

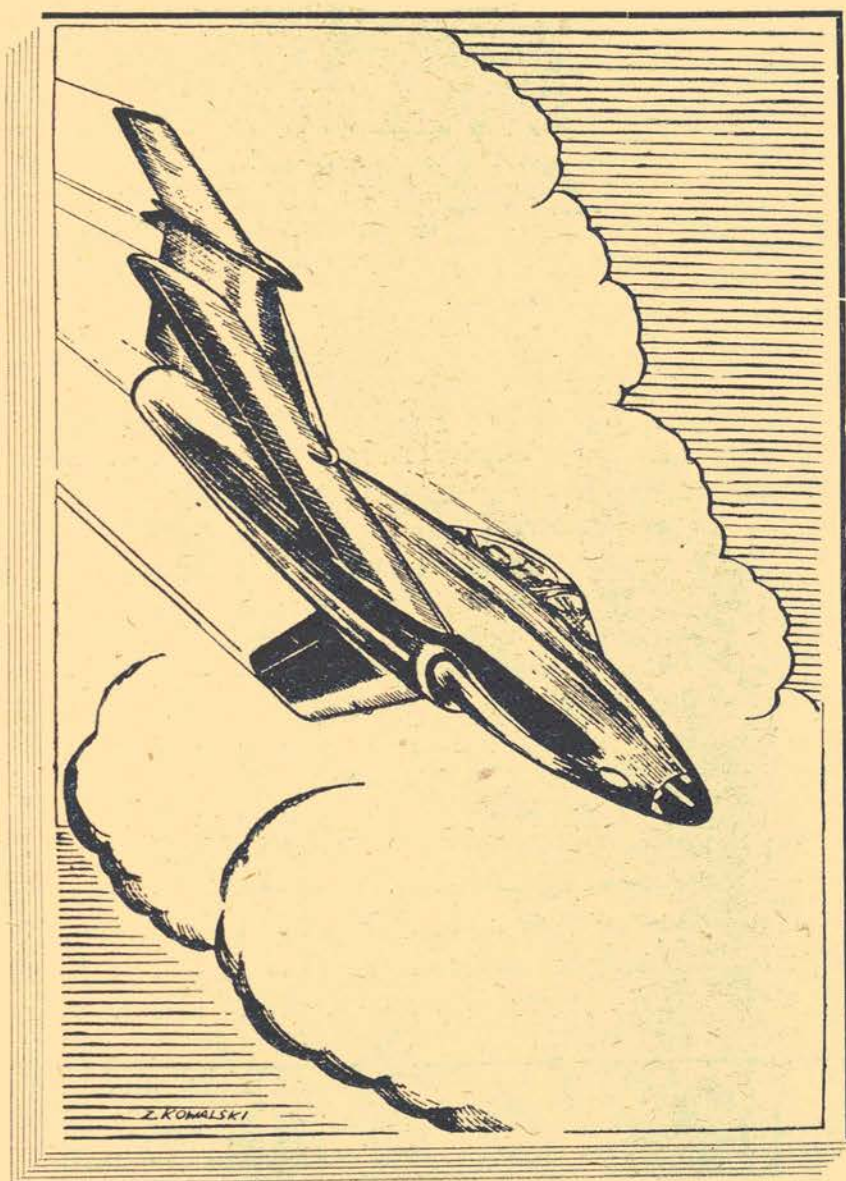
TECHNIKA LOTNICZA

MARZEC-KWIECIEŃ

2

1953 r. ROK VIII

DWUMIESIĘCZNIK ZWIĄZKU POLSKICH INŻYNIERÓW I TECHNIKÓW LOTNICZYCH
(KOŁO LOTNICZE SIMP)



TREŚĆ ZESZYTU

O właściwe ustosunkowanie się do spraw językowych w lotnictwie	35
S. WITKOWSKI: Zagadnienie wyższych silanów jako paliw lotniczych	36
J. ROŚCISZEWSKI: Zastosowanie napędów odrzutowych do śmigłowców, cz. I	41
Produkcja — W. J. ARRISON: Tolerancje sprzężonych wymiarów elementów z pokryciami galwanicznymi	44
Przy rysownicy — J. ŚWIDZIŃSKI: Zbiorniki elektronowe	49
Notatnik użytkownika — SV. ZAMEČNIK: Obsługa samolotów sportowych	53
Lotnicze słownictwo techniczne — F. J., R. L.	55
Przeglądamy usprawnienia — S. M.	57
Nowości techniczne	60
Na półkach księgarskich	61
Biuletyn Instytutu Lotnictwa	63

WYDAWNICTWO NACZELNEJ ORGANIZACJI TECHNICZNEJ

POMOCE KONSTRUKTORSKIE TECHNIKI LOTNICZEJ

WYKRESY DLA WYZNACZANIA LICZBY REYNOLDSA i LICZBY MACHA

Bardzo często zachodzi potrzeba określenia liczby Reynoldsa Re i liczby Macha Ma dla danych warunków opływu czy lotu. W celu szybkiego wyznaczenia Re i Ma podajemy na okładkach dwa wykresy: $Re = f(V, l; \mu)$, $Ma; V\sqrt{\sigma} = f(V; h)$

1) Liczba Re gra zasadniczą rolę przy określaniu warunków podobieństwa aerodynamicznego i jest określona wzorem

$$Re = \frac{V \cdot l}{\nu}$$

gdzie V — jest prędkością przepływu

l — wymiar liniowy charakterystyczny

ν — kinematyczny współczynnik tarcia.

Jako przy płatach stosujemy zwykle cięciwę, a przy kadłubach, gondolach itp. długość całkowitą bryły. Oprócz ν jest stosowany jeszcze dynamiczny współczynnik tarcia μ , przy czym $\mu = \nu \cdot \rho$, gdzie ρ jest gęstością ośrodka. Wartość μ zależy od rodzaju płynu i jest funkcją tylko temperatury.

Ta funkcja może być wyrażona wzorem dokładnym

$$\mu = \mu_n \cdot \sqrt{1 + 0,003665 \cdot t \cdot (1 + 0,0008 \cdot t)^2}$$

gdzie μ_n jest wartością dla $t = 0^\circ C$

lub też przybliżonym

$$\mu = \mu_0 \left(\frac{T}{288} \right)^{0,754} \quad \text{albo} \quad \mu = \mu_n (1 + 0,00278 \cdot t)$$

Ponieważ jest funkcją ($\rho; T$) to ν jest funkcją ($\rho; T$) wg wzoru

$$\nu = \nu_0 \left(\frac{T}{T_0} \right)^{1,754} \cdot \frac{\rho_0}{\rho} = f(\rho; T) \quad [1]$$

Dla powietrza przy $t_0 = 15^\circ C$ i $\rho_0 = 760 \text{ mm Hg}$:

$$\nu_0 = 1,45 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{sek} \quad \mu_0 = 1,816 \cdot 10^{-6} \text{ kG} \cdot \text{sek}/\text{m}^2$$

$$\rho_0 = 0,125 \text{ kG} \cdot \text{sek}^2/\text{m}^4$$

$$\text{dla } t = 0^\circ C \quad \mu_n = 1,741 \cdot 10^{-6}$$

II) Liczba Ma gra rolę przy rozważaniach przepływu z dużą prędkością, gdzie ściśłość ośrodka już się ujawnia i jest okre-

ślona wzorem $Ma = \frac{V}{V_d}$, gdzie V jest prędkością przepływu a V_d

jest prędkością dźwięku w danych warunkach. V_d jest specyficzną cechą ośrodka i zależy tylko od temperatury, wyrażając się wzorem

$$V_d = \sqrt{k \cdot g \cdot R \cdot T} = 20,05 \sqrt{T} \text{ m/sek} = 72,2 \sqrt{T} \text{ km/godz} \quad [2]$$

Prędkość równoważna $V_0 = V \cdot \sqrt{\sigma}$ jest stosowana przy prze-

liczeniu osiągow samolotu oraz przy wyznaczaniu obciążeń

w locie. V jest rzeczywistą prędkością lotu, σ jest gęstością względną,

$$\text{przy czym} \quad \sigma = \frac{\rho}{\rho_0} = 0,379 \frac{p}{T}$$

$$(p - \text{mm Hg}; T - ^\circ K; T = t + 273; t - ^\circ C)$$

Na wykresach wysokości są podawane dla stanu powietrza wg atmosfery wzorcowej A. W. (por. PN/L 02 001). Dla warunków dnia rzeczywistego wykresy nie dadzą więc wartości dokładnych. Chcąc otrzymać dokładne wartości Re i Ma musimy posłużyć się wzorami [1] i [2] obliczając ν oraz V_d dla aktualnych p i T . Dla szybkiego obliczania ν podajemy wykres $\nu = f(p; T)$, który będzie pomocny przy obliczeniach związanych z dmuchaniem tunelowymi.

Na podstawie podręczników: Martynow „Experimentalna aerodynamika“, Oborongiz, 1951 r., i W. S. Wiedrow i M. A. Taj „Lotnyje ispytania samolotow“, Oborongiz, 1951 r.

opracował mgr inż. R. Lewandowski

Содержание

	стр.
О надлежащем отношении к вопросам технического языка в авиации	35
S. WITKOWSKI: К вопросу применения высших силанов в качестве авиационного топлива	36
J. ROŚCISZEWSKI: Применение реактивного привода для вертолета	41
Производство — В. И. АРРИССОН: Допуски сопряженных деталей с гальваническими покрытиями	44
За чертёжной доской — J. ŚWIDZIŃSKI: Баки из магниевых сплавов	49
Заметки по технической эксплуатации — SV. ZAMEČNIK: Техническое обслуживание спортивных самолётов	53
Авиационный технический словарь — F. J. — R. L.	55
Обзор новаторских предложений — S. M.	57
Технические новости	60
На книжных полках	61
Бюллетень Института Авиации	63

CONTENTS

	page
Assuming the correct attitude towards the lingual matters in aviation	35
ST. WITKOWSKI: The problem of higher silanes as aircraft fuels	36
J. ROŚCISZEWSKI: Application of jet propulsion to helicopters, Part I	41
Production — W. J. ARRISON: Fitting tolerances of galvanically coated elements	44
At the Drawing Board — J. ŚWIDZIŃSKI: Elektron fuel tanks	49
The User's Note-Book — SV. ZAMEČNIK: Maintenance of light aircraft	53
Aeronautical Technical Glossary — F. J., R. L.	55
Review of Rationalisation Project — S. M.	57
Technical News	60
On Booksellers Shelves	61
The I. L. Bulletin	63

TECHNIKA LOTNICZA — Dwumiesięcznik Związku Polskich Inżynierów i Techników Lotniczych (Kolo Lotnicze SIMP) Wydawnictwo NACZELNEJ ORGANIZACJI TECHNICZNEJ

Redaguje Komitet Redakcyjny w składzie: Redaktor Naczelny — mgr inż. Jan Paczowski, Redaktorzy Działowi — mgr inż. St. Lassota, mgr inż. R. Lewandowski, mgr inż. St. Madeyski. Redaktor Techniczny — Czesław Piekarski.

Adres Redakcji: Warszawa 1, Nowowiejska 24.

Redaktor Naczelny przyjmuje we wtorek i piątek godz. 17.30 — 18.30.

Adres Administracji: Administracja Czasopism Technicznych NOT, Warszawa, Czackiego 3/5, tel. 8-95-10 do 16.

Prenumeratę normalną przyjmują wyłącznie urzędy pocztowe oraz listonosze.

Cena pojedynczego zeszytu 9.— zł.

Prenumerata roczna 54.— zł.

Półroczna 27.— zł.

NOT — Naczelna Organizacja Techniczna 1953. Warszawa.

Nakład 1000 egz. Ark. druk. 4. Papier druk. sat. kl. V, 60 g. 86 × 122/16.

Oddano do składania 2.2.1953. Podp. do druku 21.3.1953. Druk. ukończono 29.3.1953. Drukarnia im. Rewolucji Październikowej, Warszawa, Mińska 65. Zam. Nr 100c. 4-B-11679.



DO ROBOTNIKÓW, CHŁOPÓW I INTELIGENCJI PRACUJĄCEJ!
DO KOBIEŃ POLSKICH I MŁODZIEŻY!
DO ŻOŁNIERZY POLSKICH!
DO NARODU POLSKIEGO!

Towarzysze i Obywatele!

Cała postępową ludzkość z najwyższym bólem przyjęła tragiczną wieść o zgonie największego Człowieka naszych czasów Józefa Stalina.

Wraz z narodami Związku Radzieckiego szczególnie głęboko i boleśnie przeżywa ten wielki cios naród polski, który Towarzyszowi Józefowi Stalinowi zawdzięcza swe wyzwolenie z ponurej hitlerowskiej niewoli, swe odrodzenie, odzyskanie przastarych ziem polskich, utrwalenie swej niepodległości.

Masy pracujące Polski wiedzą, że ich historyczne przeobrażenia społeczne, wyzwolenie z jarzma obszarników i kapitalistów, zdobycie władzy przez lud pracujący i umocnienie państwa ludowego, olbrzymie osiągnięcia w budowie nowego życia — wiążą się nierozdzielnie z braterską pomocą narodów radzieckich, z serdeczną troską i ojcowską opieką Wodza i genialnego Nauczyciela mas pracujących całego świata. Wielkiego Przyjaciela naszego narodu — Józefa Stalina.

W tej ciężkiej chwili z największą mocą odczuwamy serdeczną i nierozdzielną więź narodu polskiego z Wielkim Krajem Radzieckim.

W tej ciężkiej chwili głębiej niż kiedykolwiek odczuwamy niezwykłą siłę i zwartość całego światowego obozu pokoju, którego natchnieniem był, jest i będzie Józef Stalin.

Mocniejsza niż kiedykolwiek jest nasza spójnia ideowa i braterstwo w walce o pokój, wolność na-

rodów i socjalizm, której wzór daje nam wielka bohaterska partia Lenina i Stalina.

Komitet Centralny Polskiej Zjednoczonej Partii Robotniczej, Rada Ministrów i Rada Państwa Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej wzywają masy pracujące i cały naród polski do złożenia hołdu nieśmiertelnemu Wodzowi ludu pracującego całego świata.

Wcielając w życie Jego nauki, wzmacniamy nieustannie zwartość, siłę i jedność naszego narodu w walce o pokój i socjalizm!

Codzienną twórczą i ofiarną pracą rozwijamy naszą planową gospodarkę narodową — podstawę wzrostu dobrobytu i kultury całego ludu pracującego.

Otoczamy troską i miłością Wojsko Polskie — wierną straż naszych granic i wolności naszej Ojczyzny.

Wzmacniamy nieustannie czujność wobec wszelkich nikczemnych zakusów imperialistycznych podżegaczy wojennych — wrogów Polski!

Pomnażajmy siły naszego państwa ludowego — ostoję naszej niepodległości, a zarazem ważnego i niezłomnego ogniwa światowego obozu pokoju, którego sztandarem jest Stalin!

Z imieniem Stalina, uzbrojeni w Jego naukę, łamiąc opór wrogów i zacieśniając więź braterstwa z narodami ZSRR kroczyć zwycięsko naprzód pod przewodnictwem klasy robotniczej i jej partii do ugruntowania naszej niepodległości, pokoju i socjalizmu!

KOMITET CENTRALNY
POLSKIEJ ZJEDNOCZONEJ PARTII ROBOTNICZEJ

RADA MINISTRÓW
POLSKIEJ RZECZYPOSPOLITEJ LUDOWEJ

RADA PAŃSTWA
POLSKIEJ RZECZYPOSPOLITEJ LUDOWEJ

Warszawa, 6 marca 1953 r.

TECHNIKA LOTNICZA

DWUMIESIĘCZNIK ZWIĄZKU POLSKICH INŻYNIERÓW I TECHNIKÓW LOTNICZYCH
(KOŁO LOTNICZE SIMP)

ROK VIII

MARZEC-KWIECIEŃ 1953 R

ZESZYT 2 (20)

O właściwe ustosunkowanie się do spraw językowych w lotnictwie

Okres obecny w naszym życiu charakteryzuje się ogromną dynamiką przeobrażeń, przy czym przeobrażenia te, zarówno polityczne jak i gospodarcze, nakładają na nas techników — jako uczestników i współtwórców — wielkie zadania. Dla wykonania oraz przekraczania śmiałych założeń planów państwowych, niezbędna jest wielka szybkość pracy. Potrzeba jednak spieszego rzucenia nowoprzygotowanych kadr na najbardziej pilne odcinki pracy spowodowała, że i w dziedzinie piśmiennictwa technicznego zauważyć możemy niezdrowe przejawy wywołane przez, niekiedy źle pomyślane, pochopne rzucanie odbiorcom książek, czasopism i innych wydawnictw technicznych.

Słuszne jest stanowisko, że opóźnienie rozwojowe wywołane między innymi przez kilkuletnią okupację faszystowską nadrobić możemy przede wszystkim przez przyswajanie zdobyczy Związku Radzieckiego i tłumaczenie masowo dostępnych badawczych podręczników technicznych. Jednakże poruszony wyżej źle pojęty pośpiech powoduje, że ukazują się tłumaczenia pisane bardzo złą polszczyzną, przy czym stosowane oznaczenia i określenia odbiegają od dawno przyjętych i ustalonych. Również i w rodzimych pracach spotykamy się z pewną „nonszalancją” w stosunku do przyjętych używanych powszechnie wyrazów.

Również i w dziedzinie techniki lotniczej spotykamy się z licznymi przejawami takich prac, które są dowodem, iż w walce o szybkość i ilość wydawcy zapomnieli o jakości rzucanego na półki księgarskie „towaru”. W okresie planu sześcioletniego, gdy w produkcji i we wszelkich poczynaniach walczymy o „jakość”, ponieważ „ilość” przestała już być takim problemem, jaki nieraz decydował w okresie planu trzyletniego, przy pierwszych osiągnięciach nad odbudową przemysłu i tworzeniu dopiero zrębów jego socjalistycznej organizacji — również i w dziedzinie piśmiennictwa problem jakości musi górować nad ilością.

„Technika Lotnicza”, od pierwszych powojennych zeszytów rozpoczęła pracę nad kształtowaniem, ustalaniem i propagowaniem właściwych określeń, stosowanych w lotnictwie, przede wszystkim na własnych łamach. Zespół redakcyjny i współpracujący z naszym pismem Autorzy stworzyli kolektyw, skupiający fachowców, doceniających zagadnienie jednoznaczności i prawidłowości lotniczego słownictwa technicznego.

W działalności naszej — ostatnio — nie jesteśmy, na szczęście, odosobnieni.

„Wojskowy Przegląd Lotniczy” w zeszycie nr 3/52 zamieścił artykuł mjr. Krcala, pod tytułem „Jak opracowywać artykuły do Wojskowego Przeglądu Lotniczego”, w którym Autor jednoznacznie precyzuje stanowisko Redakcji tego pisma odnośnie słownictwa w przysyłanych do druku pracach.

Również i organ Ligi Lotniczej „Skrzydła Polska” w zeszycie nr 12/52 w artykule Andrzeja Glassa, pod tytułem „Jednolite słownictwo lotnicze” zajmuje się problemem tworzenia nowych terminów lotniczych, tworzenia „języka lotniczego”.

Wydaje nam się, że zagadnieniu temu poświęca się u nas zbyt mało uwagi, traktując je jako uboczne i nieważne. Czy słusznie? Sięgnijmy do dowodów ogólnych.

Ukazanie się pracy Józefa Stalina „Marksizm a zagadnienie językoznawstwa” oraz szeregu odpowiedzi w tej samej sprawie wyraźnie wskazuje, że zagadnienia języ-

kowe nie są czymś oderwanym od życia, lecz nawet zajmują umysł Męża Stanu, zajętego nie tylko prowadzeniem rządów Związku Radzieckiego, ale i całego Obozu Po-koju.

W październiku 1952 r. Prezes Rady Ministrów PRL wydał pismo ogólne, dotyczące sprawy poprawności językowej słownictwa polskiego, stosowanego w pismach urzędowych.

Polski Komitet Normalizacyjny przy Prezydium Rady Ministrów w pracach swych nad ustalaniem norm wiele bardzo uwagi poświęca sprawie właściwego sformułowania zastosowanych wyrazów. Kursy urządzone przez PKN dla normalizatorów z przemysłu w programie swym oprócz wykładów z dziedziny dotyczącej bezpośrednio tworzenia normy, zawierały odrębny temat — „o polskim słownictwie technicznym”, opracowany przez inż. A. T. Troskołańskiego. (Artykuł ten zawarty jest w wydawnictwach PKN: Praca zbiorowa pod tytułem „Normalizacja” oraz jako oddzielna odbitka). Polski Komitet Normalizacyjny przez kilka lat prowadził bardzo poważne prace nad słownictwem w ramach początkowo Komisji Słownictwa Technicznego PKN, następnie zaś Zakładu Słownictwa Technicznego PKN, którego działalność została jednak zawieszona w r. 1952. Obszerny materiał informacyjny o pracach tych, jak również i o historii słownictwa technicznego w Polsce, zgromadzony został w czasopiśmie „Wiadomości PKN” nr 7 z 1952 r.

Branżowe czasopisma techniczne prowadzą również prace nad ustalaniem słownictwa przez zamieszczanie poprawnych pod względem zarówno technicznym jak i językowym określeń i wyrażań wraz z odpowiednikami w językach obcych, często zaopatrzone w szkice i rysunki. Przykładowo wymienić tu należy: „Technika Motoryzacyjna” posiada stały dział „Słownictwo samochodowe”; „Mechanik” — dział „Polscy mechanicy mówią po polsku”.

Zestawione szkicowe przykłady z różnych dziedzin dowodzą, jak należy traktować sprawy językowe. W naszej dziedzinie — w technice lotniczej — mamy specjalnie dużo do zrobienia, ponieważ każdy rok przynosi nowe osiągnięcia rozwojowe w poszczególnych gałęziach; tworzą się zupełnie nowe rozwiązania, a w związku z tym powstaje potrzeba tworzenia nowych wyrażań i określeń.

Widzimy następujące możliwości pracy w tym kierunku:

- 1) Rozszerzyć współpracę z Komisją Mechaniki Teoretycznej, prowadzącej kontynuację słownika z tej dziedziny, którego dział Aerodynamika Teoretyczna będzie przyczynkiem dla ustalenia podstawowych naukowych pojęć lotniczych.

- 2) Wznović działalność dawnej Komisji Lotniczego Słownictwa Technicznego PKN, przy czym wydaje się, że najkorzystniej będzie prace te prowadzić przy wykorzystaniu zespołu fachowców, zgromadzonych w Instytucie Lotnictwa.

- 3) Zwiększyć opiekę nad mającymi się ukazać nowymi wydawnictwami, rodzimymi lub tłumaczonymi z języków obcych, dla uzyskania pełnej prawidłowości stosowanych w nich wyrażań oraz określeń.

- 4) Zainteresować problemem lotniczego słownictwa technicznego uczelnie techniczne, przemysł lotniczy oraz instytucje wydawnicze, dla zespolenia wysiłków, zwłaszcza przy wszelkich pracach drukowanych, opracowaniach i instrukcjach fabrycznych.

Zagadnienie wyższych silanów jako paliw lotniczych

Punktem wyjścia poniższych rozważań jest poszukiwanie paliwa lotniczego, możliwego do wytwarzania wszędzie lub prawie wszędzie, a więc opartego na powszechnej spotykanej podstawie surowcowej. Takie założenie prowadzi na ogół do koncepcji syntetycznych paliw nieorganicznych, jak np. hydrazyna. Dla uzupełnienia tej dziedziny pod względem wszechstronności zostają rozpatrzone ważniejsze właściwości związków krzemowodorowych typu $\text{Si}_n \text{H}_{2n+2}$, tzw. silanów, pod kątem możliwości zastosowania ich jako paliw do silników lotniczych, zwłaszcza nietłokowych. Szczególną uwagę poświęcono teoretycznym obliczeniom ciepła spalania silanów, co do którego na razie brak danych doświadczalno-pomiarowych, poza jednosilanem; doświadczalnie zmierzone ciepło spalania jednosilanu posłużyło właśnie autorowi za sprawdzian przyjętego sposobu obliczania. W konkluzji zostają sprecyzowane pewne kierunki pożądanych prac nad chemicznym ulepszeniem silanów oraz nad ich wytwarzaniem. Rozważania kończą się przewidywaniami co do następstw ewentualnego opanowania wytwórczości paliw silanowych.

POSTAWIENIE ZAGADNIENIA

Szybki rozwój ilościowy lotnictwa we wszystkich krajach wysuwa na pierwszy plan sprawę zaopatrzenia tego lotnictwa w materiały pędne, przede wszystkim w paliwo. Złoża ropy naftowej występują jednak w nielicznych i bardzo nierównomiernie rozmieszczonych terenach na globie ziemskim. Transport coraz większych ilości ropy czy też jej przetworów — na wielkie odległości, dochodzące nierzadko do kilku tysięcy kilometrów, jest niebezpieczny, uciążliwy i kosztowny, z uwagi na łatwopalność i lotność tych produktów. Związane z odległymi transportami długotrwałe składowanie oraz wielokrotne przepompowywanie benzyny pociąga za sobą ilościowe i jakościowe jej straty. Szczególnie przykra jest strata najlżejszych frakcji „rozruchowych“ (głównie izopentanu) wskutek nieuchronnego ulatniania się ich.

