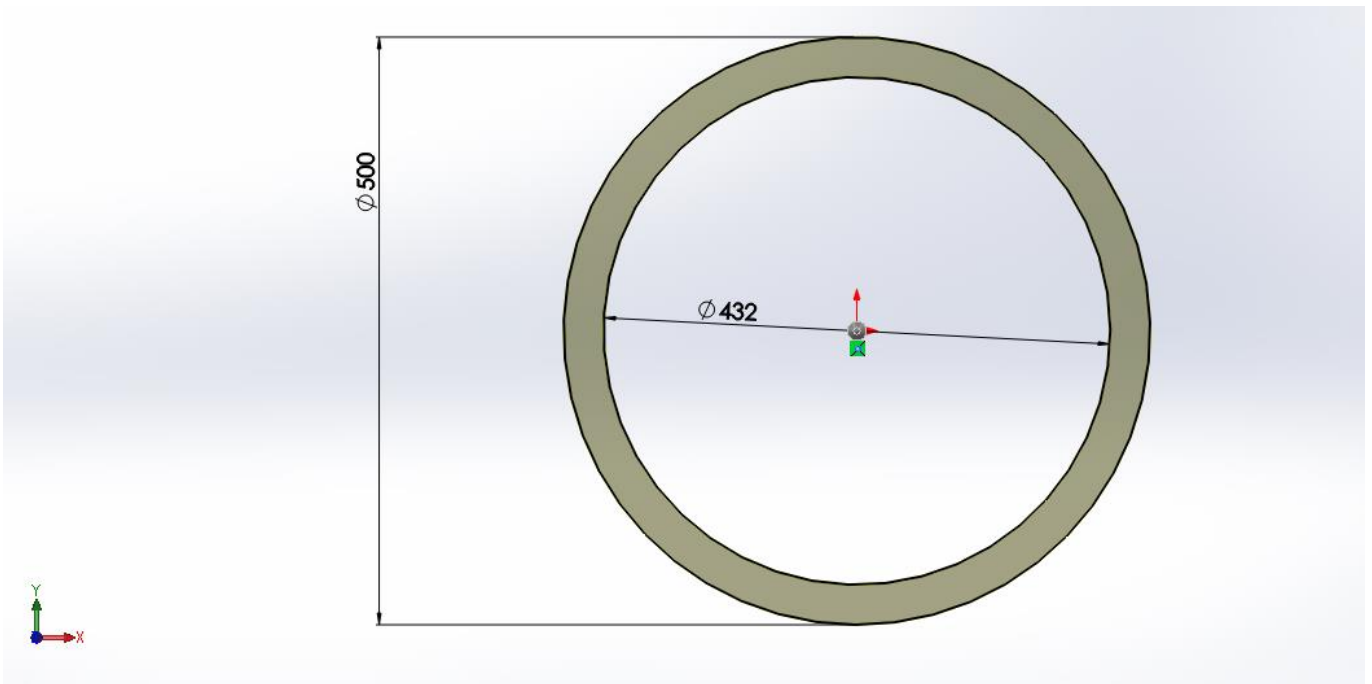


**Εικόνα 4.1.6 :** Πλάγια όψη κεντρικού κυλίνδρου

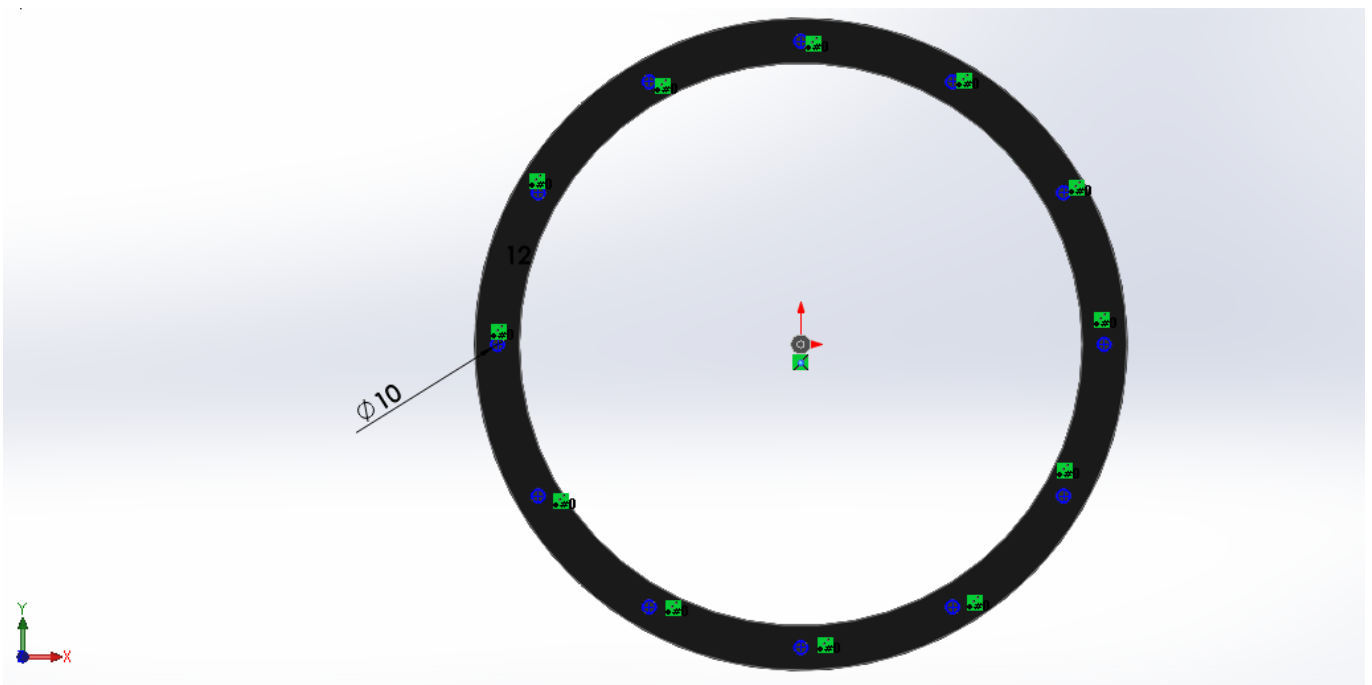


**Εικόνα 4.1.7 :** Τελειοποίηση κεντρικού κυλίνδρου

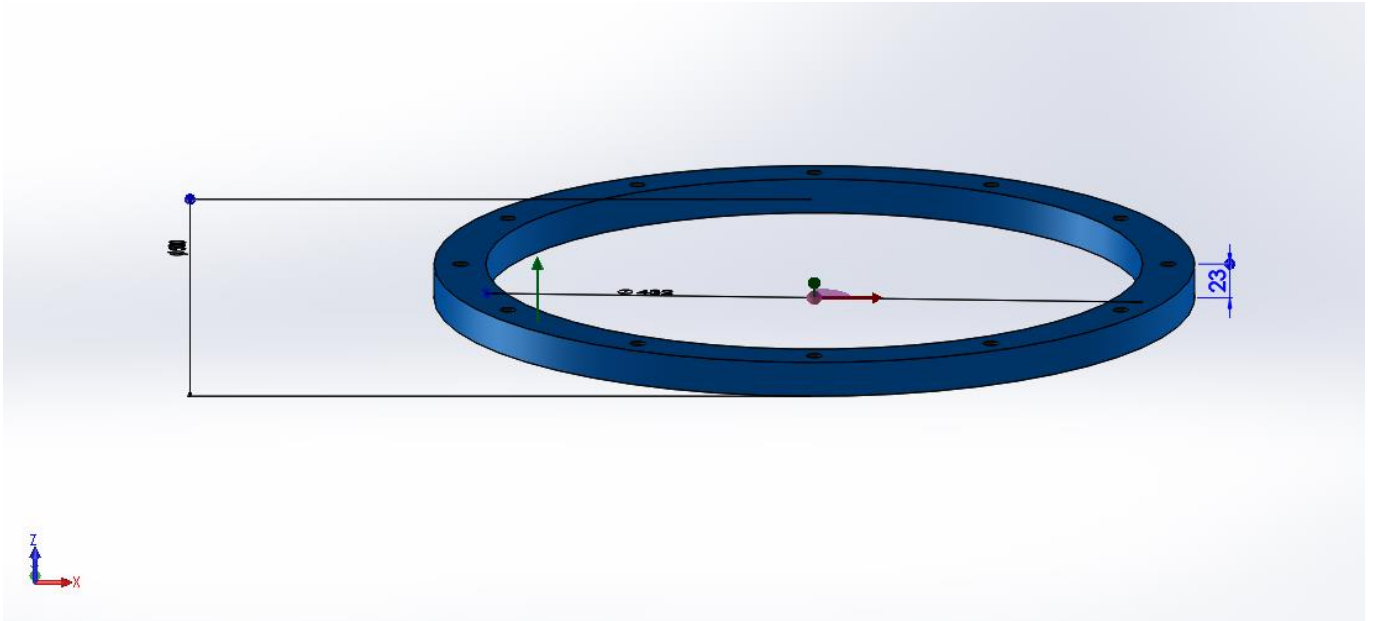
## 4.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΦΛΑΝΤΖΩΝ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ ΠΗΛΑΛΙΟΥ



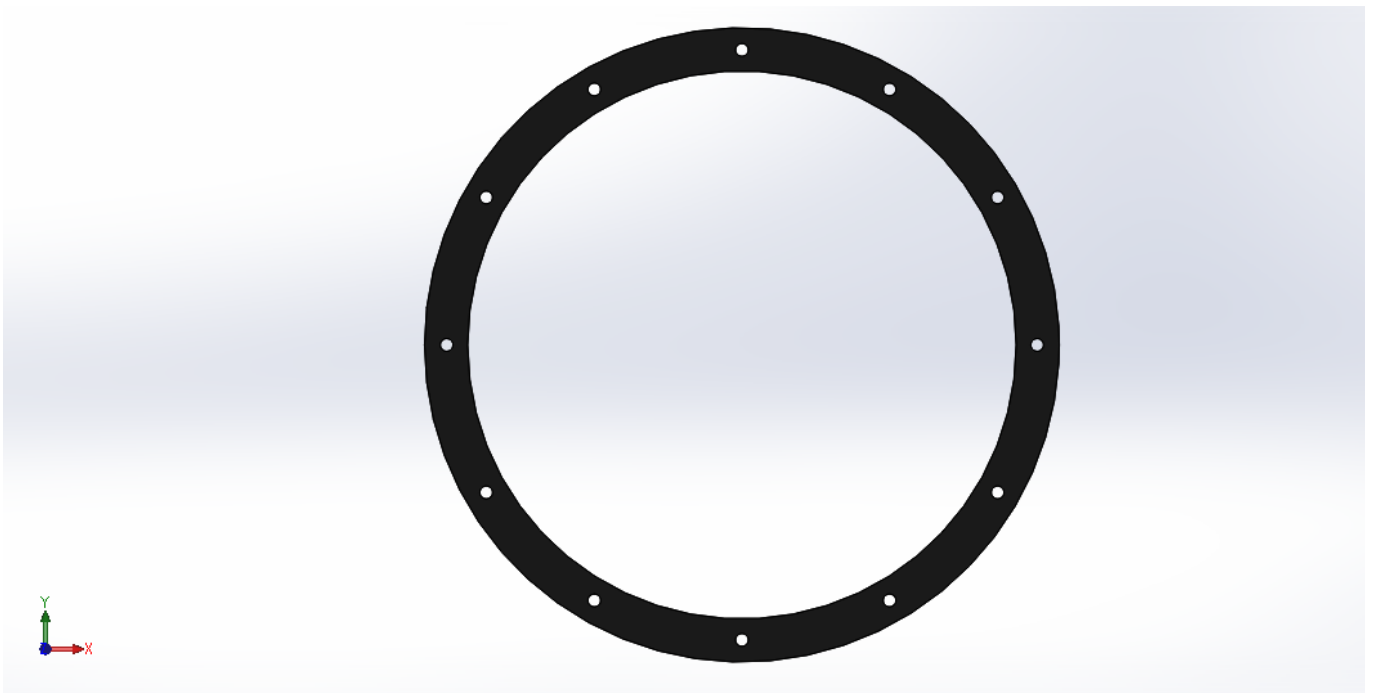
Εικόνα 4.2.1 : Σχεδιασμός και τοποθέτηση διαστάσεων φλάντζας



Εικόνα 4.2.2 : Κατασκευή σπών στο δακτυλίδι της φλάντζας με την χρήση εντολής CUT-EXTRUDE

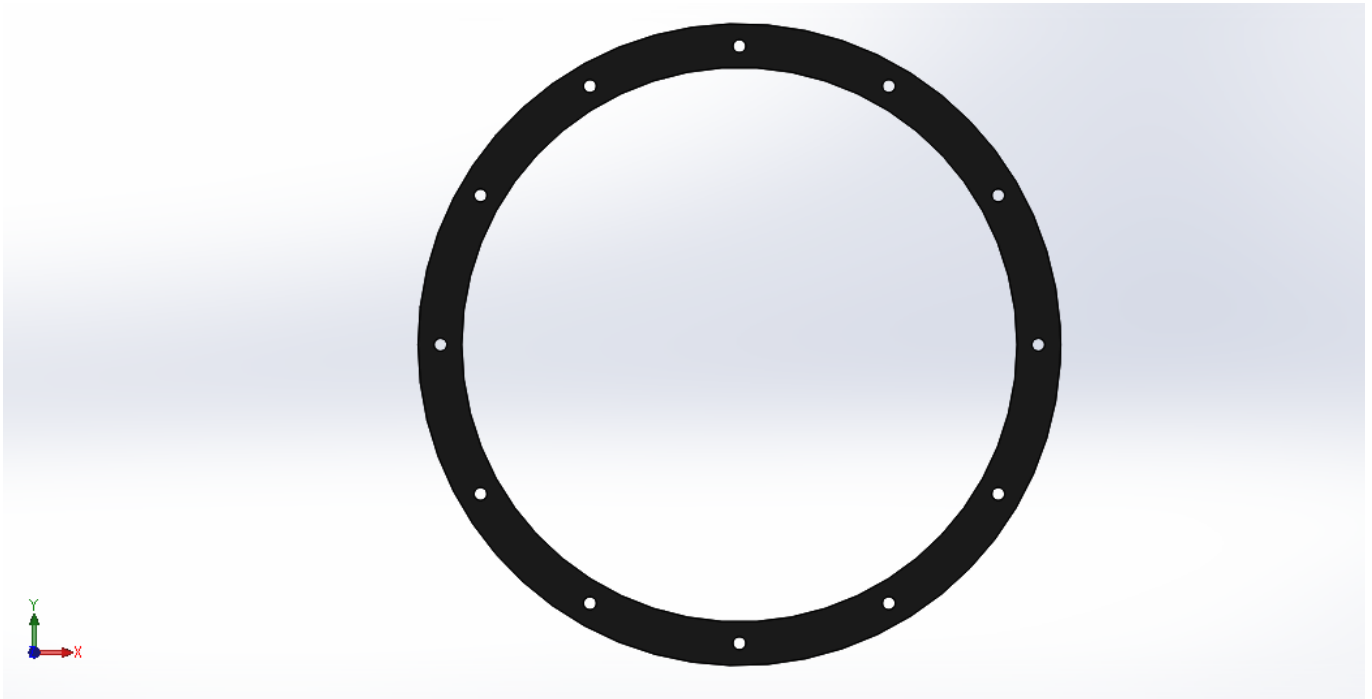


**Εικόνα 4.2.3 :** Εξώθηση δοκιμίου με την χρήση εντολής BOSS-EXTRUDE

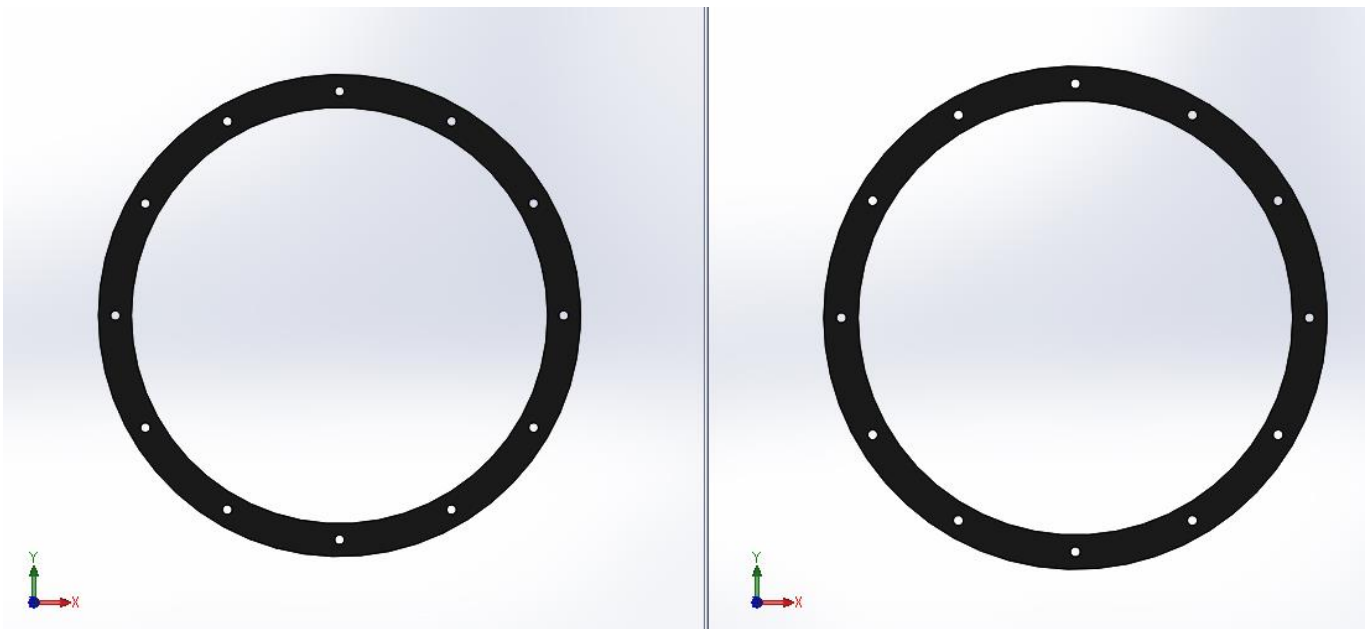


**Εικόνα 4.2.4 :** Τελειοποίηση φλάντζας

Η δημιουργία της δεύτερης φλάντζας πραγματοποιείται με την χρήση εντολής MIRROR, με αυτόν τον τρόπο προκύπτει ένα αντίγραφο της πρώτης φλάντζας.

