

Na rys. 10 podany jest cieplny bilans silnika Liberty 400 KM- Widzimy, że z całkowitego ciepła, dostarczonego w paliwie, tylko część (ok. 22%) przetwarza się na pracę użyteczną (efektywną), reszta pozostaje niewyżytkowana, uchodząc z silnika jako straty, przyczem zmiana ilości obrotów niewiele wpływa na rozdział tych strat.

V. STOPIEŃ NAPEŁNIENIA

(sprawność objętościowa) — η_v .

DOŚWIADCZENIA JUDGE'A

Silnik czerpie swą moc z ciepła, wytworzonego przez spalanie mieszanki. Moc ta jest więc proporcjonalna do wagowej ilości zassanej dawki, *należy* przeto wyjaśnić warunki, w jakich zachodzi napełnianie cylindra.

Podczas suwu zasysania świeża mieszanka w 4-ro suwowym silniku powinna teoretycznie zapełnić całą objętość skokową cylindra, posiadając prężność i temperaturę otaczającego powietrza.

W rzeczywistości rzecz się ma nieco inaczej. Na początku suwu zasysania w przestrzeni dawkowej znajdują L_k pozostałe tam po wydechu spaliny, o prężności nieco wyższej od atmosferycznej i o temperaturze większej niż temperatura mieszanki. Wobec tego na początku ssące* go suwu tłoka następuje rozprężanie się pozostałych w cylindrze spalin do prężności zasysania (która jest tem niższa od ciśnienia otoczenia, im większa jest ilość obrotów silnika i im większe opory w gaźniku, rurze i zaworze wlotowym ma pokonać mieszanka, aby z należyłą szybkością zapełnić cylinder za ustępującym tłokiem), po-

czem zaczyna się zasysanie świeżej mieszanki, która miesza się z pozostałym! spalinami, nagrzewając się zarówno od nich, jak i od gorących ścianek cylindra.

Zassana więc do cylindra mieszanka ma niższe ciśnienie i wyższą od otoczenia temperaturę, a wskutek tego wagę mniejszą, niż ilość teoretycznie możliwa do zassania.

Liczbowo jest to ujęte przez tak zwany „stopień napełnienia” („sprawność objętościowa” lub „wolumetryczna”) — f_v

ciężar rzeczywiście zassanej do cylindra mieszanki — ciężar mieszanki teoretycznie możliwej do zassania przy t^o -rze i ciśnieniu otaczającego powietrza.

Na podstawie tego określenia wielkość r_v może być orientacyjnie obliczona w poniżej przedstawiony sposób (patrz rys. 6).

Oznaczmy prężność i temperaturę:

dla otaczającego powietrza — p_o i T_o

dla pozostałych w przestrzeni dawkowej spalin — p_{sp} i T_{sp} .

Według zasadniczego równania stanu dla gazów ($PV = GRT$), waga mieszanki teoretycznie możliwa do zassania w objętości cylindra (patrz punkt „a” wykresu indyk, na rys. 6) —

$$G_t = \frac{p_o (V_a - V_c)}{R T_o}$$

Waga spalin w przestrzeni dawkowej

$$G_{sp} = \frac{p_{sp} V_{sp}}{R T_{sp}}$$

Gdyby cylinder był napełniony czystą mieszanką (bez domieszki spalin) przy ciśnieniu p_a i temperaturze T_a (punkt „a” wykresu), to jej waga wyniosłaby

$$G_a = \frac{p_a V_a}{R T_a}$$

Rzeczywista zatem waga zassanej mieszanki wynosi $G_a - G_{sp}$, a stopień napełnienia

$$\begin{aligned} \eta_i &= \frac{G_g - G_{sp}}{G_t} = \\ &= \frac{T_o}{p_o \left(\frac{V_a}{V_c} - 1 \right)} \left(\frac{p_a}{T_a} \frac{V_c}{V_a} - \frac{p_{sp}}{T_{sp}} \right) \end{aligned}$$

zamieniając $\frac{V_a}{V_c} = \varepsilon$ ostatecznie otrzymamy

$$\eta_{iv} = \frac{G_a - G_{sp}}{G_t} = \frac{T_o}{p_o (\varepsilon - 1)} \left(\frac{p_a \varepsilon}{T_a} - \frac{p_{sp}}{T_{sp}} \right) \quad (39)$$

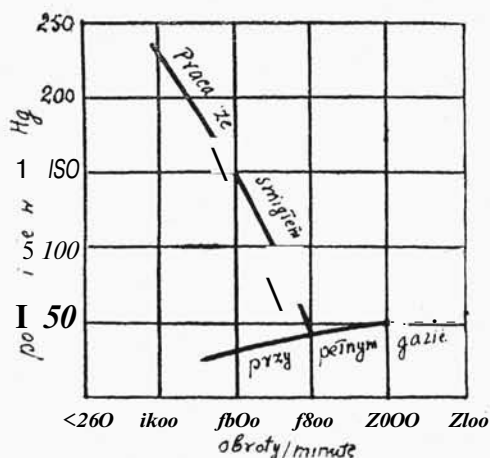
Popełniamy tu pewne nieścisłości, nie uwzględniamy bowiem opóźnienia zamknięcia się zaworu wlotowego, poza tem stała gazowa R dla świeżej mieszanki i spalin jest różna, rzeczywista temperatura zassanej mieszanki jest nieco odmienna od T_a .

