



Το πυροσβεστικό όχημα Oshkosh Phoenix της φωτογραφίας, έχει μάζα 29000 kg (φορτωμένο) και έχει δυνατότητα ανάβασης σε κλίση έως και 60% (37°). Ο κινητήρας του (Detroit Diesel 8V-92TA) είναι δίχρονος Diesel V8, 16 βαλβίδων, κυβισμού 12.1 l., με μηχανικό υπερπληρωτή και στροβιλοϕερόπληρωτή με ενδιάμεσο ψύκτη. Διάμετρος κυλίνδρου 123 mm. Μέγιστη ισχύς 585 HP στις 2300 rpm. Μέγιστη ροπή 2,161 N·m στις 1,350 rpm. Λάστιχα 16.00 R20 XZL Michelin tubeless (συνολική διάμετρος τροχού 52. in.). Κιβώτιο ταχυτήτων 5 σχέσεων. Τελική σχέση μετάδοσης (διαφορικού) 6.55:1

1. Να υπολογίσετε τη μέση πραγματική πίεση, τη μέση ταχύτητα εμβόλου και την ισχύ ανά μονάδα επιφανείας εμβόλου του κινητήρα για τα σημεία λειτουργίας της μέγιστης ισχύος και μέγιστης ροπής. Να σχολιάσετε τα αποτελέσματα σχετικά με άλλους κινητήρες Diesel.
2. Με βάση εκτίμηση του ελάχιστου λόγου αέρα λ ώστε να ελαχιστοποιούνται οι εκπομπές καπνού στο πλήρες φορτίο, να υπολογίσετε την πίεση στην πολλαπλή εισαγωγής (πίεση υπερπλήρωσης) στο σημείο λειτουργίας της μέγιστης ισχύος, καθώς και την κατανάλωση καυσίμου, υποθέτοντας κατάλληλη θερμοκρασία αέρα στην πολλαπλή εισαγωγής (έξοδος ενδιάμεσου ψύκτη).
3. Να υπολογίσετε την θερμοκρασία στην έξοδο του συμπιεστή στο σημείο λειτουργίας της μέγιστης ισχύος, υποθέτοντας ισεντροπικό βαθμό απόδοσής του  $\eta_{sv}=0.85$ . Να υπολογίσετε την απαιτούμενη ισχύ του ενδιάμεσου ψύκτη.
4. Να εκτιμήσετε τις απώλειες ψύξης στο σημείο λειτουργίας της μέγιστης ισχύος και την απαιτούμενη επιφάνεια ψυγείου πάχους 45mm με τις χαρακτηριστικές του συνημμένου διαγράμματος. Το  $k'$  του εναλλάκτη που προκύπτει από το νομογράφημα, πολλαπλασιάζεται επί την ζητούμενη επιφάνεια AST του ψυγείου και επί την μέση διαφορά θερμοκρασίας  $[(\Theta \text{ εισόδου νερού} + \Theta \text{ εξόδου νερού})/2 - \Theta \text{ εισόδου αέρα}]$ , για να μας δώσει τη συνολική ισχύ του ψυγείου.
5. Να υπολογίσετε την τελική ταχύτητα του οχήματος (5<sup>η</sup> ταχύτητα, σχέση μετάδοσης κιβωτίου 1:1).
6. Δεδομένου ότι το όχημα έχει κίνηση και στους 8 τροχούς του, να υπολογίσετε τη δύναμη που ασκείται από κάθε τροχό κατά την ανάβαση σε κλίση 60% με λειτουργία του κινητήρα στο σημείο της μέγιστης ροπής του, και μέσω αυτής (ισοζύγιο ισχύος), τη σχέση μετάδοσης της 1<sup>ης</sup> ταχύτητας. Συνολικός βαθμός απόδοσης κιβωτίου ταχυτήτων – διαφορικού 0.95 Υπολογίσατε την ταχύτητα ανάβασης στο συγκεκριμένο σημείο λειτουργίας.