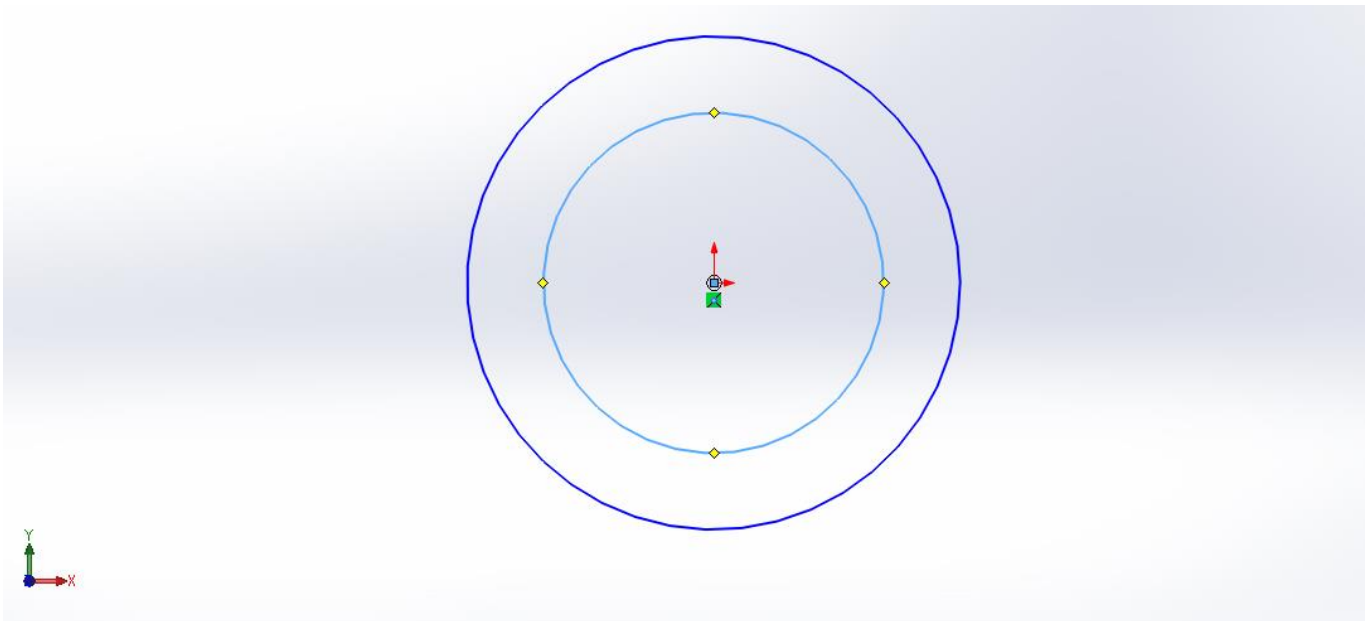


**Εικόνα 4.2.5 :** Κατασκευή δεύτερης φλάντζας με την χρήση εντολής MIRROR

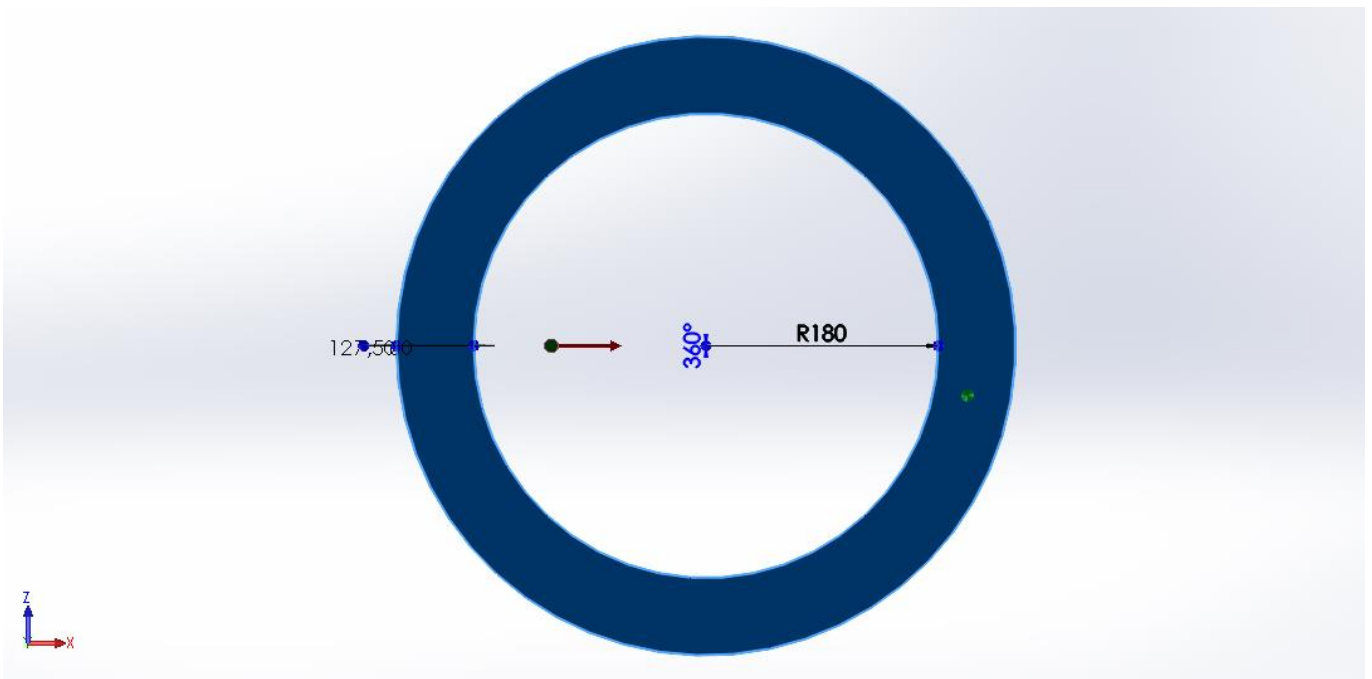


**Εικόνα 4.2.6 :** Εμπρόσθια όψη και των δύο φλαντζών

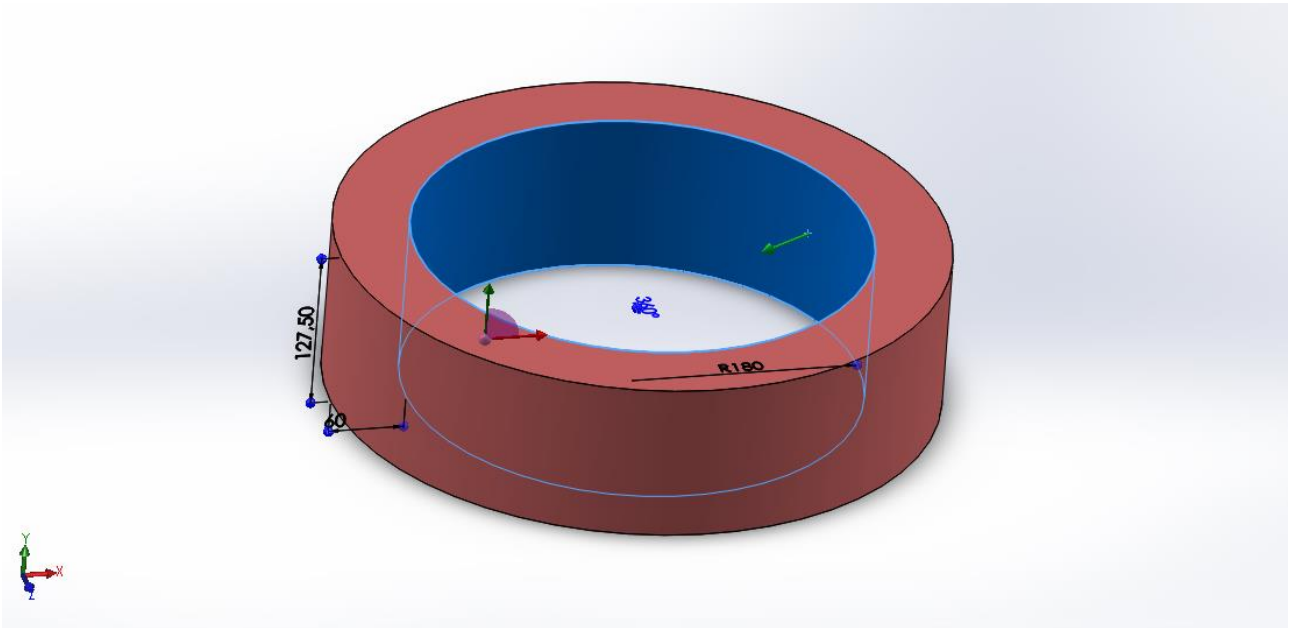
### 4.3 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΔΑΚΤΥΛΙΟΥ



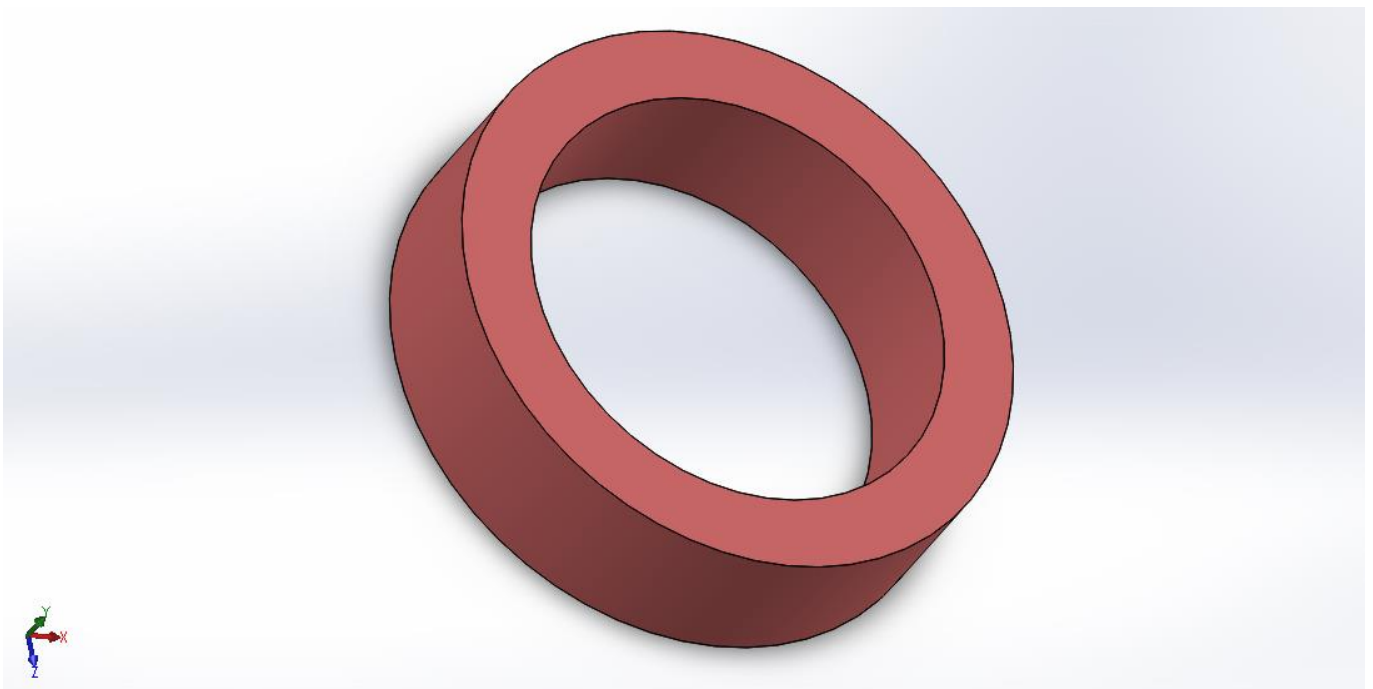
Εικόνα 4.3.1 : Σχεδιασμός δύο ομόκεντρων κύκλων



Εικόνα 4.3.2 : Σχεδιασμός και τοποθέτηση διαστάσεων δακτυλίου

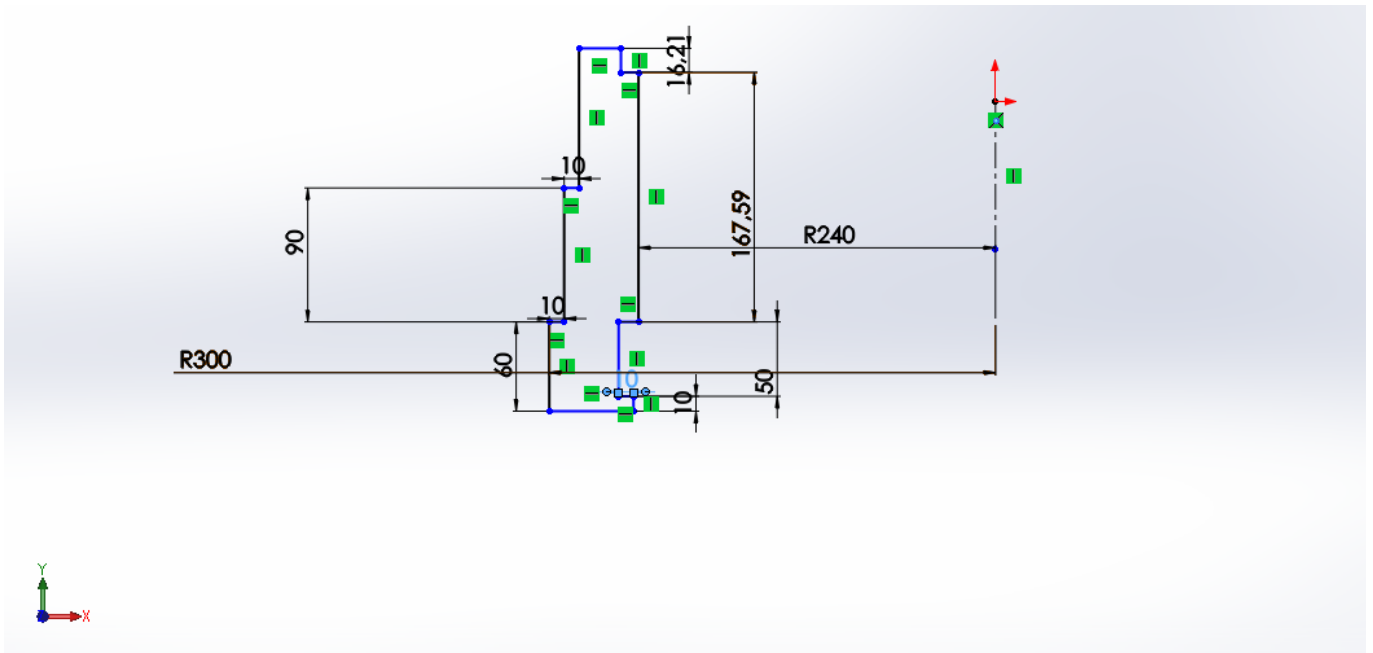


**Εικόνα 4.3.3 :** Εξώθηση δοκιμίου με την χρήση εντολής BOSS-EXTRUDE

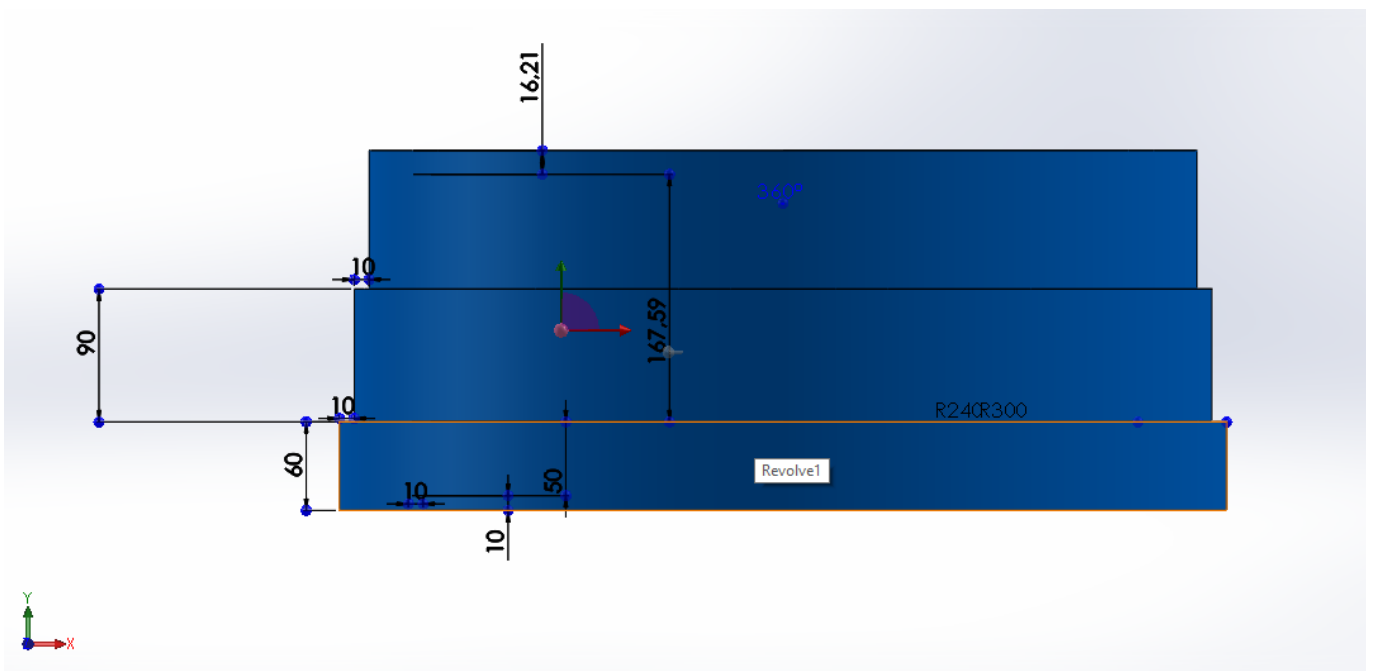


**Εικόνα 4.3.4 :** Τελειοποίηση εσωτερικού δακτυλίου

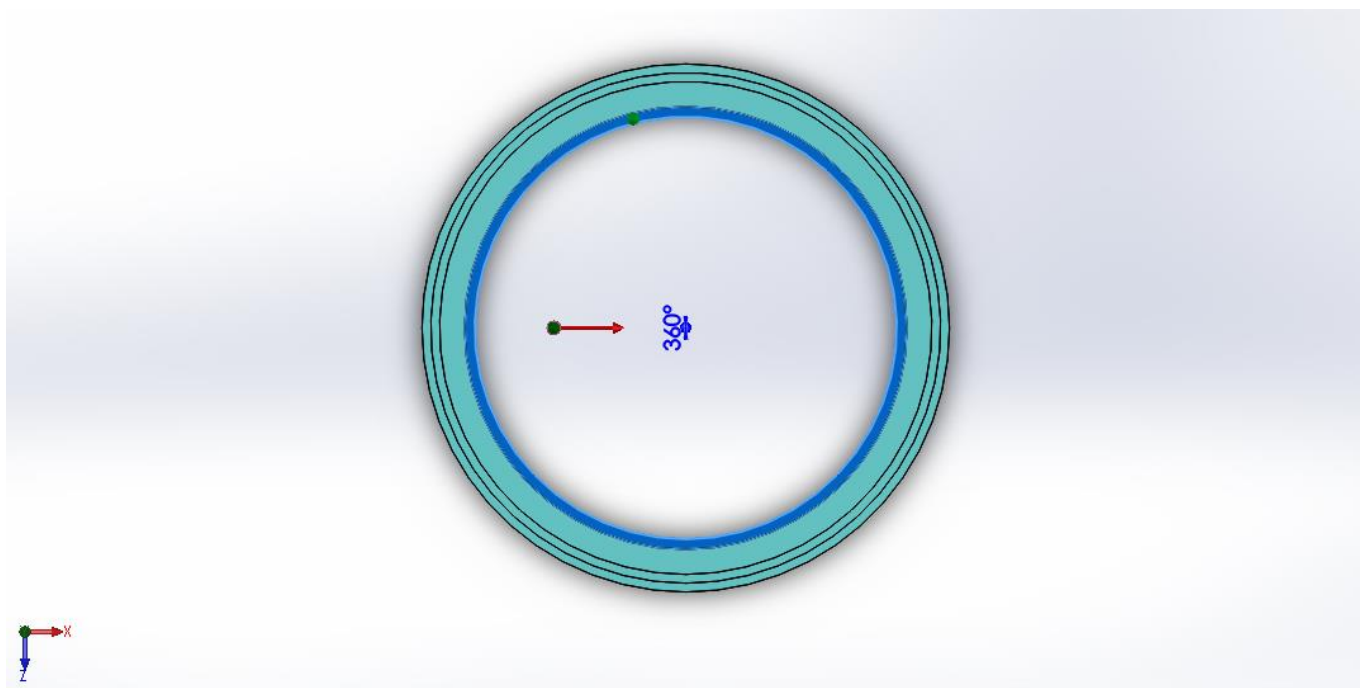
#### 4.4 : ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ ΒΑΣΕΩΣ



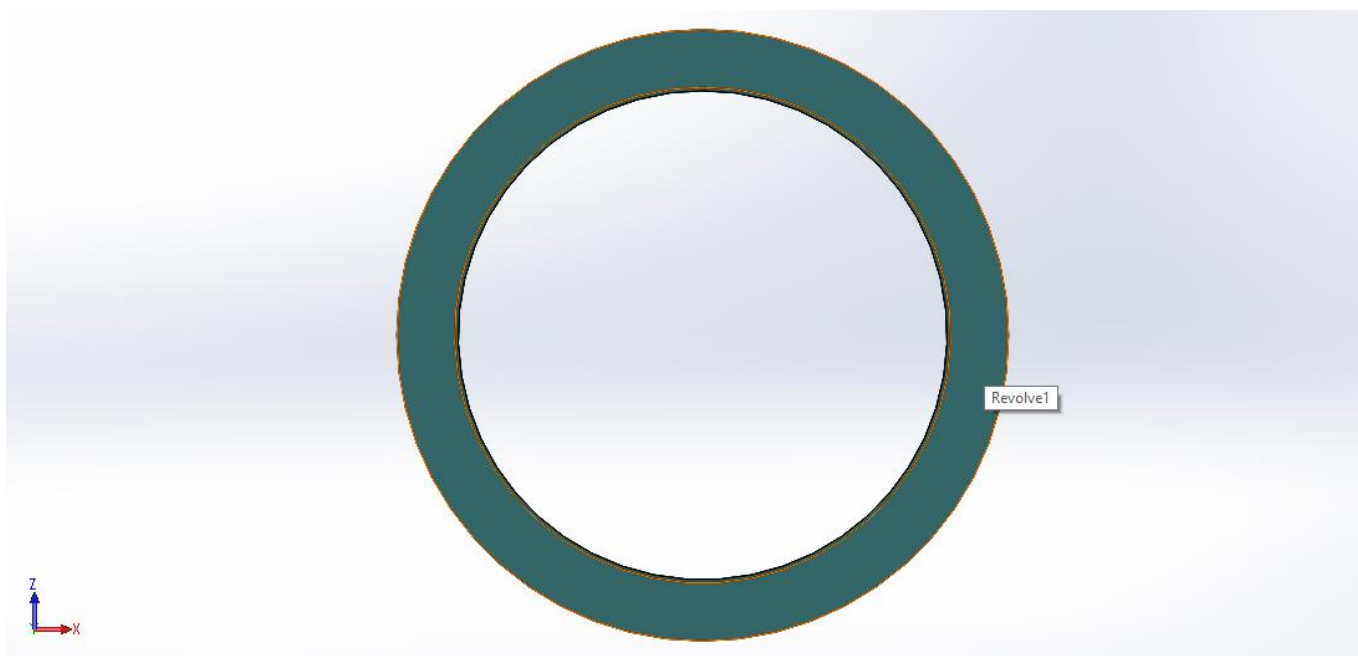
Εικόνα 4.4.1 : Σχεσιασμός και τοποθέτηση διαστάσεων κυλίνδρου βάσεως