Opracowanie wytwórczości benzyny syntetycznej w oparciu o węgiel stało się pewnym rozszerzeniem podstawy dla ogólnej wytwórczości benzyny. Nie jest to jednak jeszcze zadowalające rozwiązanie sprawy, gdyż pokłady węgla występują także jedynie na nielicznych terenach. W miarę zaś wyczerpywania się złóż ropy i węgla, rosną koszty inwestycji niezbędnych dla dalszej ich eksploatacji. Fakt występowania ropy i węgla tylko w nielicznych punktach ziemi pociąga za sobą także dostatecznie znane skutki polityczne.

Rozszerzenie podstawy surowcowej dla masowej wytwórczości syntetycznych paliw płynnych¹⁾ poza dotychczasową, zbyt wąską dziedzinę paliw organicznych, jest tedy doniosłym zagadnieniem. Takie założenie prowadzi na ogół do koncepcji syntetycznych paliw nieorganicznych, jak np. dwuamid (NH_2), znany lepiej pod nazwą hydrazyny. Hydrazyna miała już konkretne zastosowania jako składnik paliwa do rakiet.²⁾

Celem poniższego opracowania jest dorzucenie skromnego przyczynku, uzupełniającego pod względem wszechstronności — dotychczasowy materiał koncepcyjny z dziedziny syntetycznych paliw nieorganicznych. Jest to mianowicie wstępne oświetlenie krzemowodorów typu $\text{Si}_n \text{H}_{2n+2}$ — z punktu widzenia ich ewentualnej przydatności (po odpowiednim ulepszeniu chemicznym) jako paliw do pewnych typów silników lotniczych.

TYP SILNIKA A MATERIAŁY PĘDNE

Lotnicze silniki przelotowe — sprężarkowe są szczególnie rozrzucone w zużyciu paliwa. Nieocenioną jednak zaletą ich turbin spalinowych jest to, że będące we wzajemnym ruchu względnym główne elementy, pomiędzy którymi od-

bywają się przemiany termodynamiczne czynnika energetycznego przy wysokich temperaturach, t.j. łopatkę kierowniczą i wirnikowe — nie stykają się ze sobą; dzięki temu nie występuje trudne zagadnienie smarowania i uszczelniania ich — w przeciwnieństwie do silników tłokowych, gdzie smarowanie i uszczelnianie tłoków w cylindrach podczas prędkich, lecz precyzyjnych ruchów pod wielkimi obciążeniami i przy wysokich temperaturach następuje specyficzne trudności. Smarowanie silników tłokowych jest, jak wiadomo, związane z dosyć znacznym zużyciem oleju, od paru do kilkunastu gramów na każdego KM godz. Wience łopatkowe turbin spalinowych pracują tedy „na sucho“ i zachodzi jedynie konieczność smarowania olejem łożysk wału, pracujących jednak w obszarach znośnych temperatur. Olej ten nie ulega stopniowemu spalaniu tak, jak w silnikach tłokowych. Dzięki swemu sposobowi pracy są turbiny spalinowe bez porównania mniej „wybredne“ od silników tłokowych pod względem postaciowych i specjalnych właściwości paliwa; paliwo może mieć postać pyłu³⁾, nie ma znaczenia lotność paliwa; w zasadzie detonacja nie występuje tu, ani nie jest groźna.⁴⁾ Ta mniejsza wrażliwość turbin spalinowych na różne właściwości paliwa może być wykorzystana przez zastosowanie nowego rodzaju paliw, nawet znacznie różniących się od paliw dla silników tłokowych.

Drugi typ silników przelotowych, silniki bezsprężarkowe — strumieniowe, nie tylko nie mają części wirujących, ale w ogóle nie mają części ruchomych w obszarze wysokich temperatur. Podobnie rakiety. Natomiast silniki przelotowe — bezsprężarkowe pulsacyjne miewają wprawdzie „drżące“ zawory blaszkowe — lecz tylko na dobrze chłodzonym wlocie do komory spalania. Tak więc silniki przelotowe — bezsprężarkowe i rakiety są jeszcze mniej wrażliwe na postaciowe i specjalne właściwości paliwa⁵⁾, niż silniki przelotowe — sprężarkowe.

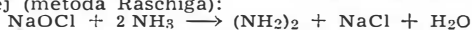
RODOWÓD SILANÓW

Węglowodory parafinowe, zwane także alifatycznymi, są ważnymi składnikami różnych paliw gazowych i płynnych (tabela I). Przy zestawianiu tej tabeli napotkał autor na specyficzne trudności z powodu znacznej rozbieżności danych w różnych źródłach.

Zwróćmy uwagę na wzory chemiczne — ciekłych w przeciętnych warunkach atmosferycznych — związków parafinowych oraz niektórych izoparafinowych, wchodzących zazwyczaj (choć nie zawsze) w skład organicznych paliw płynnych dla tłokowych silników lotniczych — w wysokości nawet do 90% udziału ciężarowego.

¹⁾ Raczej „ciekłych“ — z uwagi na podział „płynów“ na „ciecze“ i „gazy“.

²⁾ Wytwarzanie hydrazyny jest względnie proste, aparatura zajmuje niezbyt dużo miejsca. Oto jeden ze schematów reakcji wytwórczej (metoda Raschiga):



Hydrazyna jest bezbarwną cieczą o ciężarze właściwym 1,025 g/cm³ przy 0°/4°C, ma korzystną temperaturę wrzenia +113,5°C, lecz niekorzystnie wysoka temperatura krzepnięcia (zamarzania) +1,4°C; działa silnie korodująco na stałe, przysparzając dużo kłopotów już podczas wytwarzania; jest trująca dla organizmu ludzkiego, atakuje skórę, a szczególnie oczy.

³⁾ Silniki tłokowe na pył węglowy nie rozpowszechniły się szerzej, gdyż m. i. popiół tworzy, z olejem smarującym — pastę ścierną, zaklejającą zarazem pierścienie tłokowe. Silniki te mają na ogół duże wymiary, są więc wolnoobrotowe. Średnica cylindra wynosi kilkaset mm, a wał korbowy robi najwyżej paręset obr/min. Znałe są zwłaszcza próby, które były prowadzone w tym kierunku przez długie lata przez Rudolfa Pawlikowskiego ze Zgorzelca (silnik „Rupa“).

⁴⁾ Istnieją nawet koncepcje powodowania i wykorzystywania spalania detonacyjnego, zwłaszcza w silnikach przelotowych — bezsprężarkowych.

⁵⁾ Jako paliwo dla tych silników wchodzi w rachubę nawet aluminium (por. „Technika Lotnicza“ nr 1/53).

Tabela I. Ważniejsze dane niektórych węglowodorów parafinowych

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
L. p.	Nazwa związku	Znak chemiczny	Zaokrąglony ciężar cząsteczkowy	Temperatura wrzenia t_w °C	Stan fizyczny przy 0°C i 760 mm Hg	Ciężar właściwy cieplego G/cm ³	Ciepłota parowania kcal/kg	Prężność par mmHg przy 0°C	Ciepłota spalania ¹⁾ W_t kcal/kg	Wartość opałowa ¹⁾ W_u kcal/kg
1	Metan	CH ₄	16	-164	Gaz	0,415	—	—	13325	11975
2	Etan	C ₂ H ₆	30	-89	"	0,450	—	—	12280	11200
3	Propan	C ₃ H ₈	44	-45	"	0,540	—	—	11905	10923
4	Butan	C ₄ H ₁₀	58	+0,6/-0,2 ²⁾	Ciecz/Gaz	0,600	91,8 ³⁾	—	11710	10780
5	Pentan	C ₅ H ₁₂	72	36	Ciecz	0,634	85,5	183	11595	10693
5a	Izopentan	C ₅ H ₁₂	72	26	"	0,620	89	255 ⁴⁾	11595	10693
6	Heksan	C ₆ H ₁₄	86	69	"	0,667	79,4	45	11500	10622
7	Heptan	C ₇ H ₁₆	100	98	"	0,701	73,9	11,5	11450	10586
8	Oktan	C ₈ H ₁₈	114	125	"	0,718	71,1	3 ⁵⁾	11400	10548
8a	Izooktan	C ₈ H ₁₈	114	99,4	"	0,691	72,2	110	11400	10548
9	Nonan	C ₉ H ₂₀	128	150	"	0,723	67 ⁶⁾	—	11360	10520
10	Dekan	C ₁₀ H ₂₂	142	173	"	0,735	64	—	11344	10510
11	Undekan	C ₁₁ H ₂₄	156	195	"	0,746	61	—	11320	10490

1) W_t — ciepło spalania sprowadzone do 0°C, łącznie z ciepłem odebrany przez ostudzenie do 0°C skroplin pary wodnej, powstałej ze spalania wodoru zawartego w danym węglowodorze.

W_u — wartość opałowa tzw. dolna przy 100°C tuż powyżej początku skraplania ww. pary wodnej. Obliczono przy pomocy formuły związkowej V^*DI wg [lit. 10], wobec dużej niejednorodności odniesienia (W_t czy W_u ?) względnie braku danych w literaturze technicznej.

2) Dane co do temp. wrzenia butanu wykazują pewien roz-

rzut, np. wg [lit. 15] $t_w = -0,2^\circ\text{C}$, wg [lit. 5] i [lit. 16] $t_w = +0,6^\circ\text{C}$, wg [lit. 20] $t_w = -0,3^\circ\text{C}$. Różnice te, mimo że nieznaczne są jednak b. istotne z uwagi na pobliże temp. 0°C, wg której oznaczono fizyczny stan Gaz/Ciecz w następnej rubr. 6.

3) Przeliczono wg [lit. 15] s. 13.

4) [lit. 22] s. 156.

5) [lit. 12] s. 26 i [lit. 19] t. 2, s. 1285.

6) [lit. 22] s. 143.

W skład lotniczych paliw płynnych mogą wchodzić także inne węglowodory, które jednak w danym razie pominiemy, jako nieistotne dla kierunku naszych rozważań.

Dla rozpatrzenia możliwości zastąpienia paliw organicznych przez paliwa nieorganiczne zwróćmy z kolei uwagę na periodyczny układ pierwiastków (tablica Mendelejewa). W tablicy Mendelejewa przypadają we wspólnych kolumnach pierwiastki o podobnych właściwościach chemicznych. Otóż we wspólnej kolumnie z węglem C, tuż pod nim, przypada krzem Si. Znaczy to, że krzem posiada właściwości chemiczne podobne do węgla. Krzem stanowi blisko 47% ciężaru krzemionki; jest, podobnie do węgla — czterowartościowy. Laboratoryjne próby otrzymywania krzemowodorów jako analogów węglowodorów parafinowych dały dodatnie wyniki: otrzymano łatwopalne krzemowodory, tzw. silany⁶⁾, związki nieorganiczne, których wzory chemiczne są podobne do wzorów parafinów.

W laboratorium otrzymuje się silany przez działanie kwasu solnego na krzemek magnezu



Krzemometan SiH_4 jest najniższym krzemowodorem, zwanym również jednosilanem⁷⁾; jest on analogiem metanu CH_4 . Wraz z SiH_4 tworzą się jednak także bardziej złożone, wyższe silany.

Wobec łatwopalności silanów jest interesujące zbadanie ich ewentualnej przydatności jako paliw do silników lotniczych. Otóż doświadczenie laboratoryjne wykazuje, że obok jednosilanu SiH_4 tworzy się dwusilan Si_2H_6 — tzw. krzemoetan⁸⁾ następnie trójsilan Si_3H_8 — krzemopropan, potem krzemobutan Si_4H_{10} , dalej krzemopentan Si_5H_{12} , wreszcie krzemoheksan Si_6H_{14} . W dotychczasowych doświadczeniach nie zdołano wytworzyć poszczególnych silanów oddzielnie, lecz tylko wszystkie razem, z jednosilanem SiH_4 , jako ilościowo przeważającym — na czele. W pewnym doświadczeniu np. porównanie z całkowitym ciężarem wywiązanego SiH_4 , przyjętym za 100%, wykazało: 77,5% Si_2H_6 , 43,3% Si_3H_8 , 25% Si_4H_{10} , wreszcie 18,3% łącznie Si_5H_{12} i Si_6H_{14} ⁹⁾. Istnienia dalszych silanów, np. Si_7H_{16} itd. nie udało się dotychczas stwierdzić.

Ponieważ wyżej wymienionych krzemowodorów jest niewiele, a różnią się między sobą niektórymi ważnymi właściwościami fizyko-chemicznymi, rozpatrzmy je —

każdy oddzielnie. Jednym z wyjściowych kryteriów przydatności wszelkich paliw jest ich wartość opałowa. Ponieważ jednak autor znalazł odnośne dane doświadczalno-pomiarowe tylko dla SiH_4 , więc dla pozostałych silanów obliczył wartości ciepła spalania itp. za pomocą znanych metod. Wszelkie rachunki zostały wykonane na suwaku.

NIEKTÓRE WŁAŚCIWOŚCI SILANÓW

Jednosilan SiH_4 (krzemometan)

Wartość opałowa SiH_4 . Obliczymy ciepło spalania W_t i wartość opałową W_u jednosilanu SiH_4 w kcal/kg. Ciężar atomowy krzemu Si = 28,06, ciężar atomowy wodoru H = 1,008, ciężar atomowy tlenu O = 16. Ciężar jednej gramodrobiny (czyli jednego mola) SiH_4 wynosi $28,06 + 4 \cdot 1,008 = 32,092$ gramy, w tym przypada na krzem udział ciężarowy

$28,06 : 32,092 = 0,8742$ czyli 87,42%;

na wodór przypada

$4,032 : 32,092 = 0,1258$, czyli 12,58% i jest to po prostu uzupełnienie do 100% ciężaru jednego mola.

Ciepło spalania krzemu obliczamy następująco: ciepło tworzenia krzemionki $\text{SiO}_2 = 208,3$ kcal/mol¹⁰⁾; jest to innymi słowy ciepło spalania jednego grama atomu krzemu.

Jeden mol SiO_2 posiada wprawdzie ciężar aż $28,06 + 2 \cdot 16 = 60,06$ G, lecz w tym jest tylko 28,06 gramów Si. Zatem na jeden gram Si przypada ciepło spalania $208,3 : 28,06 = 7,425$ kcal, a na 1 kilogram Si przypada $W_t = 7425$ kcal.

Ciepło spalania wodoru przyjmujemy

$W_t = 29000$ kcal/kg¹¹⁾.

Dla 1 kg jednosilanu SiH_4 wynosi tedy udział ciepła spalania krzemu

$0,8742 \cdot 7425 = 6478$ kcal,

a udział ciepła spalania wodoru

$0,1258 \cdot 29000 = 3642$ kcal.

Suma ciepła spalania składników wynosi więc dla 1 kg SiH_4

$6478 + 3642 = 10120$ kcal.

Dla SiH_4 mamy zatem wartość ciepła spalania

$W_t = 10120$ kcal/kg.

Powyższe obliczenie wykazuje całkowitą zgodność z pomiarami, wg których ciepło spalania SiH_4 wynosi 324,3 kcal/mol¹²⁾. Należy zaznaczyć, że powyższa wartość ciepła spalania SiH_4 pozostaje niejako do dyspozycji po uwzględnieniu (odjęciu) ciepła tworzenia SiH_4 , które wynosi 24,8 kcal/mol¹³⁾. Będziemy ponadto odróżniać wartość ciepła spalania W_t od wartości opałowej użytkowej (dolnej) W_u ¹⁴⁾, która jest mniejsza od W_t o ciepłota skroplenia wytworzonej pary wodnej i wynosi w przybliżeniu¹⁵⁾

$$W_u = W_t - 9H\% \cdot 600$$

$$W_u = W_t - 5400 \cdot H\%$$

gdzie $H\%$ — wyrażony w postaci liczby dziesiętnej ciężarowy udział wodoru w 1 molu rozpatrywanego związku chemicznego.

Dla SiH_4 wyniesie w przybliżeniu

$$W_u = 10120 - 5400 \cdot 0,1258 = 10120 - 680$$

$$W_u = 9440 \text{ kcal/kg.}$$

Mamy więc pierwszy, nader interesujący wynik naszych poszukiwań, mianowicie, że wartość opałowa SiH_4 — tego typowego

⁶⁾ [lit. 13] s. 546.

⁷⁾ Słownictwo PKN.

⁸⁾ Pg PKN — także „dwukrzemowodor“; wyższe krzemowodory — podobnie.

⁹⁾ [lit. 16] t. 6. s. 216.

¹⁰⁾ [lit. 4] s. 168.

¹¹⁾ [lit. 10].

¹²⁾ [lit. 16], t. 6. s. 220.

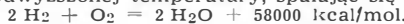
¹³⁾ [lit. 6] s. 16.

przedstawiciela chemicznych właściwości silanów — tylko niewiele ustępuje wartości opałowej parafinów, a jeszcze mniej — wartości opałowej np. benzolu, którego $W_u = 9600$ kcal/kg. A zatem warto zainteresować się bliżej właściwościami SiH_4 i wyższych silanów.

Wypada z naciskiem podkreślić, że nieco mniejsza W_u silanu od W_u paliw organicznych nie oznacza groźby zmniejszenia ciągu (mocy) silnika, lecz tylko konieczność większego zużycia paliwa. *Ciekawsze cechy silanu SiH_4* ¹⁴⁾. Podczas doświadczalnej reakcji silanotwórczej wywiązuje się najwięcej SiH_4 . W przeciętnych warunkach atmosferycznych jest SiH_4 gazem, gdyż pod ciśnieniem 760 mm Hg wrze już przy $-112^\circ C$. W silniejszej koncentracji przyprowadza SiH_4 o ból głowy. Skroplony — ma ciężar właściwy $0,68$ g/cm³ przy $-185^\circ C$. SiH_4 daje się skroplić przy $-3,5^\circ C$ pod ciśnieniem $47,8$ at; rozkłada się w $300 + 400^\circ C$ na składniki, lecz jest to reakcja odwracalna. Czysty SiH_4 nie zapala się zasadniczo samorzutnie od samego zetknięcia się z powietrzem o takich samych parametrach termodynamicznych; zapala się jednak już przy nieznacznym obniżeniu ciśnienia lub przy podwyższeniu temperatury. Mechanizm takiego zapłonu bywa następujący



Lecz tej reakcji towarzyszy wzrost temperatury; jeżeli więc nie ma równoczesnego chłodzenia to następuje podgrzanie tej mieszanki gazowej. Wyzwalający się równocześnie wodór tworzy z tlenem otaczającego powietrza „gaz piorunujący“, który zapala się od podwyższonej temperatury, spalając się na parę wodną



i powodując z kolei zapłon całej mieszanki. Otóż małe dawki gazowego SiH_4 wypuszczone na powietrze atmosferyczne ulegają natychmiastowemu schładzaniu tak, że nie dochodzi do samozapłonu. Natomiast, gdy wypuścić na powietrze większą dawkę SiH_4 , to wytwarza się już mieszanka zdolna do gwałtownego samozapłonu, paląca się białym płomieniem, wydzielającym chmurki krzemionki SiO_2 — w postaci wirujących pierścieni. Ostatecznym produktem tego spalania jest para wodna, osad krzemu bezpostaciowego oraz bezbarwny osad związków krzemu — w postaci np. $[(SiOH)_2O]_x$ i form polimerycznych takich związków. Jak SiH_2O , $OH.SiHO$, $SiO(OH)_2$. W tym bezbarwnym osadzie znajdują się również brunatne i jasne cząstki stałe, zawierające krzem (krzemionka) oraz ubogie w wodór — wodorki krzemu w rodzaju $(Si_2H_5)_n$ itp. Jeżeli SiH_4 zawiera bodaj najmniejsze domieszki dalszych silanów (co jest — jak wiemy — prawie nieuniknione), np. Si_2H_6 , Si_3H_8 , które są samorzutnie zapalne w zetknięciu z powietrzem, to one również pociągają za sobą zapłon SiH_4 ; zapala się on także np. od gorącego ostrza. Związki alkaliczne rozkładają SiH_4 , który jest na ogół bardziej stały, niż wyższe silany; w obecności czystej odpowietrzonej wody następuje tylko powolny jego rozkład wg wzoru



SiH_4 nie wykazuje również aktywności przy krótkotrwałym zetknięciu z następującymi czynnikami: światło, alkohol etylowy, eter, benzen, rtęć, octan ołowiu, kwas chloroplatynowy, kwas solny, kwas siarkowy, podtlenek azotu, tlenek azotu, suchy amoniak.

Rozpatrywanie ciepła parowania i krzywej prężności par SiH_4 nie byłoby tutaj celowe z uwagi na bardzo niską temperaturę wrzenia SiH_4 , wynoszącą $-112^\circ C$ przy 760 mm Hg. Ograniczmy się więc tylko do przytoczenia wzoru R. Wintgena na prężność par SiH_4 ; przy pomocy tego wzoru można z dostateczną dokładnością obliczać prężność w mm Hg dla obszaru temperatur od $-112^\circ C$ w dół

$$\lg p = 6,9961 - 662,6 \cdot T^{-1}$$

Poniżej $-160^\circ C$ spada prężność par SiH_4 poniżej 11 mm Hg.

Dwusilan Si_2H_6 (dwukrzemowodor, krzemooetan)

W przeciętnych warunkach atmosferycznych naszego klimatu jest dwusilan gazem, gdyż pod ciśnieniem 760 mm Hg wrze już przy $-15^\circ C$. Skroplony Si_2H_6 jest ruchliwy, bezbarwna cieczą o ciężarze właściwym $0,69$ g/cm³ przy $25^\circ C$. Jest niezwykły czynny chemicznie, zapala się i wybucha już w temperaturze pokojowej od samego zetknięcia z powietrzem: pali się doskonale, nieco wybuchowo. Jest więc interesująca wartość opałowa Si_2H_6 .

Wartość opałowa dwusilanu Si_2H_6 . Ciężar 1 mola Si_2H_6 wynosi $2 \cdot 28,06 + 6 \cdot 1,008 = 62,17$ g, w tym na krzem przypada udział ciężarowy $56,12 : 62,17 = 0,9027$ czyli $90,27\%$, a na wodór przypada uzupełnienie do $1,0$ — tj. $0,0973$, albo do 100% — tj. $9,73\%$.

W 1 kg Si_2H_6 wynosi udział ciepła spalania krzemu

$$0,9027 \cdot 7425 = 6700 \text{ kcal}$$

a udział ciepła spalania wodoru

$$0,0973 \cdot 29000 = 2820 \text{ kcal}$$

Suma ciepła spalania składników wynosi dla 1 kg dwusilanu

$$6700 + 2820 = 9520 \text{ kcal}$$

Dla Si_2H_6 mamy zatem

$$W_t = 9520 \text{ kcal/kg}$$

Z kolei

$$W_u = W_t - 5400 \cdot H\%$$

$$W_u = 9520 - 5400 \cdot 0,0973 = 9520 - 526$$

$$W_u = 8994 \text{ kcal/kg}$$

Ciekawsze cechy dwusilanu Si_2H_6 . Ma podobny zapach do SiH_4 i zachowuje się na ogół podobnie do niego. Jest dosyć stały i nie rozkłada się w temperaturze pokojowej; lecz powyżej $300^\circ C$ następuje gwałtowny rozkład Si_2H_6 na ciecz¹⁵⁾ i na brunatne ciało stałe, rozkładające się z kolei przy potraktowaniu ługiem alkalicznym — z wywiązywaniem wodoru. Czysta, odpowietrzona woda o temperaturze pokojowej rozkłada Si_2H_6 powoli tak, że w przeciągu 24 godzin ulega rozkładowi $20 + 25\%$. Natomiast już woda lekko zakwaszona nie rozkłada Si_2H_6 prawie wcale. Może być również gromadzony nad rtęcią bez uchwytowego rozkładu. Rozpuszcza się m. i. w alkoholu, w benzenie i w dwusiarczku węgla CS_2 . Roztwór Si_2H_6 w CS_2 zapala się w zetknięciu z powietrzem.

Wzór Wintgena na prężność par Si_2H_6 poniżej temperatury jego wrzenia

$$\lg p = 7,2578 - 1133,6 \cdot T^{-1}$$

Przy $-15,7^\circ C$ prężność par dwusilanu wynosi 725 mm Hg, tj. $0,985$ at; jest więc duża. Si_2H_6 nie jest dokładnie zbadany i niektóre ważne dane o nim są jeszcze niepewne. Np. temperatura wrzenia dwusilanu wynosi wg Wintgena: $-15^\circ C$, wg Lebeau: $-7^\circ C$, wg Moissana i Smilesa: $+52^\circ C$ (?).

Trójsilan Si_3H_8 (trójkrzemowodor, krzemopropan)

W przeciętnych warunkach atmosferycznych naszego klimatu jest trójsilan lekką, ruchliwą, bezbarwną cieczą o ciężarze właściwym $0,743$ g/cm³ przy $0/4^\circ C$; pod ciśnieniem 760 mm Hg wrze przy $+53^\circ C$. W zetknięciu z powietrzem atmosferycznym natychmiast zapala się, głośno detonując: pali się czystym płomieniem, a wynikiem tego spalania są brunatne i białe cząstki stałe. Jest tedy interesująca wartość opałowa trójsilanu. Związki chemiczne zapalające się w określonym obszarze temperatur — od samego zetknięcia z czynnikiem zawierającym tlen — zwą niektórzy „hypergolami“ lub związkami „hypergolicznymi“¹⁶⁾.