**KUEHLERFABRIK  
LAENGERER & REICH  
GMBH & CO. KG**

ZCH.NR. 1.7041.9.84

VB 4592

KKZ : E680/015

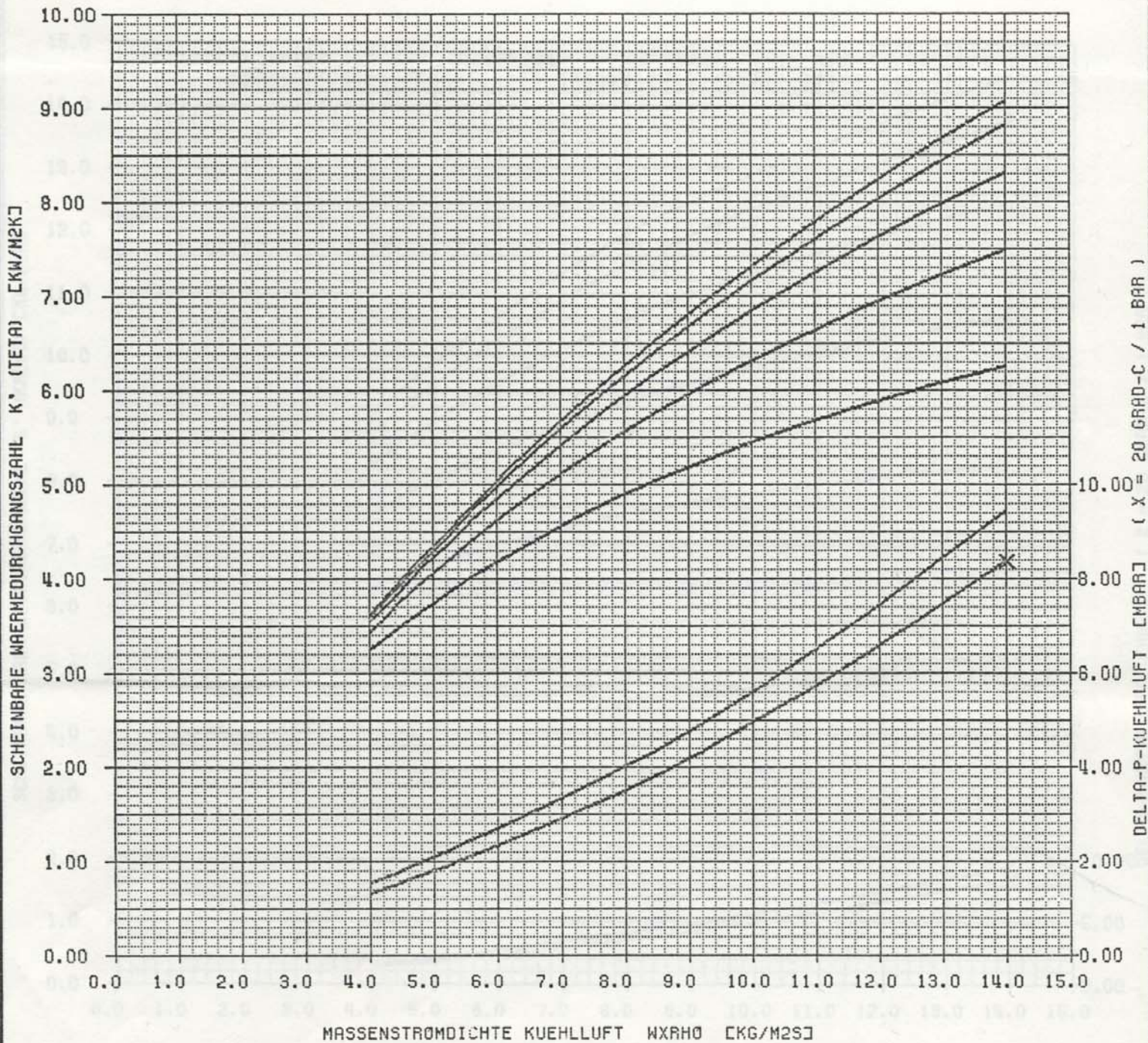
T CMHJ 45

AL/AL

BLATT 13

HÖHE CMJ	0.2990	RHO KUEHLLUFT WARM 1.0750 KG/M3	I-EINS.
BREITE CMJ	0.2990	RHO KUEHLLUFT KALT 1.1600 KG/M3	LLA 1.7041.2.00.4.20
AST CM2J	0.089410	FLUSSZAHL 1	LLA
ANZAHL RÖHRE	46	T-EIN I/A 80.0 22.5	RIPPENZAHL A 200
DELTA-T- TETA		A-STROEM.-I CM2J 0.001193	NUE-ØELC50CJ CST

KAMU W/L	V WASSER	CM3/HJ	W CM/SJ
RØ 20X2X0.32 2-REIHIG	10.00		2.327
LLA 10.5/015-SB=0.95	6.30		1.466
	4.00		0.930
	2.50		0.581
	1.50		0.348