Εικόνα 4.4.2 : Εξώθηση δοκιμίου με την χρήση εντολής REVOLVED-BASE

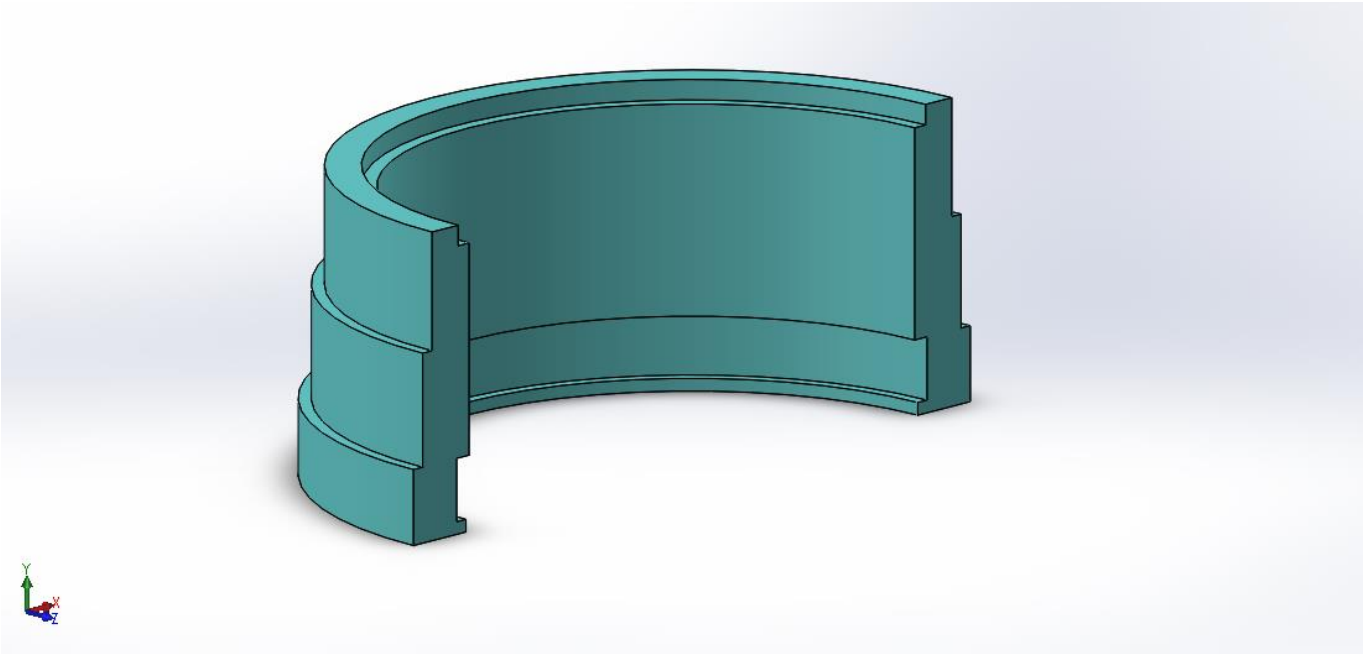


**Εικόνα 4.4.3 :** Άνω όψη κυλίνδρου βάσεως

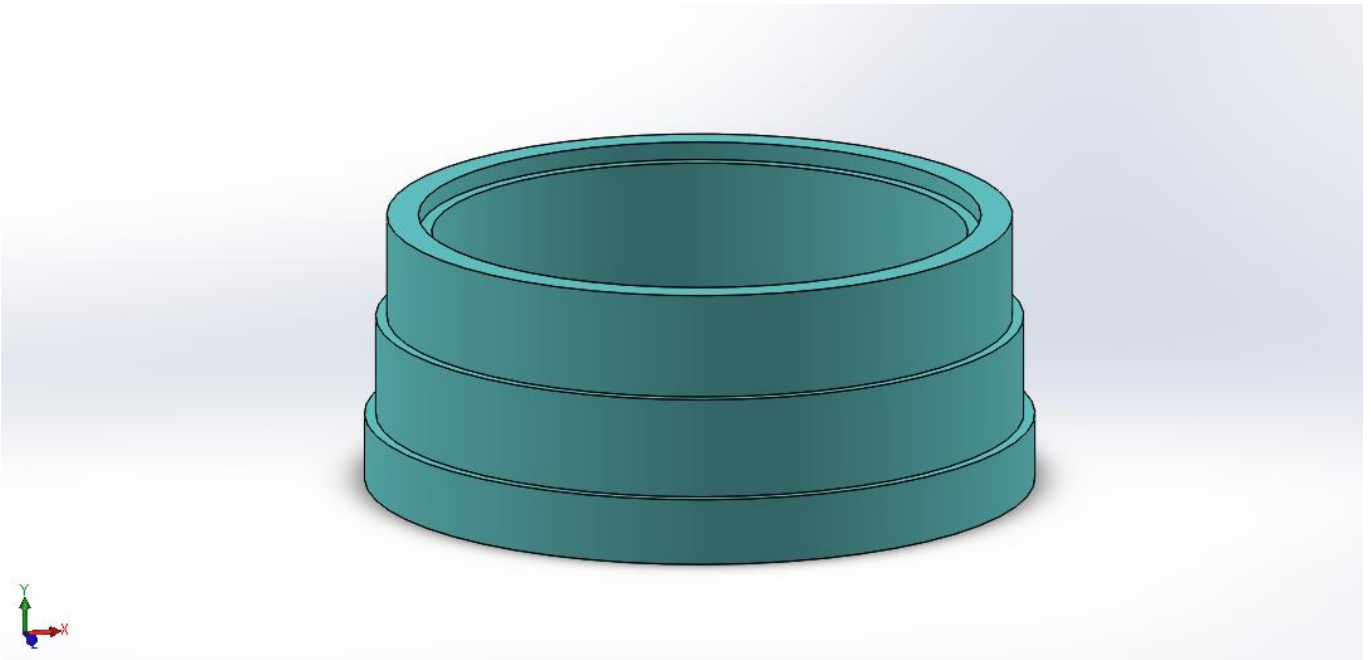


**Εικόνα 4.4.4 :** Κάτω όψη κυλίνδρου βάσεως



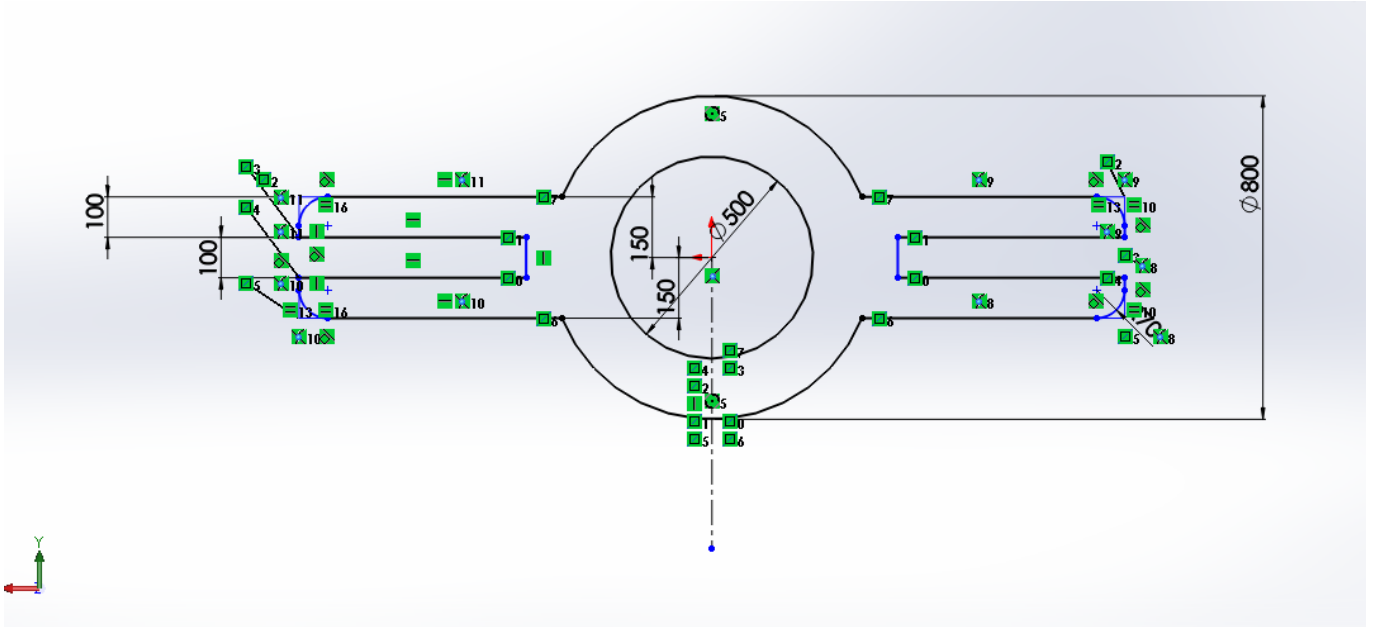


**Εικόνα 4.4.5 :** Τομή δοκιμίου σε πλάγια όψη

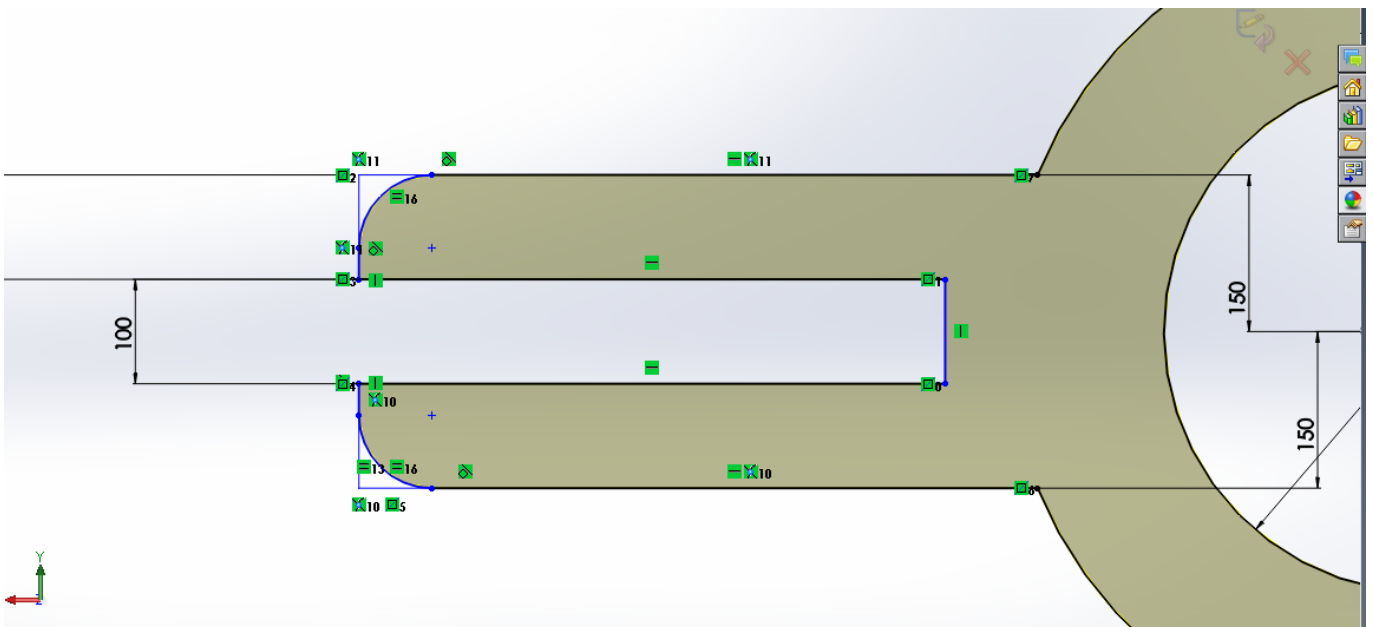


**Εικόνα 4.4.6 :** Τελειοποίηση κυλίνδρου βάσεως

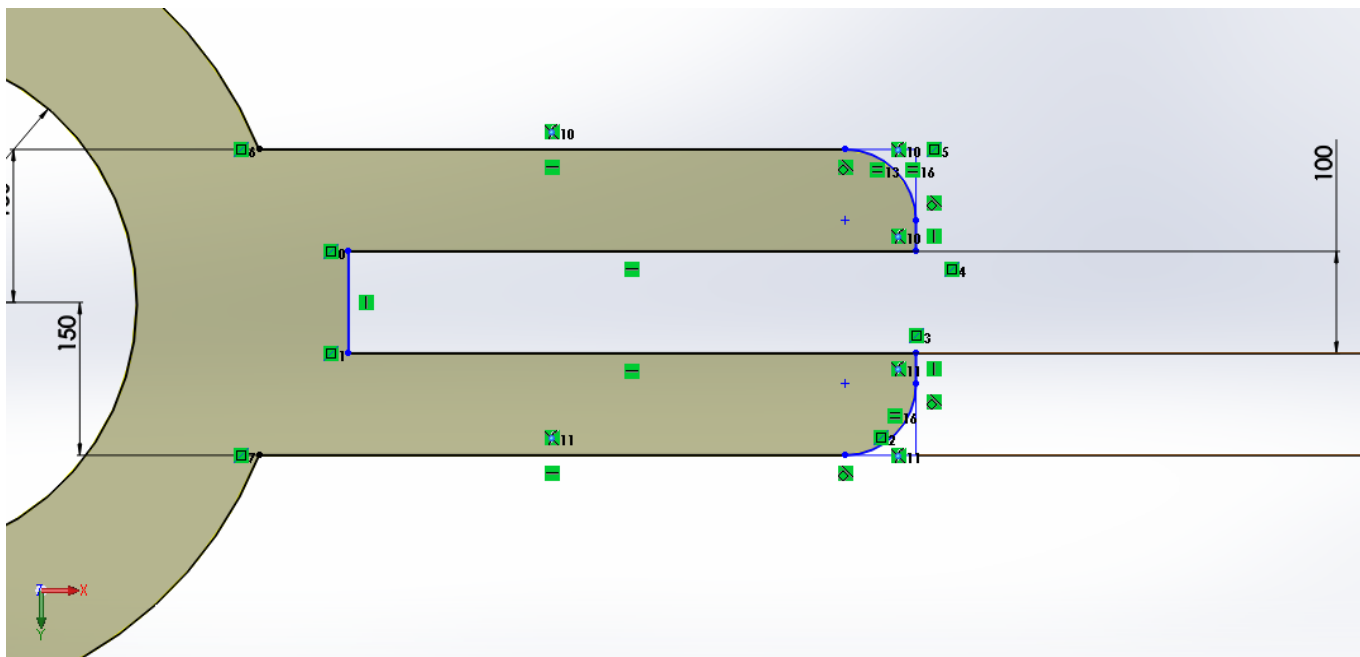
## 4.5 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΟΡΜΟΥ ΠΗΛΑΛΙΟΥ



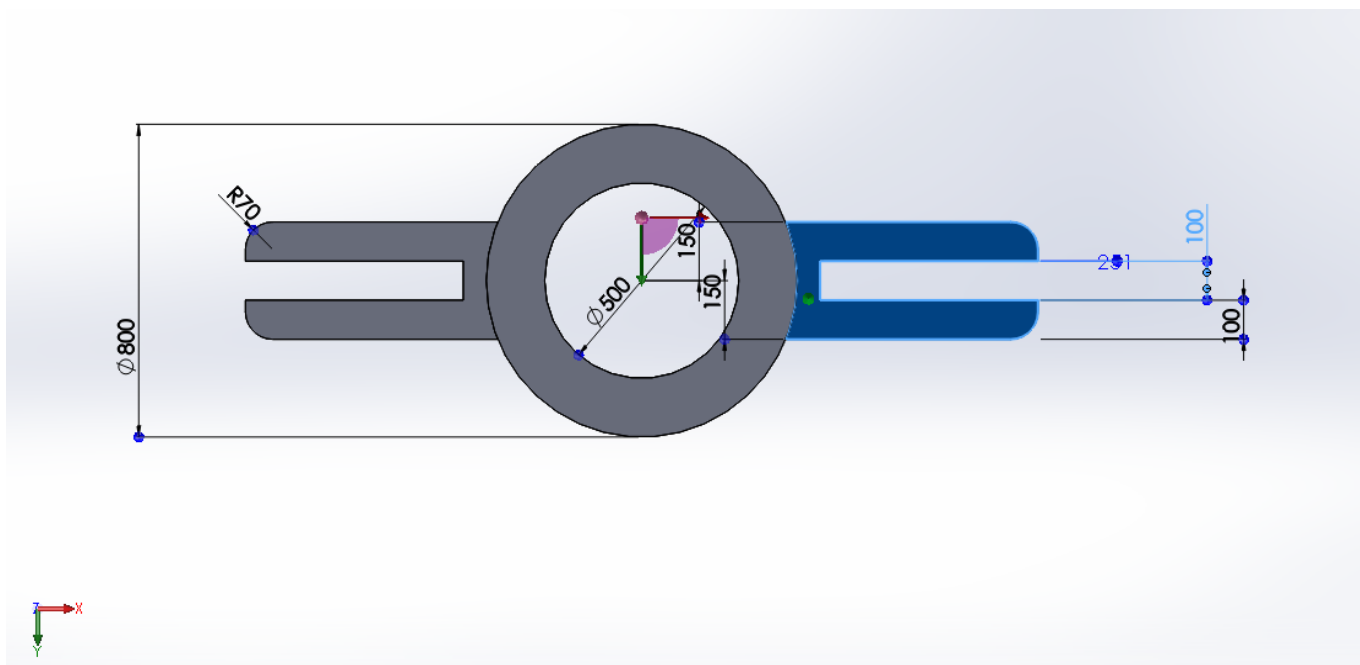
Εικόνα 4.5.1 : Σχεδιασμός και τοποθέτηση διαστάσεων δοκιμίου



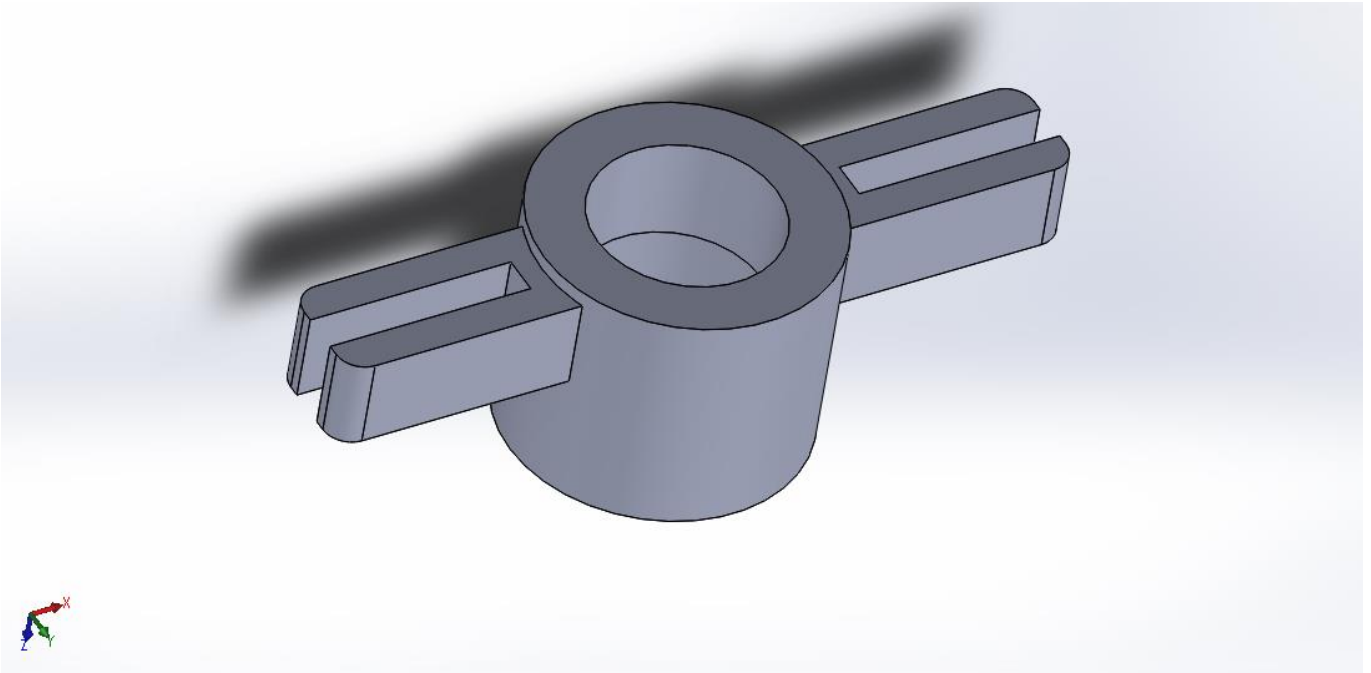
Εικόνα 4.5.2 : Δημιουργία καμπυλότητας στην αριστερή πλευρά με την χρήση εντολής SKETCH FILLET



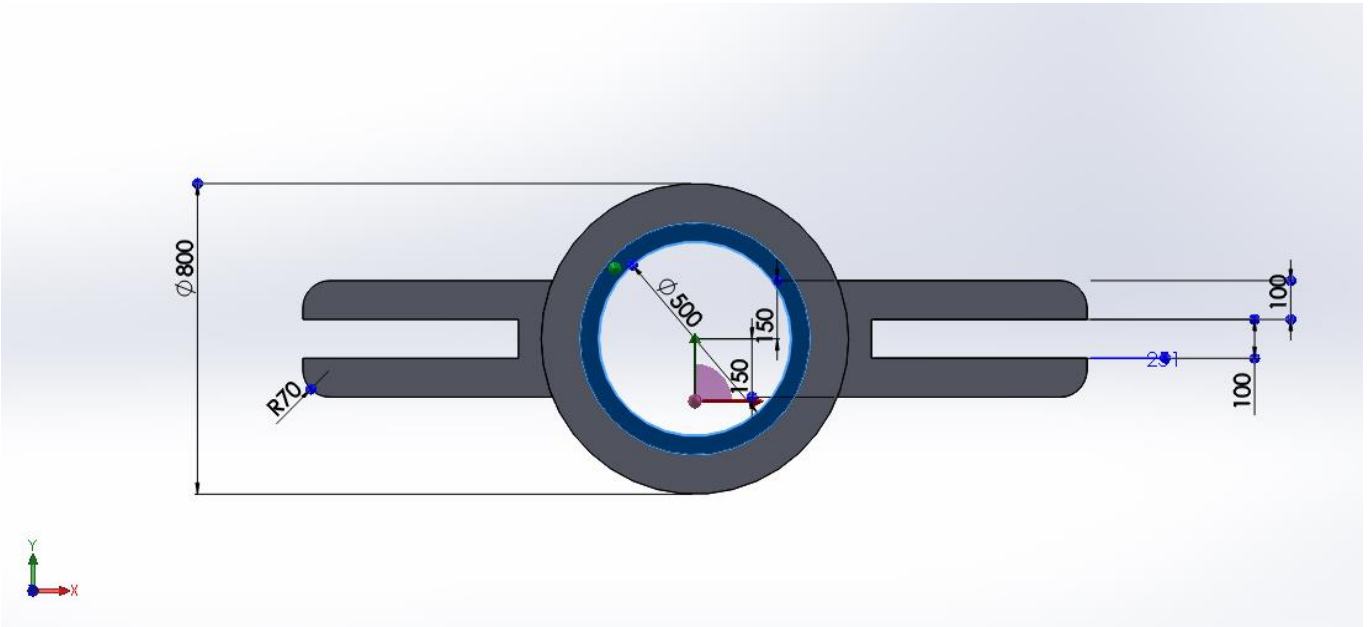
Εικόνα 4.5.3 : Δημιουργία καμπλότητας στην δεξιά πλευρά με την χρήση εντολής SKETCH FILLET



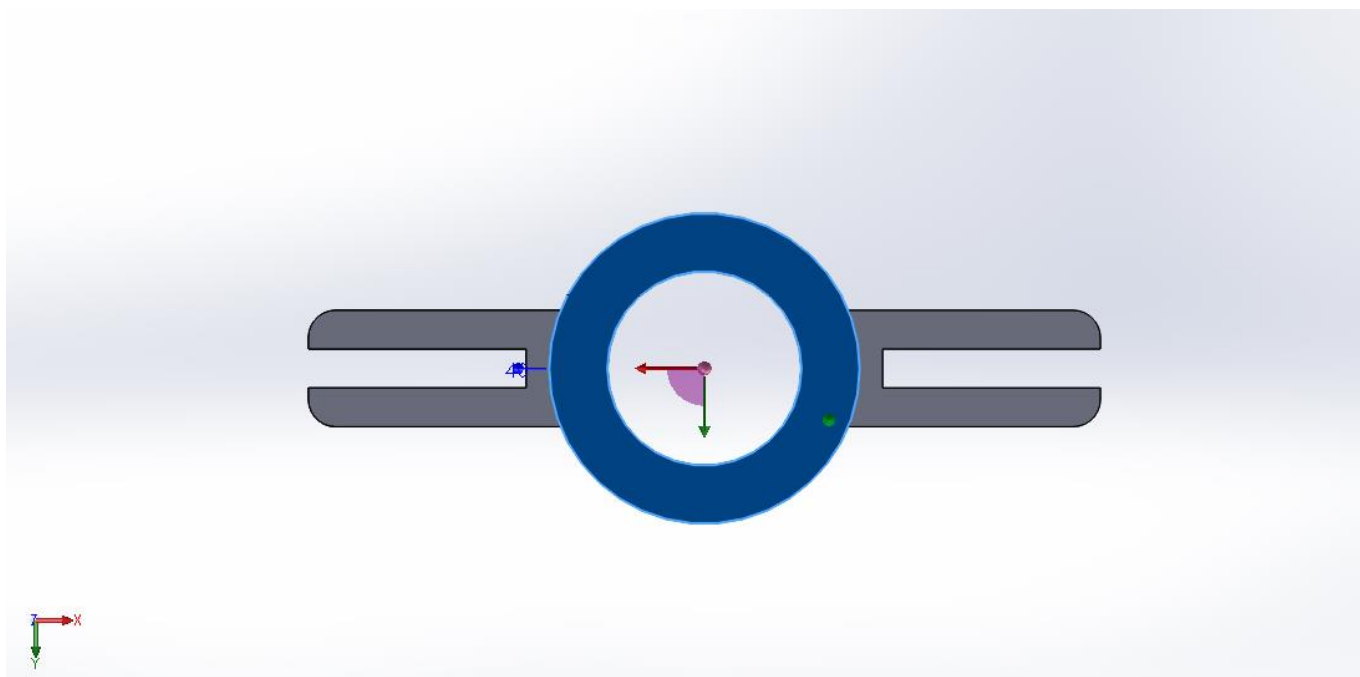
Εικόνα 4.5.4 : Τελειοποίηση καμπλότητας



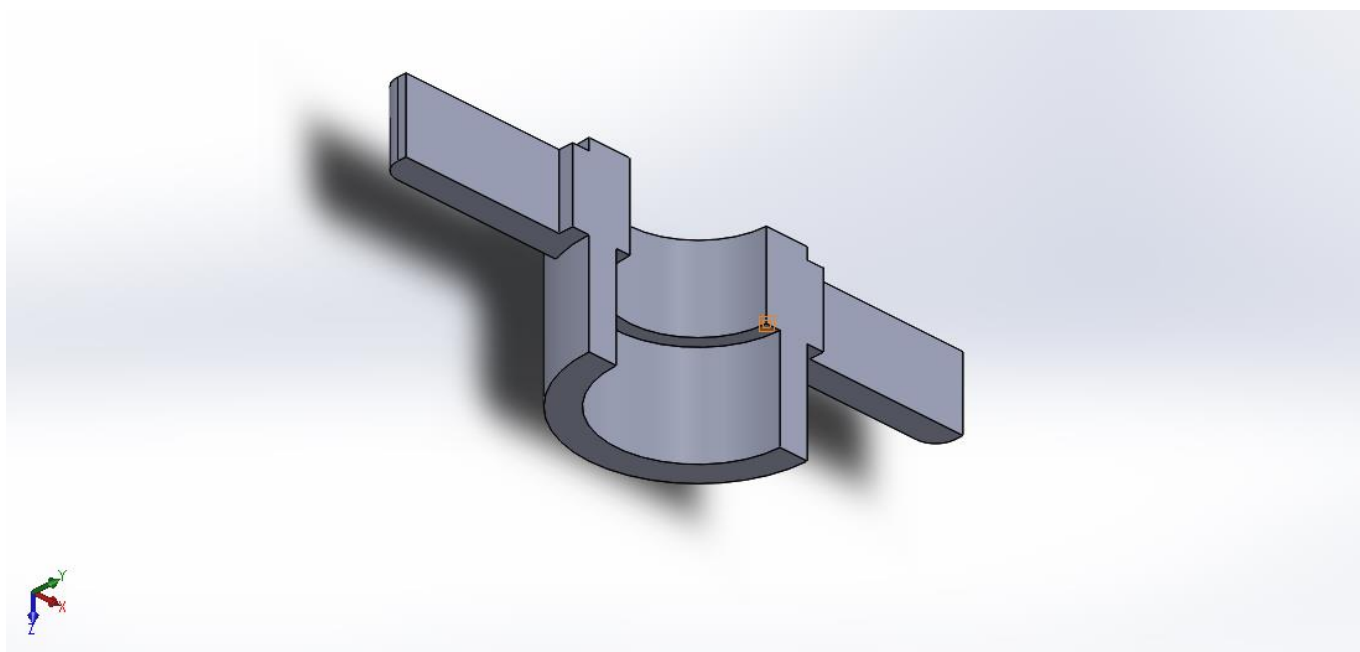
Εικόνα 4.5.5 : Εξώθηση δοκιμίου με τη χρήση εντολής BOSS-EXTRUDE