Wartość opałowa trójsilanu Si_3H_8 . Ciepło spalania W_t i dolna wartość opałowa W_u trójsilanu obliczamy podobnie jak dwusilanu.

Dla Si_3H_8 mamy $W_t = 9315$ kcal/kg, zaś $W_u = 8842$ kcal/kg.

Ciekawsze cechy trójsilanu Si_3H_8 . Trójsilan jest znacznie mniej trwały od SiH_4 i Si_2H_6 . Czysta, odpowietrzona woda rozkłada Si_3H_8 powoli, wywiązując wodór — wg wzoru



Ług sodowy rozkłada natychmiast trójsilan. Si_3H_8 jest bardzo wrażliwy nawet na ślady tlenu. W zetknięciu z którym wybuch. Podgrzewany, rozkłada się na krzem i wodór — z jednosilanem jako produktem pośrednim. Wobec tego, że trójsilan jest cieczą, jest dla nas interesujący — przez analogię do organicznych paliw płynnych — jego ciepłota parowania, wynoszący $7,13$ kcal/mol. Przy ciężarze 1 mola równym $92,25$ g — wypada $J = 7,13 : 92,25 = 0,0773$ kcal/g, czyli $77,3$ kcal/kg. Jest to ciepłota parowania tego samego rzędu wielkości, co dla ciekłych węglowodorów. Wzór Wintgena na prężność par Si_3H_8 poniżej jego temperatury wrzenia

$$\lg p = 7,6764 - 1559,2 \cdot T^{-1}$$

Przy $0^\circ C$ wynosi prężność par Si_3H_8 95 mm Hg, tj. $0,129$ at. Wypada jednak zauważyć, że prężność par i ciepłota parowania mają tu nieco inną wymowę niż przy węglowodorach, wobec nadmiernego hypergolizmu krzemowodorów. Zestawiony Si_3H_8 topi się przy $-117,4^\circ C$, co daje również pojęcie o jego niskiej temperaturze krzepnięcia¹⁷⁾.

Czterosilan Si_4H_{10} (czterokrzemowodor, krzemobutan)

W przeciętnych warunkach atmosferycznych naszego klimatu jest Si_4H_{10} bezbarwną cieczą. Czterosilan ma ciężar właściwy $0,825$ g/cm³ przy $0/4^\circ C$. Pod ciśnieniem 760 mm Hg wrze Si_4H_{10} przy $+109^\circ C$. W zetknięciu z powietrzem o temperaturze pokojowej zapala się, głośno detonując. Wobec tego jest interesująca wartość opałowa Si_4H_{10} .

Obliczone w podobny sposób, jak dla Si_2H_6 wartości opałowe Si_4H_{10} , wynoszą:

$$W_t = 9220 \text{ kcal/kg, oraz } W_u = 8772 \text{ kcal/kg.}$$

Ciekawsze cechy czterosilanu Si_4H_{10} . Si_4H_{10} jest na ogół podobny w swych właściwościach do Si_3H_8 , lecz jeszcze mniej trwały od niego: rozkłada się żywo już w temperaturze pokojowej. a prężność jego par rośnie wówczas szybko: jest więc trudny do przechowania. Podgrzany — rozkłada się na krzem i wodór, z SiH_4 jako produktem pośrednim. Wobec tego, Si_4H_{10} jest w normalnych warunkach cieczą podobnie jak Si_3H_8 , jest dla nas interesujący, przez analogię do organicznych paliw płynnych, jego ciepłota parowania. Otóż dla Si_4H_{10} wynosi ciepłota parowania $9,18$ kcal/mol: wynika stąd $J = 9,18 : 122,32 = 0,075$ kcal/g, czyli 75 kcal/kg.

Wzór Wintgena na prężność pary Si_4H_{10} , poniżej jego temperatury wrzenia

$$\lg p = 8,2479 - 2008,2 \cdot T^{-1}$$

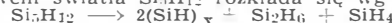
Przy $0^\circ C$ wykazuje Si_4H_{10} prężność par $7,8$ mm Hg, tj. $0,01$ at. Zestawiony krzemobutan topi się przy $-90^\circ C$, co daje również pojęcie o jego niskiej temperaturze krzepnięcia.

Pięciosilan Si_5H_{12} (pięciokrzemowodor, krzemopentan)

W przeciętnych warunkach atmosferycznych naszego klimatu jest Si_5H_{12} cieczą o prężności par $1,5$ mm Hg przy $0^\circ C$. Poza tym brak równania krzywej prężności par, brak danych co do temperatury wrzenia i ciężaru właściwego. Jasne jest jednak, że Si_5H_{12} musi mieć mniejszą prężność par, wyższą temperaturę wrzenia i większy ciężar właściwy od podobnych danych dla Si_4H_{10} . Szczególnie interesujące i ważne jest poznanie temperatury wrzenia Si_5H_{12} .

Wartości opałowe Si_5H_{12} wypadają $W_t = 9150$ kcal/kg oraz $W_u = 8718$ kcal/kg.

Pod wpływem światła Si_5H_{12} rozkłada się wg schematu



Nienasyconej grupy $(SiH)_x$ nie udało się dotychczas otrzymać w postaci lotnej, o niskim ciężarze właściwym. Wobec braku danych co do temperatury wrzenia, nie da się określić ciepła parowania wzorem Gurwicz-Trutona.

Sześciosilan Si_6H_{14} (sześciokrzemowodor, krzemoheksan)

Prężność par przy $0^\circ C$ wynosi 1 mm Hg. $W_t = 9111$ kcal/kg, $W_u = 8690$ kcal/kg.

Poza powyższymi — analogiczny brak danych, jak dla Si_5H_{12} . Szczególnie interesujące jest poznanie jego temperatury wrzenia, gdyż temperatura ta zadecyduje o jego ewentualnej przydatności jako paliwa. Zarówno Si_5H_{12} jak i Si_6H_{14} reagują na ogół podobnie do pozostałych silanów — na obecność powietrza, wody, alkaliów, na podgrzewanie itp. Istnienia wyższych silanów od Si_6H_{14} nie udało się stwierdzić, jak to już było powiedziane. Grupa silanów ciekłych bywa też określana mianem „wyższych silanów“.

16) [lit. 18] s. 6.

17) Nieznanej dokładnie autorowi.

14) Szereg danych o silanach zaczerpnięto z [lit. 16]. Temperatura wrzenia sprawdzono wg Westropiewa i Toropowa [lit. 9].

15) O składzie nieznany autorowi.

Tabela II. Ważniejsze dane silanów

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
l. p.	Nazwa związku	Znak chemiczny	Zaokrąglony ciężar cząsteczkowy	Temp. wrzenia t_w °C	Stan fizyczny przy 0°C i 760mmHg	Ciężar właściwy ciekłego G/cm ³	Ciepłota parowania kcal/kg	Prężność par mm Hg przy 0° C	Ciepłota spalania W_t kcal/kg	Wartość opałowa W_u kcal/kg
1	Jednosilan	Si H ₄	32	- 112°	Gaz	0,680	—	—	10120	9440
2	Dwusilan	Si ₂ H ₆	62	- 15°	Gaz	0,690	—	—	9520	8990
3	Trójsilan	Si ₃ H ₈	92	+ 53°	Ciecz	0,743	77	95	9315	8840
4	Czterosilan	Si ₄ H ₁₀	122	+ 109°	Ciecz	0,825	75	7,8	9220	8770
5	Pięciosilan	Si ₅ H ₁₂	152	?	Ciecz	?	?	1,5	9150	8720
6	Sześćsilan	Si ₆ H ₁₄	182	?	Ciecz	?	?	1	9110	8690

MOŻLIWOŚCI LOTNICZYCH ZASTOSOWAŃ SILANÓW

Ciekłe silany ustępują ciekłym węglowodorom o ok. 18% pod względem dolnej wartości opałowej W_u . Oznacza to wprawdzie o tyleż większe zużycie paliwa przez silnik (przy równorzędnych osiągnięciach) — lecz paliwa opartego o powszechnie spotykaną w nieograniczonych ilościach, tanią podstawę surowcową. Należy jeszcze dodać, że wyższe (ciekłe) silany stanowią tylko ok. 33% łącznej ilości silanów wywiązywanych w cyklu silanotwórczym, co wynika z proporcji przytoczonych na początku omówienia jednosilanów.

Szereg ważnych cech silanów podano w zestawieniu na tabeli II.

Jako paliwa płynne są dla nas interesujące tylko silany wyższe, ze względu na temperaturę wrzenia, która w naszych warunkach klimatycznych powinna być z przyczyn praktyczno-użytkowych wyższa od 50°C. Należy bowiem uwzględnić, że ciecze zaczynają wydatnie parować już ok. 10 — 15° poniżej swej temperatury wrzenia. Podczas lotnych oparów dochodzi zaś u nas temperatura powietrza w cieniu w godzinach południowych niekiedy nawet do 30°C.

Możliwości zastosowań silanów jako paliw do silników lotniczych przedstawiają się w świetle poprzednich charakterystyk poszczególnych silanów znacznie lepiej, niż mogłoby wydawać się na pierwszy rzut oka.

Pierwszą rzeczą bowiem, która interesuje silnikowca zaraz po wartości opałowej silanów — jest charakter produktów spalania. Nasuwa się mianowicie obawa, że masowym produktem spalania krzemowodorów może być — obok pary wodnej — krzemionka SiO₂, która będąc w stanie płynnym, może pokrywać szkliwem wnętrze silnika. Krzepnąc w ziarnka na dalszej swej drodze, jeszcze w obrębie silnika, może krzemionka osiadać w jego wnętrzu również w postaci piasku. Takie perspektywy zniechęcają do silanów jako paliw, zwłaszcza dla silników tłokowych.

Co mówią z kolei doświadczenia ze spalaniem silanów? Otóż tylko A. Stock i C. Somieski stwierdzili pojawianie się wówczas — oprócz pary wodnej i małych ilości lotnych związków krzemu — także warstewki szklawa, równomiernie rozłożonej na ściankach specjalnego naczynia doświadczalnego. Skład chemiczny tego szklawa nie został podany i nie ma pewności, czy to jest krzemionka. K. Heumann wspomina jedynie o chmurkach krzemionki w postaci wirujących pierścieni. H. Buff i F. Wöhler wspominają tylko o bezpostaciowym krzemie oraz o brązowej i brązowo-żółtej warstewce osiadającej na ściankach naczynia doświadczalnego. Szczególną uwagę H. Bessona zwróciły białe cząstki stałe, pojawiające się między innymi w pewnej ilości — w wyniku spalania silanów; podał on prawdopodobny wzór chemiczny tego ciała jako (SiO·OH)₂, czyli krzemowy odpowiednik kwasu szczywowego albo kwas dwusilanowy.

Zatem krzemionka nie występuje w postaci gruboziarnistej; oprócz pary wodnej pojawia się subtelny pył krzemionkowy oraz krzem bezpostaciowy. Sądząc ze wzmianek opisowych, osady te stanowią w produktach spalania silanów na ogół do kilkunastu procent, przeważa zaś raczej osad jasny bądź bezbarwny, złożony z mało znanych związków krzemu z wodorem i tlenem. Zastępują więc one na bliższe zbadanie, m. i. co do twardości, z uwagi na groźbę ich działania erozyjnego.

W większości opisów doświadczeń nie ma wzmianek o występowaniu krzemionki w fazie ciekłej, jako pośredniej przy wydzielaniu się cząsteczek stałych z fazy gazowej spalin. Zatem proces krzepnięcia odbywa się bardzo szybko, tak że na otaczających ściankach — np. większych

naczyń — osiadają już cząsteczki zestalone. Cząsteczki te muszą być więc nader małe i jest do pomyślenia jakaś walka z ewentualnym osadzaniem się szklawa w silniku.

Z powyższych uwag wynika, że silany nie nadają się w „surowym” stanie na paliwa do silników tłokowych, natomiast nadają się, być może nawet „na surowo”, na paliwa do silników strumieniowych, pulsujących i do rakiet, nie posiadających części ruchomych w obrębie przestrzeni spalania i tuż poza nią. Sprawa zastosowania silanów jako paliw do silników odrzutowych sprężarkowych przewidzianych do pracy przez setki godzin pozostaje na razie otwarta. Zachodzi zwłaszcza groźba osadów w komorach spalania i erozji łopatek turbin, lecz stopień tego zagrożenia należałoby dopiero zbadać. Powłoka ze szklawa nie musi być jednak wszędzie niebezpieczna; może ona stać się nawet powłoką ochronną np. przed zendrowaniem, odporną na wysokie temperatury (analogia do części ceramicznych), pod warunkiem równomiernego osadzania się i nienarastania stałego na grubość. Te warunki będą prawdopodobnie dotrzymane w różnych miejscach samoczynnie, przez stałe obtopianie się zewnętrznej warstewki szklawa w temperaturach pracy. Wyłania się między innymi zagadnienie wyszukiwania „topnika”, którego dodatek do paliwa silanowego lub jego spalin obniżyłby poniżej 700°C temperaturę ewentualnego wydzielania się pyłu czy szklawa w spalinach posilanowych tak, aby przez wieniec łopatkowe przelatwały spaliny jeszcze całkowicie w fazie gazowej. Przedstawia to problem dużej wagi, gdyż silników odrzutowych — sprężarkowych stale przybywa, a wykazują one wielkie zużycie paliwa; jest więc potrzebne wystarczająco dobre paliwo, i to takie, którego by na pewno nie zabrakło.

Oddzielne zagadnienie stanowiłoby przepompowywanie, transport i składowanie paliw silanowych, z uwagi na ich nadmierny hypergolizm. Wszelkie zbiorniki surowych silanów powinny być napełniane gazem obojętnym, np. suchym azotem lub CO₂, pozostającym ponadto stale pod nieznacznym nadciśnieniem, aby wykluczyć możliwość wtargnięcia nawet małych ilości powietrza nad zwierciadło silanów. Nieszczelności zbiornika oznaczałyby groźbę pożaru. Są to warunki trudne do przyjęcia.

Z powyższych uwag wynika, że powstaje także zasadnicze zagadnienie wyszukiwania i dodawania do silanów inhibitora (ów), skutecznie łagodzącego ich nadmierny hypergolizm. W tym miejscu wypada przypomnieć, że np. dynamit nastroczał początkowo Alfredowi Noblowi wiele kłopotów i wielkich żmartwień swoją niezwykle pobudliwością do wybuchania od łada wstrząsu, a nawet od przesypania w laboratorium. W jednym z takich wypadków zginął brat A. Nobla. Na skutek tych wypadków władze szwedzkie zabroniły A. Noblowi budowy laboratoriów na lądzie; musiał on urządzić całe laboratorium na barkach pływających na jeziorze. Dopiero przypadkiem odkryto, że dodatek „ziemi okrzemkowej” łagodzi w znacznym stopniu to niebezpieczeństwo. Nie należy jednak przy tym zapominać, że silny hypergolizm silanów miałby także pewną zaletę: usuwałby potrzebę zaopatrywania silnika w specjalne „rozruchowe” urządzenie zapłonowe.

SPRAWA WYTWARZANIA SILANÓW

Silan SiH₄ został odkryty i opisany już przez H. Buffa i F. Wöhlera w r. 1857, jest więc znany od blisko 100 lat. Przedsięwzięte przez C. Friedela próby bezpośredniego łączenia wodoru z krzemem w temperaturze 1000°C, a nawet w temperaturze łuku elektrycznego (ok. 3200—3700°C) nie dały pomyślnych wyników. E. Vigoureux jest zdania, że to może się udać, lecz w obecności trzeciego ciała; ma więc na myśli katalizę. A. F. Holleman i H. I. Slijper otrzy-

mali gaz (a więc zapewne i wyższe silany), działając wodą na bezpostaciowy krzem, spreparowany przy użyciu sodu jako czynnika redukującego. Natomiast A. Dufour stwierdził obecność SiH_4 w gazie otrzymywanym przy przepuszczaniu wodoru nad krzemem rozgrzanym przez płomień wodorotlenowy do temperatury wyższej od temperatury topnienia krzemu, tj. powyżej 1415°C , lub w piecu elektrycznym — łukowym.

Warto by poczynić próby opanowania sposobu przemysłowej produkcji silanów, opartego o powszechnie spotykane surowce krajowe, np. wg którejs z następujących schematycznych reakcji wyjściowych:

a) przestudiować próbę Friedela bezpośredniego łączenia wodoru z krzemem, przy uwzględnieniu sugestii Vigoureux, to zn. w obecności jakiegoś katalizatora [lit. 2]; przy poszukiwaniu wygodnego źródła wodoru można by zwrócić uwagę (oprócz obecnie stosowanych sposobów) na krystaliczny wodorek wapnia CaH_2 (hydrolit); „nie znalazł on jeszcze dotąd większych zastosowań, choć łatwość jego otrzymywania zapewnić mu może większe znaczenie w praktyce” — jest powiedziane o hydrolicie w [lit. 13] str. 584; brzmi to zachęcająco;

b) przestudiować takie poprowadzenie reakcji między kwasem solnym a krzemkami wapnia Ca_2Si , CaSi czy też CaSi_2 , bez dostępu tlenu, żeby uzyskać przebieg $\text{Ca}_2\text{Si} + 4\text{HCl} = 2\text{CaCl}_2 + \text{SiH}_4$ + wyższe silany.

c) spróbować katalitycznie wymusić przeważający przebieg reakcji

$2\text{CaH}_2 + \text{SiO}_2 = 2\text{CaO} + \text{SiH}_4$ + wyższe silany ograniczając do minimum — narzucający się przebieg $2\text{CaH}_2 + \text{SiO}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + \text{Ca}_2\text{Si}$

Komentarz do punktów: a, b i c. Wapń napotykamy w kraju w ilościach praktycznie nieograniczonych, jako główny składnik skał kredowych. Również istnieje możliwość wytwarzania praktycznie nieograniczonych ilości czystego krzemu — z krzemionki, głównego składnika piasku. Także kwas solny możemy wytwarzać w kraju w dowolnych ilościach. Podobnie ma się rzecz z prądem elektrycznym.

O kosztach wytwarzania paliw silanowych jest na razie za wcześnie pisać, dopóki zagadnienie nie jest rozwiązane jakościowo.

WNIOSKI

Z powyższych rozważań, mających na celu także zwrócenie uwagi na wystarczającą wartość opałową omawianych silanów z punktu widzenia silnikowca, wyłaniają się następujące zagadnienia chemiczne:

1. dobranie inhibitora stabilizującego silany chemiczne, to zn. stabilizatora chemicznego przeciwdziałającego ich skłonności do rozkładu w normalnych warunkach, zwłaszcza pod wpływem wilgoci i światła.

2. dobranie inhibitora umożliwiającego regulowanie hypergolizmu silanów.

3. dobranie „topnika”, znacznie obniżającego temperaturę wydzielania się stałych cząsteczek (i ewentualnego szkliwa) w spalinach posilanowych.

4. dobranie składnika powodującego ograniczenie wielkości tych cząsteczek do rozmiarów pyłu, a jeszcze lepiej — cząsteczek dymu.

5. opracowanie metody masowego wytwarzania silanów z powszechnie spotykanych surowców krajowych.

6. opracowanie kontaktowej (katalitycznej) metody wytwarzania od razu silanów wyższych bez SiH_4 i Si_2H_6 .

Najważniejsze jest na razie uporanie się z punktami 1. i 2. Zagadnienia te wydają się trudne, lecz cel wart jest wysiłków.

Silany posiadają także te ważne zalety, że nie działają korodująco, ani nie są szkodliwe dla zdrowia; dopiero silnie stężone — drażnią powonienie i mogą przyprawić najwyżej o ból głowy.

Pomyślne rozwiązanie powyższych zagadnień będzie oznaczało nie tylko nowy postęp w dziedzinie wytwórczości paliw lotniczych.

Możliwe do masowej produkcji w każdym kraju i nie wymagające przez to dalekich transportów, ulepszone wg wyżej wymienionych dezyderatów paliwo silanowe może znakomicie przyspieszyć rozpowszechnienie się prostych w zasadzie i niezawodnych turbin spalinowych — nie tylko jako silników lotniczych, lecz także jako silników samochodowych, okrętowych, przemysłowych oraz w trakcji kolejowej. Tak więc opracowanie wytwórczości ulepszonego paliwa silanowego może decydująco przyspieszyć wyparcie tłokowego silnika spalinowego przez turbinę spalinową, przyczyniając się równocześnie do dalszego rozpowszechnienia motoryzacji.

Możliwość masowego wytwarzania ulepszonego paliwa silanowego pociągnęłaby za sobą również następstwa wykraczające daleko poza dziedzinę transportu.

Na zakończenie wypada nadmienić, że silany nie wyczerpują bynajmniej wszystkich możliwości poszukiwań nowych paliw, opartych na powszechnej i taniej podstawie surowcowej.

Artykuł wpłynął dnia 16 grudnia 1952 r.

LITERATURA

1. Technologia Węglowodórnych. T. Niewiadomski i J. Szuba. 1952.
2. Kataliza i katalizatory. Praca zbiorowa. 1952.
3. Chemia organiczna. A. Holleman i F. Richter. 1952.
4. Zasady nowoczesnej metalurgii w zarysie A. Krupkowski. 1951.
5. Schmelzpunkttabellen Organischer Verbindungen. W. Utermark. 1951.
6. Paliwa płynne i oleje silnikowe. B. Mielnikowa. 1951.
7. Płynne paliwa silnikowe. E. Neyman—Pilatowa. 1950.
8. Termodynamiceskije rascety processow pierierabotki niefti. M. F. Nagijew. 1950.
9. Chimija krienmija i fiziceskaja chimija silikatow. K. S. Ewstropiew i H. A. Toropow. 1950.
10. Termodynamika techniczna. B. Stefanowski. 1949.
11. Chimija niefti. W. I. Isagulian i G. M. Egorowa. 1949.
12. Die Betriebsstoffe für Verbrennungskraftmaschinen. A. Philippovich. 1949.
13. Chemia nieorganiczna. S. Tołłoczko. IX Wydanie. Opracował W. Kemula. 1948.
14. Chemia nieorganiczna. Smith Kendall. 1947.
15. Razdielenie gazowych smiesiej. W. G. Pastowski. 1947.
16. Mellor's comprehensive treatise on inorganic and theoretical chemistry. 1947.
17. Kingzett's chemical encyclopaedia. 1946.
18. Interrogation of Dr H. F. Gold. C. I. O. S. 1945.
19. The science of petroleum. 1953.
20. Die Brennkraftmaschinen D. R. Pye. Tłum. F. Wettstadt. 1953.
21. The high speed internal — combustion engine. H. R. Ricardo. 1931.
22. Ropa naftowa i jej produkty. K. Kachlik. 1952.

DO PRENUMERATORÓW

Zgodnie z Uchwałą Prezydium Rządu z dnia 24. I. 53. Nr 90/53 o zmianie cen niektórych wydawnictw podajemy poniżej nowe ceny naszych czasopism.

Tytuł czasopisma	Prenumerata			Ceny pojedynczego egz.
	roczna	półroczna	kwartalna	
1. Gospodarka Wodna	96	48	24	8
2. Gospodarka Ciepła	96	48	24	8
3. Ochrona Pracy	72	36	18	6
4. Przegląd Papierniczy	60	30	15	5
5. Przegląd Skórzany	60	30	15	5
6. Przemysł Drzewny	72	36	18	6
7. Technika Motoryzacyjna	72	36	18	6
8. Technik Przemysłu Spożywczego	36	18	9	3
9. Włókiennictwo	36	18	9	3
10. Odzież	54	27	13,50	4,50

Nowe ceny obowiązują:

- a) w sprzedaży komisowej z chwilą ukazania się wydawnictwa z wydrukowaną nową ceną,
b) w prenumeracie pocztowej indywidualnej w stosunku do wszystkich nowych zamówień i przedpłat wnoszonych na okresy prenumeraty od marca br. począwszy.

Prenumeratorzy, którzy opłacili należność za prenumeratę po dawnej cenie, otrzymywać będą zamówione czasopisma przez cały opłacony okres bez żadnych dodatkowych opłat. Ceny pozostałych czasopism nie ulegają zmianie. Ceny prenumeraty ulgowej dla wszystkich czasopism pozostają bez zmian.

Zastosowanie napędów odrzutowych do śmigłowców

Część I

W pracy tej rozważane jest zagadnienie zastosowania napędów odrzutowych do śmigłowców. Wszystkie napędy podzielono na trzy grupy: pośrednie, bezpośrednie i ciśnieniowe.

W pierwszej części omówione są poszczególne typy silników od strony ich zalet i wad w zastosowaniu do napędu śmigłowca. W szczególności omówiono dokładniej silnik pulsacyjny jako jedno z najciekawszych rozwiązań. W dalszej części omówiono zagadnienie osiągnięć śmigłowców z różnymi napędami. Na zakończenie podano bardzo uproszczoną analizę korzyści sześciu wybranych typów napędu, zestawiając w tabeli zmiany kolejnych pod względem korzyści rodzaj napędów w odniesieniu do osiągnięć, zużycia paliwa i kosztów budowy.