BEARBEITER HOPFENZITZ	DATUM 18.3.87	KKZ : E680/015
--------------------------	------------------	----------------

## Λύση:

1

Σημείο μέγιστης ισχύος:

$$P=585 \text{ HP} \times 0.746 \text{ kW/HP}=436.4 \text{ kW}$$

$$m_{ep}=P/(V_d N)=436.4 \text{ E}+3/(12.1\text{E}-3 \times 2300/60)=9.4\text{E}+5 \text{ Pa}=9.4 \text{ bar}$$

$$S_p=2SN=2 \times 0.127 \times 2300/60=9.74 \text{ m/s}$$

(η διαδρομή του εμβόλου προκύπτει από τον κυβισμό και τη διάμετρο του κυλίνδρου, ίση με 127mm).

$$P_{sp}=P/(8\pi B^2/4)=436.4/(2 \pi 0.123^2)=4593 \text{ kW/m}^2$$

Χαμηλή τιμή μέσης ταχύτητας εμβόλου (<10 m/s) για μεγάλη διάρκεια ζωής κινητήρα.

Σχετικά χαμηλή τιμή  $m_{ep}$  στη μέγιστη ισχύ, παρά την ύπαρξη turbo και supercharger.

Σημείο μέγιστης ροπής:

$$m_{ep}=2\pi T/V_d = 2\pi 2161/12.1\text{E}-3=11.22\text{E}+5 \text{ Pa}=11.22 \text{ bar}$$

$$S_p=2SN=2 \times 0.127 \times 1350/60=5.7 \text{ m/s}$$

$$P_{sp}=P/(8\pi B^2/4)=2\pi 1350/60 \times 2161/(2\pi 0.123^2)=3214 \text{ kW/m}^2$$

Σχετικά χαμηλή τιμή  $m_{ep}$  στη μέγιστη ροπή, παρά την ύπαρξη turbo και supercharger.

2

Εκτιμάται ο ελάχιστος λόγος αέρα στην τιμή  $\lambda=1.5$  (δεδομένου ότι υπάρχουν σημαντικά περιθώρια ισχύος).

Με βάση τη σχέση:

$P=\eta_f \eta_v V_d (N/60) \rho_a F/A H_u =436.4 \text{ kW}$ , προκύπτει η πυκνότητα αέρα στην πολλαπλή εισαγωγής:

$$\rho_a=436.4\text{E}+3/(0.4 \times 0.85 \times 12.1\text{E}-3 \times (2300/60) \times 43\text{E}6 / (1.5 \times 14.55))=1.4 \text{ kg/m}^3$$

Αντίστοιχα από την ίδια σχέση προκύπτει και η κατανάλωση καυσίμου στο σημείο μέγιστης ισχύος:

$$m_f=P/(\eta_f H_u)=436.4\text{E}+3/(0.4 \times 43\text{E}+6)=0.0254 \text{ kg/s} \text{ ή } 25.4 \text{ g/s}$$

Υποθέτοντας ότι η θερμοκρασία στην έξοδο του Intercooler είναι της τάξης των 55°C, προκύπτει η πίεση υπερπλήρωσης από την καταστατική εξίσωση:  $p/\rho=RT$

$$p=\rho_a RT=1.4 \times 287 \times (273+55)=1.3 \text{ bar}$$

3

Από τη σχέση για την ισεντροπική συμπίεση, και αγνοώντας τις κινητικές ενέργειες:

$$\eta_{sv}=\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{(\gamma-1)/\gamma} - 1 / \left(\frac{T_2}{T_1}\right) - 1$$

$$\left(\frac{T_2}{T_1}\right) - 1 = \left(\frac{1.3}{1}\right)^{(1.4-1)/1.4} - 1 / 0.85 = 0.0916$$

$T_2=T_1 \times 1.0916=300 \text{ K} \times 1.0916=327.5 \text{ K}$  ή 55°C άρα για θερμοκρασία αέρα περιβάλλοντος 27°C δεν είναι απαραίτητος ο intercooler, εκτός εάν επιθυμούμε να κατεβάσουμε κι άλλο τη θερμοκρασία από τους 55°C, πχ στους 45°C, ή εάν λειτουργεί το όχημα σε συνθήκες υψηλής εξωτερικής θερμοκρασίας, (πχ 40°C) οπότε  $T_2=69^\circ\text{C}$ .