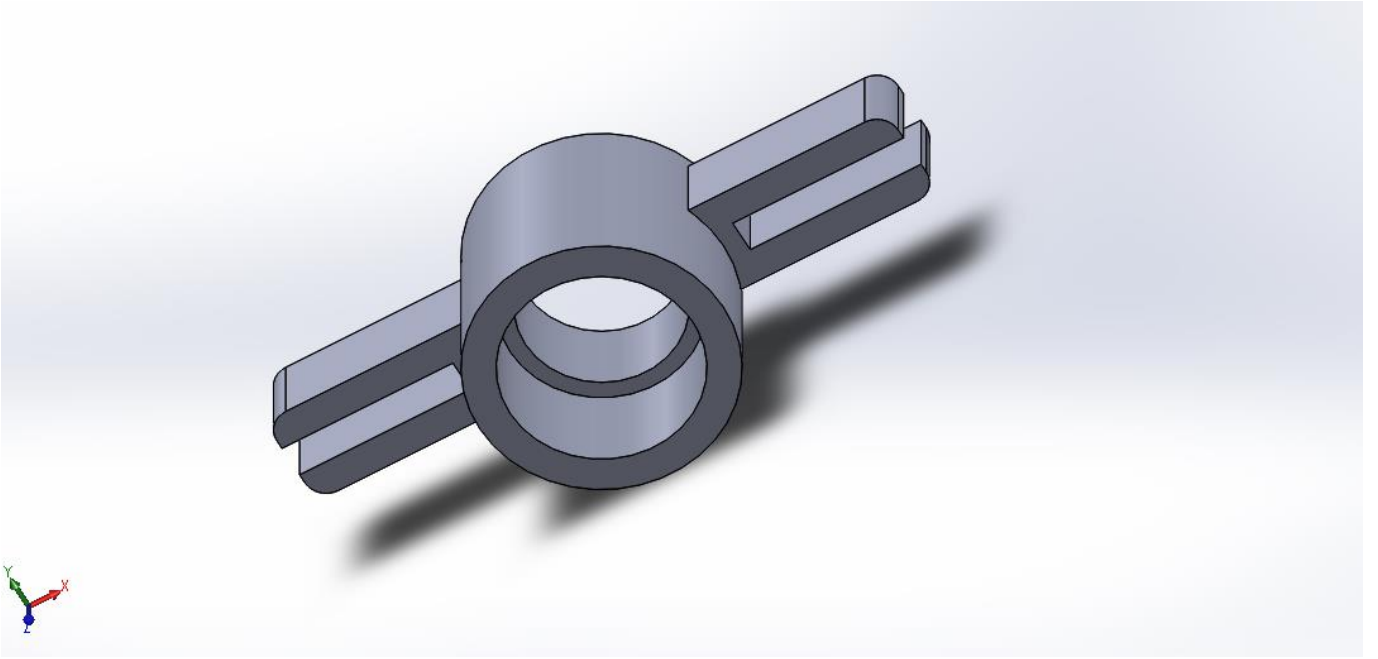
Εικόνα 4.5.6 : Κάτω όψη δοκιμίου



**Εικόνα 4.5.7 :** Άνω όψη δοκιμίου

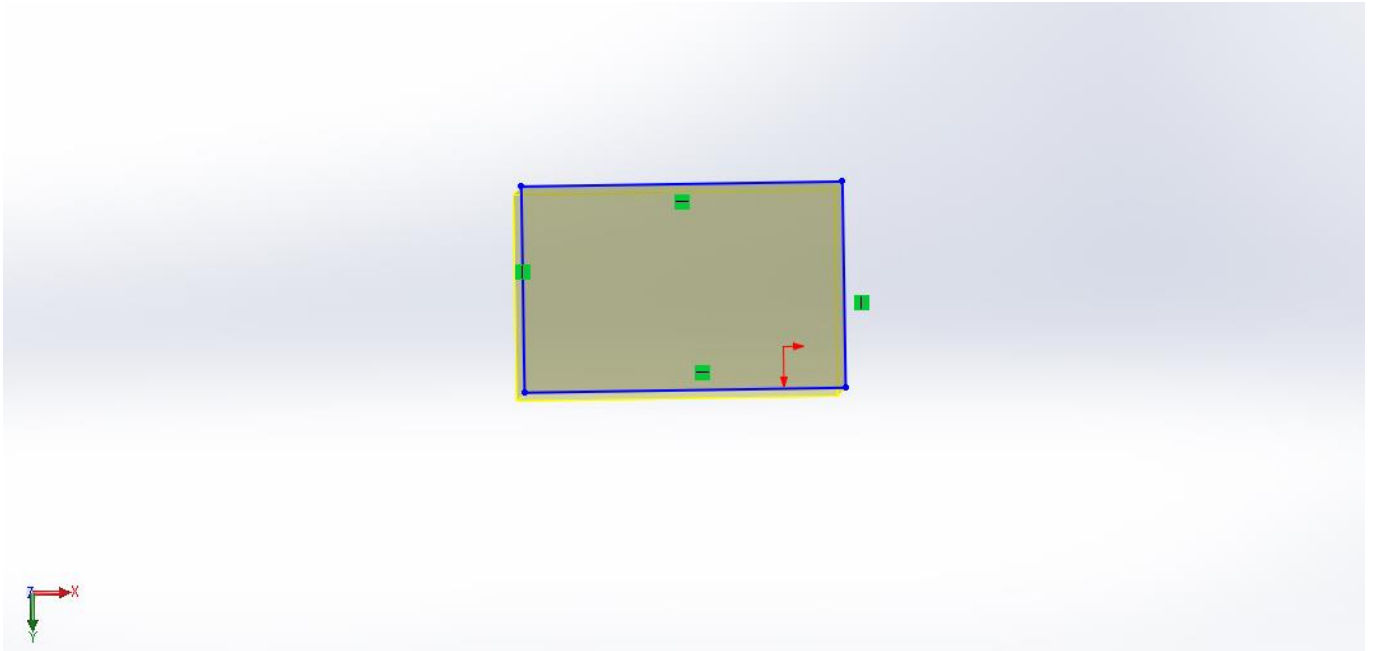


**Εικόνα 4.5.8 :** Εμφάνιση δοκιμίου σε τομή

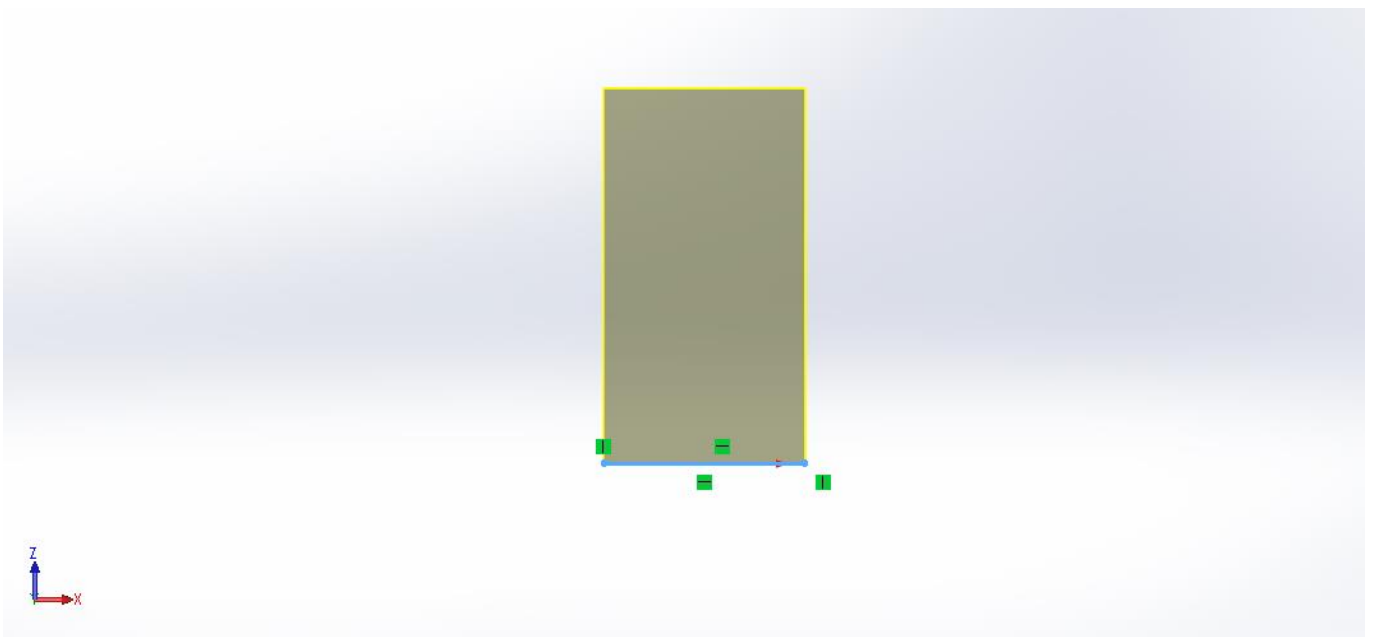


**Εικόνα 4.5.9 :** Τελειοποίηση κορμού πηδαλίου

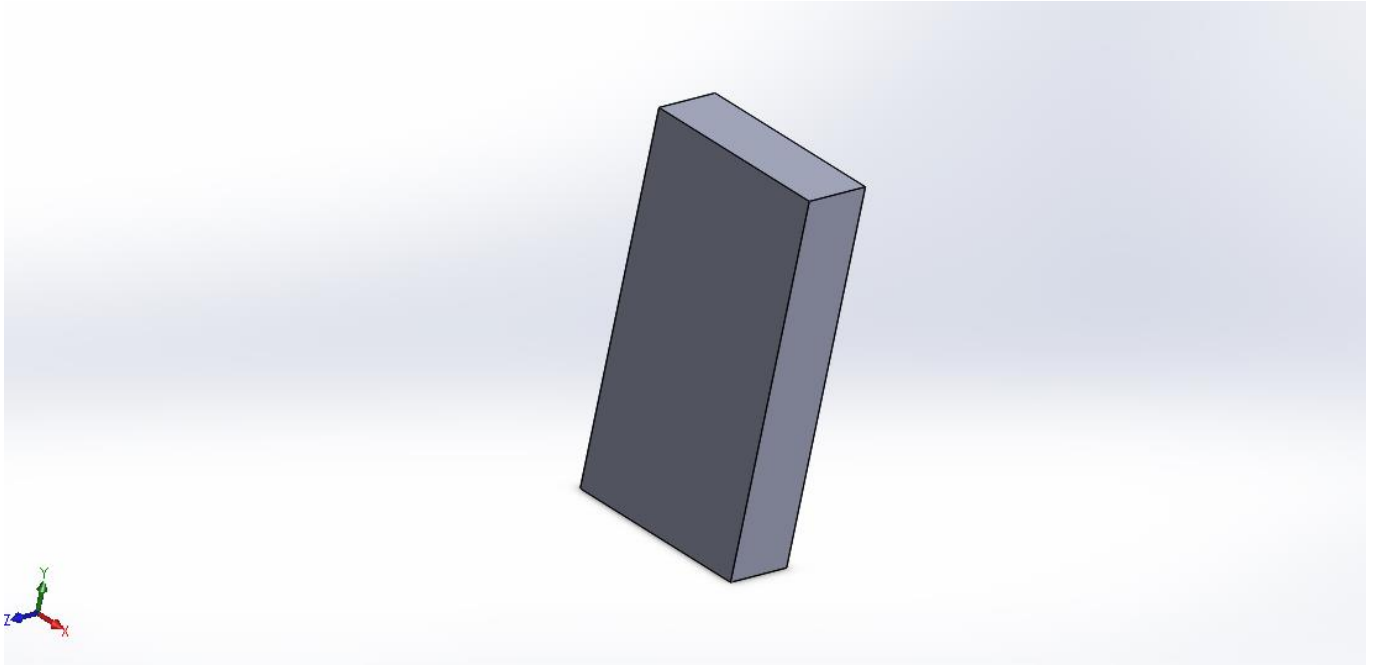
## 4.6 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΞΟΝΩΝ



