

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ**

**ΣΥΛΛΟΓΗ ΑΣΚΗΣΕΩΝ
ΜΗΧΑΝΩΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ**

*επιμέλεια
Α.Μ. Σταματέλλος*

ΒΟΛΟΣ ΜΑΙΟΣ 1994

1. Περιγράψτε τις κύριες λειτουργίες των παρακάτω στοιχείων μιάς ΜΕΚ: Εμβολο, διωστήρας, στροφαλοφόρος, έκκεντρα και εκκεντροφόρος, βαλβίδες, πολλαπλή εισαγωγής και εξαγωγής.
2. Δείξτε σε κατάλληλο σκαρίφημα τις δυνάμεις που ενεργούν στο έμβολο, και τη μεταβολή τους στη διάρκεια του εμβολισμού εκτόνωσης, και αντίστοιχα του εμβολισμού συμπίεσης.
3. Αναφέρατε πέντε σημαντικές διαφορές στα χαρακτηριστικά σχεδιασμού και λειτουργίας μεταξύ κινητήρων Otto και Diesel.
4. Αναφέρατε λόγους για τους οποίους οι πολυκύλινδρες μηχανές αποδεικνύονται προτιμότερες από τις μονοκύλινδρες, μόλις ο όγκος εμβολισμού ξεπεράσει κάποιες εκατοντάδες κυβικά εκατοστά.
5. Ο περιστροφικός κινητήρας Wankel, παρά το ότι είναι σημαντικά ελαφρύτερος και πιο συμπαγής από ένα εμβολοφόρο κινητήρα αντίστοιχης ισχύος, έχει χαμηλότερο θερμοκό βαθμό απόδοσης, εξαιτίας σημαντικά υψηλότερων διαρροών αερίων από το θάλαμο καύσης, και κυρίως σημαντικά υψηλότερων απωλειών ψύξης. Εξηγήστε τους λόγους για τα παραπάνω με βάση ένα τυπικό σχέδιο κινητήρα Wankel.
6. Εξηγήστε γιατί η μέση πραγματική πίεση ενός βενζινοκινητήρα φυσικής αναπνοής στο πλήρες φορτίο, είναι μεγαλύτερη από αυτήν ενός κινητήρα diesel φυσικής αναπνοής.
7. Περιγράψτε το αποτέλεσμα της αλλαγής από 2 σε 4 βαλβίδες ανα κύλινδρο, στη ροή αέρα, μέγιστη ροπή και μέγιστη ισχύ ενός βενζινοκινητήρα.
8. Αναπτύξτε την εξίσωση που υπολογίζει την απαιτούμενη ισχύ για να οδηγηθεί ένα όχημα με σταθερή ταχύτητα σε ένα ανηφορικό δρόμο με γωνία κλίσης α , σαν συνάρτηση της ταχύτητας οχήματος, μάζας, αεροδυναμικής επιφάνειας προσβολής, συντελεστή αεροδυναμικών απωλειών, συντελεστή τριβής κυλίσεως, γωνίας κλίσης α , και επιτάχυνσης της βαρύτητας. Υπολογίστε την ισχύ αυτή για αυτοκίνητο μάζας 1,500 kg που ανεβαίνει δρόμο κλίσης 15° με ταχύτητα 90 km/h.
9. Ο θερμοκό βαθμός απόδοσης στην πλήρη ισχύ ενός δεδομένου βενζινοκινητήρα είναι 0.35 και μεταβάλλεται πολύ λίγο με το είδος χρησιμοποιούμενου καυσίμου. Να υπολογίσετε την ειδική κατανάλωση καυσίμου σε g/kWh, για τα καύσιμα ισοοκτάνιο, βενζίνη, μεθανόλη, προπάνιο, μεθάνιο και υδρογόνο.
10. Θεωρήστε ότι ασχολείστε με τον προκαταρκτικό σχεδιασμό ενός 4-χρονου, στροβιλοϋπερπληρούμενου κινητήρα diesel. Η μέγιστη ισχύς του περιορίζεται από τις αναπτυσσόμενες τάσεις στην κεφαλή στα 1,200 kPa, και η μέγιστη τιμή για τη μέση ταχύτητα εμβόλου στα 12 m/s.

(i) Να βρείτε μιά εξίσωση που να συσχετίζει την πίεση στην πολλαπλή εισαγωγής -(στην έξοδο δηλ. του συμπιεστή), με το λόγο αέρα λ στο σημείο της μέγιστης ισχύος (πχ συναρτήσει του βαθμού πλήρωσης, του βαθμού μετατροπής του καυσίμου, της μέσης

πραγματικής πίεσης κτλ)

(ii) Η ονομαστική ισχύς του συγκεκριμένου κινητήρα θα πρέπει να είναι 400 kW. Υπολογίστε ενδεικτικές τιμές για τον κυβισμό, τον αριθμό των κυλίνδρων, τη διάμετρο x διαδρομή, καθώς και τις στροφές στο ονομαστικό σημείο μέγιστης ισχύος.