Zawór wlotowy zamyka się zawsze za D, Z. P, Zakładając, że opóźnienie to wynosi 45° kąta korbowego, co stanowi 12% skoku, otrzymamy, że stopień napełnienia nie powinien przekroczyć wartości $100 - 12 = 88\%$. W rzeczywistości obserwujemy nieraz, że η_{iv} przekracza tę wielkość. Przyczyna leży w tem, że mieszanka w rurach wlotowych porusza się strumieniem pulsującym, dzięki czemu w zależności od wymiarów rury ssącej i bezwładności strumienia mieszanki — prężność w cylindrze, w chwili zamknięcia zaworu wlotowego, może być większa od atmosferycznej. Wyprowadzony zatem wzór służyć może jedynie jako orientacyjny.

Z przytoczonego rozważania i wzoru wynika, że prócz temperatury w końcu ssania (T_a) oraz temperatury i prężności spalin (T_{spi} p_{sp})

na wagę zassanej dawki wpływa również ciśnienie p_a przy ssaniu. Będzie ono tem mniejsze, im szybciej mieszanka wpływa do cylindra, a zatem im większa jest ilość obrotów silnika na minutę. Rys. 11 podaje właśnie podciśnienie (różnicę w mm słupa rtęci pomiędzy panującym ciśnieniem a 1 atmosferą), w rurze ssącej silnika Hispano Suiza 300 KM ($n_{norm}=1800$ obr/min), w zależności od liczby obrotów wału.

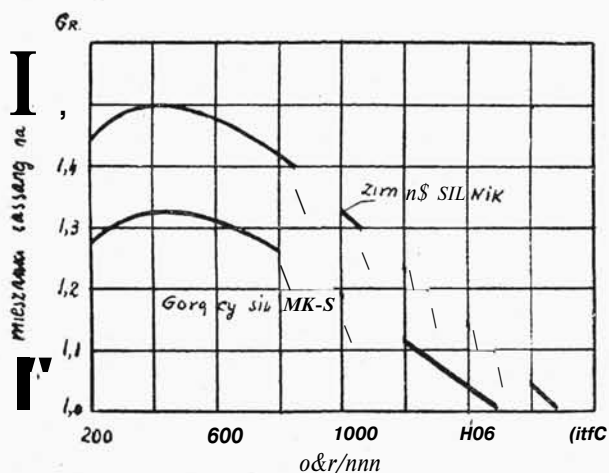
Przy całkowitem otwarciu przepustnicy podciśnienie rośnie (zatem absolutne ciśnienie p_a maleje), prawie wprost proporcjonalnie do ilości obrotów. Przy pracy ze śmigłem zmniejszenie ilości obrotów można osiągnąć jedynie przysmykając przepustnicę. Wywołuje to dławienie mieszanki (spadek jej ciśnienia), i dlatego odpowiednia krzywa wykresu ma przebieg odwrotny niż poprzednia. Pamiętać należy, że podciśnienie wewnątrz cylindra jest jeszcze większe, niż w rurze ssącej, wskutek oporów w zaworze wlotowym



Rys. 11. Podciśnienie w rurze ssącej siln. Hispano Suiza 300 KM.

Przy wzroście liczby obrotów, a więc przy mniejszej prężności ssania mieszanka ma mniejsze przewodnictwo cieplne i mniej się nagrzewa od ścianek cylindra. W ten sposób niweczy się do pewnego stopnia niekorzystny wpływ na r/v szybkiego biegu silnika, co potwierdza się doskonale doświadczeniami prof. Judge'a.

Na rys. 12 mamy zależność od liczby obrotów — ciężaru dawki dla silnika zimnego (obracanego przez elektromotor) i silnika pracującego normalnie.

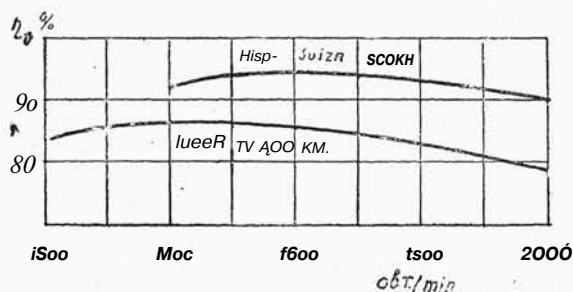


Rys. 12, Ciężar zassanej dawki w zależności od liczby obrotów silnika.

Widzimy, że wpływ temperatury (różnica rzędnych obu krzywych), maleje ze wzrostem ilości obrotów. Różnica rzędnych wynosi średnio 12 — 15%, byłaby ona jednak znacznie większa, gdyby nie spadek temperatury mieszanki o 15 — 20° C (przy normalnej pracy silnika), wskutek parowania paliwa.

Wykres zmiany stopnia napełnienia *zależnie* od liczby obrotów podaje rys. 13 dla silników Hispano Suiza 300 KM i Liberty 400 KM,

Widomy, że r_v osiąga maximum przy pewnej właściwej dla danego silnika liczbie obrotów, odpowiadającej najkorzystniejszym warunkom pracy.



Rys. 13. Wpływ ilości o rotów na wartość r_v dla silników Hispano Suiza i Liberty.

Średnia wartość stopnia napełnienia silnika racjonalnej konstrukcji leży w granicach:

$$\eta_v = 0,80 \text{ — } 0,85$$

Przy małych ilościach obrotów i sprzyjających warunkach pracy η_v dojść może do 0,90 — 0,92.

Z określenia pojęcia stopnia napełnienia wynika, że jego wielkość jest teoretycznie niezależna od wysokości, na jakiej pracuje silnik.

VI. PALIWO, SPALANIE. MIESZANKA. NADMIAR POWIETRZA

Paliwo używane w silnikach lotniczych winno posiadać następujące własności:

- najwyższa wartość opałowa z jednego kg paliwa oraz litra mieszanki, od niej bowiem zależy promień działania samolotu i silnika,
- paliwo powinno pozwalać na wysoki stopień sprężania bez samozapłonów i detonacji,