$$\begin{aligned} \text{Εάν είναι έτσι, } Q_{interc} &= m_a c_p (69-55) = \rho_a V_d N/60 \eta_v c_p (69-55) = \\ &= 1.4 \text{ kg/m}^3 \times 12.1\text{E}-3 \text{ m}^3 \times 2300/60 \text{ s}^{-1} \times 0.85 \times 1.07 \text{ kJ/kgK} \times 14\text{K} = 8.27 \text{ kW} \end{aligned}$$

4

Στη μέγιστη ισχύ ο βαθμός απόδοσης έχει υποτεθεί 40%. Το υπόλοιπο 60% της χημικής ενέργειας του καυσίμου γίνεται τριβές (8%), ενθαλπία καυσαερίων (25%) και απώλειες ψύξης (27%).

Επομένως εκτιμάται ότι οι απώλειες ψύξης στο ονομαστικό σημείο λειτουργίας είναι

$$Q_{cooling}=0.0254 \text{ kg/s} \times 43\text{E}+6 \text{ J/kg} \times 0.27 = 295 \text{ kW}.$$

Από το νομογράφημα του ψυγείου επιλέγουμε μέτρια ταχύτητα νερού μέσα στους σωλήνες  $w=1.5 \text{ m/s}$  και μέτρια ταχύτητα εισόδου του αέρα στο ψυγείο,  $w=10 \text{ m/s}$  ( $w\rho=12 \text{ kg/m}^2\text{s}$ ) οπότε το νομογράφημα μας δίνει  $k'=8 \text{ kW/m}^2\text{K}$

Η μέση διαφορά θερμοκρασίας (υποθέτοντας θερμοκρασία εισόδου του αέρα στο ψυγείο  $35^\circ\text{C}$ ) προκύπτει  $\Delta\theta=(85^\circ\text{C}+55^\circ\text{C})/2-35^\circ\text{C}=35^\circ\text{C}$

Οπότε προκύπτει η απαιτούμενη επιφάνεια ψυγείου

$$A=Q_{\text{cooling}}/k' \Delta\theta=295/(8 \times 35)=1.05 \text{ m}^2$$

5

Η τελική ταχύτητα του οχήματος δίδεται από τις στροφές και τη διάμετρο του τροχού, στις μέγιστες στροφές του κινητήρα με  $5^{\text{η}}$  ταχύτητα:

$$N_{\text{τροχ}}=N*(1/6.55)*(1/1)=2300/60/6.55=5.85 \text{ rev/s}$$

$$V_{\text{οχ}}=N_{\text{τροχ}}*\pi D_{\text{τροχ}}=5.85 \text{ s}^{-1}*\pi*52.*0.0254\text{m}=24.26 \text{ m/s}=87.3 \text{ km/h}$$

6

Αναλύοντας το βάρος του οχήματος σε 2 συνιστώσες, η μία κάθετη στο οδόστρωμα και η άλλη αντίθετη με τη φορά ανάβασης του οχήματος, Στο σημείο λειτουργίας της μέγιστης ροπής του, οι δυνάμεις αντίδρασης του οδοστρώματος στις δυνάμεις που ασκούν οι τροχοί (κίνηση στους 8 τροχούς), θα πρέπει αθροιζόμενες να υπερνικούν την οπισθέλκουσα συνιστώσα του βάρους του οχήματος. Οι δυνάμεις αυτές όμως προκύπτουν διαιρώντας τη συνολική ροπή στρέψης στους 8 τροχούς, η οποία προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό της σχέσης μετάδοσης της  $1^{\text{ης}}$  ταχύτητας επί την τελική σχέση μετάδοσης (διαφορικών), επί τον βαθμό απόδοσης των κιβωτίων – διαφορικών.

$$m g \sin(37)*D_{\text{τροχ}}/2=2161 \text{ Nm } 0.95 \text{ } 6.55 r_1$$

Επομένως προκύπτει η ζητούμενη σχέση μετάδοσης της 1ης ταχύτητας:

$$r_1=29000 \text{ kg } 9.81 \text{ m/s}^2 *0.60 *52./2*0.0254 \text{ m} / (2161 \text{ Nm } 0.95 \text{ } 6.55)=8.4$$

Έλεγχος εάν είναι εφικτή η άσκηση της απαιτούμενης δύναμης τριβής ολίσθησης από τους τροχούς, με συντελεστή τριβής ολίσθησης 1.1:

$$m g \cos(37)*1.1 > m g \sin(37)$$