(iii) Εάν ο λόγος πιέσεων εκατέρωθεν του συμπιεστή είναι 2, να εκτιμήσετε το συνολικό λόγο αέρα στη μέγιστη ισχύ, κάνοντας κατάλληλες παραδοχές για μεταβλητές που τυχόν θα χρειαστήτε.

11. Υπάρχουν αρκετές ταχύτητες, μήκη και χρονικά διαστήματα, η προσεγγιστική εκτίμηση των οποίων βοηθά σημαντικά την κατανόηση του τί συμβαίνει μέσα στις ΜΕΚ. Εδώ ζητείται να κάνετε εκτιμήσεις για τις παρακάτω ποσότητες σε ένα 4-κύλινδρο βενζινοκινητήρα 1.6 l, που δουλεύει στις 2,500 rpm.

(i) Μέση ταχύτητα εμβόλου και μέγιστη ταχύτητα εμβόλου

(ii) Μέγιστη ταχύτητα γόμωσης στο κανάλι εισαγωγής (διατομή ροής ίση με 20% της διατομής του εμβόλου)

(iii) Χρονική διάρκεια ενός κύκλου λειτουργίας, και των μέρους διεργασιών εισαγωγής, συμπίεσης, καύσης, εκτόνωσης και εξαγωγής (όχι εμβολισμών!).

(iv) Μέση ταχύτητα διάδοσης της φλόγας στο θάλαμο καύσης

(v) Το μήκος του συστήματος εισαγωγής που είναι γεμάτο με μία γόμωση κυλίνδρου αμέσως πριν το άνοιγμα της βαλβίδας εισαγωγής

(vi) Το μήκος στο σύστημα εξαγωγής που γεμίζει με μία γόμωση κυλίνδρου, αφού αυτή εγκαταλείψει τη βαλβίδα εξαγωγής (υποθέσατε μέση θερμοκρασία καυσαερίου 450° C).

12. Ισοοκτάνιο εισάγεται σε 4-κύλινδρο βενζινοκινητήρα με ροή μάζας 2g/s. Να υπολογίσετε τη ροή μάζας αέρα που απαιτείται για στοιχειομετρική καύση. Εάν η μηχανή δουλεύει στις 1,500 rpm, να εκτιμήσετε τη μάζα καυσίμου και αέρα που εισάγονται στον κύλινδρο ανά κύκλο. Όγκος εμβολισμού 2.4 l. Υπολογίστε και το βαθμό πλήρωσης.

13. Υπολογίστε τη σύνθεση του καυσαερίου ενός βενζινοκινητήρα που καίει καύσιμο βουτάνιο (C_4H_{10}), με λόγο αέρα 1.1, και με την υπόθεση τέλει καύσης.

14. Μετράμε τα καυσαέρια ενός βενζινοκινητήρα που καίει προπάνιο, και βρίσκουμε τις παρακάτω συγκεντρώσεις στο ξηρό καυσαέριο: $CO_2=10.8\%$, $O_2=4.5\%$, $CO=0\%$, $H_2=0\%$
Να υπολογιστεί ο λόγος αέρα της καύσης.

15. Να βρείτε και να συγκρίνετε την κατώτερη θερμογόνο δύναμη ανά μονάδα μάζας στοιχειομετρικού μίγματος και ανα μονάδα όγκου στοιχειομετρικού μίγματος (σε κανονικές συνθήκες), για τα καύσιμα μεθάνιο, ισοοκτάνιο, μεθυλική αλκοόλη και υδρογόνο. Να υποθέσετε πλήρη εξάτμιση και ανάμιξη των υγρών καυσίμων με τον αέρα.

16. Ο θερμικός βαθμός απόδοσης μιάς μηχανής είναι 0.3, και ο μηχανικός βαθμός απόδοσης 0.8, ενώ ο βαθμός απόδοσης καύσης 0.94. Οι απώλειες προς το ψυκτικό μέσο και το λάδι είναι 60 kW. Η χημική ενέργεια καυσίμου που εισάγεται στον κύλινδρο ανά μονάδα χρόνου είναι $m_f Q_{HV} = 190 \text{ kW}$.

Ποιό ποσοστό της ενέργειας αυτής γίνεται έργο στον άξονα, έργο τριβών, απώλειες ψύξης, ενθαλπία καυσαερίου, χημική ενέργεια καυσαερίου;

17. Τα καυσαέρια μιας μηχανής που καίει υδρογόνο αποτελούνται από 22.3% H_2O , 7.44% O_2 και 70.2% N_2 .

Να υπολογίσετε το λόγο αέρα με τον οποίο λειτουργεί.