WSTĘP

Szybki rozwój silników odrzutowych, jakiego jesteśmy w ostatnich latach świadkami, wpłynął w dużym stopniu na zastąpienie napędu samolotów silnikami tłokowymi napędem odrzutowym. Lepsze osiągi samolotów odrzutowych spowodowały, że do niektórych typów samolotów (np. samolotów myśliwskich) stosuje się już dziś wyłącznie napęd odrzutowy. Dla innych rodzajów samolotów, np. samolotów pasażerskich i transportowych, gdzie z dobrymi osiągnięciami konkuruje ekonomia przelotu, napęd odrzutowy w stosunkowo małym stopniu wyparł napęd silnikiem tłokowym. W dziedzinie śmigłowców poczyniono również próby zastąpienia silnika tłokowego silnikiem odrzutowym.

W artykule niniejszym zajmiemy się bliżej omówieniem możliwości zastosowania różnych napędów śmigłowca z punktu widzenia ich właściwości i ekonomii.

Sprawa doboru odpowiedniego napędu jest w przypadku śmigłowca szczególnie ważna, gdyż dla jego osiągnięć (głównie lot wznoszący) potrzeba większej mocy, niż do osiągnięć normalnego samolotu. Dla tego samego ciężaru użytecznego ciężar grupy napędowej śmigłowców powinien więc być zredukowany do minimum. Podczas gdy przy zastosowaniu napędu odrzutowego do samolotu z płatanami stałymi chodzi głównie o zwiększenie jego prędkości, w przypadku śmigłowca chodzi głównie o polepszenie jego osiągnięć, ekonomii i obniżenie kosztów budowy. Dlatego też do napędu śmigłowców stosuje się często inne typy silników, jak np. silniki pulsacyjne i strumieniowe, prostsze w swej budowie od silników turbo-odrzutowych.

Napędy śmigłowców można podzielić na następujące grupy:

I. Napędy pośrednie —

a) napęd silnikiem tłokowym za pośrednictwem przekładni i wału,

b) napęd silnikiem turbo-sprężarkowym (umieszczonym w kadłubie), również za pośrednictwem przekładni i wału;

II. Napędy bezpośrednie (silnikami umieszczonymi na końcach łopat wirnika) —

a) napęd silnikami rakietowymi,

b) napęd silnikami strumieniowymi,

c) napęd specjalnymi silnikami strumieniowymi,

d) napęd silnikami pulsacyjnymi,

e) napęd silnikami pulsacyjno-strumieniowymi,

f) napęd silnikami turbo-odrzutowymi;

III. Napęd pośredni pomiędzy I i II tzn. napęd ciśnieniowy —

a) napęd dyszami z dodatkowym spalaniem lub bez spalania (dysze te umieszczone są na końcach łopat śmigłowca) zasilanymi powietrzem ze sprężarki umieszczonej w kadłubie śmigłowca; sprężarka może być w tym przypadku napędzana silnikiem tłokowym, turbinowym lub bezpośrednio sprzęgnięta z wałem śmigłowca,

b) napęd silnikami (umieszczonymi na końcach łopat śmigłowca), zasilanych powietrzem z przeciwbieżnej sprężarki tłokowej,

c) napęd powietrzem i spalinami z silnika turbinowego ze sprężarką dwustopniową.

ANALIZA GRUPY NAPĘDOWEJ

I. Napęd pośredni.

Napęd pośredni wirnika śmigłowca odbywa się przy pomocy silnika tłokowego lub turbiny spalinowej

(umieszczonych w kadłubie śmigłowca) za pośrednictwem przekładni i wału.

a) Napęd silnikiem tłokowym.

Przy napędach pośrednich silnikiem tłokowym prędkość obwodowa wirnika nie jest duża, nawet przy znacznych wartościach ciągu; w związku z tym momenty skręcające na wale są duże, co pociąga za sobą konieczność stosowania dużych średnic wału i ciężkiej przekładni (ciężar przekładni przy większym ciągu wirnika jest nieproporcjonalnie większy). Ciężar przekładni (reduktora obrotów) stanowi duży procent ciężaru śmigłowca.

Podział ciężaru poszczególnych elementów napędu typowego śmigłowca o mocy 150 — 500 KM przedstawia poniższe zestawienie:

silnik	0,757 kG/KM
akcesoria	0,054 „
rozrusznik	0,023 „
chłodnica	0,091 „
instalacja olejowa	0,045 „
przekładnia	0,34 „
razem	1,31 kG/KM

Przyjmijmy dla przykładu, że maksymalny ciąg wirnika jest o 35% większy od całkowitego ciężaru śmigłowca. Nadmiar ten umożliwi dobre osiągi śmigłowca. Niech przy prędkościach obwodowych 160 m/sek moc na wirniku wynosi 0,13 KM/Q_{całk}. Całkowity ciężar napędu określimy więc ze wzoru

$$Q_{całk. nap.} = 1,31 \cdot 0,13. Q_{całk. 1,35} \cdot 1,08 = 0,25 Q_{całk.}$$

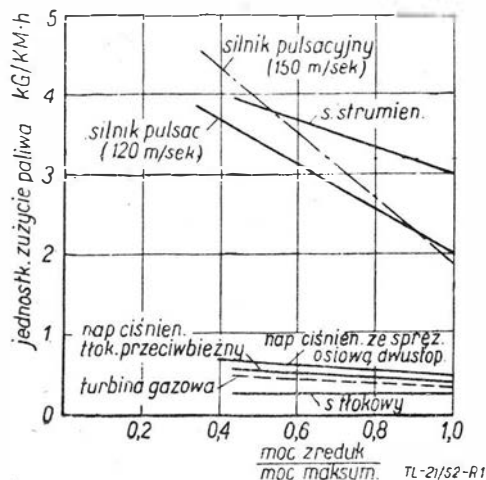
Współczynnik 1,08 uwzględnia 5-procentową stratę mocy na chłodzenie i 3% straty mocy na tarcie w przekładni, poślizgu sprzęgła itp. Współczynnik 1,35 uwzględnia nadmiar mocy. Zużycie paliwa wynosi dla napędu pośredniego silnikiem tłokowym 0,26 kG/KM_{rot. h.}

Inne ciężary śmigłowca wynoszą odpowiednio:

ciężar konstrukcji	45% Q _{całk}
ciężar użyteczny	30% Q _{całk}

b) Napęd pośredni silnikiem turbo-sprężarkowym.

Silniki turbo-sprężarkowe są typowym napędem dużej mocy. Przy mocach 2 000 KM ciężar jednostkowy napędu silnikiem turbo-sprężarkowym wynosi ok.



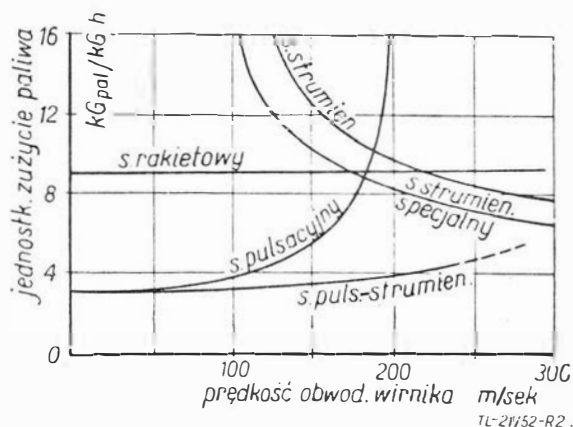
Rys. 1 — Zmiana jednostkowego zużycia paliwa w funkcji stosunku mocy do maksymalnej mocy zespołu napędowego.

0,23 kG/KM. Dla mniejszych jednostek (150—500 KM) ciężar ten wynosi przeciętnie 0,28 kG/KM. Ciężar całkowity napędu w rozważanym przypadku wynosi 0,126 całkowitego ciężaru śmigłowca, czyli w przybliżeniu — połowę ciężaru odpowiedniego napędu silnikiem tłokowym. Zużycie paliwa silnika turbo-sprężarkowego wynosi 0,320 kG/KM, h przy stopniu sprężania 6 i przy maksymalnej mocy. Przy niepełnym obciążeniu silnika jednostkowe zużycie paliwa jest większe (patrz rys. 1).

II. Napędy bezpośrednie

Rozróżniamy kilka typów silników odrzutowych do napędu bezpośredniego małych i średnich śmigłowców. Wszystkie te silniki umieszczone są na końcach łopat śmigłowca, wykonując wraz z nim ruch obrotowy dookoła osi pionowej wirnika. Ciężar omawianych grup napędowych jest w stosunku do poprzednich bardzo mały i wynosi około 0,01 całkowitego ciężaru śmigłowca. Bardzo mały ciężar zawdzięczamy wyeliminowaniu ciężkiej przekładni, wału, śmigiełka ogonowego (zastąpionego przez układ dodatkowych dysz lub statecznik) oraz zastąpieniu ciężkiego silnika silnikiem bardzo lekkim, o prostej konstrukcji. Wielką prostotę budowy i mały ciężar osiągamy kosztem dużego zużycia paliwa, spowodowanego niską sprawnością omawianych napędów.

Jednostkowe zużycie paliwa zmienia się w funkcji prędkości obrotowej wirnika i przy pewnej prędkości optymalnej osiąga swoje minimum. Zmianę jednostkowego zużycia paliwa (na jednostkę ciągu) podaje rys. 2.



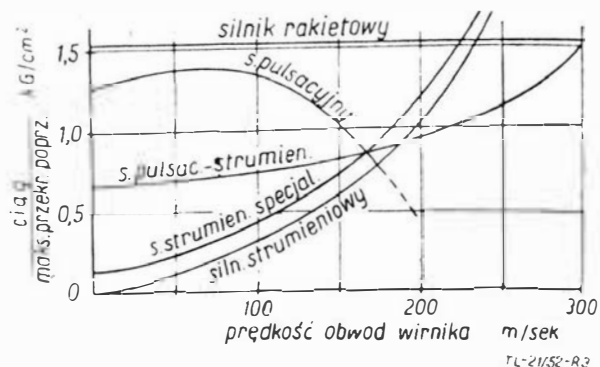
Rys. 2 — Zmiana zużycia paliwa na jednostkę ciągu silników do napędu bezpośredniego w funkcji prędkości.

Dla silników rakietowych zużycie paliwa jest niezależne od prędkości. Dla silników strumieniowych prędkość optymalna jest bardzo duża (naddźwiękowa). Dla specjalnych silników strumieniowych (inny sposób wtryskiwania paliwa) zużycie paliwa jest niższe w stosunku do zwyczajnych silników strumieniowych. Różnice zużycia są dość znaczne przy małych prędkościach (rzędu 130 m/sec). Dla silników pulsacyjnych o dużym ciągu statycznym (prawie równym maksymalnemu) następuje wzrost zużycia paliwa z prędkością. Dla silników o maksymalnym ciągu przy pewnej prędkości, optimum prędkości przesunięte jest na prawo. Zmianę prędkości optymalnej uzyskuje się przez zmianę stosunku przekroju wlotu do silnika do przekroju wylotu (w ten sposób zmienia się prędkość, przy której występuje najkorzystniejszy współczynnik nadmiaru powietrza w komorze spalania). Dla silników pulsacyjno-strumieniowych mamy zużycie paliwa nieznacznie wzrastające z prędkością i równe przeciętnie 3 kG na 1 kG ciągu i godzinę.

Zmianę ciągu odniesionego do maksymalnej powierzchni przekroju silnika w funkcji prędkości przedstawia rysunek 3.

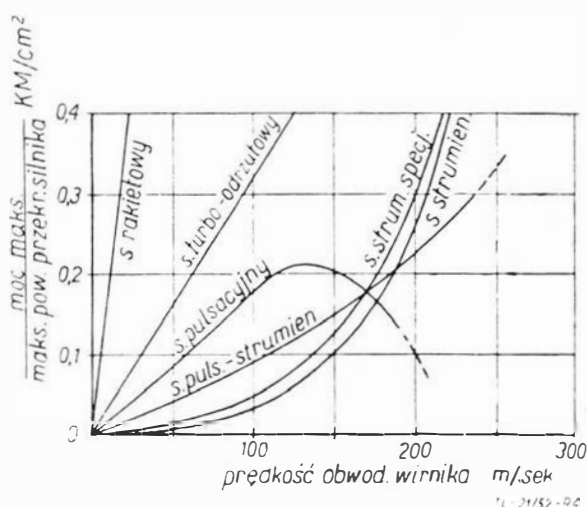
Przy zastosowaniu napędu silnikiem rakietowym mamy stały ciąg niezależny od prędkości.

Dla silnika strumieniowego ciąg statyczny rośnie (od wartości zerowej) ze wzrostem prędkości. Dla specjalnego silnika strumieniowego krzywa zmiany ciągu w funkcji prędkości przesunięta jest w górę o prawie stałą wielkość. Dla silnika pulsacyjnego o dużym ciągu statycznym począwszy od prędkości 120 m/sec następuje



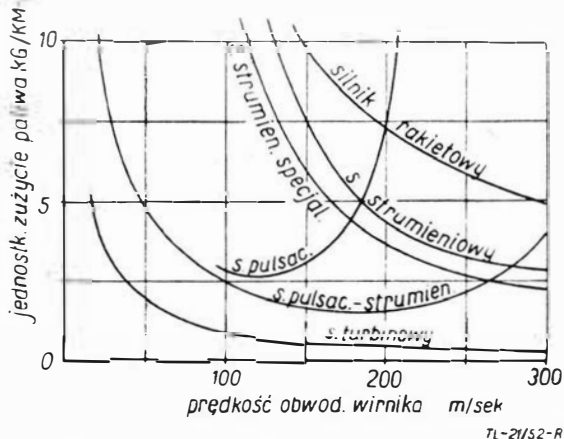
Rys. 3 — Zmiana ciągu na jednostkę maksymalnego przekroju poprzecznego silnika w funkcji prędkości.

gwałtowny spadek ciągu. Dla silników o mniejszych ciągach statycznych (w stosunku do ciągu maksymalnego) zakres największego ciągu przesuwają się w kierunku rosnących prędkości. Ciąg silnika pulsacyjno-strumieniowego jest w przybliżeniu przedstawiony krzywą wypadkową pomiędzy ciągiem silnika pulsacyjnego a strumieniowego. Zmianę mocy dawanej przez omawiane silniki w funkcji prędkości podaje rysunek 4.



Rys. 4 — Moc na jednostkę przekroju poprzecznego silnika w funkcji prędkości.

Maksimum mocy silnika pulsacyjnego o maksymalnym ciągu statycznym jest przy prędkości 140 m/sec. Zmiana mocy silnika rakietowego, turbo-odrzućkowego i pulsacyjno-strumieniowego wyraża się w przybliżeniu („w przybliżeniu“ oprócz silników rakietowych) funkcjami liniowymi. Zmiana mocy silników strumieniowych zachodzi w przybliżeniu wg paraboli trzeciego stopnia. Zmianę zużycia paliwa na jednostkę mocy przedstawia rysunek 5.



Rys. 5 — Zmiana zużycia paliwa na jednostkę mocy w funkcji prędkości.

Zwróćmy uwagę na korzystny przebieg krzywej jednostkowego zużycia paliwa w przypadku silników turbo-odrzućkowego i pulsacyjno-strumieniowego.

a) Napęd silnikiem raketowym.

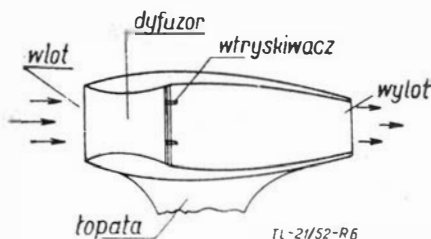
Ten rodzaj napędu nie jest dogodny do napędu śmigłowca, ponieważ:

1. odznacza się stosunkowo dużym ciężarem instalacji,
2. wykazuje duże zużycie paliwa (wtryskiwanego pod dużym ciśnieniem),
3. wymaga specjalnego paliwa,
4. silnik raketowy odznacza się krótkotrwałością.

b) Napęd silnikiem strumieniowym.

Ciąg tego silnika jest proporcjonalny do prędkości wylotowej z silnika (dla stałego przekroju dyszy i stałej masy przepływającego przez silnik powietrza).

Silnik strumieniowy składa się z dyfuzora i komory spalania z wytryskiwaczami i statecznikami płomienia oraz dyszy wylotowej (rys. 6).



Rys. 6 — Schemat silnika strumieniowego.

Sprężanie powietrza następuje (dla $Ma < 1$) wskutek rozszerzania się dyfuzora. Po przejściu przez przekrój wytryskiwacza miesza się ono z paliwem, spalając się w komorze spalania. Jak widać z wykresu 2, zużycie paliwa w silniku strumieniowym maleje w miarę wzrostu prędkości aż do prędkości ponaddźwiękowej (zależnie od temperatury w komorze spalania). Spadek zużycia paliwa, a więc wzrost sprawności, spowodowany jest wzrostem sprężu na wlocie do silnika. Widzimy więc, że przy napędzie omawianego typu korzystne są duże prędkości obwodowe wirnika. Ograniczenie prędkości obwodowej spowodowane jest spadkiem sprawności aerodynamicznej wirnika, który to spadek ma miejsce po przekroczeniu prędkości krytycznej. Dlatego też prędkości obwodowe wirnika przy napędzie silnikiem strumieniowym dochodzą najwyżej do 250 m/sec (wynosząc średnio 180 — 220 m/sec). Prędkość ta jest mniejsza niż maksymalna dopuszczalna prędkość (na prędkość tę składa się suma prędkości postępowej i obwodowej wirnika) dla łopaty wirnika, ponieważ wchodzi tu w grę zmiana opływu łopaty wskutek obecności silnika. Przy opływie bryły obrotowej (jaką jest silnik), umieszczonej na końcu łopaty, krytyczna liczba Macha maleje w stosunku do krytycznej liczby Macha przy opływie swobodnego końca łopaty.

Ponieważ prędkość obwodowa wirnika jest niższa od prędkości optymalnej, zużycie paliwa w silniku strumieniowym jest wyższe i wynosi przy przeciętnych prędkościach obwodowych ok. 3,5 kg/KM godz.

Umieszczenie silnika na końcu łopaty daje dodatkowo spadek efektywnej sprawności wirnika, spowodowany wzrostem oporu. Współczynnik oporu silnika C_x odniesiony do powierzchni maksymalnego przekroju poprzecznego wynosi przeciętnie 0,1.

W układzie wirnika dwupłatowego powstaje przy pewnej różnicy ciągu obydwu silników siła o zmiennym kierunku, prostopadła do osi wirnika. Siła ta może być źródłem zakłócenia równowagi śmigłowca. Różnica ciągu staje się szczególnie duża z chwilą uszkodzenia jednego z silników, wtedy to cały ciąg drugiego silnika jest siłą poprzeczną, dającą moment pochylający śmigłowca. Okresowy charakter tego momentu może wywołać poważne zakłócenia równowagi śmigłowca. W przypadku defektu jednego z silników należałoby natychmiast zmniejszyć ciąg lub zatrzymać drugi silnik.

Ogromna prostota budowy silników strumieniowych przyczyniła się do ich rozpowszechnienia w stosunku do innych odrzutowych napędów śmigłowców.

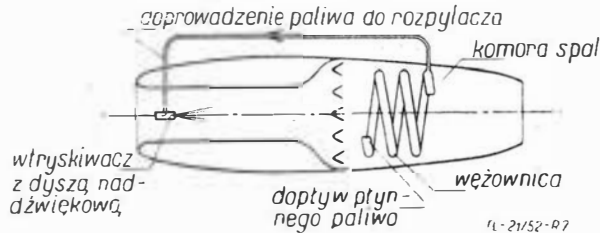
Wadami napędu silnikiem strumieniowym są:

1) trudności przy rozruchu wymagającym rozpędzenia wirnika do prędkości obwodowej ~ 50 m/sec (ciąg statyczny silnika strumieniowego jest równy zeru),
2) duży stosunek ciągu do powierzchni przekroju koźmisty ze względu na własności autorotacyjne wirnika (mały opór silnika) koliduje ze zużyciem paliwa, które rośnie ze wzrostem tego stosunku (ze względu na wzrost temperatury, niekorzystny również ze względów konstrukcyjnych),

3) własności autorotacyjne wymagają kompromisu pomiędzy ograniczeniem prędkości obwodowej i wypełnieniem wirnika, tzn. stosunkiem powierzchni łopat do powierzchni koła zataczanego przez wirnik, podyktowanym względami wytrzymałościowymi. Ze spadkiem prędkości obwodowej zmniejsza się sprawność silnika, a polepszają własności autorotacyjne.

c) Napęd specjalnym silnikiem strumieniowym.

Zasadniczą różnicą tego silnika w stosunku do poprzedniego jest inna konstrukcja przedniej części silnika i inny sposób wtryskiwania paliwa. Silnik tego typu, przedstawiony na rys. 7, składa się z wytryskiwacza umieszczonego w rurze wlotowej, dyfuzora ze statecznikami płomienia, węzownicy, komory spalania i rury wylotowej.



Rys. 7 — Specjalny silnik strumieniowy.

Paliwo zostaje przepuszczone przez węzownicę znajdującą się w komorze spalania i po odparowaniu przechodzi do rury wlotowej, gdzie wtryskiwane pod dużym ciśnieniem przez dyszę naddźwiękową miesza się z powietrzem. Wadą tego rodzaju silnika jest bardziej skomplikowana budowa w porównaniu do silnika strumieniowego, większa długość i ciężar. Zaletami tego układu są:

- 1) mniejsze jednostkowe zużycie paliwa,
- 2) istnienie ciągu statycznego ułatwiającego rozruch.

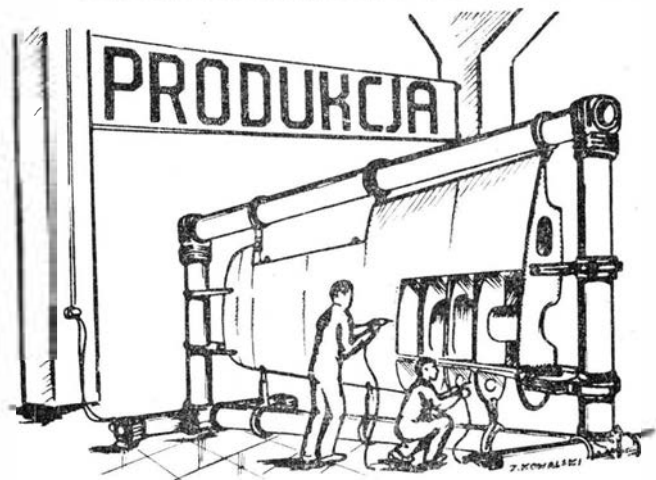
Dokończenie nastąpi.

Do

naszych Czytelników

Prenumeratę czasopism technicznych od dnia 16 lutego br. przyjmują tylko listonoszone i placówki pocztowe właściwego rejonu doręczeń, na terenie którego zamieszkuje prenumerator, odbiorca.

Powyższe nie dotyczy prenumeraty zbiorowej — ulgowej dokonywanej przez oddziały wojewódzkie NOT, koła naukowe studentów szkół wyższych oraz dyrekcje szkół zawodowych — którą należy jak dotychczas kierować bezpośrednio do PPK Ruch.



Kand. nauk techn. doc. W. J. ARRISON

Tolerancje sprzężonych wymiarów¹⁾ elementów z pokryciami galwanicznymi

Omawiane w pracy tej zagadnienie jest w dobie obecnej niezmiernie ważne tak w przemyśle maszynowym, jak zwłaszcza w przemyśle lotniczym, który cechuje duża ilość połączeń sworzniowych i podobnych o małych wymiarach, zabezpieczanych obowiązkowo pokryciami antykorozyjnymi. Podane w treści krótkie rozważania ogólne, dwa sposoby wyznaczenia tolerancji dla elementów z pokryciem galwanicznym i przykłady liczbowe są wystarczające, by nasi warsztatowcy i konstruktorzy wykorzystali powyższą metodę przy projektowaniu i w produkcji. W razie stosowania układu pasowań PN — sposób obliczeń jest identyczny. Dla ułatwienia przejścia z pasowań radzieckich na polskie, dodano na końcu artykułu tabelę porównawczą. Tłumaczył z czasop. „Więstnik Maszynostrojenia” z. 12 1951 mgr inż. Stanisław Lassota.

Szybki wzrost radzieckiej techniki budowy maszyn łączy się z coraz szerszym stosowaniem nowoczesnych metod technologicznych, polepszających jakość i trwałość produkowanego sprzętu. Do metod takich należy też nanoszenie pokryć galwanicznych przeciwkorozyjnych i ozdobnych, mające szerokie zastosowanie w obecnej budowie maszyn i przyrządów.

Przy wprowadzaniu w użycie pokryć galwanicznych w praktyce fabrycznej produkcji masowej i seryjnej, zachodzi potrzeba rozstrzygnięcia szeregu zagadnień konstrukcyjno-technologicznych i metrologicznych. Jednym z ważniejszych zagadnień, do tej pory nie rozwiązyanych, jest wyznaczenie tolerancji dla elementów wymiennych, a podlegających niklowaniu, chromowaniu, kadmowaniu, srebrzeniu itp.²⁾ Wyznaczanie sprzężonych tolerancji wymiarów współpracujących elementów, tj. ich kojarzenie posiada swoje specjalne cechy.