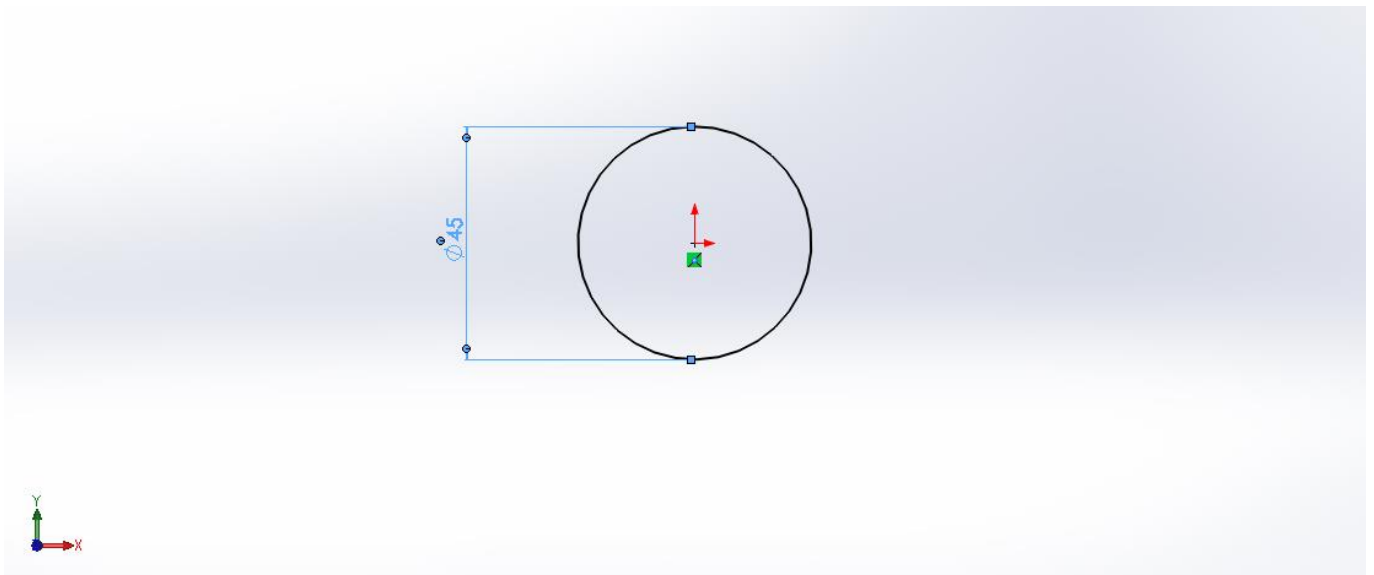
Εικόνα 4.6.1 : Σχεδίαση πείρου



Εικόνα 4.6.2 : Εξώθηση πείρου με την χρήση εντολής BOSS-EXTRUDE

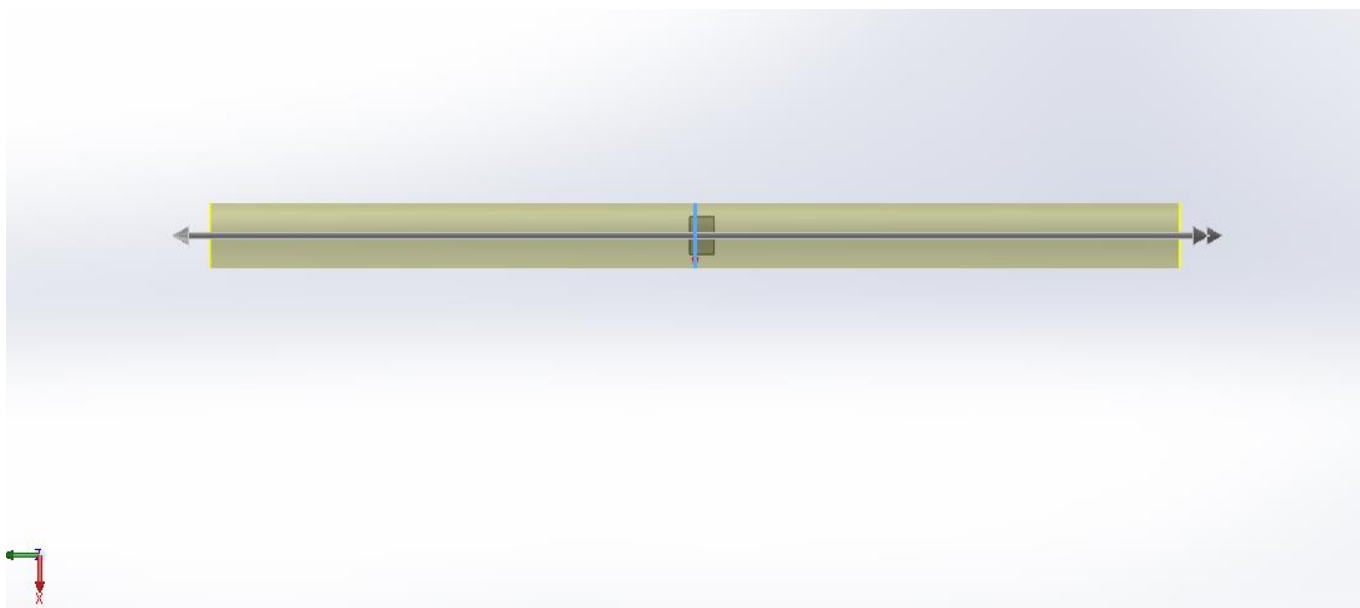


**Εικόνα 4.6.3 :** Ο πείρος τελειοποιημένος

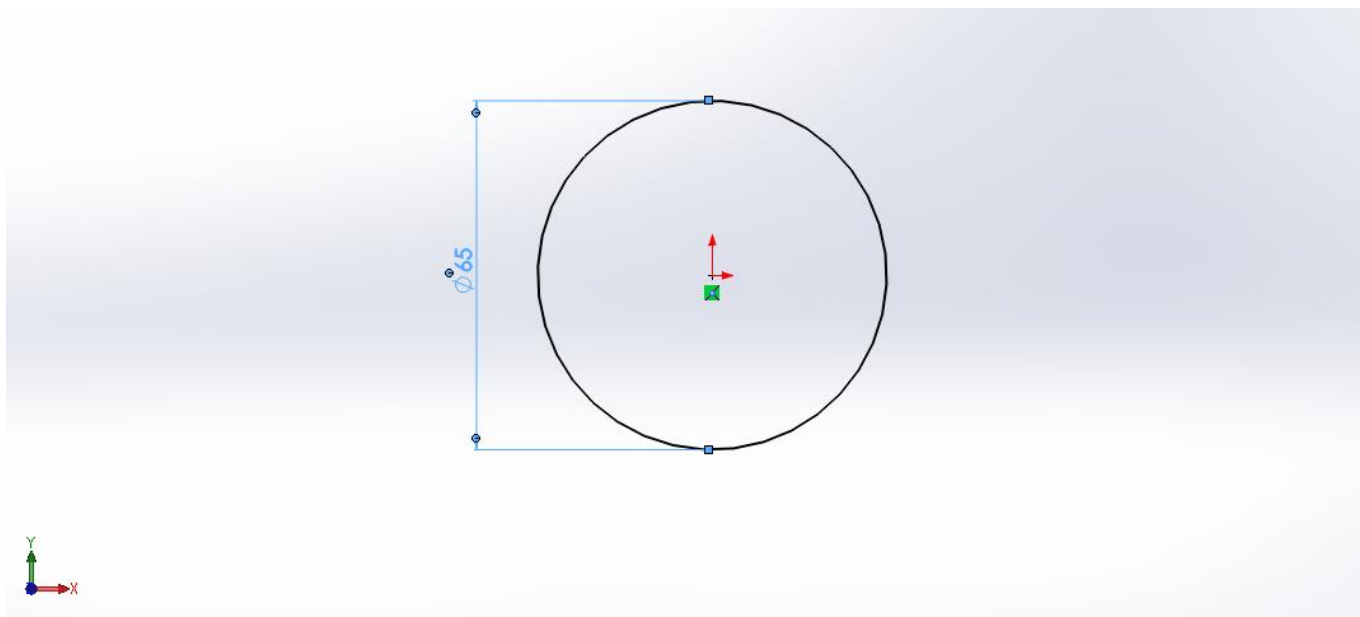


**Εικόνα 4.6.4 :** Σχεδιασμός κύκλου και τοποθέτηση διαστάσεων για την κατασκευή του άξονα κίνησης

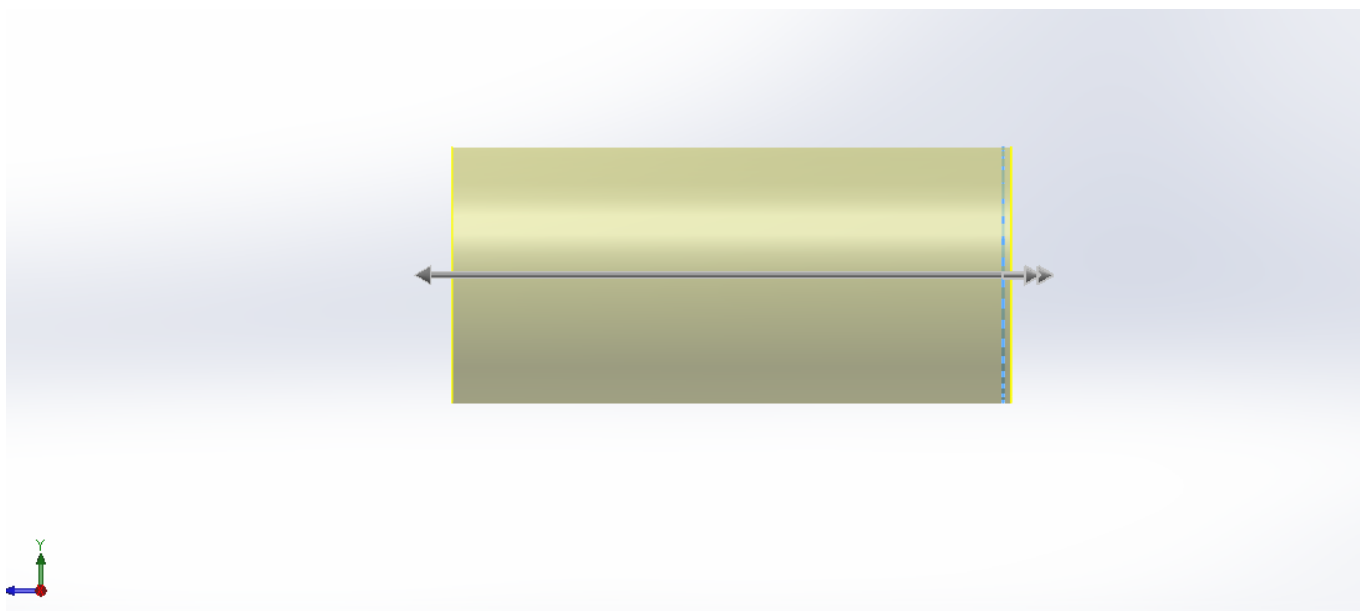




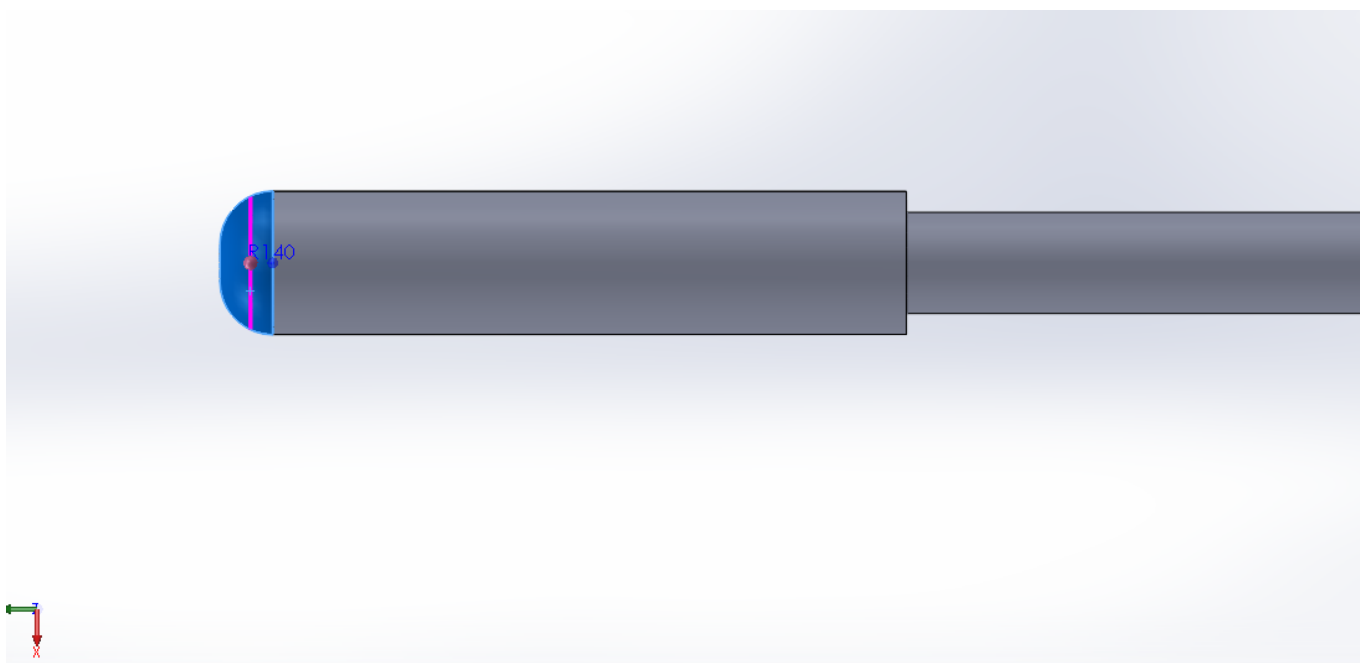
**Εικόνα 4.6.5 :** Εξώθηση δοκιμίου με την χρήση εντολής BOSS-EXTRUDE



**Εικόνα 4.6.6 :** Σχεδιασμός και τοποθέτηση διαστάσεων κύκλου για την κατασκευή του ακριανού εξωτερικού περιβλήματος του άξονα κίνησης



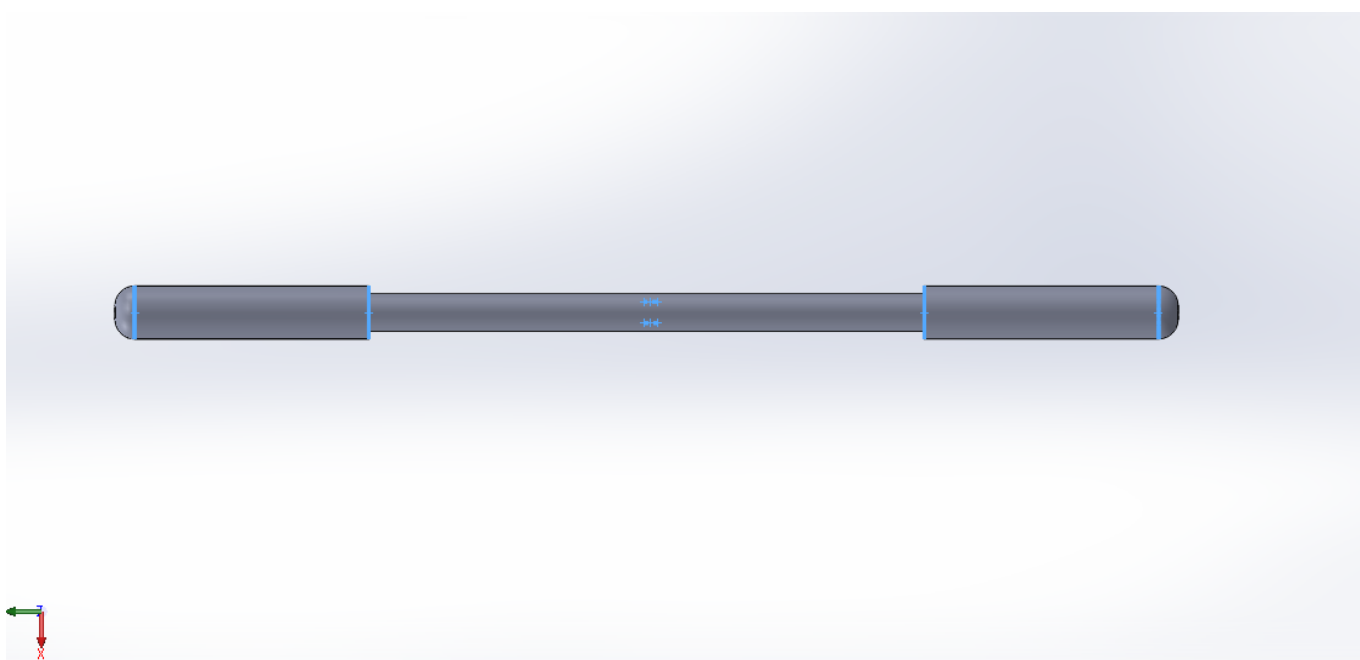
**Εικόνα 4.6.7 :** Εξώθηση δοκιμίου με την χρήση εντολής BOSS-EXTRUDE



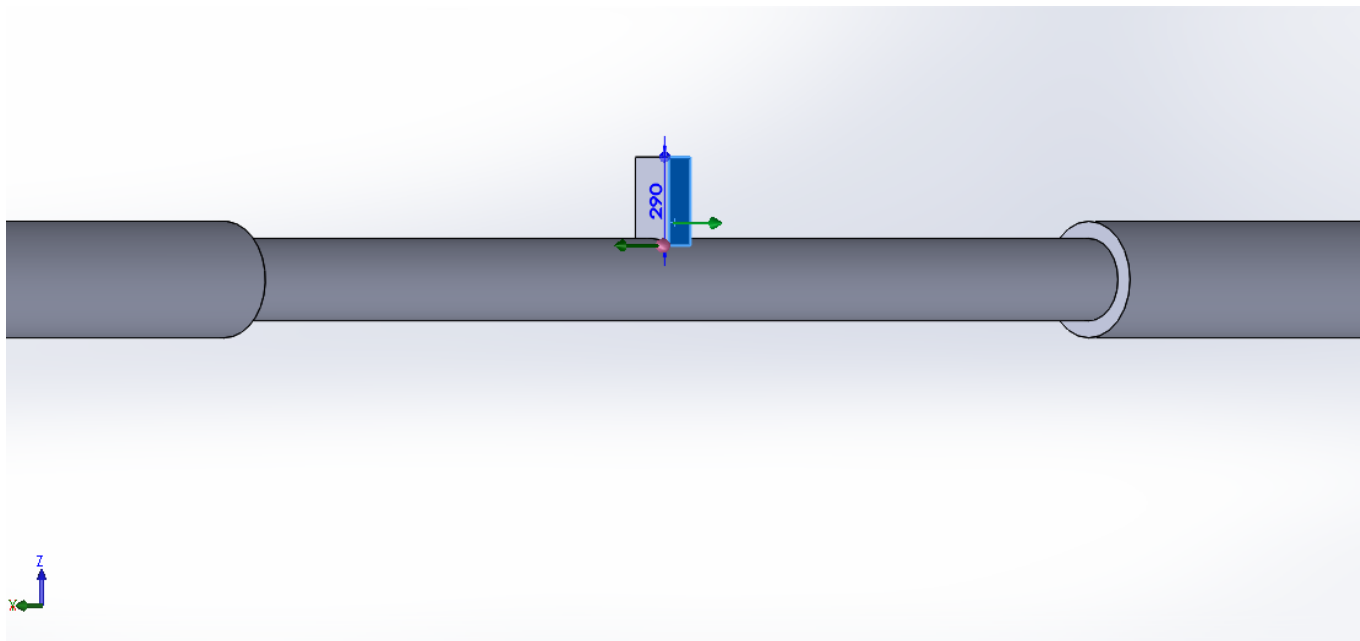
**Εικόνα 4.6.8 :** Δημιουργία καμπυλότητας στο εξωτερικό περίβλημα με την χρήση εντολής SKETCH FILLET



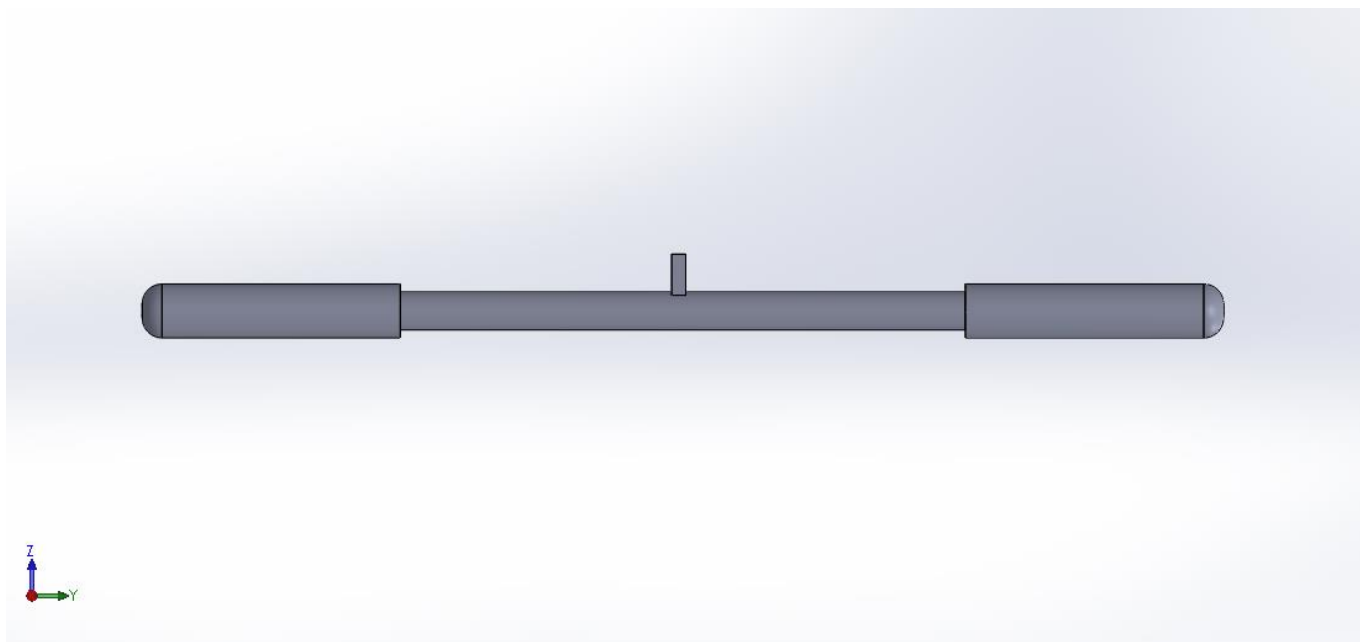
**Εικόνα 4.6.9 :** Δημιουργία δεύτερου εξωτερικού περιβλήματος με την χρήση εντολής MIRROR



**Εικόνα 4.6.10 :** Ένωση άξονα κίνησης με τα εξωτερικά περιβλήματα χρησιμοποιώντας την λειτουργία ASSEMBLY

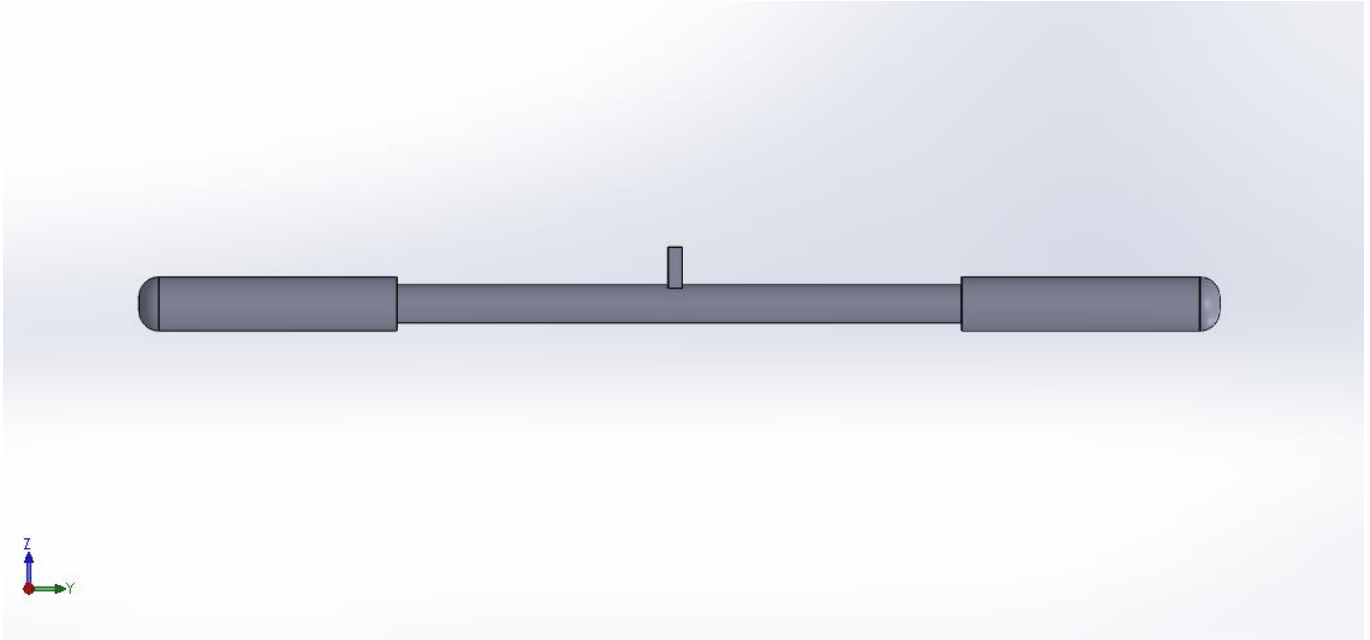


**Εικόνα 4.6.11 :** Ένωση πείρου με τον άξονα κίνησης χρησιμοποιώντας την λειτουργία ASSEMBLY

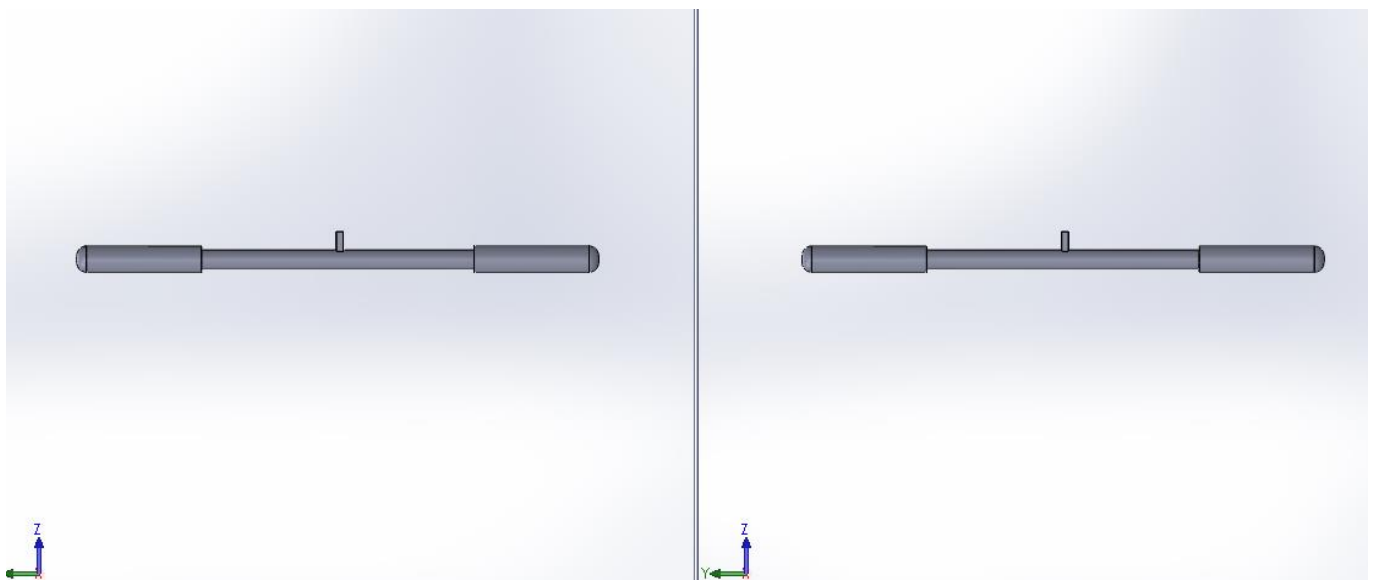


**Εικόνα 4.6.12 :** Τελειοποίηση άξονα κίνησης

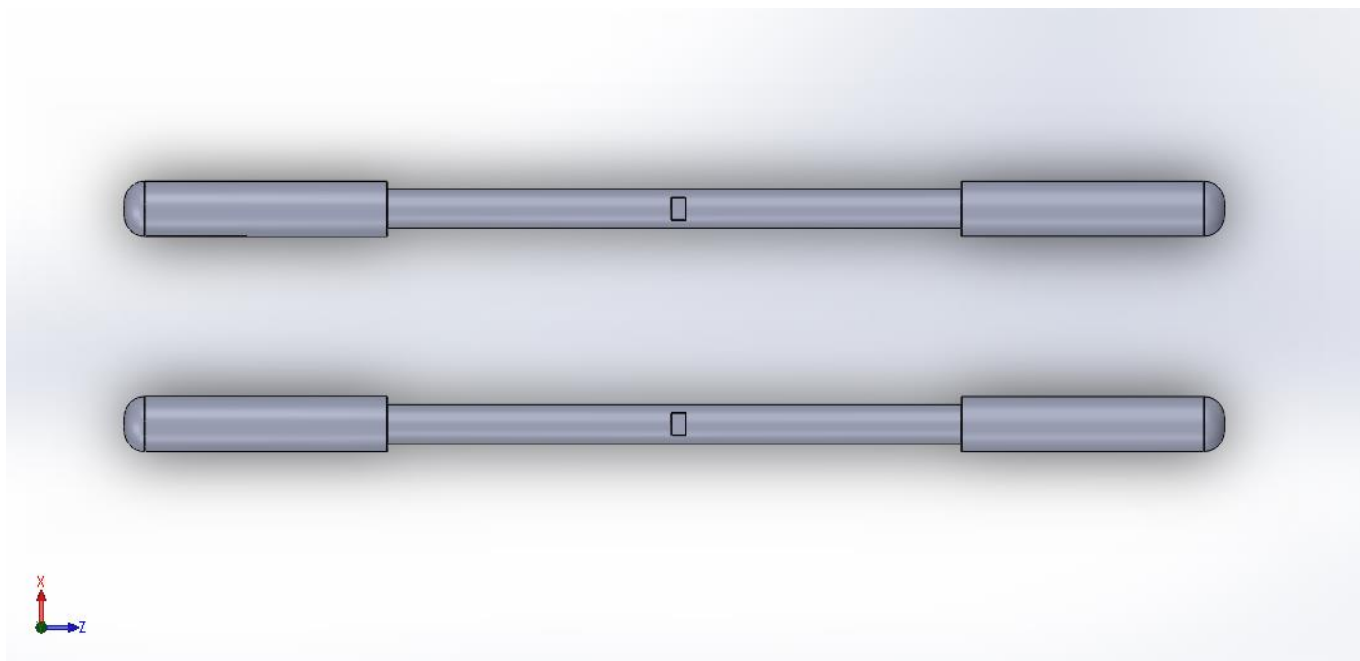
Η δημιουργία του δεύτερου άξονα κίνησης πραγματοποιείται με την χρήση εντολής MIRROR, με αυτόν τον τρόπο προκύπτει ένα αντίγραφο του πρώτου άξονα.