18. Η ανακύκλωση καυσαερίου (EGR), χρησιμοποιείται συχνά σε κινητήρες για τη μείωση των εκπομπών NO_x , αναμιγνύοντας καυσαέριο με τον αέρα εισαγωγής.

(i) Για προϊόντα καύσης ισοοκτανίου με αέρα ($\lambda=1$), που έχουν χαμηλή θερμοκρασία, να προσδιορίσετε το ποσοστό της μέσης ειδικής θερμοχωρητικότητας υπό σταθερή πίεση που προέρχεται από κάθε συστατικό του καυσαερίου.

(ii) Να συγκρίνετε την ειδική θερμοχωρητικότητα υπό σταθερή πίεση των προϊόντων καύσης ισοοκτανίου με αέρα ($\lambda=1$), με αυτήν του αέρα, και τα δύο στους 1750 K. Η σημαντική διαφορά που θα βρείτε είναι μιά από τις αιτίες που χρησιμοποιούμε το EGR αντί για πιά φωχά μίγματα, για τη μείωση των εκπομπών NO_x .

19. Ένας δλίτρος τετρακύλινδρος κινητήρας που δουλεύει στις 2,000 rpm και στο 30% της μέγιστης ροπής του στις συγκεκριμένες στροφές, έχει την παρακάτω σύσταση καυσαερίου (κατ'όγκον):

$\text{CO}_2=11\%$, $\text{H}_2\text{O}=11.5\%$, $\text{CO}=0.5\%$, $\text{H}_2=0\%$, $\text{O}_2=2\%$, $\text{HC}=0.5\%$ (ως CH_2), $\text{N}_2=74.5\%$.

Το καύσιμο έχει χημικό τύπο $(\text{CH}_2)_n$ και θερμογόνο δύναμη 44 MJ/kg.

(i) Η μηχανή είναι Otto ή Diesel; Υπάρχει αρκετό οξυγόνο στο καυσαέριο για τέλεια καύση; Εξηγήστε εν συντομία.

(ii) Υπολογίστε το κλάσμα της χημικής ενέργειας του καυσίμου ($m_f Q_{HV}$) που χάνεται με το καυσαέριο με τη μορφή CO και HC.

(iii) Ένας εφευρέτης υποστηρίζει ότι μπορεί να επιτύχει βαθμό απόδοσης καύσης 100% με το συγκεκριμένο κινητήρα. Ποιά ποσοστιαία βελτίωση στο βαθμό απόδοσης της καύσης θα περιμένατε;

20. Το υδρογόνο είναι ένα πιθανό καύσιμο του μέλλοντος για κινητήρες Otto. Η κατώτερη θερμογόνο δύναμή του είναι ίση με 120 MJ/kg, έναντι 44 MJ/kg της βενζίνης. Ο στοιχειομετρικός λόγος αέρα-καυσίμου για καύση υδρογόνου είναι 34.3, έναντι 14.4 μιάς τυπικής βενζίνης. Ένα από τα μειονεκτήματα της χρήσης υδρογόνου ως καυσίμου σε MEK συνδέεται με το γεγονός ότι η σημαντική μερική πίεση του υδρογόνου στο μίγμα, μειώνει το βαθμό πλήρωσης (ο οποίος είναι ανάλογος της μερικής πίεσης του αέρα).

Να υπολογίσετε τη μερική πίεση του αέρα στην πολλαπλή εισαγωγής, κατάντι των σημείων έγχυσης υδρογόνου, με εντελώς ανοικτή πεταλούδα επιταχυντή και με ολική πίεση στην

πολλαπλή 1 bar. Ο λόγος αέρα είναι $\lambda=1$.

Στη συνέχεια να εκτιμήσετε το λόγο της ενέργειας του καυσίμου που εισέρχεται ανά μονάδα χρόνου σε ένα κινητήρα που καίει υδρογόνο σε στοιχειομετρικό μίγμα, με την αντίστοιχη ενέργεια για ένα όμοιο κινητήρα που καίει στοιχειομετρικά βενζίνη στο ίδιο σημείο λειτουργίας.

21. Οι παρακάτω είναι τυπικές τιμές χρονισμού βαλβίδων για ένα τετράχρονο κινητήρα: ΒΕισΑ 15° πριν ΑΝΣ, ΒΕξΑ 55° πριν ΚΝΣ, ΒΕισΚ 50° μετά ΚΝΣ, ΒΕξΚ 10° μετά ΑΝΣ.