Jeśli, w zależności od wymaganego pasowania, wykonuje się przed nałożeniem pokrycia sprzężone wymiary elementów z odchyłkami w granicach ogólnie przyjętego układu tolerancji, to po wykonaniu pokrycia uzyskuje się w zmontowanych połączeniach w pasowaniach ruchomych — zmniejszenie luzów „s” i w pasowaniach spoczynkowych mieszanych oraz wtłaczanych — zwiększenie wcisków „i”. Wielkość tego zniekształcenia pasowania można wyznaczyć na podstawie następującego rozważania:

Grubość warstwy „h” jakiegokolwiek pokrycia przyjmuje się zazwyczaj na podstawie norm (na przykład — norma 5NG-25-49 MAP), w zależności od przeznaczenia elementów, niezależnie od ich wymiarów. Odchyłki grubości metalu pokrycia $\pm \delta h$ są ograniczone tolerancjami.

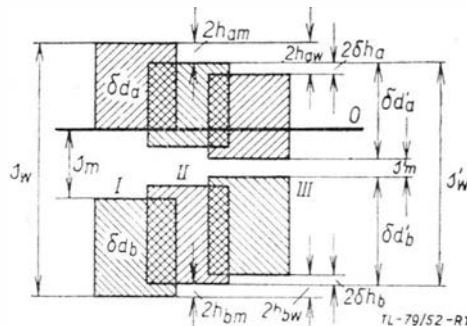
Ostateczna średnica elementu d' (po naniesieniu pokrycia) łącznie z podwójną grubością naniesionej warstwy $2h$ i pierwotną średnicą d tworzy elementarny zamknięty łańcuch wymiarów, w którym wymiar d' jest ogniwem zamykającym. Tolerancje więc elementów po pokryciu będą równe:

$$\begin{aligned}\delta d_a' &= \delta d_a + 2\delta h_a \\ \delta d_b' &= \delta d_b + 2\delta h_b\end{aligned}$$

(indeksem a oznaczony jest wymiar obejmujący, a indeksem b — obejmowany).

Ponieważ luz (lub wcisk) w każdym pasowaniu jest także ogniwem zamykającym i tolerancja luzu równa jest su-

mie tolerancji sprzężonych wymiarów, ogólny wzór na tolerancję pasowania (luzu lub wcisku) elementu z metalowym pokryciem przyjmie postać (rys. 1):



Rys. 1 — Schemat rozkładu pól tolerancji sprzężonych wymiarów przed naniesieniem pokrycia galwanicznego

$$\delta s' = s_w' - s_m' = \delta d_a' + \delta d_b' = \delta d_a + \delta d_b + 2(\delta h_a + \delta h_b)$$

albo

$$\delta s' = \delta s + 2(\delta h_a + \delta h_b) \quad [1]$$

Jeśli ustalona na rysunku grubość pokrycia obu sprzężonych elementów³⁾ jest jednakowa, to znaczy

$$h_a = h_b = h \quad [2]$$

to

$$\delta h_a = \delta h_b = \delta h \quad [3]$$

i

$$\delta s' = \delta s + 4 \delta h \quad [4]$$

Ponieważ zaś

$$h_m = h - \frac{\delta h}{2}$$

$$h_w = h + \frac{\delta h}{2}$$

to na podstawie rysunku 1 można wyznaczyć dla ogólnego przypadku wartości luzów s_w' , s_m' i s_s' :

¹⁾ Pod tą nazwą należy rozumieć wymiary wpływające na wymiar wynikowy elementu, w tym przypadku wymiar podstawowy i wymiar pokrycia (przyp. red.).

²⁾ Aktualność tego zagadnienia zaznaczona była w rezolucjach II Leningradzkiej Konferencji w sprawie zamienności elementów (8 — 13 maj 1950 r.), jako jedno z pilnych zagadnień, którego jak najszybsze rozwiązanie ma duże znaczenie dla narodowej gospodarki Związku Radzieckiego (str. 12 rezolucji).

³⁾ Tj. elementów o wymiarze sprzężonym, czyli wymiarze, na który składają się dwie lub więcej niezależnych tolerancji, jak na przykład w elemencie pokrytym antykorozyjnie (przyp. tłumacza).

⁴⁾ Odchyłka kierunkowa odniesiona jest do łącznego przyrostu grubości $2h$, więc jednokierunkowa równa jest $\frac{\delta h}{2}$ (przyp. koref.).

$$s_{w'} = s_w - 2(h_{am} + h_{bm}) = s_w - 2\left(h_a - \frac{\delta h_a}{2} + h_b - \frac{\delta h_b}{2}\right) \quad [5]$$

$$s_{m'} = s_m - 2(h_{aw} + h_{bw}) = s_m - 2\left(h_a + \frac{\delta h_a}{2} + h_b + \frac{\delta h_b}{2}\right) \quad [6]$$

$$s_{sr'} = s_{sr} - 2(h_a + h_b) \quad \dots \quad [7]$$

Zachowując warunki [2] i [3], otrzymamy:

$$s_{w'} = s_w - 4h_m = s_w - (4h - 2\delta h) \quad [8]$$

$$s_{m'} = s_m - 4h_w = s_m - (4h + 2\delta h) \quad [9]$$

$$s_{sr'} = s_{sr} - 4h \quad \dots \quad [10]$$

to znaczy luz zmniejszy się o wielkość $4h + 2\delta h$. W pewnych przypadkach może to doprowadzić do całkowitego usunięcia luzu lub nawet do otrzymania wcisku (jeśli $s_m \leq 4h + 2\delta h$). W większości przypadków zmniejszenie wielkości s_{sr} o $4h$ jest niedopuszczalne.

Tolerancja więc pasowania elementów z galwanicznymi pokryciami jest większa, aniżeli tolerancja pasowania tychże elementów bez pokryć, przy czym zwiększenie tolerancji pasowania zależne jest od wielkości tolerancji grubości pokrycia (patrz wzór [1]). Ażeby więc przy złożeniu elementów z naniesionymi pokryciami otrzymać wymaganą dokładność połączenia, konieczne jest wykonanie elementów, podlegających galwanicznemu pokrywaniu, z większą dokładnością, aniżeli określa to wybrane pasowanie.

Wpływ istnienia pokrycia na powierzchniach elementów pasowanych na charakter otrzymywanych połączeń zależy od wymiarów elementów: w miarę zmniejszania się ich nominalnego wymiaru zniekształcenie pasowania zwiększa się. W związku z tym względne zmniejszenie luzów lub zwiększenie wcisków w zakresie małych wymiarów, będzie powodować brak zamienności w większym stopniu, aniżeli w zakresie wymiarów średnich i większych.

Jeśli wykonuje się elementy o wymiarach sprzężonych uwzględniając dokładnie grubości nakładanych warstw pokrycia, to znaczy posługując się nienormalnymi polami tolerancji, to zachodzi wtedy potrzeba użycia większej ilości specjalnych sprawdzianów. Utrudnia to eksploatację przyrządów pomiarowych, przedłuża okresy przygotowawcze produkcji i zwiększa koszty własne produktu. Nie można więc polecać takiego rozwiązania sprawy.

Podana tu obliczeniowa metoda nie wymaga użycia specjalnego układu tolerancji dla elementów z metalicznymi pokryciami. Schemat jej jest następujący:

Elementy, podlegające pokrywaniu, należy wykonywać z odchyłkami leżącymi w zakresie normalnych tolerancji i pasowań OST obu układów (stałego otworu i stałego wałka). Położenie pól tolerancji otworu i wałka tych elementów należy w ten sposób dobierać, aby charakterystyka otrzymanego przy montażu połączenia elementu z pokryciem możliwie jak najmniej różniła się od ustalonej na rysunku.

W praktyce rozrzut rzeczywistych wymiarów elementów na polu tolerancyjnym zgodny jest zazwyczaj z zasadą przeciętnego skupienia, przy czym środek zgrupowania odchyłek najczęściej położony będzie w pobliżu środka pola tolerancji. Dlatego też należy dążyć do tego, by różnica między średnim luzem s_{sr} pasowania pochodnego (tj. wybranego dla wykonania elementów podlegających pokrywaniu), a średnim luzem s_{sr} pasowania wyjściowego (ustalonego na rysunku⁵⁾) była w miarę możliwości bliska wielkości $4h$.

Odnosnie wielkości luzu małego i dużego s_m i s_w , dopuszczalne są dla nich w obliczeniu pewne (w klasie niskiej dokładności nawet znaczne) odstępstwa od wartości teoretycznych, ponieważ prawdopodobieństwo otrzymania przy składaniu skrajnych wartości luzów lub wcisków jest minimalne.

Łańcuch wymiarów wyrażony równaniem [1] składa się z sześciu składowych ogniw — $d_a, d_b, 2h_a$ i $2h_b$, których tolerancje winny by się sumować nie arytmetycznie, lecz metodą złożenia w drugiej potęgę. W tym przypadku $\delta s'$ wyznaczałoby się równaniem

$$\delta s_{kb'} = \sqrt{\delta d_a^2 + \delta d_b^2 + 2\delta h_a^2 + 2\delta h_b^2}$$

(przyjmując rozłożenie odchyłek wszystkich składowych wymiarów jako normalne, a współczynniki N. A. Borodaczewa⁶⁾ równe $K = 1$ i $\alpha = 0$).

Jeśli jednak w wyrażenie na $\delta s_{kb'}$ wprowadzić poprawkę A. F. Liesochina⁷⁾, uwzględniającą możliwe odchyłki rozkładu rzeczywistego od normalnego, to wielkość $\delta s_{kb'}$ zawsze okaże się znacznie mniejsza od $\delta s'$. Jeśli więc obliczeniowe wartości s_w i s_m wyjdą poza skrajne granice teoretyczne, rzeczywisty rozrzut możliwych luzów w złożonych elementach nie przekroczy normy.

W większości przypadków wskazane jest uzyskanie możliwie małych odchyłek s_m od teoretycznych wartości; odchyłki s_w mogą być większe, lecz pod tym warunkiem, by skrajna wielkość $\delta s'$ w klasach dużej dokładności nie różniła się od wymaganej więcej jak o 20%.

W praktyce luzy uzyskiwane przy montażu (s_w', s_m' i s_{sr}') mogą okazać się cokolwiek większe od obliczonych, ponieważ grubość warstwy pokrycia na ściankach otworów jest często mniejsza od grubości na powierzchni wałków. Dlatego, przyjmując pasowanie suwliwe jako wyjściowe, uzyskanie nieznacznych wcisków nie jest niebezpieczne.

Duże elementy z tolerancjami w klasach małej dokładności i gwarantowanym luzem można pokrywać galwanicznie, bez przeliczania odpowiednich pól tolerancji, jeśli $s_m \geq 4h + 2\delta h$.

Ponieważ na powierzchniach elementów pasowanych na wcisk, jak również elementów wykonanych w 1 i 2 klasie dokładności warstwy ochronnej z zasady nie stosują się, nie będziemy rozpatrywać przeliczeń dla pasowań włączanych i pasowań 1 i 2 klasy.

Większość istniejących norm ustala następujące grubości i tolerancje ich wykonania:

grubość pokrycia w μ	25	18	10
tolerancja w μ	± 5	± 3	± 2

Przeliczenie sprzężonych wymiarów elementów podlegających pokrywaniu przy grubości warstwy ochronnej nie większej od 10 μ nie przedstawia specjalnych trudności. Przy większych grubościach dobór stosowanych pól tolerancji jest trudniejszy, ponieważ wielkość $4h$ jest bardzo duża; stosowanie więc takich grubości dla elementów pasowanych jest niewskazane.

Metoda doboru pochodnych pól tolerancji

Przy doborze wzajemnego położenia pól tolerancji pasowania pochodnego należy uważać za najwłaściwszy taki sposób, który umożliwi sprawdzenie wymiarów elementów po wykonaniu pokrycia sprawdzianami dla wyjściowego pasowania. Sposób ten będzie odpowiadać normom, należy więc starać się stosować go we wszystkich przypadkach. W praktyce związane jest to niekiedy ze znacznymi trudnościami, specjalnie wtedy, gdy przy ustalaniu na rysunkach tolerancji stosuje się tylko zasadę stałego otworu.

Poza tym metoda ta nie może być stosowana dla większości sprzężeń w zakresie małych wymiarów.

Poniżej podana jest ogólna kolejność obliczeń według wskazanego sposobu.

1) Wyznacza się zasadniczą charakterystykę pasowania wymaganego według rysunku (wyjściowego).

2) Przeprowadza się obliczenie pól tolerancji pasowania wyjściowego na zasadzie schematu (rys. 1), lub według danych tabeli I, jeśli ustalona na rysunku grubość warstwy h odpowiada danym tabeli.

Odchyłki pól tolerancji pasowania pochodnego (Δa i Δb) otrzymuje się z odpowiednich odchyłek pól wyjściowych ($\Delta a'$ i $\Delta b'$):

$$\Delta a_{gorn} = \Delta a_{gorn'} + 2\left(h_a - \frac{\delta h_a}{2}\right) \quad \dots \quad [11]$$

$$\Delta a_{doln} = \Delta a_{doln'} + 2\left(h_a + \frac{\delta h_a}{2}\right) \quad \dots \quad [12]$$

$$\Delta b_{gorn} = \Delta b_{gorn'} - 2\left(h_b + \frac{\delta h_b}{2}\right) \quad \dots \quad [13]$$

$$\Delta b_{doln} = \Delta b_{doln'} - 2\left(h_b - \frac{\delta h_b}{2}\right) \quad \dots \quad [14]$$

3) Według tabel OST dobiera się takie normalne pola tolerancji, których odchyłki wystarczająco zbliżone są do

⁶⁾ Borodaczew N. A. — Analiz kaczestwa i tocznosti proizvodstva, Maszgiz. 1946 r.

⁷⁾ Liesochin A. F. — Dopuski i tiechniczieskie izmierienija, Oboorongiz, 1946 r.

⁵⁾ tj. żadanego przy montażu pokrytych elementów (przyp. Red.).

obliczonych według równań [11] ... [14]. Z zasady winny one być wzięte z pól tolerancji (obu lub chociaż jednego) możliwie dokładnych klas pasowań, w porównaniu do ustalonych wyjściowych pasowań. Przy tym pola otworów w większości przypadków należy przyjmować według zasady stałego wałka.

Tabela II przedstawia dobór granicznych odchyłek pasowania wykonawczego przy wyjściowym pasowaniu $A_3-CH_3^8$.

Jeśli obliczenie według podanego poprzednio sposobu daje niezupełnie pomyślne rozwiązanie, lub zastosowanie go związane jest z zaznaczonymi poprzednio trudnościami, zagadnienie może być rozwiązane innym doбором tolerancji pasowania pochodnego, zapewniającym uzyskanie charakterystyki wyjściowego pasowania elementów z pokryciem zgodnie z równaniami [5] ... [7].

Tabela I.

Przesunięcie skrajnych odchyłek pól tolerancji pasowania wyjściowego przy różnych grubościach pokrycia dla otrzymania odchyłek pól pasowania pochodnego

Grubość pokrycia h	Tolerancja grubości pokrycia		Przesunięcie skrajnych odchyłek w mikronach							
	δh	δh_a przy $h_a = 0,5h_b$	przy $h_a = h_b$				przy $h_a = 0,5h_b$			
			GO _a		DO _a		GO _a		DO _a	
			GO	DO	GO	DO	GO	DO	GO	DO
w mikronach			GO _a	DO _a	GO	DO	GO _a	DO _a	GO	DO
10	4	3	+16	+24	-24	-16	+7	+13	-24	-16
18	6	4	+30	+42	-42	-30	+14	+22	-42	-30
25	10	7	+40	+60	-60	-40	+18	+32	-60	-40

Uwaga: Wielkość h_a przyjmuje się równą $0,5 h_b$ dla wewnętrznych powierzchni elementów, mających zewnętrznie całkowitą grubość pokrycia h_b . Na ściankach otworów warstwę pokrycia otrzymuje się cieńszą na skutek zmniejszonej gęstości prądu na wewnętrznych powierzchniach elementów, przy tym tolerancje pokrycia przyjmuje się $\delta h_a = 0,7 \delta h_b$. GO = górna odchyłka, DO = dolna odchyłka.

Uwaga: Wielkość h_a przyjmuje się równą $0,5 h_b$ dla wewnętrznych powierzchni elementów, mających zewnątrz całkowitą grubość pokrycia h_b . Na ściankach otworów warstwę pokrycia otrzymuje się cieńszą na skutek zmniejszonej gęstości prądu na wewnętrznych powierzchniach elementów, przy tym tolerancje pokrycia przyjmuje się $\delta h_a = 0,7 \delta h_b$. GO = górna odchyłka, DO = dolna odchyłka.

W tym jednak przypadku wykluczona jest możliwość sprawdzenia gotowych elementów (po pokryciu) sprawdzianami wyjściowego pasowania i otrzymanie wymaganych wymiarów elementów może być zapewnione tylko przez dokładne sprawdzenie grubości pokrycia w czasie obróbki galwanicznej.

Według sposobu drugiego⁹⁾ przeprowadza się obliczenie w następującej kolejności:

- 1) Wyznaczenie podstawowej charakterystyki wyjściowego pasowania.
- 2) Przeliczenie tej dla otrzymania pasowania pochodnego według równań [1] i [5] ... [7].
- 3) Dobór według tablic takiego układu normalnych pól tolerancji, aby razem wzięte zapewniały otrzymanie wymaganej charakterystyki pasowania pochodnego.

Możliwość doboru odpowiednich pól tolerancji z zastosowaniem niższych klas dokładności są lepsze przy drugim sposobie (w porównaniu do poprzednio omówionego); uzyskuje się przy tym lepszy stopień przybliżenia do wymaganej charakterystyki teoretycznej. Przykład obliczenia według sposobu drugiego podany jest w tabeli III dla tegoż pasowania A_3-CH_3 .

W pewnych zakresach wymiarów, podanych w tabeli, dane są dwa układy pól pasowania pochodnego, ponieważ dla wyznaczenia tolerancji według sposobu drugiego możliwe jest kilka rozwiązań.

Wyznaczenie tolerancji w zakresie małych wymiarów

W zakresie małych wymiarów konieczne wstępne przesunięcie pól tolerancji pasowania wyjściowego może się okazać tak duże, że pola pochodne mogą być dobrane tylko przez selekcyjne grupowanie według wymiarów sprzężonych.

Selekcyjne grupowanie elementów pokrytych jest niezbędne, jeśli w najbliższych, bardziej dokładnych klasach, nie ma odpowiednich pól tolerancji, lub jeśli obliczona wielkość δs jest bardzo mała.

⁸⁾ Patrz dodatek na końcu artykułu; w tłumaczeniu podano oznaczenia pasowań w brzmieniu fonetycznym alfabetem polskim (przyp. tłum.).

⁹⁾ Należy wziąć pod uwagę, że rozwiązanie według drugiego sposobu nie odpowiada układowi ustaleniemu przez GOST, według którego granicznymi sprawdzianami wyjściowego pasowania należy kontrolować gotową produkcję. W razie konieczności użycia tego sposobu należy uzyskać zgodę odpowiednich władz.

Tabela II

Dobór pól tolerancji wymiarów sprzężonych dla elementów z pokryciami metalowymi o grubości $10 \pm 2 \mu$ $h_a = h_b$ dla pasowania obrotowego zwykłego w 3 klasie dokładności. — Sposób pierwszy.

Przedziały wymiarów w mm		powyżej do	3 6	6 10	10 18	18 30	30 50	50 80	80 120
Odechytki, które należy uzyskać po pokryciu	otwór	+25 0	+30 0	+35 0	+45 0	+50 0	+60 0	+70 0	
	wałek	-11 -44	0 55	-20 -70	5 85	32 100	-40 -120	-50 -140	
Odechytki, które należy przyjąć przed pokryciem elementów	otwór	+41 +24	+46 +24	+51 +24	+61 +24	+66 +24	+76 +24	+86 +24	
	wałek	-35 -60	-39 -71	-44 -86	-49 -101	-56 -116	-64 -136	-74 -156	
Zalecany układ pól tolerancji przeznaczonych do pokrycia.		Sz -Sz ₁	Ł -Sz ₂	Ł -Sz ₃	Ch -Sz ₄	Ch -Sz ₅	Ch -Ł	Ch -Ł	
Odechytki zalecane układu pól tolerancji	otwór	+50 +25	+50 +23	+60 +30	+50 +20	+60 +25	+70 +30	+90 +40	
	wałek	-25 -65	-35 -60	-45 -75	60 95	75 115	-65 -105	-80 -125	
Odechytki zalecane pól tolerancji po pokryciu	otwór	+34 +1	+34 -1	+44 +6	+54 +1	+44 +1	+54 +6	+74 +16	
	wałek	-49 -49	-11 -44	-21 -59	-36 -79	-51 -99	-41 -89	-56 -109	
Charakterystyki pasowania	wymagane	69	85	105	130	150	180	210	
		otrzymane	83	78	103	113	143	143	183
	wymagane	11	15	20	25	32	40	50	
		otrzymane	2	10	27	32	52	47	72
	wymagane	40	50	62,5	77,5	91	110	130	
		otrzymane	42,5	44	65	72,5	97,5	95	127,5
	wymagane	58	70	85	105	118	140	160	
		otrzymane	81	68	71	81	91	96	111
	Ogólna ocena przyjętego układu		średni	dobry	średni	dobry	doskon.	doskon.	doskon.

Stosując metodę sekcijną należy, o ile to możliwe, przyjmować równe pola tolerancji otworu i wałka w pasowaniu pochodnym. Szerokość grupowych pól tolerancji nie powinna być mniejsza od tej, która może być z wystarczającą dokładnością sprawdzona za pomocą grupowych sprawdzianów granicznych lub uniwersalnego przyrządu pomiarowego.

Obliczenie pasowania przy selekcyjnym grupowaniu elementów pokrytych galwanicznie warstwą metalu może być wykonane według następującego sposobu, podanego na przykładzie.

Pasowanie A_3-CH_3 , średnica przedmiotu 0,9 mm, grubość pokrycia $10 \pm 2 \mu$. Wyznamy wymagane tolerancje pasowania wyjściowego.

W zakresie powyżej 0,6 do 1 mm dla pasowania A_3-CH_3 przewiduje GOST 3047 — 47:

$$s_w' = 41 \mu, s_m' = 5 \mu, s_{sr}' = 23 \mu \text{ i } \delta s' = 36 \mu.$$

Wyznamy klasę dokładności pól pasowania pochodnego i liczbę n grupowych pól podziału.

Najbliższa klasa 3a jest w przybliżeniu dwukrotnie mniej dokładna od wymaganej. Dla otrzymania więc grupowej tolerancji, zbliżonej do tolerancji pasowania wyjściowego, należy podzielić pole tolerancji klasy 3a na dwie grupy.

Dokonujemy doboru stosownych pól tolerancji. Jako podstawę doboru należy przyjąć wymaganą wartość s_m' która winna być równocześnie najmniejszym luzem grupowej tolerancji — s_{gr-m}' , określającym wzajemny stosunek wybranych pól tolerancji.

Względne położenie pól, jak widać to z rysunku 2, może być określone wielkością najmniejszego luzu s_{om} który w ogólnym przypadku przy jednakowej szerokości pól tolerancji δ_a i δ_b będzie równy:

Tabela III

Dobór pól tolerancji wymiarów sprzężonych dla elementów z pokryciem metalowym o grubości $10 \pm 2 \mu$ przy $h_a = h_b$ dla obrotowego pasowania 3 klasy dokładności. — Sposób drugi.

Zakresy wymiarów w mm		powyżej po	3 6	6 10	10 18	18 30	30 50	50 80	80 120			
Należy otrzymać przy montażu	s_w'	69	85	105	130	150	180	210				
	s_m'	11	15	20	25	32	40	50				
	$s_{\dot{S}r}'$	40	50	62,5	77,5	91	110	130				
	δ_s'	58	70	85	105	118	140	160				
Należy wziąć według obliczenia dla wykonania elementów	s_w	101	117	137	162	182	212	242				
	s_m	59	63	68	73	80	88	98				
	$s_{\dot{S}r}$	80	90	102,5	117,5	131	150	170				
	δ_s	42	54	69	89	102	124	144				
Należy wziąć układ pól tolerancji		Sz_3-Sz	$Sz-L$	$Sz-L$	A_3-Sz_3	$L-Sz_3$	$A-Sz_3$	Ch_3-L	A_3-Sz	$P-Sz_3$	$A_{3a}-Sz$	$N-Sz_3$
Uzyska się przed pokryciem	s_w	110	110	135	175	160	187	185	205	215	229	244
	s_m	50	58	75	60	68	75	82	95	85	120	94
	$s_{\dot{S}r}$	80	84	105	117,5	114	131	133,5	150	150	174,5	169
	δ_s	60	52	60	115	94	112	103	110	130	109	150
Uzyska się po pokryciu przy montażu	s_w	78	78	103	143	128	155	153	173	183	197	212
	s_m	2	10	27	12	20	27	34	47	37	72	46
	$s_{\dot{S}r}$	40	44	65	77,5	74	91	93,5	110	110	131,5	129
	δ_s	76	68	76	131	108	128	119	126	146	125	166
Ogólna ocena przyjętego układu		średni	dobry	dosko- nały	dobry	dosko- nały	dobry	dosko- nały	dosko- nały	dosko- nały	dosko- nały	dosko- nały

Uwaga: Charakterystykę w rubryce „Należy wziąć według obliczenia dla wykonania elementów” otrzymuje się z poprzedniej rubryki

„Należy otrzymać przy montażu” w następując sposób:

s_w — należy dodać do s_w' różnicę $4h - 2\delta h$ (40 — 8 = 32 μ)

s_m — należy dodać do s_m' sumy $4h + 2\delta h$ (40 + 8 = 48 μ)

s_{gr} — należy dodać do s_{gr}' wielkości $4h$ (40 μ)

δ_s — należy odjąć od δ_s' wielkości $4\delta h$ (16 μ)

$$s_{om} = 2(h_a + h_b) + (\delta h_a + \delta h_b) - (n-1) \frac{\delta a + 2\delta h_a}{n} + s'_{gr \cdot m} \quad [15]$$

Jeśli $h_a = h_b$, to przy podziale pól tolerancji na trzy grupy

$$s_{om} = 4h + \frac{2}{3} \delta h - \frac{2}{3} \delta a + s'_{gr \cdot m} \quad [16]$$

a przy podziale na dwie grupy

$$s_{om} = 4h + \delta h - \frac{1}{2} \delta a + s'_{gr \cdot m} \quad [17]$$

Wszystkie te równości mają charakter ogólny i służą one są i dla ujemnych wartości $s'_{gr \cdot m}$, to jest dla wcisków ($i_{gr \cdot w}$).