**Εικόνα 4.6.13 :** Κατασκευή δεύτερου άξονα κίνησης με την χρήση εντολής MIRROR



**Εικόνα 4.6.14 :** Πλάγια όψη και των δύο αξόνων κίνησης

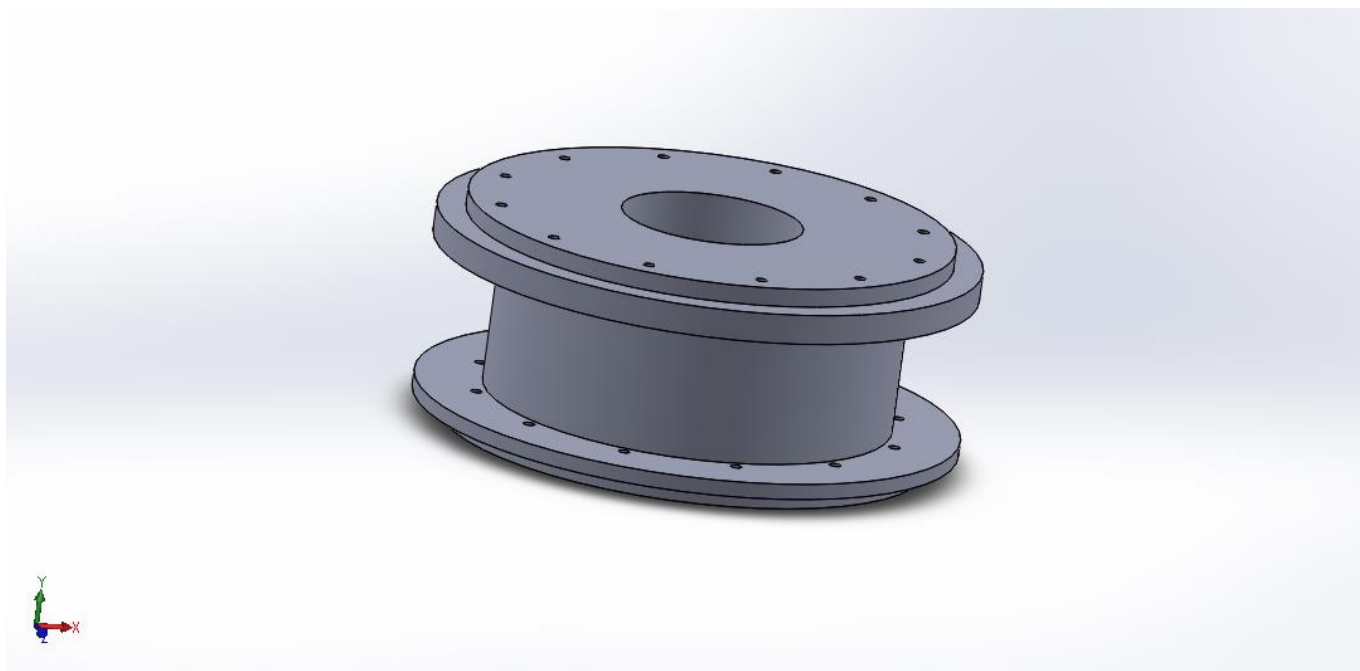


**Εικόνα Εικόνα 4.6.14 :** Άνω όψη και των δύο αξόνων κίνησης

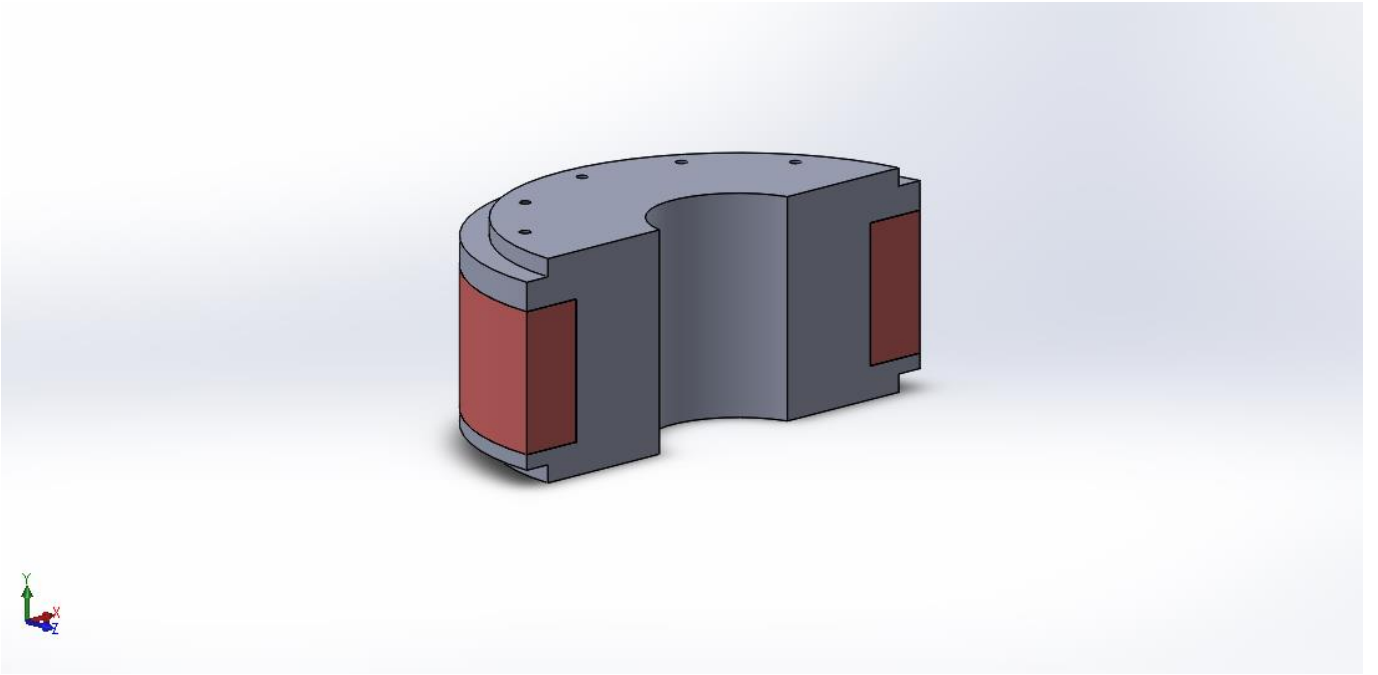
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>

### ΣΥΝΔΕΣΗ ΚΟΜΜΑΤΙΩΝ ΚΑΙ ΤΕΛΕΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΑΤΜΟΚΙΝΗΤΟΥ ΠΗΔΑΛΙΟΥ ΠΛΟΙΟΥ

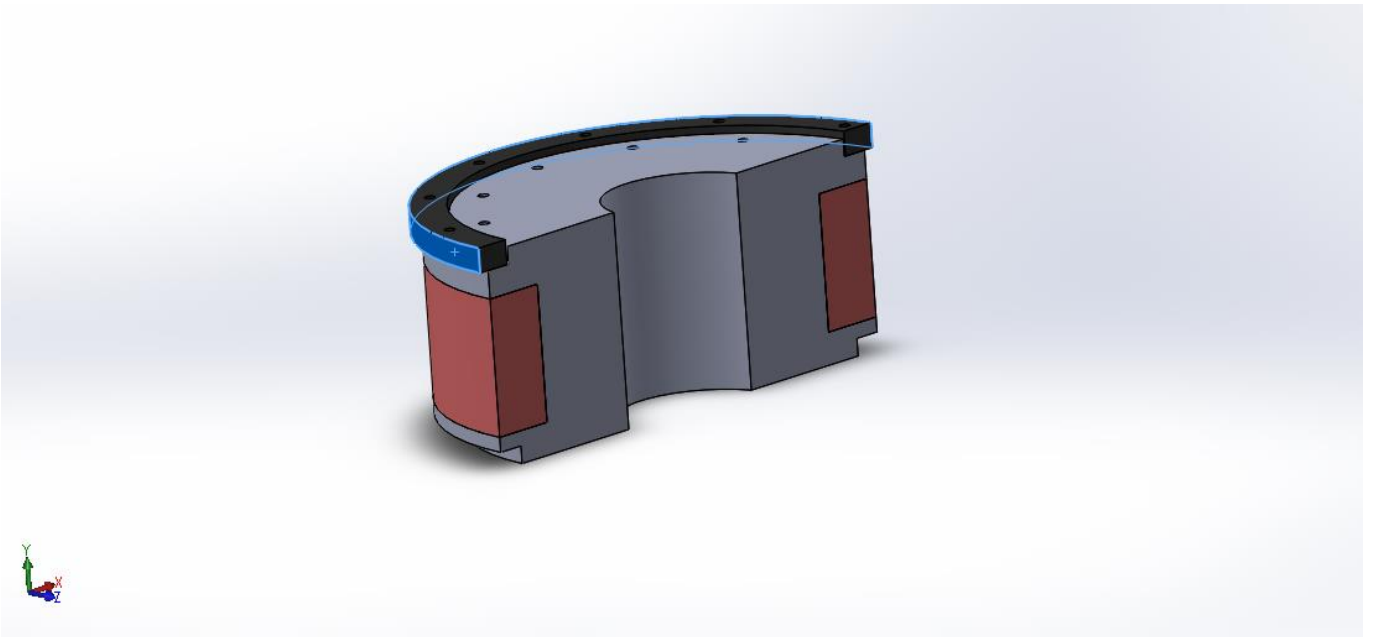
Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστεί ο τρόπος με τον οποίο πραγματοποιήθηκε η σύνδεση των κομματιών του ατμοκίνητου πηδαλίου ενός πλοίου σε διάφορα πλάνα και τομές. Η πραγματοποίηση της συνδέσεως έγινε χρησιμοποιώντας την εντολή ASSEMBLY και γίνεται βήμα - βήμα ως εξής :



**Εικόνα 5.1 :** Ως αρχικό κομμάτι χρησιμοποιούμε τον εσωτερικό κύλινδρο

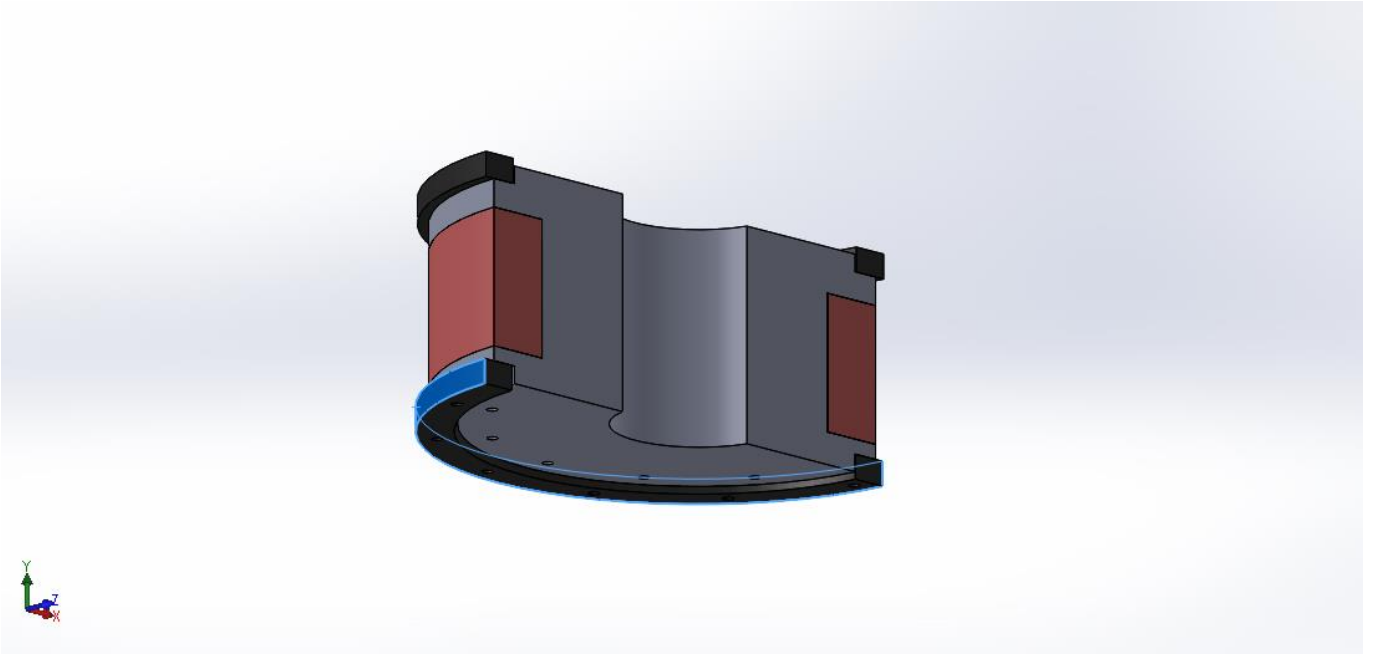


**Εικόνα 5.2 :** Ένωση εσωτερικού δακτυλίου με τον εσωτερικό κύλινδρο

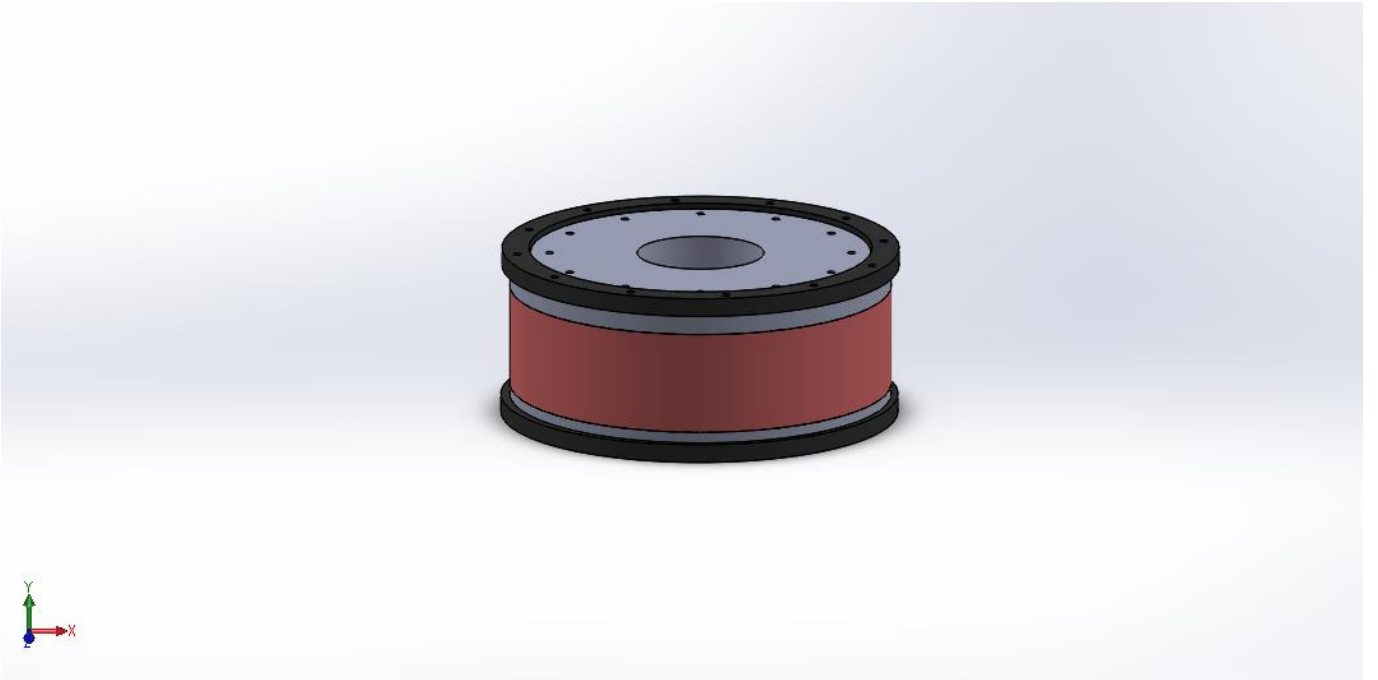


**Εικόνα 5.3 :** Τοποθέτηση άνω φλάντζας

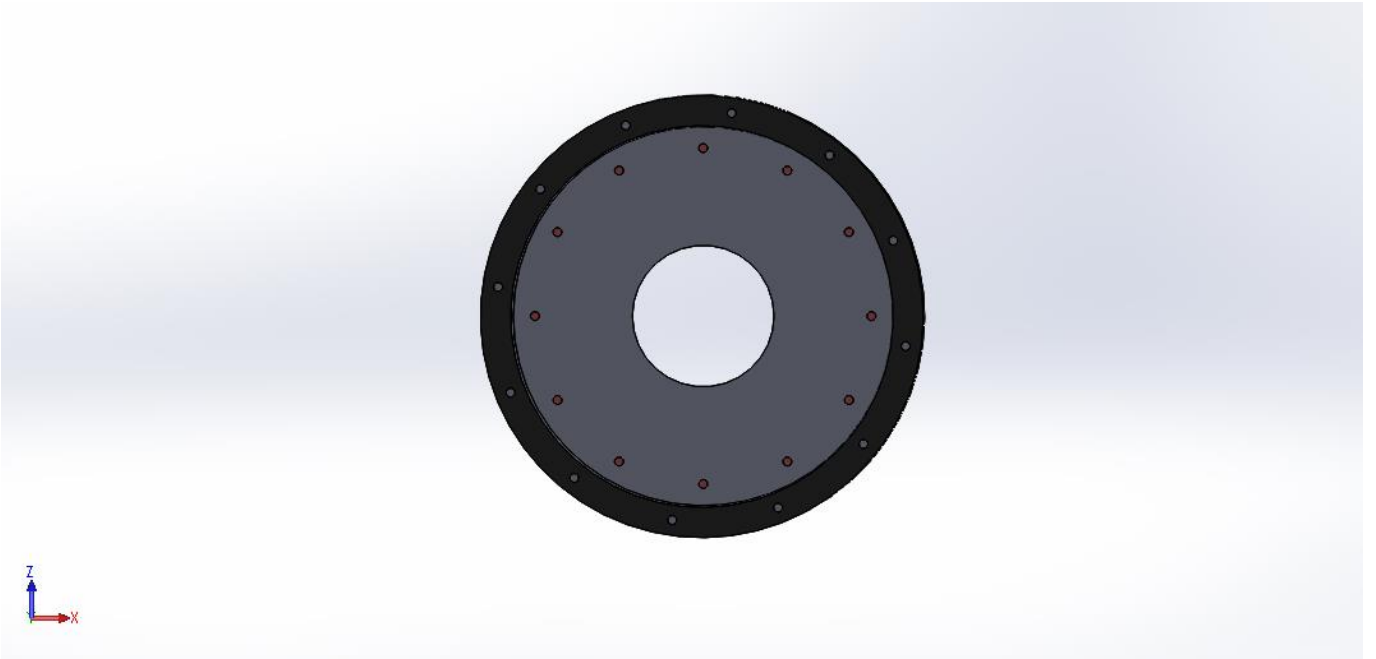




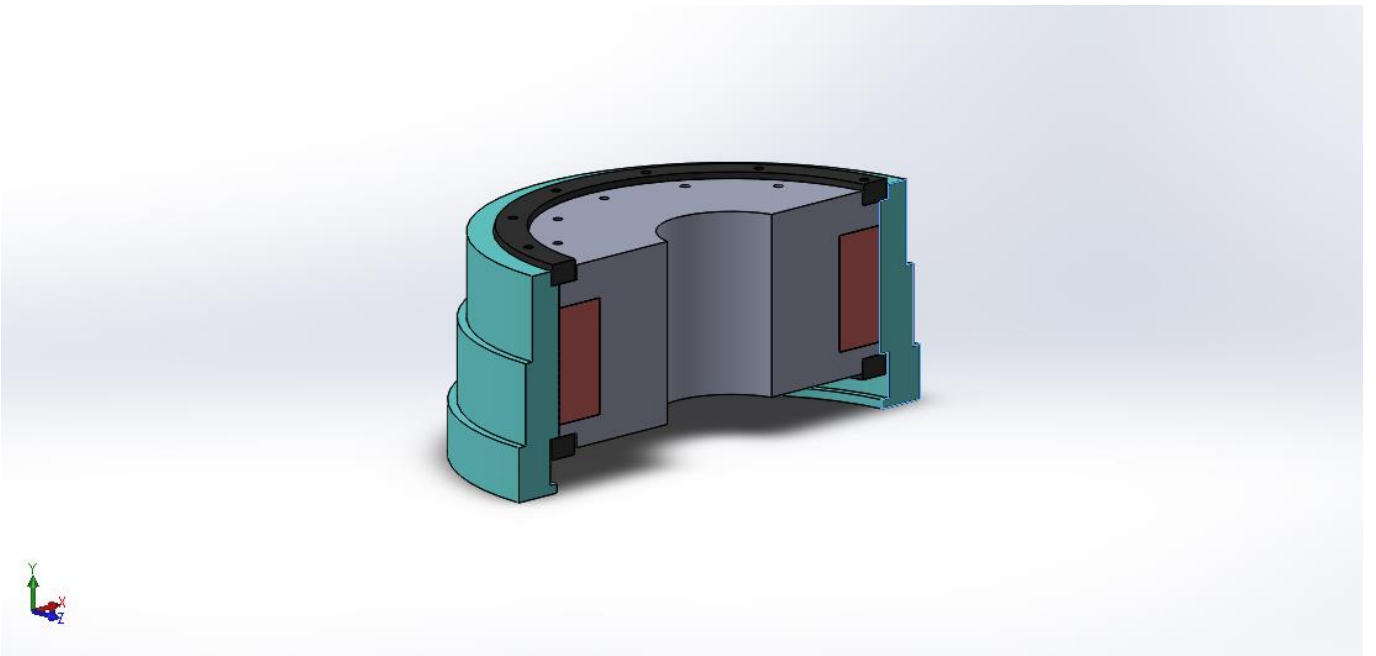
**Εικόνα 5.4 :** Τοποθέτηση κάτω φλάντζας



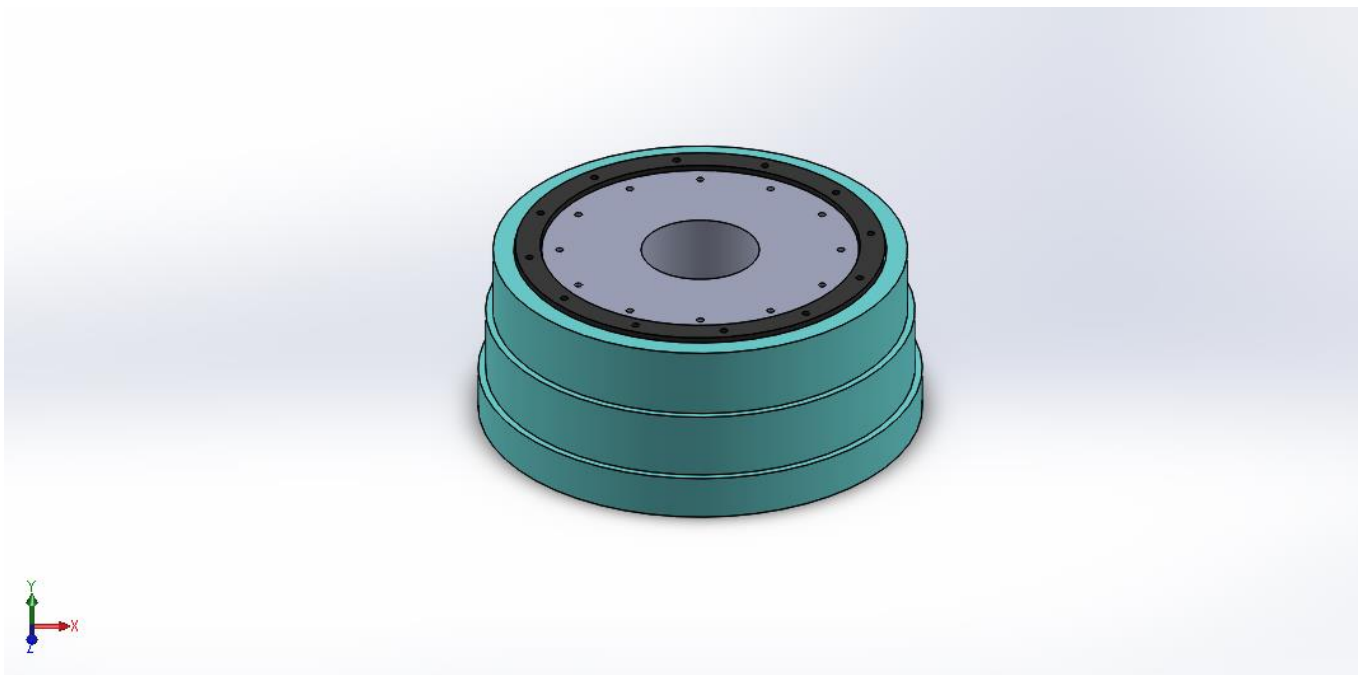
**Εικόνα 5.5 :** Πλήρης μορφή εσωτερικού κυλίνδρου