Να εξηγήσετε γιατί με τέτοιες τιμές χρονισμού αβλβίδων βελτιώνεται η αναπνοή της μηχανής σε σχέση με το άνοιγμα και κλείσιμο των βαλβίδων στα αντίστοιχα Νεκρά Σημεία. Υπάρχουν επι πλέον μεταβλητές σχεδιασμού που είναι σημαντικές εδώ;

22. Να εκτιμήσετε κατά προσέγγιση την πτώση πίεσης δια μέσου της βαλβίδας εισαγωγής περί το μέσον του εμβολισμού εισαγωγής, καθώς και την αντίστοιχη πτώση πίεσης δια μέσου της βαλβίδας εξαγωγής περί το μέσον του εμβολισμού εξαγωγής, όταν δηλ. η ταχύτητα του εμβόλου έχει τη μέγιστη τιμή της, για μιά τυπική βενζινομηχανή με διάμετρο \times διαδρομή 85 x 85 mm στις 2,500 και 5,000 rpm με εντελώς ανοικτό γκάζι. Να κάνετε τις απαραίτητες παραδοχές για λεπτομέρειες της γεωμετρίας βαλβίδων και εδρών τους, καθώς και σχετικά με τη σύσταση του καυσαερίου.

23. Μιά τεχνική που θα μπορούσε να αυξήσει το θερμικό βαθμό απόδοσης του βενζινοκινητήρα, είναι το νωρίτερο κλείσιμο της βαλβίδας εισαγωγής (EIVC), όπου η βαλβίδα κλείνει πριν να φτάσει το έμβολο στο ΚΝΣ κατά τη διάρκεια του εμβολισμού εισαγωγής σε χαμηλά φορτία κινητήρα (αντί να κλείνουμε το γκάζι).

(i) Να εξηγήσετε γιατί το EIVC βελτιώνει το βαθμό απόδοσης του κινητήρα στα χαμηλά φορτία. (Υπόδειξη: Θεωρήστε τι θα πρέπει να συμβεί στην πίεση της πολλαπλής εισαγωγής για να διατηρηθεί σταθερή μάζα μέσα στον κύλινδρο παρά το νωρίτερο κλείσιμο της βαλβίδας).

(ii) Μιά άλλη τεχνική, συγκεκριμένα το αργότερο κλείσιμο της βαλβίδας εισαγωγής στη διάρκεια του εμβολισμού συμπίεσης, ώστε να αδειάσει ένα μέρος της γόμωσης ξανά πίσω στην πολλαπλή, θα μπορούσε να είναι το ίδιο αποτελεσματική; (Συγκρίνετε τα δύο διαγράμματα $p-V!$).

24. Ένας 8-κύλινδρος στροβιλοϋπερπληρούμενος με ενδιάμεση ψύξη κινητήρας diesel, λειτουργεί με πίεση εισαγωγής 1.8 bar στη μέγιστη ροπή του (περιβάλλουσα), στις 2,000 rpm. Διάμετρος 128mm, διαδρομή 140mm, βαθμός πλήρωσης 0.9 (για συνθήκες πολλαπλής εισαγωγής $p=1.8$ bar και $T=325$ K - μετά τον ενδιάμεσο ψύκτη). Ο ισεντροπικός βαθμός απόδοσης του συμπιεστή είναι 0.7

(i) Να υπολογίσετε την ισχύ που απαιτείται για τη λειτουργία του συμπιεστή.

(ii) Εάν η θερμοκρασία καυσαερίου είναι 650°C, και ο ισεντροπικός βαθμός απόδοσης της τουρμπίνας είναι 0.65, να εκτιμήσετε την πίεση στην είσοδο της τουρμπίνας. (Εξοδος της τουρμπίνας σε 1 bar).

25. Σε ένα δισκοειδή θάλαμο, διαμέτρου 100 mm και πάχους 15 mm, γίνονται πειράματα

καύσης (προσομοίωση θαλάμου καύσης ΜΕΚ). Η ανάφλεξη δίνεται στο κέντρο του δίσκου, και η φλόγα προωθείται ακτινικά προς τα έξω. Θεωρήστε ότι η φλόγα είναι ένας λεπτός δίσκος, που η ακτίνα του αυξάνει γραμμικά με το χρόνο. Ο όγκος του θαλάμου είναι σταθερός. Το καύσιμο είναι τυπική βενζίνη. Το μίγμα στοιχειομετρικό. Η αρχική θερμοκρασία είναι 0°C.

(i) Σχεδιάστε ποιοτικά, προσέχοντας όμως τις αναλογίες, διαγράμματα μεταβολής των παρακάτω ποσοτήτων με το χρόνο, από την αρχή ως το τέλος της καύσης:

- Λόγος της πίεσης στο θάλαμο καύσης προς την αρχική
- Λόγος μέσης πυκνότητας του άκαυστου αερίου προς την αρχική πυκνότητα
- Λόγος μέσης πυκνότητας του καμμένου αερίου προς την αρχική πυκνότητα

(ii) Πάνω σ'ένα ποιοτικό αλλά με προσεκτικές αναλογίες διάγραμμα του r/R_o (ακτίνα μετώπου φλόγας προς ακτίνα θαλάμου καύσης) σαν συνάρτηση του χρόνου, να δείξετε πώς οι ακτινικές θέσεις των στοιχειωδών τμημάτων αερίου, αρχικά σε $r/R_o=0$, 0.5, και 1. πριν από την καύση, μεταβάλλονται στη διάρκεια της διεργασίας καύσης καθώς η φλόγα προωθείται ακτινικά προς τα έξω από το κέντρο ($r=0$) προς το εξωτερικό τοίχωμα ($r=R_o$).