Przy grubości pokrycia $10 \pm 2 \mu$ otrzymamy: dla trzech pól grupowych

$$s_{om} = 43 + s'_{gr \cdot m} - \frac{2}{3} \delta a \quad [18]$$

dla dwu pól grupowych

$$s_{om} = 44 + s'_{gr \cdot m} - \frac{1}{2} \delta a \quad [19]$$

Jeśli podziału nie przeprowadzono, to

$$s_{om} = 48 + s'_{gr \cdot m} \quad [20]$$

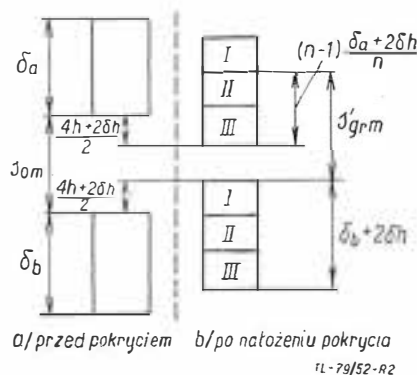
W rozpatrywanym przykładzie należy zastosować równanie [19]. W danym przypadku $s_m' = 5$, a $\delta a = 30 \mu$ dla zakresu wymiarów od 0,6 do 1 mm w klasie dokładności 3a. A więc

$$s_{om} = 44 + 5 - 0,5 \cdot 30 = 34$$

Na podstawie tablicy tolerancji GOST 3047-47 najstosowniejsze okaże się skojarzenie otworu L3a(z odchyłką-

mi + 4 + 10) z wałkiem Sz13a (z odchyłkami — 23 — 53). Różnica między dolną odchyłką otworu i górną odchyłką wałka równa jest w tym przypadku 33 μ , to znaczy prawie dokładnie zgadza się z wymaganym luzem (34 μ).

Przeliczmy otrzymane tolerancje pasowania przy selekcyjnym grupowaniu elementów i porównajmy je z wymaganymi wartościami.



Rys. 2 Schemat rozkładu pól tolerancji sprzężonych wymiarów przed i po pokryciu galwanicznym, przy selekcyjnym grupowaniu elementów dla otrzymania wymaganej odchyłki:

a — przed pokryciem,
b — po pokryciu.

W rozpatrywanym przykładzie zgodnie z równaniami [11] ... [14] tolerancje pasowania dają:

Przed pokryciem dla zwiększonych pól tolerancji	Po pokryciu: Przed grupowaniem	Po wykonaniu grupowania
L3a + 40 + 10	Otwór + 24 - 14	Otwór + 24 + 5 - 14
Sz13a - 23 - 53	Wałek + 1 - 37	Wałek + 1 - 18 - 37

Tabela IV. Zalecane najwłaściwsze skojarzenia pól tolerancji sprzężonych wymiarów dla elementów z pokryciami galwanicznymi w zależności od wymaganego pasowania (po zmontowaniu pokrytych elementów) przy $h_a = h_b = 10 \pm 2 \mu$.

Klasa dokładności	Zakresy wymiarów powyżej do pasowania wyjściowe	Zalecane sposoby łączenia pól tolerancji											
		1 3	3 6	6 10	10 18	18 30	30 50	50 80	80 120	120 180	180 260	260 360	360 500
2a	mocno wciskane	3 grupy A ₃ -Sz	3 grupy A _{2a} -Ch ₃	2 grupy A ₃ -S ₃	A-Ch Ch-P	A _{2a} -D Ch-N	A-D Ch-N	A-S _{2a} Ch-N	D-T A _{2a} -P	A _{2a} -P _{2a} D-T	A-P _{2a} D-T	A _{2a} -N D-G	A _{2a} -N D-G
	wciskane	—	—	2 grupy P _{2a} -Ch ₃ Ł-W	2 grupy A ₃ -S ₃ Ch-W	2 grupy A _{2a} -S ₃ Ch-P	A _{2a} -D Ch-P	A-D Ch-P _{2a}	D-N A-S _{2a}	A ₃ -P D-N	A _{2a} -P D-N	A _{2a} -P _{2a} D-T	A-P _{2a} D-T
	lekko wciskane	—	—	A-Ł Ł-D	A-Ł Ch-D	A-Ch Ch-W	A-Ch Ch-W	A _{2a} -D Ch-P	A-D D-P	A _{2a} -S _{2a} D-P	A _{2a} -S D-P	A-S _{2a} D-P	A _{2a} -P D-N
	przylgowe	3 grupy Ch ₃ -Sz	2 grupy A ₃ -Sz	3 grupy A ₃ -Ch ₃	A-Ł Ch-Ch	A _{2a} -Ch Ch-D	A _{2a} -Ch Ch-D	A-Ch Ch-D	A-Ch D-W	A ₃ -D D-W	A _{2a} -D D-W	A _{2a} -D D-W	A-D D-W
	suwliwe	3 grupy Ch ₃ -Sz ₃	3 grupy Ch ₃ -Ch ₃	3 grupy A _{3a} -S _{3a}	Ch-Ł Ch-Ch	Ł-Ł Ch-Ch	A-Ł Ch-Ch	Ł-N Ch-Ch	A _{2a} -Ch D-D	A-Ch D-D	A-Ch D-D	P-Ch D-D	Ch-P _{2a} D-D
3	suwliwe	3 grupy A ₁ -S ₁	Sz-Sz	Ł-Ł Sz-Ch	A _{2a} -Sz Ł-Ł	A-Sz Ch-Ł	A ₃ -Ł Ch-Ch	A-Ł Ch-Ch	Ch-Ch A-Ch ₃	A ₃ -Ch Ch-Ch ₃	A ₃ -Ch D-Ch	A ₃ -Ch D-D	A ₃ -Ch D-D
	obrotowe	2 grupy Sz ₃ -Sz ₃	3 grupy A ₄ -S ₁	Ł-Sz Sz-Ł	Sz-Ł Ł-Sz	A ₃ -Sz ₃ Ch-Sz	A-Sz ₃ Ch-Sz	A ₃ -Sz Ch-Ł ₃	A _{3a} -Sz Ch-Ł	A _{3a} -Ł Ch-Ł	A ₃ -Ł D-Ł	A ₃ -Ł D-Ł	A ₃ -Ł D-Ł
	przestronne	3 grupy A _{3a} -Ch ₃	2 grupy A _{3a} -Ch ₁	Ł-Sz ₃ Sz-Sz ₃	Sz-Sz ₃ Ł-Sz ₃	Ł-Sz ₃ Ch-Sz ₃	Ł-Sz ₃ Ch-Sz ₃	A _{3a} -Sz ₃ Ch-Sz ₃	Ch-Sz ₃	—	—	—	—
3a	suwliwe	2 grupy A _{3a} -Ch ₃	A ₃ -Ch ₁ Sz ₃ -Sz ₃	2 grupy A ₄ -Ch ₁ Sz ₃ -Sz	A _{3a} -Sz ₃ Ch ₃ -Sz	A ₃ -Sz ₃ Ch ₃ -Ch ₃	A ₃ -Sz ₃ Ch ₃ -Ch ₃	A _{3a} -Ch ₃ Ch ₃ -Ch ₃	A _{3a} -Ch ₃ Ch ₃ -Ch ₃	A _{3a} -Ch ₃ Ch ₃ -Ch ₃	A _{3a} -Ch ₃ Ch ₃ -Ch ₃	A _{3a} -Ch ₃ Ch ₃ -Ch ₃	A _{3a} -Ch ₃ Ch ₃ -Ch ₃
4	suwliwe	A ₃ -Ł ₄ Ch ₁ -Sz ₃	A ₄ -Ch ₄ Sz ₃ -Sz ₃	Sz ₃ -Sz ₃ A _{3a} -Ch ₄	Sz ₃ -Sz ₃ A ₄ -Sz ₃	A ₄ -Sz ₃ Sz ₃ -Sz ₃	A ₄ -Sz ₃ Sz ₃ -Sz ₃	A ₄ -Sz ₃ Sz ₃ -Sz ₃	A ₄ -Ch ₃ Sz ₃ -Sz ₃	A ₄ -Ch ₃ Ch ₁ -Ch ₃	A ₄ -Ch ₃ Ch ₁ -Ch ₃	A ₄ -Ch ₃ Ch ₁ -Ch ₃	A ₄ -Ch ₃ Ch ₃ -Ch ₃
	obrotowe	A ₄ -Ł ₄ Ch ₁ -Ł ₁	A ₄ -Ł ₄ Sz ₃ -Ł ₄	Sz ₃ -Ch ₄ A _{3a} -Ł ₄	A _{3a} -Ł ₄ Sz ₃ -Ch ₄	A _{3a} -Ch ₄ Sz ₃ -Ch ₄	A _{3a} -Ł ₄ Sz ₃ -Ch ₄	A _{3a} -Ł ₄ Sz ₃ -Ch ₄	—	—	—	—	—
	obrotowe bardzo luźne	A _{3a} -Sz ₄ Ch ₄ -Ł ₁	A ₃ -Sz ₄ Sz ₃ -Ł ₁	A ₃ -Sz ₄ Sz ₃ -Sz ₄	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	suwliwe	A ₄ -Ch ₅ Ch ₄ -Ch ₄	A ₅ -Ł ₄ Ch ₄ -Ch ₄	Ch ₄ -Ch ₄ A ₅ -Ch ₄	A ₅ -Ch ₄ Ch ₄ -Ch ₄	A ₅ -Ch ₄ Ch ₄ -Ch ₄	A ₅ -Ch ₄ Ch ₄ -Ch ₄	A ₅ -Sz ₃ Ch ₄ -Ch ₄	A ₅ -Ch ₃ Ch ₄ -Ch ₄	A ₅ -Ch ₃ Ch ₄ -Ch ₄	A ₅ -Ch ₃ Ch ₄ -Ch ₄	A ₅ -Ch ₃ Ch ₄ -Ch ₄	A ₅ -Ch ₃ Ch ₄ -Ch ₄

Uwaga. Skojarzenia oznaczone „/” dobrane zostały 1 sposobem obliczenia.

Dodatek:

Tabela porównawcza nazw pasowań polskich i radzieckich

1 Nazwa pasowania polskiego	2 Otwór	3 Wałek	4 Nazwa pasowania radzieckiego (posadka)	5 Stały otwór	6 Stały wałek	7 Zmienny wałek lub otwór
przestronne bardzo luźne	A	a				
przestronne luźne	B	b				
przestronne (zwykłe)	C	c	liogkocho- dowaja	A	B	Л
obrotowe b.luźne	D	d				
obrotowe luźne	E	e	chodo- waja	A	B	X
obrotowe (zwykłe)	F	f				
obrotowe ciasne	G	g	dwizenja	A	B	Д
suwliwe (podstawowe)	H	h	skolziaszczaja	A	B	C
przylgowe	J	j	plotnaja	A	B	П
lekko wciskane	K	k	napriazionnaja	A	B	H
wciskane	M	m	tugaja	A	B	T
mocno wciskane	N	n	gluchaja	A	B	F
b. lekko wtlaczane	P	p	liogkopriessowaja	A	B	Пл
lekko wtlaczane	R	r	priessowaja	A	B	Пр
wtlaczane (zwykłe)	S	s				
mocno wtlaczane	T	t	gariaczaja	A	B	Гр
b. mocno wtlaczane	U	u				

Kolumny 5, 6 i 7 podane są alfabetem rosyjskim. Odpowiadające sobie oznaczenia są: dla stałego otworu — H = A, dla stałego wałka — h = B.

W wyniku grupowania selekcyjnego otrzymamy

$$s_{gr-w} = 42, s_{gr-m} = 4, s_{gr-str} = 23 \text{ i } \delta s_{gr} = 38\mu$$

to znaczy doskonałą zgodność z wymaganymi tolerancjami wyjściowego pasowania.

Chcąc ustalić dobór tolerancji pochodnych dla sprzężonych wymiarów elementów, podlegających pokryciu, można posługiwać się tabelą IV, o ile $h_a = h_b = 10 \pm 2 \mu$.

Podana metoda obliczenia tolerancji dla sprzężonych wymiarów elementów z pokryciem ochronnym jest prosta i dogodna; w razie zastosowania jej konieczna jest dokładna kontrola grubości pokrycia w warunkach warsztatowych.



Autor podaje szereg informacji dotyczących konstrukcji spawanych zbiorników lotniczych, wykonanych z elektronu. Omawia wyróżniające cechy dodatnie, jak również i wady elektronu. Podaje przykłady stosowanych rozwiązań elementów zbiorników elektronowych.

Wstęp

Stop magnezu zwany „elektronem” znalazł zastosowanie przy produkcji zbiorników lotniczych stosunkowo niedawno. Jednakże podczas II wojny światowej technologia otrzymywania elektronu i metody obróbki zostały tak dalece udoskonalone, że dziś sprawę konstrukcji i wytwarzania zbiorników elektronowych należy uważać za całkowicie zadowalająco rozwiązana w praktyce.

Własności elektronu

Elektron jako materiał do budowy zbiorników posiada bardzo wiele cech korzystnie wyróżniających go spośród innych metali stosowanych do tego celu. Zwraca uwagę mały ciężar właściwy elektronu (około $1,8 \text{ kG/dcm}^3$), co przy jego stosunkowo wysokiej wytrzymałości ($R_r = 19 \div 24 \text{ kG/mm}^2$) pozwala przy właściwej konstrukcji na duże oszczędności na ciężarze.

Wydańność konstrukcji zbiornika pod względem ciężaru może być zobrazowana przez liczbę wyrażającą ciężar konstrukcji zbiornika przypadający na jednostkę jego pojemności, czyli przez tzw. „współczynnik obciążenia pojemności”:

$$\tau_i = \frac{Q}{V} \left[\frac{\text{kG}}{\text{l}} \right]$$

Współczynnik ten da się przedstawić jako iloraz dwóch innych współczynników:

$$\tau_i = \frac{\gamma}{\sigma}$$

gdzie $\sigma = \frac{V}{S} \left[\frac{\text{l}}{\text{dcm}^2} \right]$ jest to współczynnik wykorzystania powierzchni (S = powierzchnia zbiornika) zależny prawie wyłącznie od kształtu i pojemności zbiornika, a $\gamma = \frac{Q}{S} \left[\frac{\text{kG}}{\text{dcm}^2} \right]$ — współczynnik obciążenia powierzchni zależny od właściwego doboru materiału i rodzaju konstrukcji przez konstruktora.

Otóż, podczas gdy dla zbiorników aluminiowych współczynnik γ kształtuje się pomiędzy $0,048 \div 0,068 \frac{\text{kG}}{\text{dcm}^2}$ to dla zbiorników elektronowych przybiera on wartości mniejsze, a mianowicie $0,030 \div 0,048 \frac{\text{kG}}{\text{dcm}^2}$.

Wobec tego również i η — współczynnik obciążenia pojemności daje dla zbiorników elektronowych wartości mniejsze. Tak np. w pewnym konkretnym przypadku dla zbiornika elektronowego pojemności 2800 l otrzymano $\eta = 0,017 \text{ kG/l}$, podczas gdy dla podobnego pod względem pojemności i kształtu zbiornika aluminiowego $\eta = 0,025 \text{ kG/l}$. Jak widać drogą zastąpienia aluminium elektronem osiągnięto tu około 30% oszczędności na ciężarze.

Jeśli elementy są wykonane na obrabiarkach, utrzymujących automatycznie wymiary w żądanej dokładności (z ustawieniem), to sprawdzanie wymiarów można przeprowadzać sprawdzianami wyjściowego pasowania tylko po naniesieniu pokrycia.

Taka organizacja pracy umożliwia wykonanie wymiarów sprzężonych, przeznaczonych do pokrycia galwanicznego, w granicach odchyłek, obliczanych według równań [11] ... [14], bez dobierania sąsiednich pól tolerancji według tabel OST.

Artykuł wpłynął dnia 28 października 1952 r.

629.13.011.52:669.721.5

Mgr inż. JERZY ŚWIDZIŃSKI

Zbiorniki elektronowe

Drugą ważną zaletą elektronu jest zdolność tłumienia, czyli pochłaniania energii sprężystej. Uwidacznia się to przez znaczną pętlę histerezy w zakresie odkształceń sprężystych na wykresie naprężeń. Własność ta ma szczególne znaczenie dla konstrukcji lotniczych, narażonych na drgania. Pozwala ona na wspornikowe zawieszenie zbiorników elektronowych, niełostępne dla zbiorników aluminiowych.

Trzecią dodatnią cechą elektronu, wyróżniającą go korzystnie spośród innych metali jest jego wyjątkowo dobra spawalność, zapobiegająca zniszczeniu spoin lub pęknięciom materiału w ich okolicach w wyniku naprężeń występujących w następstwie spawania.

Na dobrą spawalność, obok wysokiej wytrzymałości elektronu, wpływają takie cechy jak niski moduł Younga ($E = 4,6 \cdot 10^5$) oraz zjawisko wzrostu liczby płaszczyzn poślizgu w metalu w temperaturze około 200°C .

Z pozostałych zalet elektronu należy jeszcze wymienić jego dobrą plastyczność (w temperaturze $250 \div 350^\circ\text{C}$), co umożliwia produkcję elementów zbiorników drogą tłoczenia lub wyciskania.

Obok wymienionych zalet posiada elektron szereg wad, z których dwie posiadają olbrzymie znaczenie dla konstrukcji i fabrykacji zbiorników. Wadami tymi są: wrażliwość na działanie karbu i mała odporność na korozję.

Wpływ własności elektronu na konstrukcję zbiornika

Obie wymienione wady wpływają w sposób zasadniczy na konstrukcję zbiorników elektronowych, która w wyniku tego jest zupełnie odmienna niż przy zbiornikach aluminiowych.

Stosowane z powodzeniem w zbiornikach aluminiowych kształty elementów i rodzaje połączeń nie znajdują zastosowania w konstrukcji zbiorników z elektronu. Tylko najbardziej ogólne zasady konstrukcji odnoszą się do obu rodzajów zbiorników równocześnie. Elektron zapewnia prawidłowość w eksploatacji jedynie przy troskliwym zachowaniu warunków narzuconych przez właściwości metalu, toteż konstrukcja zbiorników elektronowych jest stosunkowo mało zróżnicowana w porównaniu do aluminiowych.

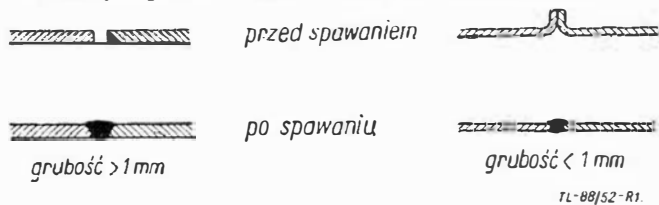
Ponieważ na tym miejscu była już mowa o konstrukcji zbiorników aluminiowych¹⁾, wydaje się zbędne porównywanie konstrukcji tych zbiorników z zasadami konstrukcji zbiorników elektronowych. Dlatego też w dalszym ciągu tej pracy ograniczę się do opisu konstrukcji tych ostatnich, pozostawiając zainteresowanemu Czytelnikowi możliwość dokonania samodzielnych porównań.

Połączenia spawane

Zbiorniki elektronowe budowane są bez wyjątku jako spawane, przy czym stosuje się wyłącznie spawanie

¹⁾ Mgr inż. St. Madeyski, „Uwagi o projektowaniu spawanych zbiorników paliwowych”, Technika Lotnicza nr 3 (10) z 1950 r.

„na styk“, gdyż inne typy spoin (np. na zakładkę) stwarzają możliwość korozji głównie z powodu trudności usunięcia topnika spomiędzy spawanych elementów. Do cienkich blach można stosować połączenia „na styk z odgięciem“, lecz jedynie pod warunkiem, że odgięte obrzeża zostaną zupełnie stopione podczas spawania (rys. 1).



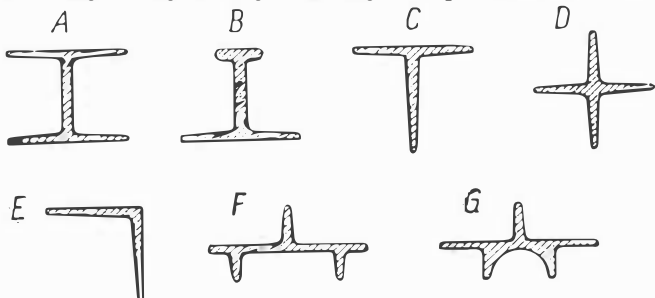
Rys. 1 — Prawidłowe typy spoin blach elektronowych

Ze względu na dużą wrażliwość elektronu na działanie karbu, należy spawać do siebie tylko krawędzie o jednakowej grubości. Jeżeli zachodzi potrzeba stosowania elementu o większej grubości, to w celu spawania z sąsiednimi cieńszymi częściami, należy łagodnie zukosować krawędzie grubszej części, tak, aby ich grubość była identyczna z grubością części sąsiednich. Ostrożności tej nie należy lekceważyć, gdyż nagły wzrost przekroju spowodować może pod wpływem działania karbu zniszczenie zmęczeniowe łączonych części.

Ukosowanie krawędzi spawanych przeprowadza się na dość znacznej szerokości, aby wzrost przekroju był łagodny. Zabieg ukosowania ułatwia ponadto spawanie i udostępnia wyklepanie szwu po spawaniu, wymagane dla zwiększenia jego wytrzymałości.

Wrgi

Charakterystycznym i głównym elementem konstrukcji zbiornika elektronowego są wrgi wykonane z kształtowników wyciskanych. Wyciskanie podgrzanego do stanu plastyczności metalu, pod ciśnieniem, przez kształtowy otwór w matrycy, pozwala na uzyskanie nawet bardzo skomplikowanych przekrojów kształtowników w sposób łatwy i szybki (rys. 2). Rys. 2 przedstawia szereg

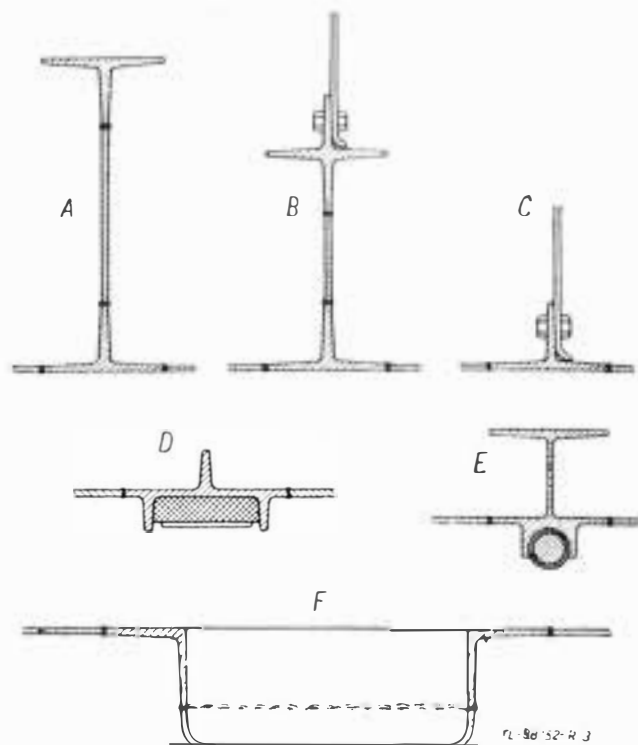


Rys. 2 — Przekroje typowych kształtowników wyciskanych

przekrojów kształtowników wyciskanych, stosowanych w konstrukcji zbiorników, a rys. 3 i 4 przykłady ich zastosowania do budowy wręg. Jak widać z kilku podstawowych typów kształtowników można otrzymać cały szereg kombinacji, których załączone przykłady bynajmniej nie wyczerpują. Wręgę otrzymuje się drogą spawania do siebie odcinków odpowiednich kształtowników po uprzednim ich wygięciu na wymagany kształt obrysu wręgi. Wręga może mieć, zależnie od potrzeby, przekrój zmienny wzdłuż swego obwodu. Tak np. celem zwiększenia momentu bezwładności wręgi, w szczególnie obciążonym miejscu, stosuje się podwyższenie przekroju drogą wspawania między rozsunięte kształtowniki odcinka płaskiej blachy. Przy spawaniu do siebie końców dwóch kształtowników należy wypłować otwory w narożach profilu. Spawanie naroży jest niewskazane, gdyż z powodu niemożności przetopienia spawu na wskroś, może w tym miejscu powstać gniazdo korozji.