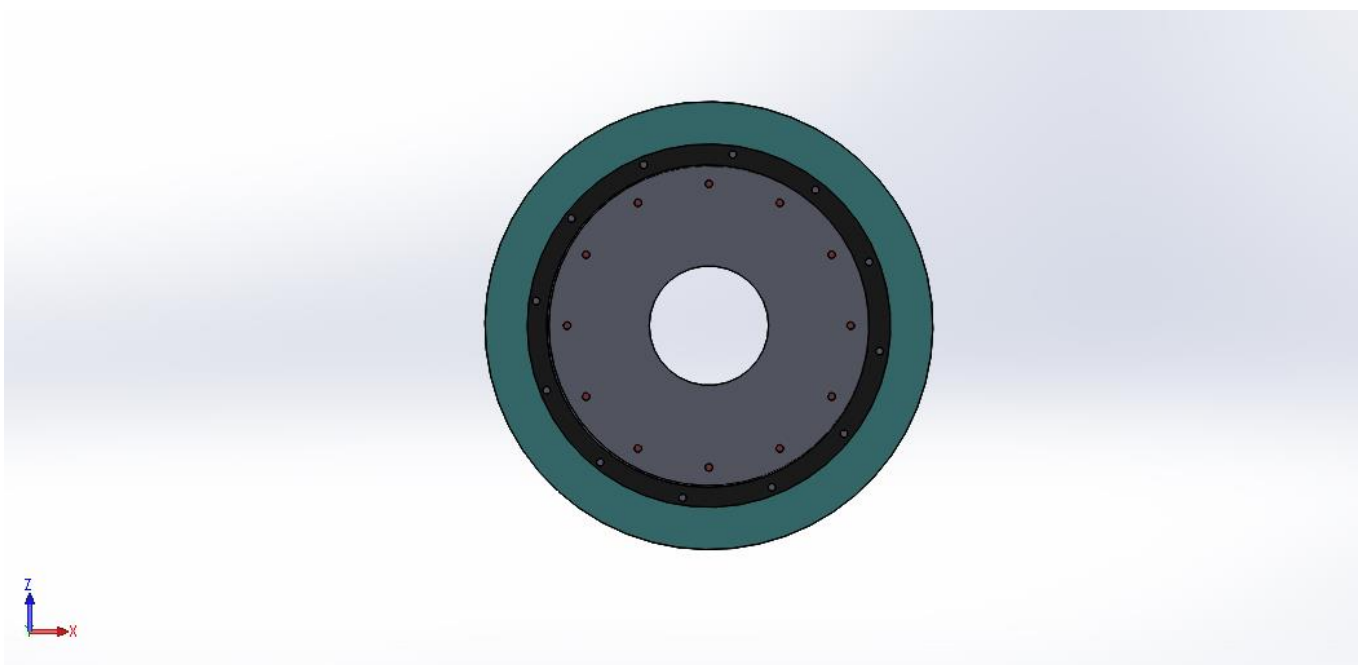
**Εικόνα 5.6 :** Κάτω όψη πλήρους μορφής εσωτερικού κυλίνδρου



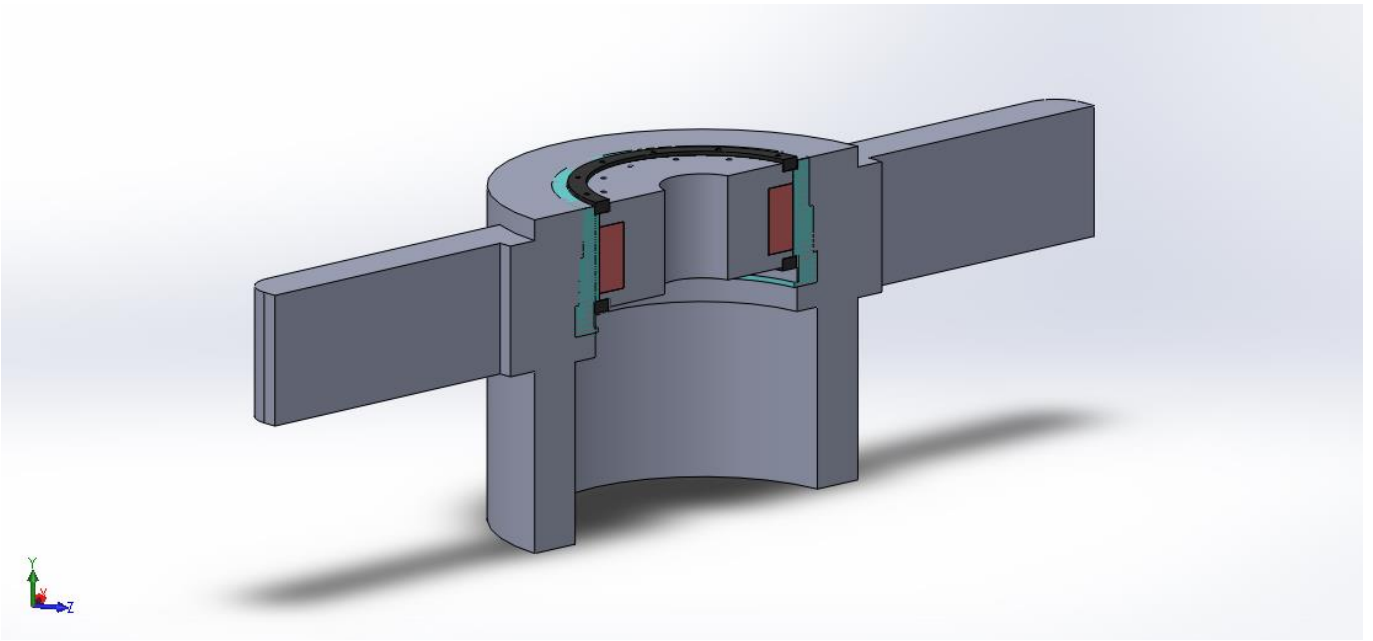
**Εικόνα 5.7 :** Τοποθέτηση κυλίνδρου βάσεως



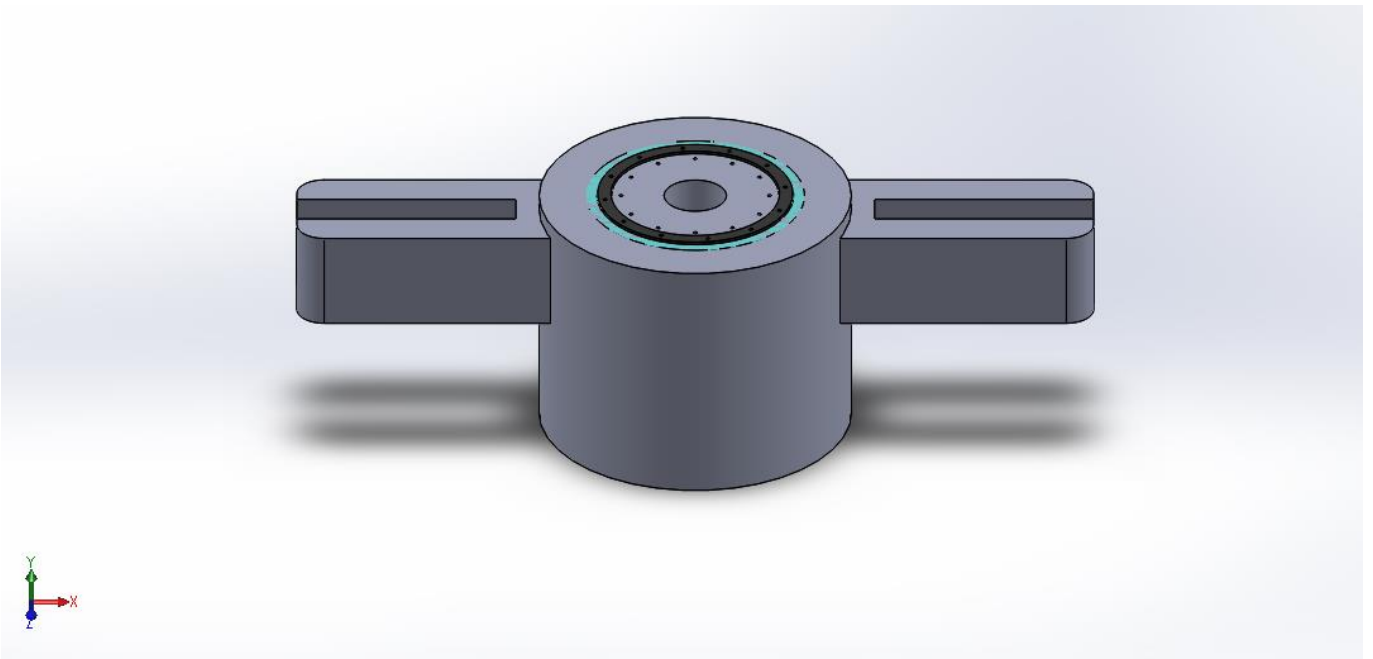
**Εικόνα 5.8 :** Πλήρης μορφή κυλίνδρου βάσεως



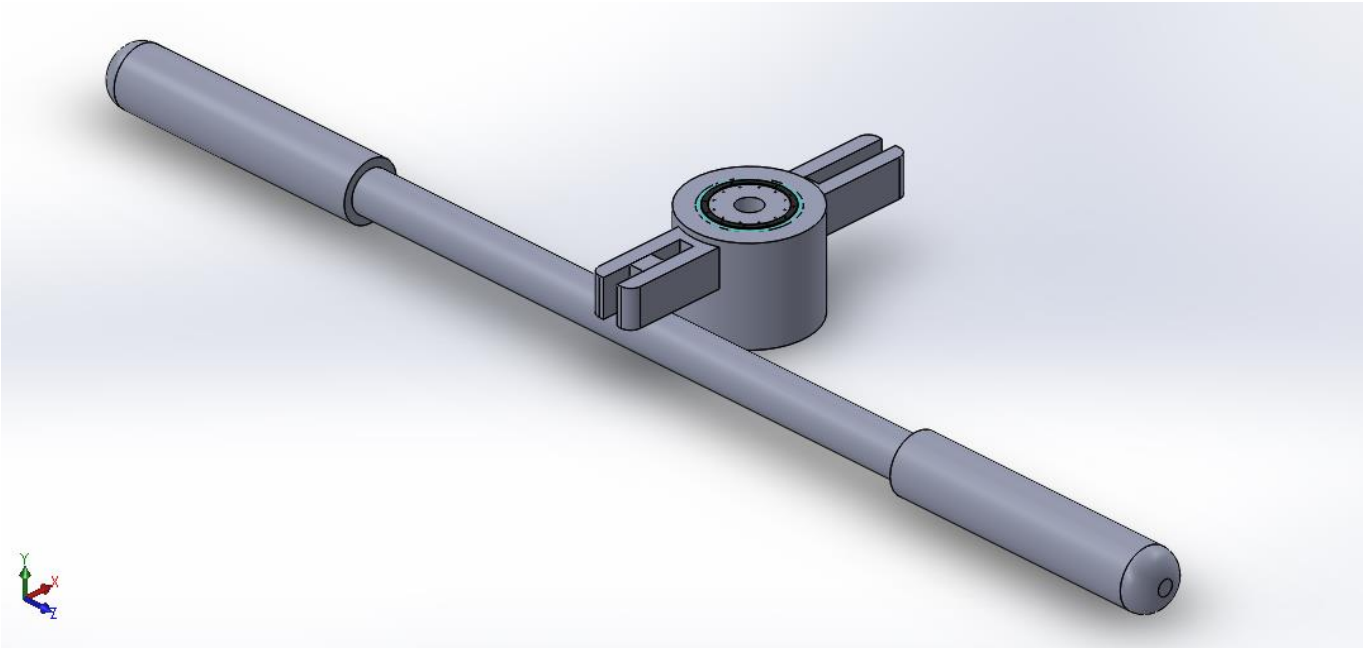
**Εικόνα 5.9 :** Κάτω όψη πλήρους μορφής κυλίνδρου βάσεως



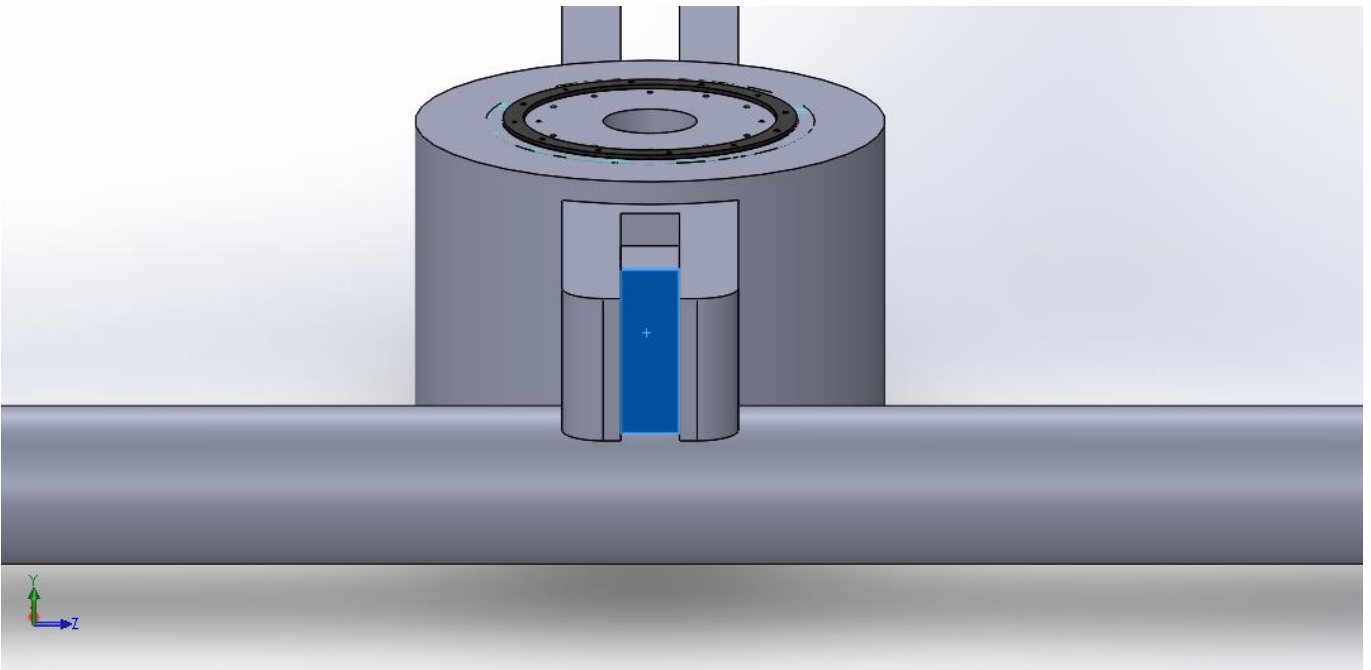
**Εικόνα 5.10 :** Τοποθέτηση κορμού πηδαλίου



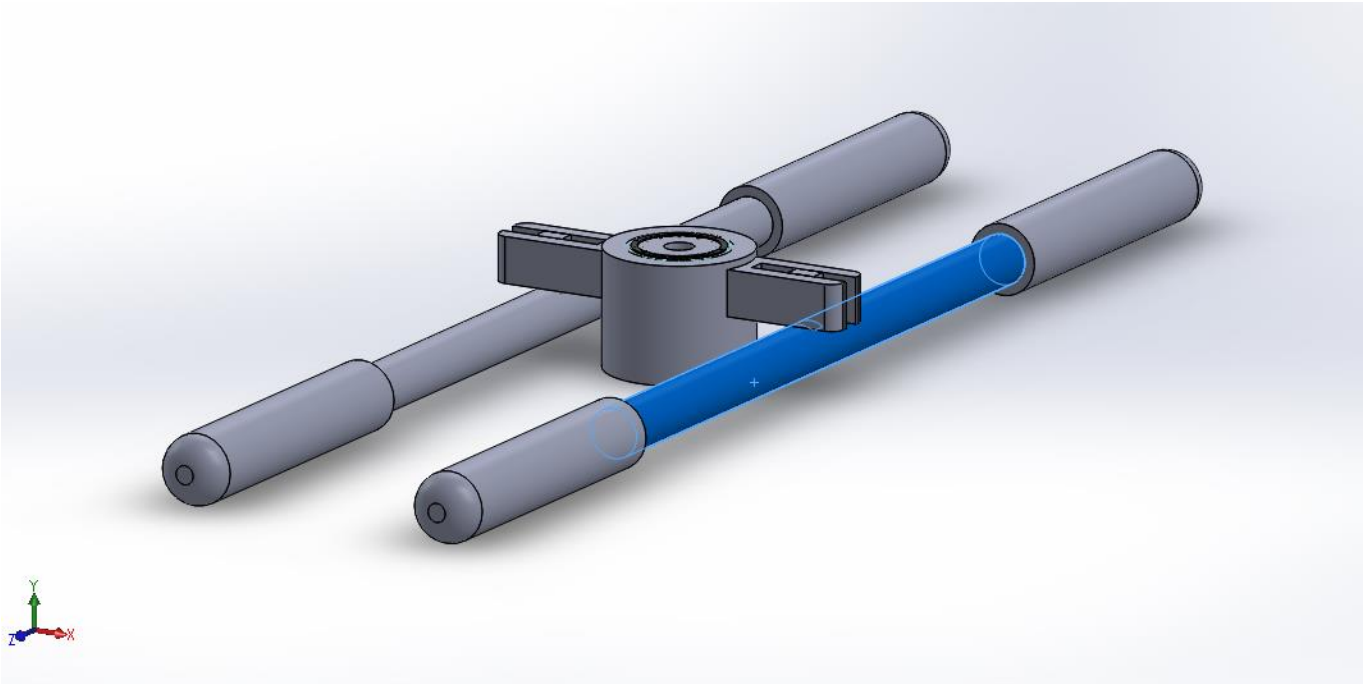
**Εικόνα 5.11 :** Πλήρης μορφή κορμού πηδαλίου



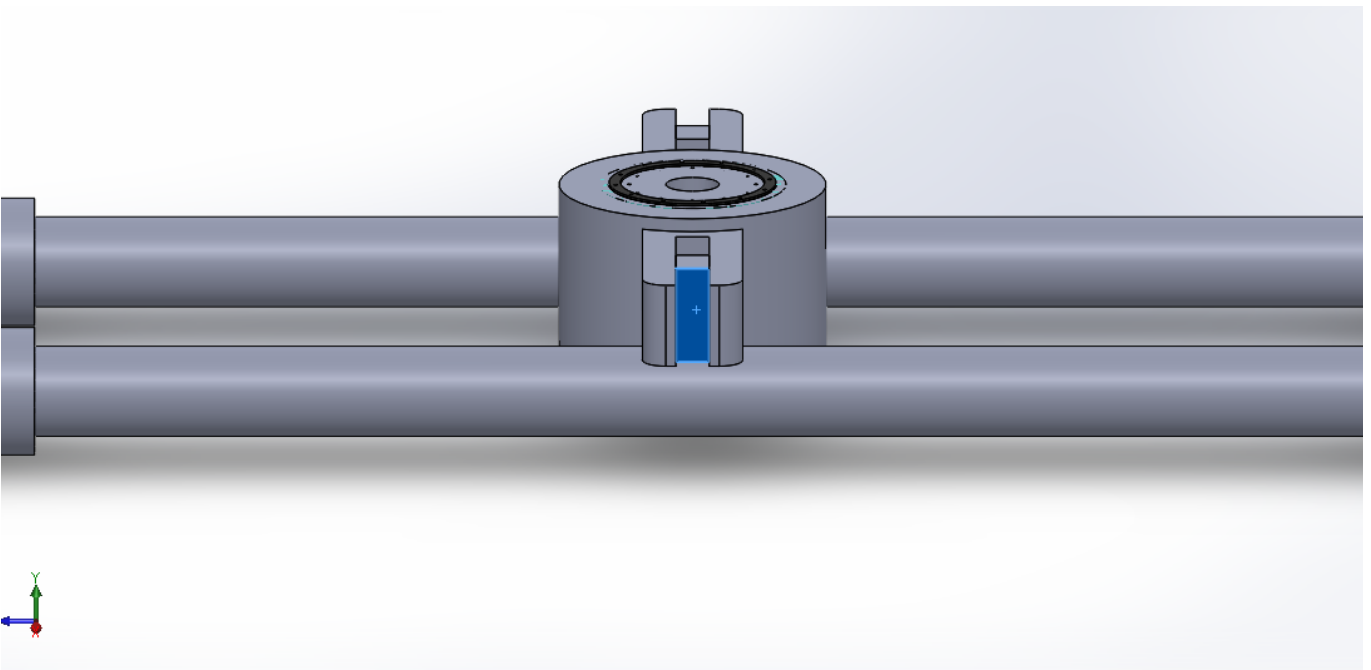
**Εικόνα 5.12 :** Τοποθέτηση πρώτου άξονα κίνησης