26. Οι παρακάτω μεταβολές στο σχεδιασμό του θαλάμου καύσης ενός βενζινοκινητήρα, αυξάνουν το ρυθμό καύσης υπό σταθερή σχέση συμπίεσης, διάμετρο κυλίνδρου, στροφές και συνθήκες εισόδου της γόμωσης. Εξηγήστε πώς η κάθε μία επηρεάζει την ταχύτητα καύσης.

(i) Μείωση του ποσοστού ανακύκλωσης καυσαερίου (EGR)

(ii) Χρήση δύο σπινθηριστών ανά κύλινδρο

(iii) Αύξηση του επαγόμενου στροβιλισμού μέσα στον κύλινδρο

(iv) Αύξηση της απόστασης του εμβόλου στο ANΣ από τις ακίδες του σπινθηριστή, και τοποθέτηση του σπινθηριστή σε κεντρικότερη θέση.

27. Εξηγήστε γιατί η ροπή του βενζινοκινητήρα μεταβάλλεται με την προπορεία έναυσης, υπο σταθερές στροφές και συνθήκες εισαγόμενης γόμωσης. Ποιά είναι η βέλτιστη προπορεία έναυσης; Εξηγήστε πώς μεταβάλλεται αυτή με τις στροφές και τη ροπή του κινητήρα.

28. Εξηγήστε τις αιτίες της παρατηρούμενης μεταβολής της μορφής του δυναμοδεικτικού διαγράμματος και συνακόλουθα της μέσης ενδεικνύμενης πίεσης, από κύκλο σε κύκλο σε ένα βενζινοκινητήρα. Ποιές είναι οι επιπτώσεις αυτής της ανομοιομορφίας στη λειτουργία της μηχανής;

29. (i) Περιγράψτε με συντομία τι συμβαίνει όταν "κτυπά" ο βενζινοκινητήρας

(ii) Εξηγήστε γιατί το κτύπημα του βενζινοκινητήρα συμβαίνει κυρίως με ανοικτή την πεταλούδα του επιταχυντή, και χαμηλές στροφές.

(iii) Με ένα αισθητή κτυπήματος, η συνήθης στρατηγική ελέγχου του κτυπήματος του κινητήρα, είναι να μειώνεται σταδιακά η προπορεία έναυσης μέχρι να εξαφανιστεί το

κτύπημα. Εξηγήστε γιατί η στρατηγική αυτή είναι αποτελεσματική, και γιατί προτιμάται από άλλες πιθανές στρατηγικές (πχ στραγγαλισμός εισαγωγής ή ανακύκλωση καυσαερίου).

(iv) Σε μία μηχανή που κτυπά, η γωνία στροφάλου στην οποία εμφανίζεται η αυτανάφλεξη, αλλά και το μέγεθος των επαγομένων ταλαντώσεων πίεσης, παρουσιάζουν σημαντικές διακυμάνσεις από κύκλο σε κύκλο. Εξηγήστε τους λόγους.

30. Περιγράψτε την ακολουθία διεργασιών που πρέπει να συμβούν πριν να καεί εντελώς το υγρό καύσιμο που αντλείται στο σύστημα έγχυσης ενός κινητήρα diesel απ'ευθείας έγχυσης.

31. Οι νέοι ταχύστροφοι κινητήρες diesel απ'ευθείας έγχυσης - υψηλού στροβιλισμού των επιβατηγών αυτοκινήτων, έχουν κατά 10% υψηλότερο θερμικό βαθμό απόδοσης από τους αντίστοιχους με διαιρεμένο θάλαμο (οι οποίοι όμως επιτυγχάνουν μεγαλύτερες τιμές μέσης πραγματικής πίεσης).

Ποιές διαφορές μεταξύ των δύο συστημάτων συνεισφέρουν σ'αυτή τη διαφορά;

32. Στο καυσαέριο ενός κινητήρα diesel απ'ευθείας έγχυσης, μετρήθηκαν οι παρακάτω συγκεντρώσεις ρύπων: HC=0.8 g/kWh, CO=3 g/kWh, αιθάλη=0.7 g/kWh.

Εάν η ειδική κατανάλωση καυσίμου μετρήθηκε σε 210 g/kWh, να υπολογιστεί ο βαθμός απόδοσης της καύσης.