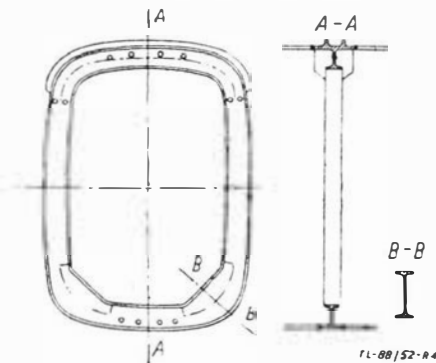
Pokrycie zbiornika

Pomiędzy tak wykonane wrgi spawamy na styk części pokrycia zbiornika, tak, aby stanowiły one przedłużenie zewnętrznych pasów wręg (rys. 3 i 5). Należy podkreślić, że jest to jedyny poprawny sposób łączenia pokrycia z wręgami. Wszelkie inne systemy połączeń, jak na przykład stosowane w zbiornikach aluminiowych nitowanie pokrycia do wręg lub spawanie na zakładkę, nie mogą mieć zastosowania w zbiornikach elektronowych, gdyż prowadzą nieuchronnie do zniszczenia zbior-



Rys. 3 — Przykłady zastosowania profili wyciskanych

nika z powodu korozji lub działania karbu. Należy przypomnieć, że z tego ostatniego względu brzegi zewnętrznego pasa wręgi powinny mieć grubość równą grubości blach pokrycia, z którymi są spawane.



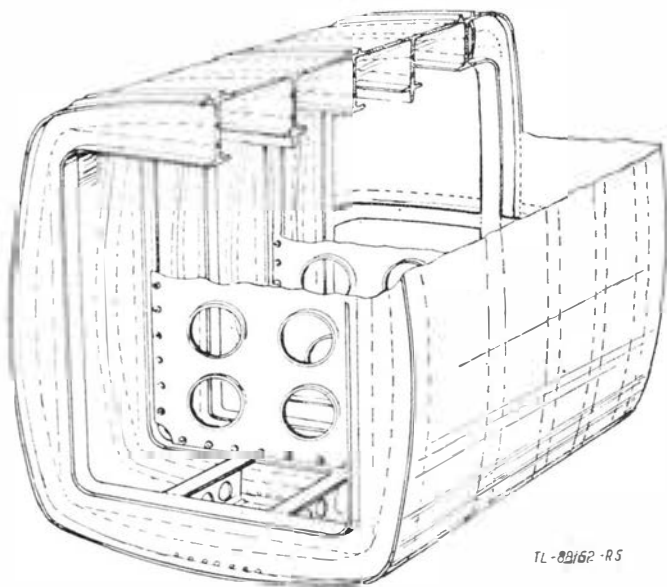
Rys. 4 — Przykład konstrukcji wręgi

Woda zawarta w paliwie gromadzi się po pewnym czasie w dolnej części zbiornika. Aby nie spowodowała korozji należy umożliwić jej swobodny spływ w kierunku studzienki osadnika. W tym celu dolna część zbiornika powinna być pochylona pod kątem około 60° w kierunku osadnika. Pożądane jest, aby w czasie postoju samolotu, kąt ten ulegał zwiększeniu.

Z tego samego względu powierzchnia dolnej części zbiornika powinna być zupełnie gładka. W zbiornikach elektronowych nie stosuje się tak powszechnych dla zbiorników aluminiowych żłobków (zwanych w żargonie warsztatowym „zygami“), ani innych wypukłości usztywniających pokrycie (np. tzw. „poduszek sztywności“). Żłobki takie mogłyby uwięzić zgromadzoną na spodzie wodę, co wywołałoby korozję. Żłobków unika się też z drugiego powodu. Mianowicie tłoczenie ich bądź to na prasach, bądź też za pomocą żłobiarki, spowodowałoby powstanie miejscowych naprężeń w materiale pokrycia, co w przypadku elektronu może doprowadzić do zniszczeń zmęczeniowych w czasie eksploatacji. Żłobki stosowane w zbiornikach aluminiowych, oprócz zapewnienia pokryciu większej sztywności, miały za zadanie kompensację odkształceń blachy pokrycia w wyniku spawania. Brak ich w zbiornikach elektronowych powoduje oczywiście sfalowanie blachy pomiędzy wręgami po spawaniu. Wada ta jednak w porównaniu z przytoczonymi wyżej powodami nie usprawiedliwia stosowania żłobków, tym bardziej, że może być stosunkowo łatwo usunięta drogą prostowania odkształconego pokrycia przez klepanie młotkami z drewna lub mas plastycznych przy jed-

noczesnym podgrzewaniu blachy za pomocą lampy lutowniczej lub płomienia gazowego.

Tak więc powierzchnia zbiornika elektronowego jest w większości przypadków gładka i składa się z elementów pokrycia wykonanych w kształcie powierzchni rozwijalnych.



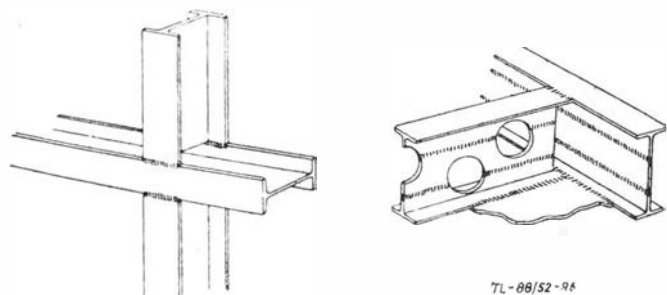
Rys. 5 — Konstrukcja wewnętrzna typowego zbiornika elektronowego

Zdarzają się oczywiście odstępstwa od tej zasady, zwykle w wyniku dążeń konstruktora do maksymalnego wykorzystania miejsca, przeznaczonego w samolocie na pomieszczenie zbiornika. Zbiornik taki widzimy na rys. 11. Oprócz charakterystycznego kształtu, będącego wiernym odbiciem miejsca zabudowy zbiornika (zbiornik jest umieszczony w kadłubie o przekroju kołowym pomiędzy kanałami wlotowymi do silnika odrzutowego), posiada on na swej powierzchni szereg zagłębień, odpowiadających elementom konstrukcji skorupowej kadłuba. Rozwiązanie takie, pozwalające na zwiększenie pojemności zbiornika do ostatecznych granic w danych warunkach, jest dla zbiorników elektronowych możliwe, jest jednak stosowane raczej rzadko, toteż nie stanowi ono zaprzeczenia ogólnej zasady gładkości pokrycia zbiornika.

W każdym bądź razie, jak już zauważono, spływ wody po dolnej części zbiornika w kierunku studzienki osadnika nie może napotykać na żadne przeszkody. W ściankach wręg zbiornika, u dołu, wierci się w tym celu szereg otworów stycznie do zewnętrznego pasa. Takie same otwory wywiercone u góry wręgi zapobiegają uwięzieniu powietrza w poszczególnych komorach zbiornika (rys. 4).

Zakończenia (dna) zbiornika

Zakończenia zbiorników, zwane nieraz niezbyt właściwie dnami, przybierają dla zbiorników elektronowych kształt wypukły, podobnie jak w zbiornikach aluminiowych. Zakończenia te są dopasowane na styk do zewnętrznego pasa skrajnych wręg zbiornika. Ze względu na znaczną sztywność wynikającą ze sklepionego kształtu, dna mogą posiadać dość znaczne rozmiary bez potrzeby podpierania ich za pomocą wręg usztywniających. Zakończenia wyjątkowo dużych rozmiarów należy jednak podzielić na mniejsze części, podpierając ich brzozy za pomocą układu wręg. Ponieważ w tym przypadku zachodzi potrzeba łączenia wręg ze sobą, należy zwrócić uwa-



Rys. 6. Prawidłowy sposób łączenia wręg

gę na fakt, że dwa elementy elektronowe nie mogą być spawane ze sobą pod kątem prostym. Dlatego też należy spawać ze sobą jedynie pasy wręg, wycinając ścianki w miejscu łączenia (rys. 6).

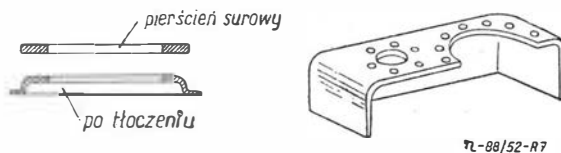
Aby przeszkodzić przelewaniu się mas paliwa, wywołanemu działaniem zmiennego układu sił w czasie lotu, należy wewnątrz zbiornika zaopatrzyć w szereg przegród. Przegrody takie wykonuje się z cienkich blach elektronowych i zaopatruje się w otwory ulgowe oraz odgięcia na krawędziach celem usztywnienia.

Przegrody przymocowuje się do specjalnie ukształtowanych wręg za pomocą śrub duralowych anodowanych i nakrętek samozabezpieczających (z wkładką elastyczną), stosując aluminiowe podkładki pod łeb i nakrętkę (rys. 3B,C i 5).

Połączenie śrubowe jest jedyną poprawną formą połączenia przegród z wręgą. Spawanie przegród do wręgi przeszywniłoby układ, co mogłoby wywołać odkształcenia w następstwie spawania pokrycia do tak zbudowanej wręgi. Nitowania w budowie zbiorników elektronowych nie używa się, ponieważ w okolicy łba nita występuje nieuchronnie lokalna koncentracja naprężeń, co może wywołać małe, lecz powiększające się szybko pęknięcia i w rezultacie zniszczenie przegród lub innego wewnętrznego elementu.

Zabudowa wyposażenia

Specjalną uwagę należy poświęcić sposobowi zabudowy armatury. Do zamocowania armatury służą specjalne kołnierze i studzienki, przyspawane do pokrycia. Ze względu na duży ciężar poszczególnych części armatury, kołnierze te i studzienki muszą być odpowiednio mocne. W tym celu zarówno studzienki jak i kołnierze wykonuje się zwykle z odlewów lub z płyt o dużej grubości (do 6 mm) tłoczonych na gorąco. Aby połączyć takie elementy z cienkim stosunkowo pokryciem, konieczne jest stosowanie ukosowania na znacznej szerokości (rys. 7). Do łączenia studzienek z pokryciem używa się czasem ram wykonanych z wyciskanego kształtownika o przekroju kątowym (rys. 3F i 8A).



Rys. 7. — Kołnierze i studzienki armaturowe

Poszczególne części armatury mogą być wkręcane do otworów kołnierzy względnie studzienek na gwint, oraz mogą być do nich przykręcone za pomocą śrub. W obu przypadkach stosuje się uszczelki fibrowe oraz substancję uszczelniającą, opartą na szelaku lub gumie (rys. 8).

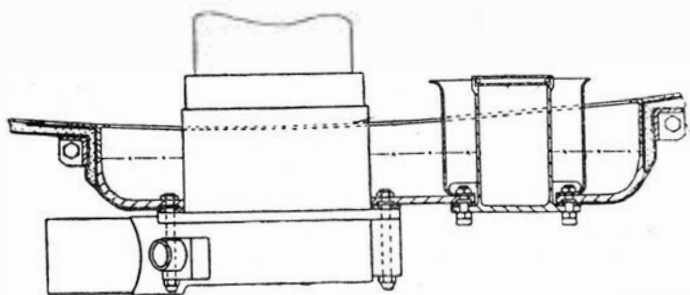
Śruby wykonuje się z miękkiej stali, przy czym celem uniknięcia efektu elektrolitycznego pokrywa się je warstwą ochronną za pomocą cynkowania, kadmowania lub sherardyzacji (pokrywanie cynkiem drogą gorącej dyfuzji).

Istnieje zwyczaj grupowania kilku części wyposażenia w specjalnym korpusie o mniej lub więcej skomplikowanych kształtach. Jest to celowe, zwłaszcza przy bogatym wyposażeniu zbiornika, pozwala bowiem uniknąć nadmiernej liczby kołnierzy. Korpus taki może być wykonany jako odlew (rys. 8B) lub jako spawany z elementów lanych i tłoczonych (rys. 8D). Wyposażenie (armatura) zbiorników elektronowych jest na ogół identyczne z normalnie stosowanym w innych zbiornikach.

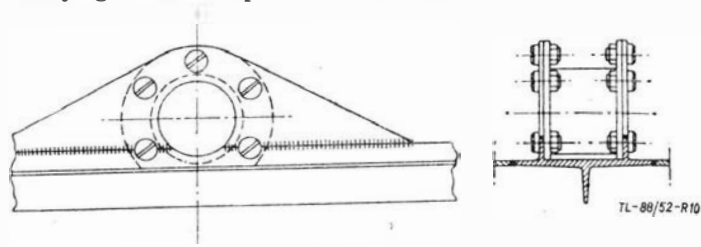
Charakterystycznym elementem dla zbiorników elektronowych jest klatka wsadu antykorozyjnego (tzw. „inhibitor”), wchodząca w skład wyposażenia każdego zbiornika elektronowego.

Wsad antykorozyjny jest to zazwyczaj lniany woreczek, zawierający chromian wapnia w ilości około 6G na każde 100 l pojemności zbiornika. Klatkę z wsadem umieszcza się w najniższym punkcie zbiornika, najczęściej w studzience osadnika obok zaworu spustowego (rys. 8). Wydzielana z paliwa woda, opadając w dół rozpływa się w sobie substancję wsadu i staje się ciełem stosunkowo biernym, nie atakującym elektronu.

„Inhibitor” nie może całkowicie zneutralizować wody morskiej, choć może jej działanie znacznie osłabić. Z tego względu osadniki zbiorników samolotów morskich należy w regularnych odstępach czasu opróżniać za pomo-

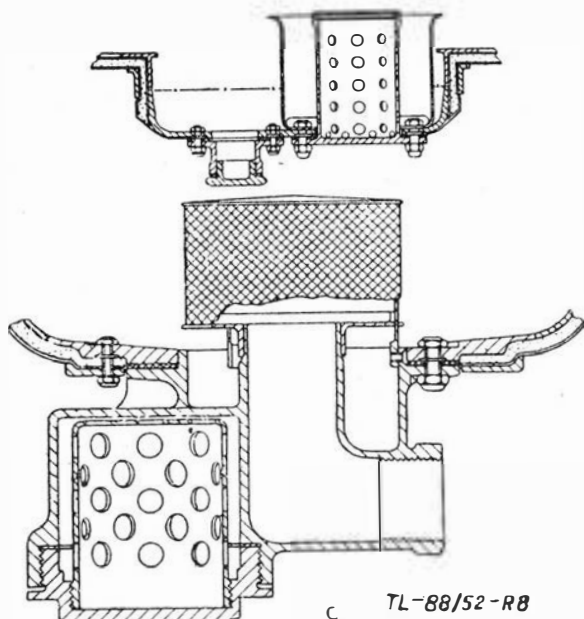


Rys. 10 przedstawia inny rodzaj wspornika: pomiędzy dwiema ściankami, stanowiącymi poszerzenie zewnętrznych żeber wręgi zbiornika, przykręcone jest na śruby gniazdo zaopatrzone w kołnierze. Gniazdo może



Rys. 10. — Wspornik wręgowy

mieścić w sobie wkładkę elastyczną (np. typu „lord“). Zbiornik przedstawiony na rys. 11 wyposażony jest we wsporniki wykonane w kształcie odstających półek względnie łap. Wsporniki te przymocowane są śrubami do odpowiednich kołnierzy wstawianych w ściany zbiornika.



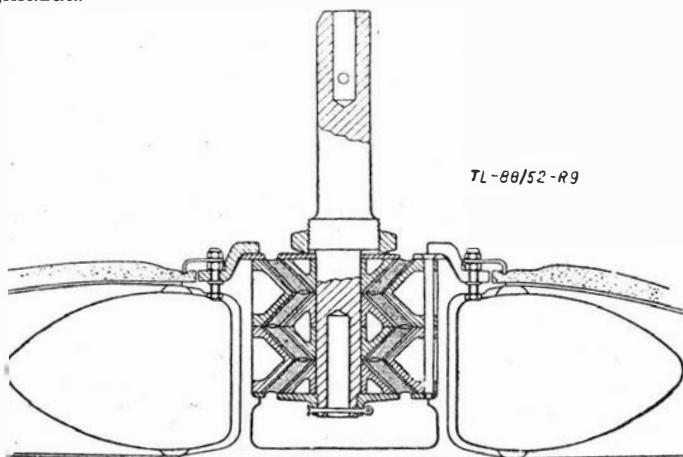
Rys. 8 — Przykłady zabudowy armatury

cą zaworu spustowego. Samoloty morskie dalekiego zasięgu powinny być wyposażone w zawory spustowe zbiorników sterowane z kabiny pilota celem umożliwienia opróżniania osadników w czasie lotu.

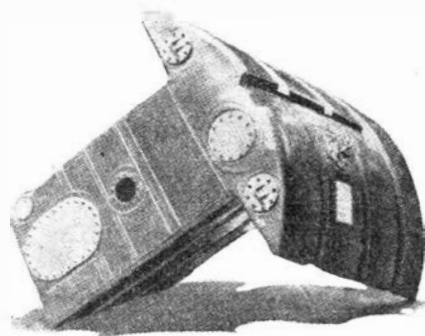
Zawieszenie zbiorników

Duża wytrzymałość materiału i zdolność tłumienia energii sprężystej, charakterystyczna dla elektronu, pozwala na zastosowanie w zbiornikach elektronowych zawieszania wspornikowego, niedostępnego dla zbiorników aluminiowych. Wsporniki umieszcza się w węzłach wręg usztywniających lub w innych wzmocnionych punktach zbiornika.

Załączone rysunki dają kilka przykładów rozwiązań konstrukcyjnych wsporników. Na rys. 9 widzimy wspornik w kształcie sworznia zamocowanego za pośrednictwem wkładki elastycznej w specjalnym gnieździe wstawianym pomiędzy krzyżujące się w tym miejscu wręgi. Wezeł jest wzmocniony za pomocą półeliptycznych nakładek przykręconych śrubami do ścianek wręg i żeber gniazda.



Rys. 9 — Elastyczny wspornik sworzniowy



TL-88/52-R11

Rys. 11. — Zbiornik elektronowy o skomplikowanym kształcie

Jak widać, w przypadku wsporników konstruktor zbiorników elektronowych ma dużą swobodę działania.

Obok zawieszania wspornikowego stosuje się dla zbiorników elektronowych również zawieszenie pasowe. W tym celu niektóre wręgi zbiornika należy zbudować ze specjalnych kształtowników (rys. 2,F i G), posiadających zewnętrzne żebra, które zapobiegają zsunięciu się pasów względnie lin. Przykłady pasowego względnie linowego zawieszania zbiorników elektronowych widzimy na rys. 3,D i E.

Ochrona przed korozją

Jak łatwo zauważyć cała konstrukcja zbiorników elektronowych stoi pod znakiem walki z korozją. Zasady spawania, troskliwe ukształtowanie dolnej części zbiornika celem umożliwienia spłynięcia wody i stosowanie w ramach wyposażenia wsadów antykorozyjnych celem jej neutralizowania, oto niektóre ze środków tej walki.

Walka z korozją podczas produkcji, wymagająca wyjątkowej uwagi pracowników, kierownictwa warsztatu i kontroli fabrycznej, nie mieści się w ramach tej pracy. Należy tu jednak wspomnieć o zabezpieczeniu przed ko-

rozją gotowych zbiorników za pomocą pokrywania ich warstwami ochronnymi.

Istnieje szeroki wybór metod obróbki chemicznej do zastosowania zarówno wewnątrz jak i na zewnątrz zbiornika.

Popularnym zabiegiem jest np. zanurzenie zbiornika w kąpeli z kwaśnego chromianu. Inna kąpiel, słabsza w działaniu, lecz dająca również dobre wyniki, składa się z chromianu sodu, dwuchromianu wapnia, małej ilości kwasu azotowego i wody. Kąpiel tę można stosować na zimno i na gorąco. Stosuje się również niekiedy proces zwany „selenowaniem”. Oczyszczone zbiorniki (lub inne przedmioty elektronowe) zanurza się na 15 minut do kąpeli zawierającej 2% selenku sodu i 0,6% kwasu ortofosforowego. Po osuszeniu przedmioty są pokryte gładką czerwobrazową warstwą. Inny zabieg dla zbiorników jest następujący: zbiornik wygotowany w kwasie chromowym myje się i zanurza na krótki czas do 10% roztworu wodnego dwutlenku selenu. Na zakończenie maluje się zbiornik lakierem bezbarwnym o osnowie celulozowej lub sztucznej żywicy. Pierwszą warstwę lakieru nanosi się pędzlem lub przez zanurzenie, a nie pistoletem, ponieważ w dyszy pistoletu w wilgotnych wa-

runkach osadza się woda, której kropelki, dostając się pod lakier, mogą spowodować korozję. Drugą warstwę lakieru kładzie się już za pomocą pistoletu, po czym zbiornik suszy się lub wypala w piecu w temperaturze $120 \div 150^{\circ}\text{C}$.

Jak widać, ochrona zbiorników elektronowych przed korozją jest zagadnieniem trudnym i wymagającym wysiłków ze strony zarówno konstruktora jak i wytwórcy. Lekkość i wytrzymałość zbiornika elektronowego w połączeniu z całym szeregiem innych zalet opłacają jednak te wysiłki całkowicie.

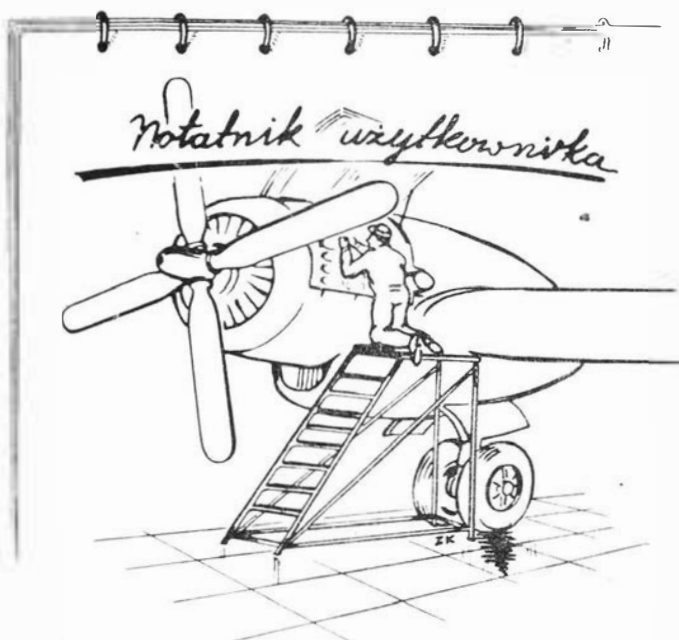
Zakończenie

Celem powyższego artykułu było zebranie z różnych źródeł materiałów dotyczących konstrukcji zbiorników elektronowych i podanie ich Czytelnikowi w formie możliwie skończonej. Z pewnością praca ta nie obejmuje wszystkich zagadnień, związanych z tematem. Pozwoli ona jednak Czytelnikowi zapoznać się z ogólnymi zasadami i z typowymi przykładami rozwiązań konstrukcyjnych prawidłowych pod względem materiałowym, umożliwiając dalszą samodzielną pracę w tym kierunku.

Artykuł wpłynął dnia 7 listopada 1952 r.

SV. ZAMEČNIK

Obsługa samolotów sportowych



CZĘŚĆ I

Samoloty sportowe wymagają w czasie użytkowania szczególnie starannej obsługi i fachowego usuwania usterek. Od wyników tej pracy zależy bezpieczeństwo lotu i utrzymanie wysokiej wartości sprzętu, który nam powierza nasza ludowa demokratyczna Republika. W wielu mniejszych organizacjach nie ma zbyt dużej praktyki użytkowania i wtedy usuwanie usterek jest bardzo powolne, albo z powodu niedostatecznego fachowego zaznajomienia się — samoloty tracą swoją wartość. Samoloty przychodzące do wytwórni do przeglądu lub przeróbki (samoloty typu Z 281 na typ Z 381) są tego dowodem.

Aby mechanikom, odpowiedzialnym za park samolotowy, ułatwić pracę i przyczynić się do zwiększenia żywotności samolotów, spróbujemy w niniejszym artykule zgromadzić zarówno doświadczenia wytwórni produkujących jak i użytkowników w oddziałach lotnictwa szkolnego. Najbardziej rozpowszechnione są, zwłaszcza dla szkolenia, samoloty Z 281, Z 381, Z 22 i dlatego nimi zajmujemy się przede wszystkim. Dla dopełnienia całości pracy na wstępie podamy, znane wszystkim, te przepisy użytkowania sprzętu lotniczego, które zwłaszcza wymagają przypomnienia.