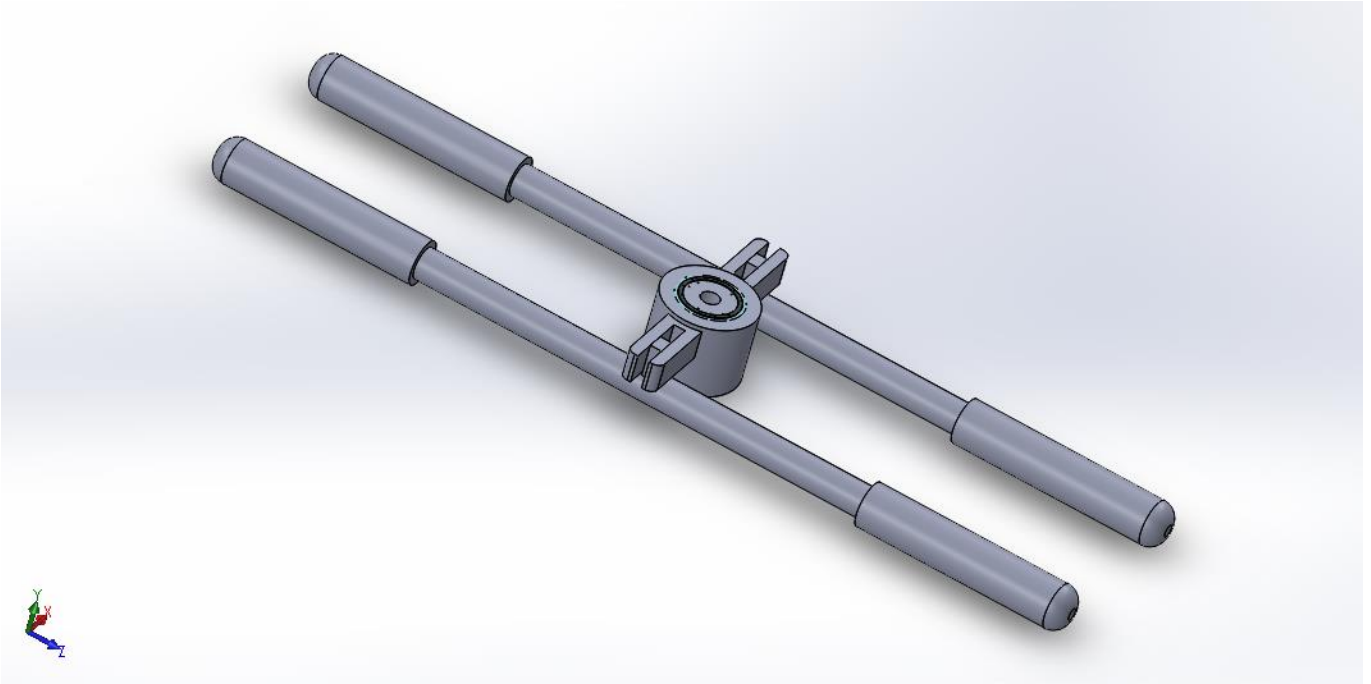
**Εικόνα 5.13 :** Εφαρμογή πείρου πρώτου άξονα κίνησης



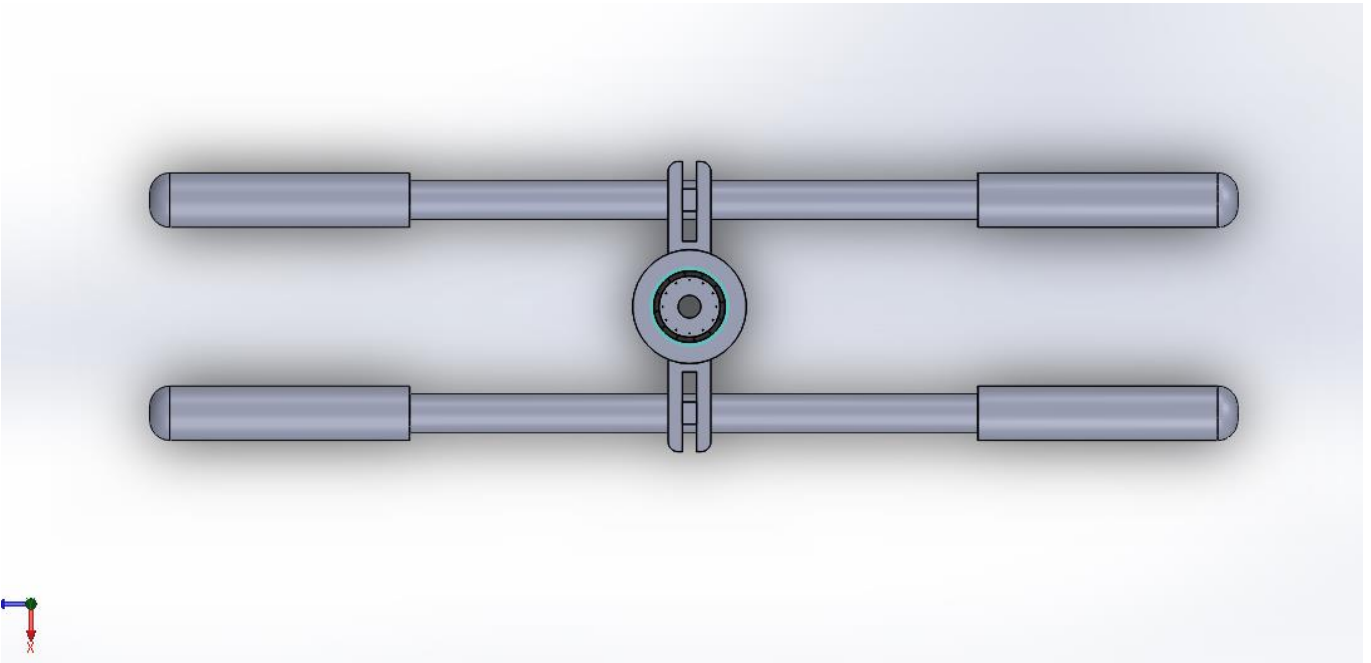
**Εικόνα 5.14 :** Τοποθέτηση δεύτερου άξονα κίνησης



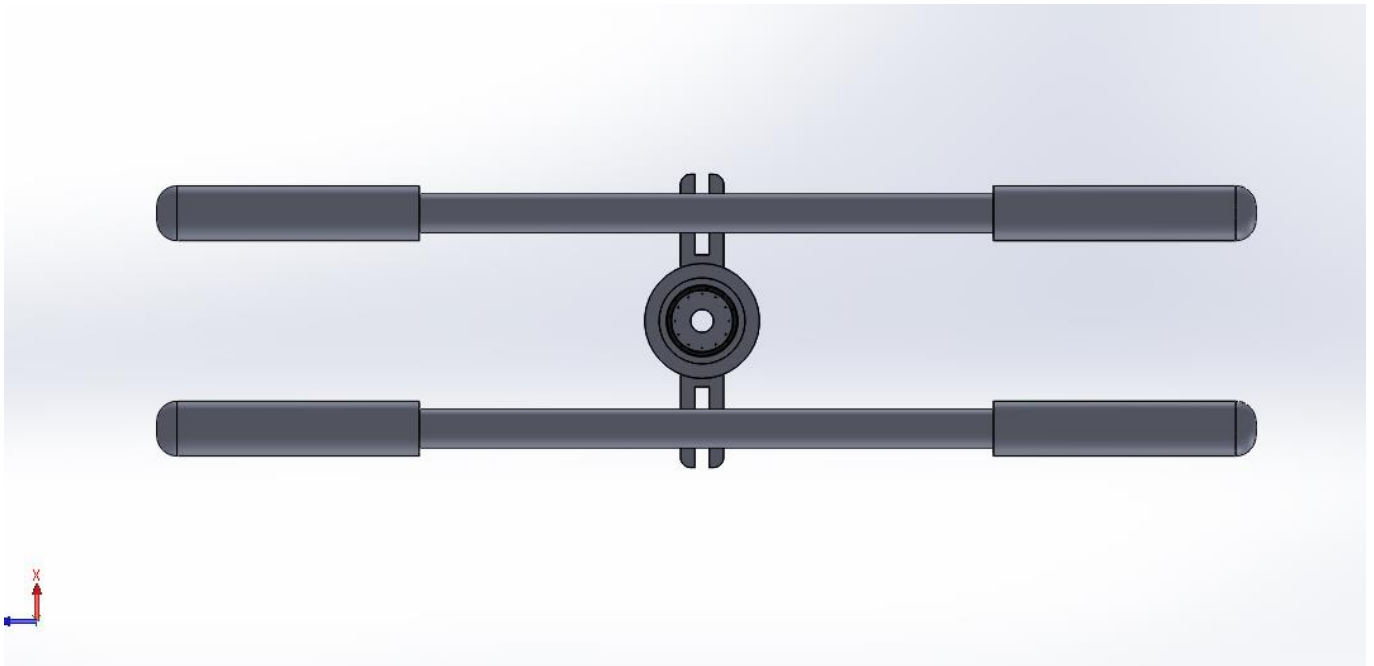
**Εικόνα 5.15 :** Εφαρμογή πείρου δεύτερου άξονα κίνησης



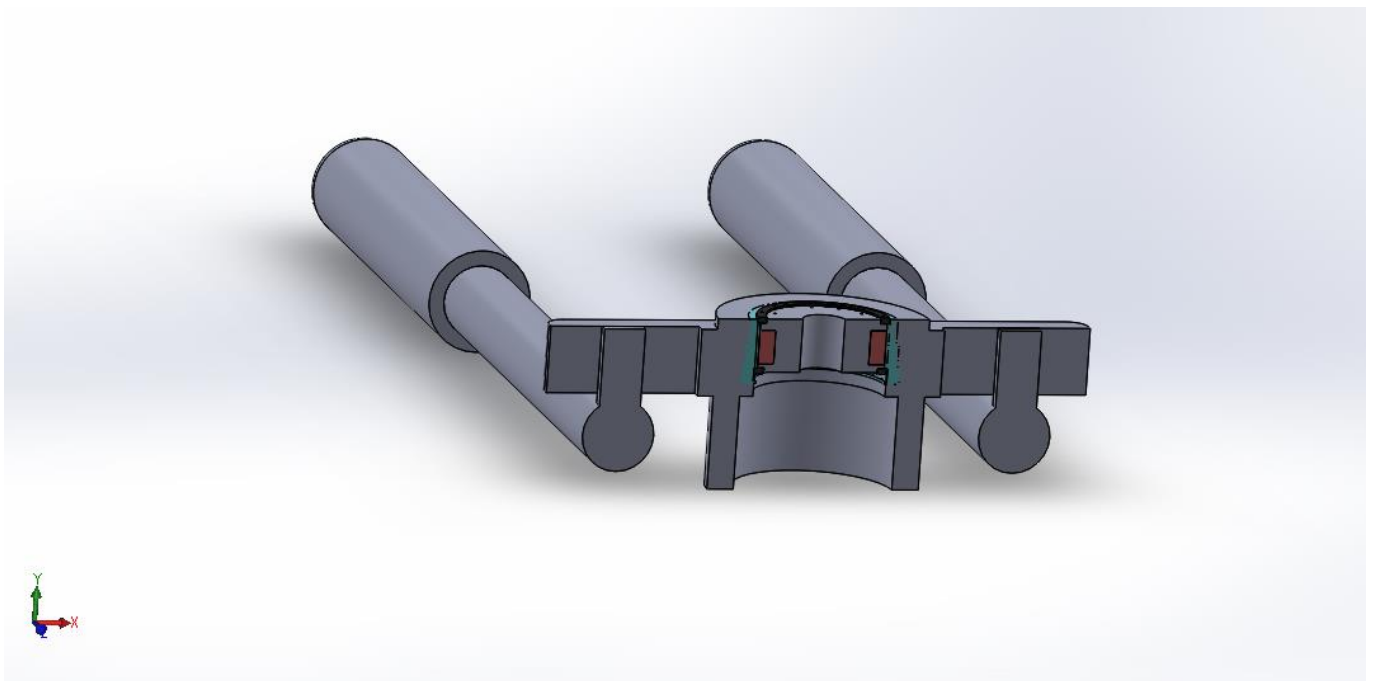
**Εικόνα 5.16 :** Το ατμοκίνητο πηδάλιο πλοίου τελειοποιημένο



**Εικόνα 5.17 :** Το ατμοκίνητο πηδάλιο σε άνω όψη

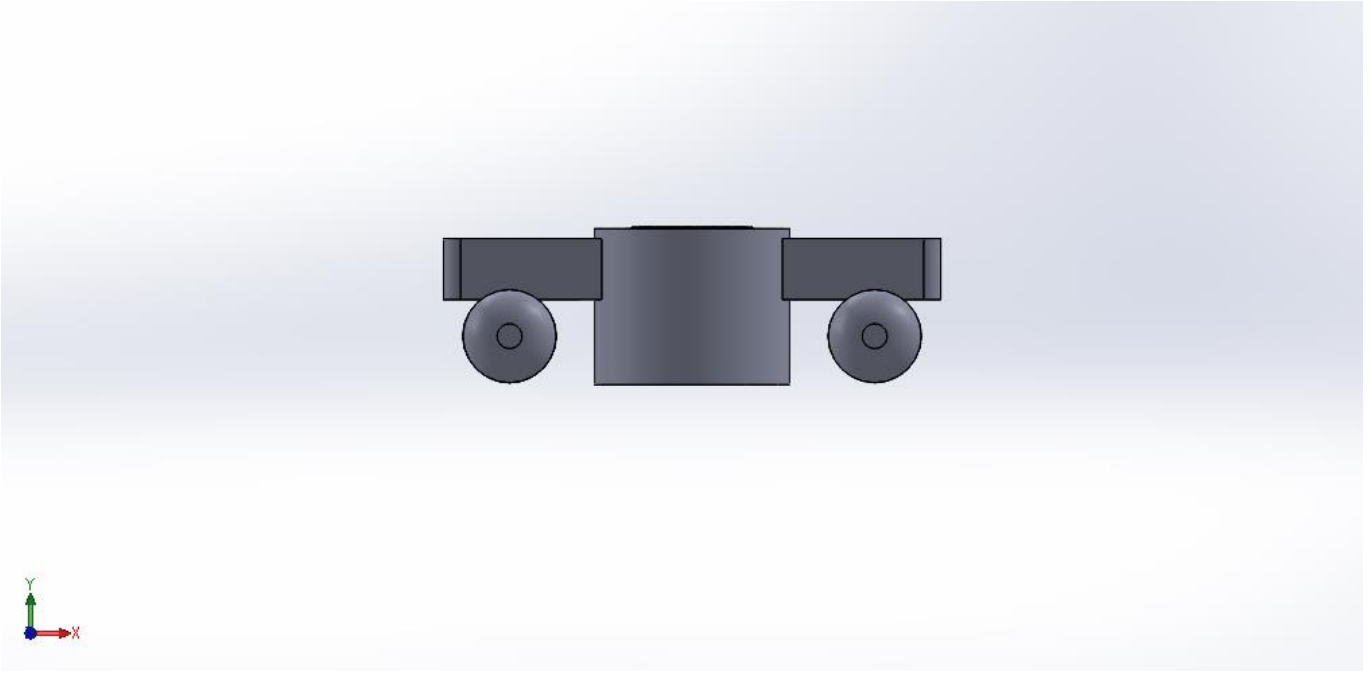


**Εικόνα 5.18 :** Το ατμοκίνητο πηδάλιο σε κάτω όψη

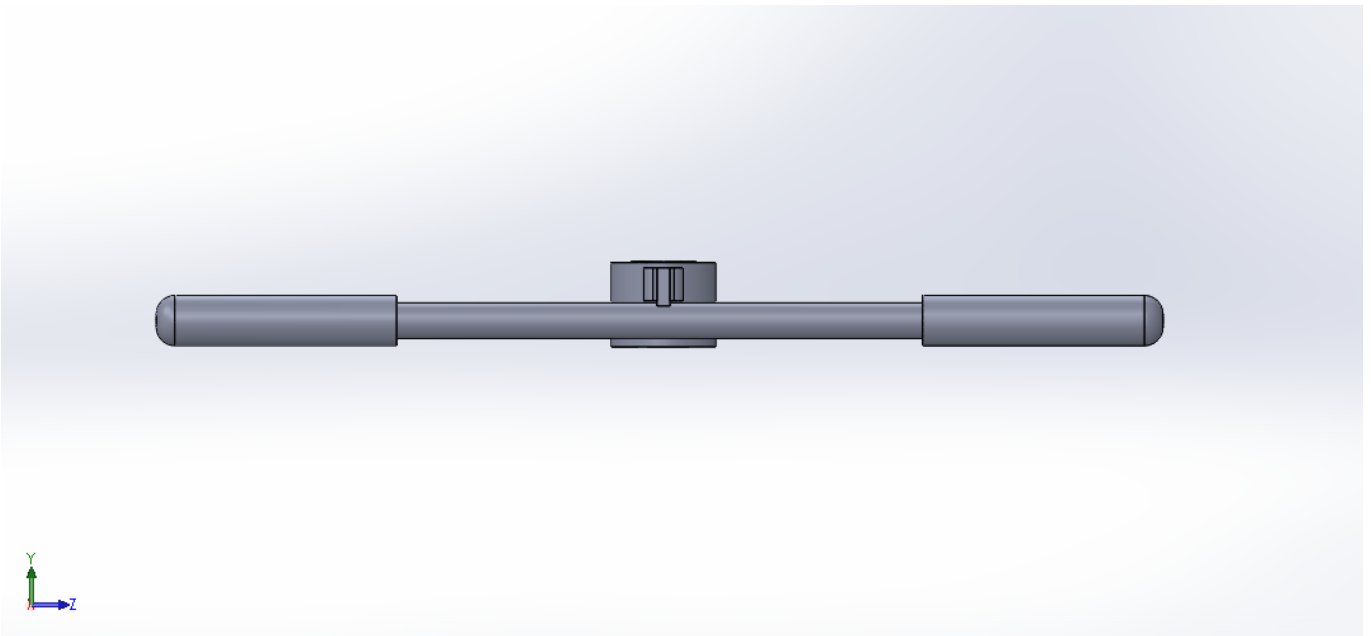


**5.19 :** Το ατμοκίνητο πηδάλιο σε τομή





**Εικόνα 5.20 :** Το ατμοκίνητο πηδάλιο σε εμπρόσθια όψη



**Εικόνα 5.21 :** Το ατμοκίνητο πηδάλιο σε πλάγια όψη

## Επίλογος – Συμπεράσματα

Για την πραγματοποίηση της τρισδιάστατης σχεδίασης ενός ατμοκίνητου πηδαλίου πλοίου χρησιμοποιήθηκε πρόγραμμα 3D σχεδίασης CAD free trial. Μία από τις χρησιμότητες του προγράμματος είναι ότι σε ένα ήδη κατασκευασμένο εξάρτημα μπορεί να γίνει (πολυεπεξεργασία και πιστή αντιγραφή) ακόμα και μετά την ολοκλήρωση του. Επίσης, σε διάφορα κομμάτια που σχεδιάστηκαν υπάρχει η δυνατότητα συναρμολόγησης τους με αποτέλεσμα το επιθυμητό τρισδιάστατο σχέδιο. Μία ακόμα σημαντική δυνατότητα του προγράμματος είναι ότι μπορεί και επεξεργάζεται το τελικό σχέδιο σε animation π.χ. (αν το τελικό σχέδιο είναι ένα σύστημα γραναζιών υπάρχει η δυνατότητα να γίνει παρατήρηση της λειτουργίας του), μπορεί να το δει κάποιος μέσα από τομή η και ακόμα σε διάγραμμα αντοχής υλικού, ώστε να εστιαστεί σε ποια σημεία καταπονείται η εξεταζόμενη διάταξη. Η σχεδίαση γίνεται σε CAD απ το οποίο το τελικό σχέδιο μπορεί να εισαχθεί και σε πρόγραμμα CAM και να προκύψει ο G κώδικας βάσει του οποίου θα υλοποιηθεί σε αυτόματο κέντρο κατεργασίας C.N.C.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### ΑΠΟ ΔΙΑΔΥΚΤΙΟ :

- <https://www.google.com/patents/US1073954>
- [https://www.google.com/search?q=EIKONES+ATMOKINHTO+PHDALIIO&hl=el&tbm=isch&source=lnms&sa=X&ei=uD1zVcT-E4T6UKHvgrgB&ved=0CAcQ\\_AUoAQ&biw=1366&bih=667#hl=el&tbm=isch&q=steam+steering+gear](https://www.google.com/search?q=EIKONES+ATMOKINHTO+PHDALIIO&hl=el&tbm=isch&source=lnms&sa=X&ei=uD1zVcT-E4T6UKHvgrgB&ved=0CAcQ_AUoAQ&biw=1366&bih=667#hl=el&tbm=isch&q=steam+steering+gear)
- [http://www.eugenfound.edu.gr/appdata/documents/books\\_pdf/e\\_j00048.pdf](http://www.eugenfound.edu.gr/appdata/documents/books_pdf/e_j00048.pdf)
- [http://www.eugenfound.edu.gr/appdata/documents/books\\_pdf/e\\_j00047.pdf](http://www.eugenfound.edu.gr/appdata/documents/books_pdf/e_j00047.pdf)

### ΑΠΟ ΒΙΒΛΙΑ :

- ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΠΛΟΙΩΝ, ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
- ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ, ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
- ΝΑΥΤΙΚΟΙ ΑΤΜΟΛΕΒΗΤΕΣ, ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

## Περιεχόμενα

Περίληψη.....	3
Abstract.....	4
Πρόλογος.....	5
<b>Α' ΜΕΡΟΣ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ</b> .....	6
Κεφάλαιο 1 <sup>ο</sup> .....	6
Ιστορική ανασκόπηση πηδαλίου .....	6
1.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΠΗΔΑΛΙΟΥ.....	7
Γενικά.....	7
□ Λειτουργία .....	8
1.3 ΤΗΛΕΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΠΗΔΑΛΙΟΥ .....	10
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup></b> .....	12
<b>ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΗΔΑΛΙΩΝ</b> .....	12
2.1 Ηλεκτροϋδραυλικό πηδάλιο .....	12
2.2 Ηλεκτροϋδραυλικό περιστροφικό πηδάλιο .....	15
2.3 Ηλεκτρικό πηδάλιο DONKIN-SCOTT κατά το σύστημα WARD-LEONARD .....	16
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup></b> .....	18
<b>ΑΤΜΟΚΙΝΗΤΟ ΠΗΔΑΛΙΟ ΠΛΟΙΟΥ</b> .....	18
3.1 Γενικά.....	18
3.2 Αρχή λειτουργίας .....	19
3.3 Η ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΓΕΦΥΡΑ ΠΡΟΣ ΤΟ ΔΙΑΦΟΡΙΚΟ ΣΥΡΤΗ ΤΟΥ ΑΤΜΟΚΙΝΗΤΟΥ ΠΗΔΑΛΙΟΥ.....	21
<b>Β' ΜΕΡΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΤΜΟΚΙΝΗΤΟΥ ΠΗΔΑΛΙΟΥ</b> .....	22
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup></b> .....	22
<b>ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΩΝ ΜΕΡΩΝ ΠΗΔΑΛΙΟΥ</b> .....	22
4.1 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ ΠΗΔΑΛΙΟΥ .....	22
4.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΦΛΑΝΤΖΩΝ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ ΠΗΔΑΛΙΟΥ ...	26
4.3 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΔΑΚΤΥΛΙΟΥ .....	29
4.4 : ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ ΒΑΣΕΩΣ.....	31

4.5 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΟΡΜΟΥ ΠΗΔΑΛΙΟΥ .....	34
Εικόνα 4.5.7 : Άνω όψη δοκμίου .....	37
4.6 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΞΟΝΩΝ .....	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 <sup>ο</sup> .....	47
ΣΥΝΔΕΣΗ ΚΟΜΜΑΤΙΩΝ ΚΑΙ ΤΕΛΕΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΑΤΜΟΚΙΝΗΤΟΥ ΠΗΔΑΛΙΟΥ ΠΛΟΙΟΥ .....	47
Επίλογος – Συμπεράσματα.....	58
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	59