33. Να εκτιμήσετε τις παρακάτω ποσότητες για την ψεκαζόμενη δέσμη σταγονιδίων πετρελαίου ενός τυπικού κινητήρα diesel DI, που ψεκάζει με πίεση 500 bar τη στιγμή που η πίεση στο θάλαμο καύσης είναι 50 bar.

(i) Αφού υποθεθεί οιονεί-μόνιμη ροή ασυμπίεστου ρευστού μέσα από την οπή του μπέκ, να υπολογίσετε την ταχύτητα του υγρού στην έξοδο του μπέκ. Με την ταχύτητα αυτή, πόσο χρόνο χρειάζεται το καύσιμο μέχρι να φτάσει το τοίχωμα του κυλίνδρου (διάμετρος 125 mm).

(ii) Να υπολογίζετε τη γωνία του πίδακα ψεκαζόμενου καυσίμου, και να σχεδιάσετε σε διάγραμμα τη μεταβολή της διείσδυσης με το χρόνο, εάν η διάμετρος της οπής είναι $d_n=0.34$ mm και $L_n/d_n=4$.

(iii) Να εκτιμήσετε το αρχικό μέσο μέγεθος σταγόνας, υποθέτοντας ότι η διεργασία ψεκασμού στο ερώτημα (i), συνεχίζεται για 1 ms και το μπέκ έχει 4 οπές.

34. Καύσιμο diesel ψεκάζεται σε υγρή μορφή σε θερμοκρασία δωματίου, μέσα σε αέρα 50 bar και 800 K, κοντά στο ANΣ στο τέλος της συμπίεσης.

Εάν ο λόγος αέρα είναι 1.5, να εκτιμήσετε τη μείωση στη μέση θερμοκρασία του αέρα που θα συμβεί εάν το ψεκαζόμενο καύσιμο εξαμιστεί και αναμιχθεί εντελώς με τον αέρα. Να υποθέσετε ότι τέτοιου είδους ανάμιξη λαμβάνει χώρα υπο σταθερό όγκο πριν από την καύση.

35. Να εκτιμήσετε την καθυστέρηση έναυσης σε ms καθώς και σε μοίρες ΓΣ, για τις παρακάτω συνθήκες λειτουργίας διαφόρων κινητήρων:

Ⓜ Κινητήρας diesel χαμηλού στροβιλισμού, με διαιρεμένο θάλαμο στις 600 και 1,800 rpm.

Ⓜ Κινητήρας diesel υψηλού στροβιλισμού, με διαιρεμένο θάλαμο στις 1,800 rpm.

® Κινητήρας με απ'ευθείας έγχυση με χαμηλή και υψηλή σχέση συμπίεσης (15:1, 19:1). Αριθμός κετανίου καυσίμου 45. Διαδρομή = 100 mm.

36. Να εξηγήσετε τη χαρακτηριστική μεταβολή των εκπομπών HC, CO, NO_x ενός βενζινοκινητήρα σαν συνάρτηση του λ. Να σχεδιάσετε ένα αντίστοιχο διάγραμμα για ένα κινητήρα diesel DI.

37. Ένας βενζινοκινητήρας αυτοκινήτου καταναλώνει κατά μέσον όρο 60 g βενζίνης / km. Οι μέσες εκπομπές του (πριν από τον καταλυτικό μετατροπέα), είναι NO (μετρημένο σαν NO₂)=1 g/km, HC=1.5 g/km, CO=14 g/km. Ο κινητήρας λειτουργεί με στοιχειομετρικό μίγμα (λ=1).

Να υπολογίσετε τις μέσες συγκεντρώσεις στο καυσαέριο σε ppm. Επίσης, να υπολογίσετε το βαθμό απόδοσης της καύσης, συμπεριλαμβάνοντας και μιά εκτίμηση για τις εκπομπές υδρογόνου (σε ισορροπία CO:H₂=1:3). Εάν ο συγκεκριμένος κινητήρας είναι εφοδιασμένος με καταλυτικό μετατροπέα που είναι ζεστός (έχει πιάσει δηλ. το light-off) για ένα 90% του συνολικού χρόνου κίνησης, ενώ για το υπόλοιπο 10% είναι ανενεργός, τότε να εκτιμήσετε τις μέσες εκπομπές σε g/km του καταλυτικού αυτοκινήτου (Βαθμός απόδοσης: HC:90%, CO:85%, NO_x:70%).

38. Δίδεται μέση θερμορροή μέσα από ένα συγκεκριμένο τμήμα κυλινδροχιτωνίου από χυτοσίδηρο, πάχους 10 mm, ίση με 0.2 MW/m², σε θερμοκρασία ψυκτικού μέσου 85°C και συντελεστή συναγωγής από την πλευρά του ψυκτικού μέσου 7,500 W/m²K.

Να βρεθεί η μέση θερμοκρασία της επιφάνειας του συγκεκριμένου τμήματος χιτωνίου, τόσο από την πλευρά του εργαζόμενου μέσου, όσο και από την πλευρά του ψυκτικού μέσου.

39. Με χρήση διαστατικής ανάλυσης, να συγκρίνετε τις σχετικές θερμικές απώλειες δύο γεωμετρικά όμοιων βενζινοκινητήρων, (ίδιος λόγος διαμέτρου προς διαδρομή, ίδιος λόγος μήκους διωστήρα προς μήκος εμβολισμού), που λειτουργούν στην ίδια μέση ενδεικνύμενη πίεση και στροφές. Ο κινητήρας Α έχει διπλάσιο όγκο εμβολισμού ανα κύλινδρο από τον Β. Να υποθέσετε ότι η θερμοκρασία τοιχώματος θαλάμου καύσης και η θερμοκρασία των αερίων, είναι ίδιες και για τους δύο κινητήρες στο συγκεκριμένο σημείο.

40. (i) Με χρήση της εξίσωσης του Woschni, να υπολογίσετε την ποσοστιαία αύξηση μετάδοσης θερμότητας προς το ψυκτικό μέσο μιάς μηχανής με μέση ταχύτητα εμβόλου 10 m/s, όταν ο λόγος στροβιλισμού αυξηθεί από 0 σε 5. Η σύγκριση να περιλαμβάνει μόνο τη διεργασία εισαγωγής. Η διάμετρος του κυλίνδρου της μηχανής είναι 0.15 m και οι στροφές 2,000 rpm.

(ii) Να εξηγήσετε πώς η παραγωγή στροβιλισμού και η συνακόλουθη αύξηση της μετάδοσης θερμότητας θα επηρεάσουν το βαθμό πλήρωσης.

41. (i) Εξηγήστε πώς θα εκτιμούσατε το πάχος θερμικού οριακού στρώματος στο τοίχωμα του θαλάμου καύσης μιάς MEK.

(ii) Χρησιμοποιώντας τυπικά δεδομένα, να κάνετε μιά πρόχειρη εκτίμηση του πάχους θερμικού οριακού στρώματος στο τοίχωμα του θαλάμου καύσης ενός βενζινο-κινητήρα αμέσως μετά την ολοκλήρωση της καύσης, καθώς και το κλάσμα της συνολικής μάζας

γόμενης που περιλαμβάνεται μέσα στο θερμικό οριακό στρώμα. Διάμετρος κυλίνδρου = 100 mm. Θερμικά δεδομένα από πίνακες.

42. (i) Να δείξετε πώς η μέση πραγματική πίεση τριβών ενός 4-χρονου κινητήρα μπορεί να ληφθεί από την ισχύ στον άξονα, P_b , τις στροφές, N , τον όγκο εμβολισμού, V_d , και το $\int p dV$ στη διάρκεια των εμβολισμών συμπίεσης και εκτόνωσης ($=W_{c,ig}$).

(ii) Πώς συσχετίζεται η μέση πραγματική πίεση που υπολογίζεται με βάση μόνο τον εμβολισμό συμπίεσης και εκτόνωσης (βρόχος υψηλής πίεσης δυναμοδεικτικού διαγράμματος), με αυτήν που υπολογίζεται με βάση τον πλήρη κύκλο;

(iii) Να βρήτε την ισχύ στον άξονα, την ολική ισχύ τριβών, την ολική μέση ενδεικνύμενη πίεση τριβών και την μέση ενδεικνύμενη πίεση άντλησης ενός 4-χρονου βενζινοκινητήρα που λειτουργεί στις 1,800 rpm με μετρημένη ροπή 32 N.m, μέση ενδεικνύμενη πίεση 933 kPa και καθαρή μέση ενδεικνύμενη πίεση 922 kPa. $V_d=0.496 \text{ dm}^3$.

43. Για 4-χρονους πολυκύλινδρους βενζινοκινητήρες και κινητήρες diesel φυσικής αναπνοής, σε πλήρες φορτίο καθώς και στο 1/3 του πλήρους φορτίου, σε μεσαίες στροφές (2,000 rpm), να δώσετε προσεγγιστικές εκτιμήσεις των ποσοστών της συνολικής μέσης ενδεικνύμενης πίεσης τριβών που αντιστοιχεί στις παρακάτω τρεις κατηγορίες: μέση πίεση άντλησης, μέση πίεση τριβής εξαρτημάτων (ολίσθησης, εδράνων κτλ), και μέση πίεση που απαιτείται για την κίνηση των παρελκόμενων του κινητήρα. Να εξηγήσετε αναλυτικά τον τρόπο εκτίμησης, καθώς και ποιά θεωρείτε παρελκόμενα του κινητήρα.

44. Όλες οι διαδικασίες μέτρησης τριβών, εκτός αυτής που βασίζεται στη διαφορά μεταξύ μέσης πραγματικής πίεσης και μέσης ενδεικνύμενης πίεσης που μετρώνται απ' ευθείας, βασίζονται στην σιωπηρή παραδοχή ότι οι τριβές του κινητήρα σε πραγματική λειτουργία είναι συγκρίσιμες με αυτές του ρυμουλκούμενου κινητήρα (που δεν καίει καύσιμο δηλαδή). Αυτή η παραδοχή βέβαια δεν είναι ακριβής για το τμήμα εκείνο των τριβών που αφορά την άντληση. Να αναφέρετε εν συντομία τις διαφορές μεταξύ των διεργασιών εναλλαγής γόμενης του λειτουργούντος και του ρυμουλκούμενου βενζινοκινητήρα, με δεδομένη θέση πεταλούδας επιταχυντή (μερικό φορτίο), που οδηγούν σε σημαντική διαφοροποίηση του έργου άντλησης στις δύο περιπτώσεις.

45. Να δείξετε με χρήση διαστατικής ανάλυσης μεταξύ των μεταβλητών που είναι γνωστό ότι επηρεάζουν τις τριβές σε ένα έδρανο ολισθήσεως (δύναμη τριβών F_f , ιξώδες λαδιού μ , διάμετρος εδράνου D_b , μήκος L_b , μέση χάρις h , αριθμός στροφών ατράκτου N), ότι

46. Εξηγήστε εάν καθεμιά από τις παρακάτω συνιστώσες των τριβών ενός κινητήρα θα αναμείνανε ότι εξαρτάται:

- από τις στροφές του στροφαλοφόρου
- από τη μέση ταχύτητα εμβόλου

Εδρανα ολίσθησης στροφαλοφόρου, έδρανα διωστήρα, βαλβίδες, εκκεντροφόρος, πουκάμισο εμβόλου, ελατήρια εμβόλου, αντλία νερού, ανεμιστήρας ψυγείου, απώλειες ροής βαλβίδων.

47. Ένας 4-χρονος κινητήρας diesel DI φυσικής αναπνοής βρίσκεται υπό ανάπτυξη, με

στόχο την απόδοση ισχύος 200 kW στις ονομαστικές στροφές του.

Με χρήση πληροφοριών που υπάρχουν στον οδηγό του μαθήματος, σε σχέση με τυπικές τιμές κρίσιμων παραμέτρων λειτουργίας σε συνθήκες μέγιστης ισχύος και ροπής για αξιόλογους κινητήρες παραγωγής, να εκτιμήσετε τα παρακάτω:

(i) Τη σχέση συμπίεσης, αριθμό κυλίνδρων, διάμετρο x διαδρομή, ονομαστικό αριθμό στροφών, για τον υπό ανάπτυξη κινητήρα.

(ii) Την ειδική κατανάλωση καυσίμου του συγκεκριμένου κινητήρα στο σημείο λειτουργίας μέγιστης ισχύος.

(iii) Την κατά προσέγγιση αύξηση στην ισχύ που θα μπορούσε να επιτευχθεί με υπερπλήρωση του κινητήρα.

48. Οι βενζινοκινητήρες και οι κινητήρες diesel διαιρεμένου θαλάμου, χρησιμοποιούνται εναλλακτικά για την κίνηση επιβατηγών αυτοκινήτων. Για το σκοπό αυτό, θα πρέπει να ικανοποιούν τις ίδιες προδιαγραφές εκπομπών ρύπων στο καυσαέριο (πλήν των εκπομπών αιθάλης, που για το βενζινοκινητήρα είναι αμελητέες). Γι'αυτό είναι σημαντικό να συγκρίνουμε τις εκπομπές τους όταν αυτοί βελτιστοποιούνται για αύξηση της ισχύος σε συνθήκες πλήρους φορτίου (πχ κίνηση σε αυτοκινητόδρομο με υψηλές ταχύτητες), είτε για ελαχιστοποίηση της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου.

(i) Να δώσετε τυπικές τιμές για το λ σε ένα βενζινοκινητήρα αυτοκινήτου και για ένα κινητήρα diesel με προθάλαμο, που έχουν βελτιστοποιηθεί για μεγιστοποίηση της μέγιστης ροπής στις 2,000 rpm, ή εναλλακτικά για ελαχιστοποίηση της ειδικής κατανάλωσης σε μερικό φορτίο ($b_{mer}=300$ kPa) στις 1,500 rpm. Εξηγήστε τον τρόπο εκτίμησης των σχετικών παραμέτρων.

(ii) Να φτιάξετε ένα πίνακα που να δείχνει αν στα δύο προαναφερθέντα σημεία λειτουργίας, οι ειδικές εκπομπές CO, HC, NO_x και σωματιδίων αιθάλης, είναι χαμηλές, μέτριες ή υψηλές σε σχέση με το άλλο σημείο λειτουργίας και τον άλλο κινητήρα. Εξηγήστε τον τρόπο εκτίμησης.