I. Przygotowanie samolotu przed lotem

1. Przeglądamy samolot z zewnątrz czy nie zdarzyły się uszkodzenia przy hangarowaniu.

2. Sprawdzamy ciśnienie w oponach kół oraz amortyzatorach podwozia głównego i ogonowego. Dla amortyzatorów podwozia głównego wystarczy uchwycić samolot za koniec skrzydła i przechylić go — ściśnięty amor-

Poniżej zamieszczamy tłumaczenie artykułu zaczerpniętego z bratniego lotniczego czasopisma czechosłowackiego „Letectví”. Wprawdzie nie wszystkie omówione w tym artykule samoloty i silniki są znane i użytkowane przez naszych mechaników lotniczych, tym niemniej omówione zasady obsługi zawierają tyle ciekawego materiału ogólnego, że będą zapewne z pożytkiem wykorzystane przez zainteresowanych Czytelników. Spodziewamy się, że tego rodzaju publikacje zyskają sobie przyjaciół i ewentualnie... Autorów, którzy zasilą dalsze zeszyty naszego pisma pracami przystosowanymi bezpośrednio do naszych potrzeb. Tłumaczył mgr inż. Stanisław Madeyski.

tyzator musi lekko wracać do pierwotnego położenia. Jeżeli to nie nastąpi świadczyć to będzie o skrzywieniu półosi lub zatarciu nakrętki prowadzącej (Z 281, Z 381), którą trzeba wymienić. Jeżeli ustawimy samolot na drodze betonowej, to trzeba także sprawdzić, czy koła podwozia są ustawione symetrycznie względem podłużnej osi samolotu, przy czym odchylenia są wystarczająco widoczne już przy sprawdzaniu „na oko”. Przy lotach szkolnych często się zdarza, że uczeń wylądowuje „twardo” na jedno koło, tak że podwozie z tej strony wyboczy się. Wówczas taki samolot na betonowej drodze „zakreca”, co jest nieprzyjemne, zwłaszcza przy lądowaniu. Przy częstym użytkowaniu sprzętu konieczne jest dostatecznie częste smarowanie osi kół podwozia głównego i ogonowego.

3. Uzupełniamy zbiorniki paliwem i olejem, przy czym paliwo dopełniamy w zależności od rodzaju przewidywanego zastosowania samolotu (normalne użytkowanie, szkolenie, względnie akrobacja). W samolotach Z 381, mających dozwoloną pełną akrobację, należy na to zwracać szczególną uwagę; dopełniamy paliwo do 30 litrów. Samoloty Z 381 dopuszczone do akrobacji, posiadają z tyłu kadłuba wykonany odpowiednio napis i są oznaczone z lewej strony w tyle kadłuba białym kółkiem o średnicy 50 mm. Samoloty Z-26 „Trenér” mogą wykonywać pełną akrobację przy całkowitym ciężarze w locie, to znaczy z dwuosobową załogą i z całkowicie napełnionymi zbiornikami. Przy silniku Walter Minor 4-III należy koniecznie pamiętać o tym, że silnik ten wymaga minimalnej objętości oleju / ilości 5 litrów dla obiegu. Dlatego trzeba przy każdym dopełnianiu paliwa dopilnować

wyrównania ilości oleju, ponieważ zawartość oleju w instalacji powyżej 5 litrów zużyje się równocześnie z pełnym zbiornikiem paliwa. Dopełniamy również zbiorniczek zastrzykowy w samolotach Z 22, Z 26 i „Sokół”.

4. Sprawdzamy filtry paliwa, usuwamy wszelkie zanieczyszczenia, ewentualnie szlam oraz wodę i wtedy dokładnie je docągamy, aby zapewnić szczelność. Przed założeniem „szklanki” filtra trzeba sprawdzić, czy nie wypadła gumowa uszczelka, umieszczona w gnieździe dla obrzeża „szklanki” na filtrze.

5. Sprawdzamy wszystkie przewody zapłonowe, główne oraz przy świecach. Przekonujemy się, czy porcelanowa izolacja świec nie jest popękana.

6. Sprawdzamy powierzchnię śmigła i przekonujemy się, czy są prawidłowo dociągnięte i zabezpieczone śruby śmigła, następnie sprawdzamy wszystkie zamki osłon i wzierników kontrolnych.

II. Rozruch silnika Walter-Minor 4-III

1. Koła samolotu zabezpieczamy podstawkami.

2. Przystawiamy dźwignię kurka paliwowego na główny zbiornik i ręczną pompą paliwową tłoczmy paliwo do silnika.

3. a) Rozruch silnika zimnego.

Silnik „przekręcamy” przy zapłonie wyłączonym, przy czym kilkakrotnie zastrzykujemy pompą zastrzykową paliwo do przewodu ssącego — w lecie mniej, w zimie więcej. Dźwignię przepustnicy („gazu”) przesuwamy o 2 cm do przodu. Włączamy iskrowniki i „przekręcamy” silnik. Jeżeli silnik nie zaskoczy to mieszanka jest za bogata lub za uboga. Najlepiej poznać to można słuchem lub obserwacją barwy gazów spalinowych, spowodowanych przez niektóre ze świec.

Silnik jest „ubogi”, gdy wybuchy są ostre, następujące szybko po sobie a śmigło gwałtownie wykona do dwóch obrotów, albo gdy gazy spalinowe, wychodzące z rur wydechowych, są barwy jasno szarej. W tym przypadku należy „kręcić” silnik znowu przy zapłonie ustawionym na „włączony” i jednocześnie wstrzykiwać paliwo pompą zastrzykową. Gdy silnik zaskoczy, jeszcze powoli dwa razy wstrzyknąć paliwo, aby utrzymać silnik „na chodzie”.

Silnik jest „bogaty”, gdy nastąpią jeden lub dwa głucho wybuchy, śmigło zaś tylko leniwie się wychyli, albo z rur wydechowych wychodzą czarne gazy spalinowe. Silnikowi temu nie zastrzykujemy więcej paliwa, dodajemy jednak „gazu” i przekręcamy go przy zapłonie „włączonym”. W lecie, ewentualnie w położeniu „wyłączony” przekręcamy do tyłu najmniej cztery razy. Dźwignię przepustnicy („gazu”) podczas rozruchu silnika nie ruszamy, ponieważ przy całkowitym jej wychyleniu uruchamiamy pompę przyspieszającą w gaźniku, co może spowodować zalanie paliwem przewodu ssącego. Gdy to nastąpi trzeba wyłączyć iskrownik, dać „pełny gaz” i przekręcić silnik do tyłu.

b) Rozruch silnika gorącego.

Silnik przekręcamy od razu w położeniu „włączonym” zapłonu bez wstrzykiwania paliwa pompą zastrzykową. Jeżeli silnik zaraz nie zaskoczy i zapali tylko kilka razy, poznamy słuchem po dźwięku wybuchu, czy silnik jest ubogi, czy bogaty (patrz powyżej przy silniku zimnym). Przy silniku bogatym przekręcamy silnik w położeniu „wyłączonym” do tyłu, przy pełnym otwarciu przepustnicy; przy silniku ubogim — wstrzykujemy paliwo pompą zastrzykową, w lecie mniej, w zimie więcej.

Przy rozruchu silnika bywają różnorodne sytuacje i dlatego możemy polecić, abyście opisane postępowanie z rozważą odpowiednio wykorzystywali. Jeżeli silnik nie zaskoczy, wówczas trzeba się liczyć z usterką. Przyczyny usterek i ich usuwanie podamy w dalszych ustępach.

c) Próba silnika.

Zimny silnik powinien po uruchomieniu pracować przynajmniej 1 minutę na $500 \div 800$ obr/min, aby się dostatecznie nagrzał i przesmarował. Najpóźniej po 10—15 sekundach od chwili zapuszczenia silnika manometr powinien wskazać ciśnienie oleju. Dla silnika zimnego jest ono wyższe od normalnego. Gdy ciśnienie oleju nie pokaże się, należy silnik zatrzymać, ochłodzić i stwierdzić usterkę. (Może to być stężały olej przy niskiej temperaturze zewnętrznej, uszkodzenie w przewodzie olejowym, uszkodzenie manometru lub zaworu tłoczego w pompie olejowej lub tp.).

Po 1—2 minutach pracy zwiększa się powoli obroty do 1500 obr/min. Jeżeli pokaże się normalne ciśnienie oleju przy normalnej temperaturze można przede wszystkim, lecz dopiero po 5 minutach pracy silnika, zwiększać stopniowo obroty aż do „pełnego gazu” i przeprowadzić próbę silnika. Im niższa jest temperatura zewnętrznego powietrza, a także im zimniejszy jest olej w zbiorniku, tym uważniej musi być nagrzewany silnik. Nie jest dozwolone w żadnym przypadku (np. dla „przepalenia” zaoliwionych świec itp.) szybkie zwiększenie obrotów wkrótce po zapuszczeniu silnika. Nie można utrzymywać silnika przez czas dłuższy na obrotach wyższych jak 1700 obr/min. Aby można przeprowadzać próbę silnika temperatura oleju musi osiągnąć $30 \div 40^\circ\text{C}$, ciśnienie paliwa — $0,1 \div 0,2$ atn, ciśnienie oleju — $3 \div 4$ atn. Wtedy dopiero dajemy „pełny gaz” i przełączamy iskrowniki — dopuszczalny spadek obrotów przy całkowitym otwarciu przepustnicy wynosi 50 obr/min. Temperatura, wilgotność i ciśnienie powietrza mają bezpośredni wpływ na moc silnika, a więc i na jego obroty. Sprawdzamy, czy silnik pracuje na pełnych i na wolnych obrotach, zupełnie bez zarzutu, bez przerywań, „strzelania” i trzęsienia.

III. Rozruch silnika Praga D

Przystawiamy kurek paliwowy na główny zbiornik i ręczną pompą paliwową tłoczmy paliwo do silnika. Otwieramy kłapkę powietrzną gaźnika — niebieska kulka i „przekręcamy” silnik w położeniu „wyłączony”. Ustawiamy „gaz” całkowicie do oporu, włączamy iskrowniki i „przekręcamy” silnik. Gdy silnik zaskoczy poleca się nie ruszać dźwigni „gazu” (przepustnicy). Gdy silnik pracuje, trzeba natychmiast zamknąć kłapkę powietrzną (kulka niebieska). Zależnie od tego, czy silnik jest bogaty czy ubogi, postępujemy zgodnie z opisanymi powyżej sposobami. Podgrzewanie oleju i próbę silnika przeprowadzamy podobnie jak dla silnika Walter. Ciśnienie oleju przy próbie silnika wynosi $1,5 \div 2$ atn, paliwa zaś — $0,1 \div 0,2$ atn. W samolocie ze zbiornikiem opadowym trzeba przy próbie silnika przestawić kurek paliwowy na zbiornik opadowy i potem z powrotem na główny zbiornik, ponieważ przy oczyszczaniu „szklanki” filtra paliwowego szklanka, połączona ze zbiornikiem opadowym, została opróżniona i teraz przed lotem trzeba ją ponownie napełnić.

IV. Usterki w pracy silnika

1. Gdy silnik nie zaskoczył, mogą być następujące powody:

a) Niedostateczny dopływ paliwa do gaźnika, nieszczelne albo zatkane przewody, nieprawidłowe działanie pompy paliwowej albo zatkane dysze gaźnika. O swobodnym przelocie przewodów paliwowych możemy przekonać się w ten sposób, że odkręcamy końcówkę przewodu tuż przy gaźniku i pompujemy ręczną pompą paliwową. Jeżeli samolot posiada zbiornik opadowy, przestawiamy kurek paliwowy na rezerwową część tego zbiornika i próbujemy także ten przewód paliwowy. Przełączeniem na zbiornik opadowy również przekonujemy się o prawidłowym działaniu pompy paliwowej.

b) Przy niskiej temperaturze stężały olej powoduje duże tarcie tłoka i całego układu silnika — nalewamy wówczas do zbiornika ogrzany olej lub ogrzewamy olej w zbiorniku elektryczną grzałką i kilkakrotnie przekręcamy silnik, aby gorący olej dotarł do łożysk wału.

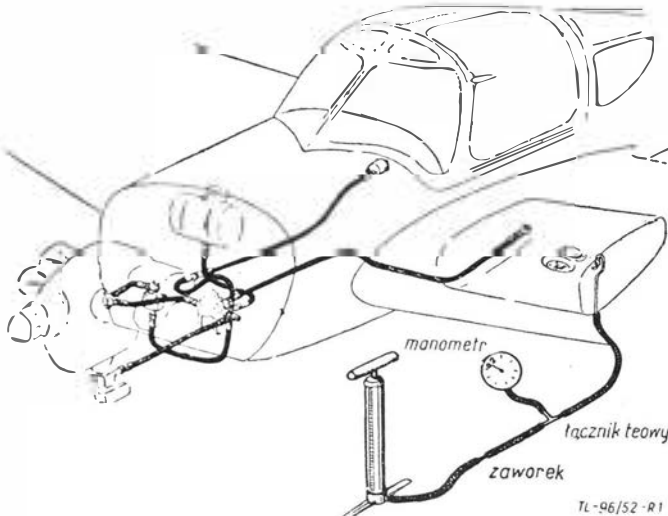
c) Świece są zanieczyszczone lub zaoliwione, ewentualnie zbyt duży odstęp pomiędzy elektrodami świecy. Usterki w zapalaniu, wypalone lub zanieczyszczone kontakty młoteczka przerywacza w iskrowniku, przebite kondensatory, wadliwe lub zawiłgocone przewody świecowe w kolektorach przewodowych, prowadzonych po bokach głowic cylindrowych. Zluzowane albo nieco obrócone iskrowniki, przez co zmienił się kąt przedzwrotności zapłonu.

2. Silnik pracuje nieprawidłowo.

a) Silnik po zapuszczeniu nie został jeszcze dostatecznie nagrany.

b) Doprowadzanie paliwa nie jest prawidłowe, przewody albo filtry są wypełnione zanieczyszczeniami, złącza są nieszczelne i zasysa się przez nie powietrze. Szczelność instalacji paliwowej łatwo stwierdzić przez podłączenie do końcówki odpowietrzenia głównego zbiornika przewodu giętkiego, na drugim końcu którego za

pomocą łącznika T-owego jest podłączony manometr paliwa. Do pozostałego końca tego łącznika dołączamy normalny zaworek z dętki koła (ucięty wraz z rurką). Ręczną pompą samochodową tłoczmy powietrze do ciśnienia 0,2 atn. Jeżeli ciśnienie opada, sprawdzamy po kolei całą instalację, nieszczelne miejsce rozpoznajemy po sygnale uchodzącego powietrza albo wyciekaniu paliwa. Dopóki opada ciśnienie na manometrze stale dopompowujemy powietrze pompą, aż przejrzymy całą instalację (patrz schemat instalacji na rys. 1).



Rys. 1

c) W paliwie znajduje się woda.

d) Usterki w instalacji zapłonowej lub świecach. Jeżeli stwierdzimy, że wadliwe działanie silnika jest spowodowane przez usterkę w zapalaniu, trzeba systematycznie poszukiwać powodu jej powstawania. Przede wszystkim należy wykręcić świece i sprawdzić je w urządzeniu probierczym, czy dają iskry przy ciśnieniu. Jednocześnie należy przejrzeć stan izolacji świecy, oczyścić zewnętrzną powierzchnię świecy i elektrody, sprawdzić rozstawienie elektrod świecy (wymagane — 0,4 mm). Jeżeli wszystkie świece są w porządku a usterka pomimo to nie została usunięta, trzeba sprawdzić przewody elektryczne wysokiego napięcia, a następnie iskrowniki. Jeżeli iskrowniki dają dobrą iskrę, to błąd znajduje się w przewodach. Jeżeli iskrowniki nie dają iskry, to może być uszkodzony przewód zwierający pomiędzy iskrownikiem i przełącznikiem, albo przerywacz i rozdzielacz mogą być zanieczyszczone lub zawiłgocone, kontakty przerywacza mogą być wypalone; jeżeli zachodzi potrzeba, to należy opłukać kontakty, wyregulować ich odstęp na 0,3 do 0,4 mm, oczyścić dźwignię przerywacza i lekko posmarować ją olejem. Przy zakładaniu bakeli-

towej pokrywy iskrownika trzeba dbać o to, aby przewód z mosiężną końcówką wchodził dokładnie do otworu z kontaktem. Przy obsadzeniu, obok tego otworu, może przy wirowaniu iskrownika o tę końcówkę złamać się ramię przerywacza. Poważniejsze błędy w działaniu samego iskrownika, cewki lub tp. wymagają usunięcia przez fachowców.

e) Zawory otwierają się i zamykają ciężko. Należy sprawdzić sprężyny zaworowe, przejrzeć, przyswiecając przez otwory w gniazdach świec po ich wykręceniu, gniazda zaworowe. Nieszczelność zaworów i tłoków powoduje również spadek sprężania silnika. Należy przekonać się czy zawory nie są „zapalone” albo zużyte, czy nie są wybite gniazda zaworowe, pęknięte sprężyny zaworowe, czy zawór nie „wisi” w prowadnicy, sprawdzić luz między zaworem i dźwignią zaworową, który na zimnym silniku powinien wynosić 0,15 mm. Nieszczelność tłoków może być spowodowana przez złamanie, zakleszczenie lub zapieczenie pierścieni tłokowych w rowkach, duże zużycie tulei cylindrowej, nieszczelność głowicy cylindrowej.

3. Silnik trzęsie albo pracuje twardo.

Sprawdzamy wyważenie, osiowość i dociążenie śmigła. Powodem może być także złuzowanie się niektórych części na silniku. Nieodpowiednie paliwo z małą liczbą oktanową powoduje stukanie (detonację) albo nadmierne przegrzanie silnika, w którym powstają samorzutne zapłony mieszanki wybuchowej od gorących ścianek i rozżarzonych cząstek nagaru w komorze spalania.

4. Silnik „strzela” do rur wydechowych.

Powodem może być późny zapłon lub zbyt bogata mieszanka; szczególnym dowodem bogatej mieszanki jest czarny dym w gazach spalinowych. Wzbogacenie mieszanki może być spowodowane przeciekaniem gaźnika, albo zbyt dużymi otworami dysz. Gaźnik należy przeregulować osobno na okres letni lub zimowy, co może przeprowadzić tylko fachowiec.

5. Silnik „strzela” do gaźnika.

Powodem może być uboga mieszanka; paliwo nie dochodzi w dostatecznej ilości do gaźnika przez zanieczyszczone dysze albo filtry. W gaźniku znajduje się woda albo silnik jest zbyt zimny — rozrząd zaworowy jest źle wyregulowany (mały luz pomiędzy zaworem i dźwignią zaworową). Jeżeli stosujemy paliwo inne niż to, na które gaźnik został wyregulowany, może to spowodować również „strzelanie” do gaźnika.

6. Ciśnienie oleju spada poniżej normalnej wielkości.

W zbiorniku nie ma oleju, przewody olejowe są uszkodzone, filtr olejowy jest zanieczyszczony, manometr oleju wskazuje nieprawidłowo, zawór regulacyjny ciśnienia nie pracuje prawidłowo. Należy najpierw sprawdzić prawidłowość wskazań manometru i doprowadzenia oleju; dopiero, gdy tam nie znaleziono usterek, należy przeregulować zawór nadciśnieniowy na właściwe ciśnienie.

Artykuł wpłynął dnia 7 grudnia 1952 r.

Lotnicze słownictwo techniczne prędkości lotu.

NIKTÓRE POJĘCIA I SŁOWNICTWO

Przy rozważaniu osiągnięć samolotu mamy do czynienia z szeregiem różnych prędkości. Jest rzeczą zasadniczej wagi, by te prędkości były jednoznaczne i poprawnie określone. W praktyce często natrafiamy na nieporozumienia, np. gdy ktoś mówi o prędkości wznoszenia, to jeden ma na myśli składową poziomą prędkości po torze, a drugi składową pionową; mówiąc „prędkość optymalna” nie wiadomo, czy chodzi o prędkość odpowiadającą maksymalnej wartości stosunku c_z/c_x , czy też prędkość dla największego zasięgu.

Poniżej podajemy próbę rozróżnienia poszczególnych pojęć prędkości i uporządkowania słownictwa. Traktując sprawę jako kwalifikującą się do dyskusji, oczekujemy wypowiedzi Czytelników, które chętnie zamieścimy na naszych łamach, w ten sposób bowiem możemy posunąć nasze słownictwo lotnicze naprzód.

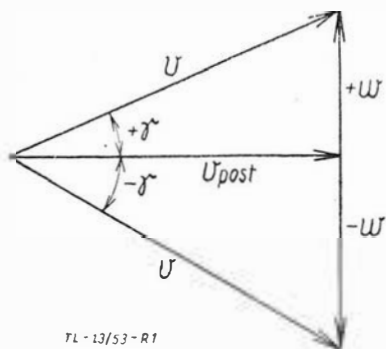
1) Mówiąc o **prędkości lotu** mamy na myśli wypadkową prędkość samolotu (w jego płaszczyźnie symetrii) względem niezakłóconego powietrza czyli **prędkość po torze** v . Jest to prędkość, którą określa się za pośrednictwem prędkościomierza.

2) W ogólności ta prędkość (po torze) może być rozłożona na składową poziomą i składową pionową. Tę pierwszą będziemy nazywali **prędkością postępową** v_{post} samolotu. W większości praktycznych przypadków prędkość (po torze) samolotu utożsamiamy z prędkością postępową. Przy kącie toru $\gamma = 5^\circ$ błąd z tego powodu wynosi poniżej 0,5%. Przy dużych kątach toru, np. w locie nurkowym, rozróżnienie prędkości po torze i prędkości postępowej jest konieczne.

3) Rzut pionowy prędkości po torze będziemy nazywali — dokładnie — **pionową prędkością wznoszenia w względnie pionową prędkością opadania** lub też skrząc — **prędkością wznoszenia względnie opadania**. W praktyce pilotażowej utarł się skrót jeszcze dalej idący — mianowicie pionową prędkość wznoszenia nazywamy po prostu „wznoszeniem” i analogicznie opadania — „opadaniem”.

4) Przy omawianiu lotu ukośnego dla uniknięcia nieporozumień prędkość w określamy jak wyżej tj. jako (pionową) **prędkość wznoszenia** (opadania), zaś prędkość v określamy jako **prędkość po torze przy wznoszeniu** (opadaniu) lub też skrząc, jako prędkość przy wznoszeniu

(opadaniu). Wreszcie w zestawieniu ze „wznoszeniem“ (opadaniem) możemy po prostu mówić prędkość, tak np.



Rys. 1

powiemy „...opadanie wynosiło 12, m/sek przy prędkości 160 km/godz.“.

W ogólności użycie przyimka „przy“ lub też „dla“ przy słowie prędkość zwraca uwagę na to, że chodzi o prędkość po torze, np. przy wznoszeniu albo np. dla najmniejszego opadania.

5) Prędkości maksymalne (największe) v_{max} są to prędkości, uzyskiwane w locie poziomym, gdy zespół napędowy pracuje na mocy krótkotrwałej (np. nominalnej).

6) Prędkości przelotowe v_{prz} są to prędkości, uzyskiwane w locie poziomym, gdy zespół napędowy pracuje na określonej mocy trwałej.

7) Prędkość podróżna v_{podr} jest to prędkość samolotu względem ziemi, tak więc $\hat{v}_{podr} = \hat{v}_{post} + \hat{v}_w = \hat{v} + \hat{v}_w$, gdzie v_w oznacza prędkość wiatru, a sumę należy brać geometrycznie.

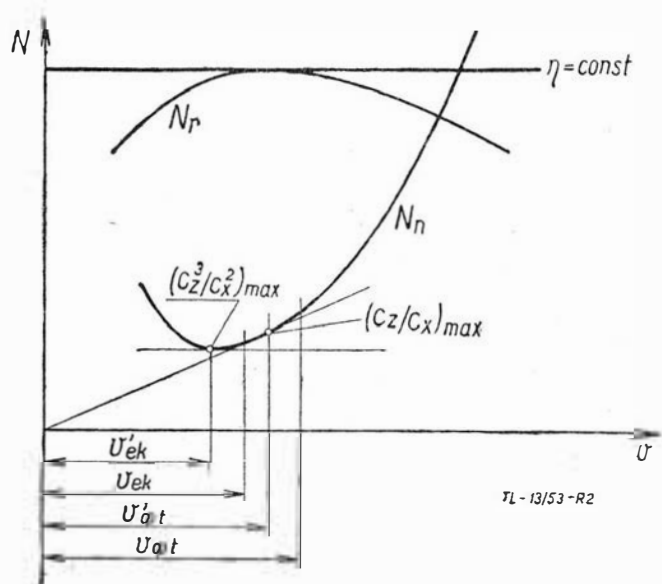
8) Prędkość szybowania (planowania, lotu ślizgowego) v_{sz} jest to prędkość samolotu w locie, w czasie którego zespół napędowy nie dostarcza praktycznie mocy.

9) O prędkości nurkowania v_n mówimy wtedy, gdy samolot opada, a kąt toru γ jest dość stromy. Zespół napędowy może w czasie takiego lotu moc dostarczać (nurkowanie „na gazie“), może mocy nie dostarczać lub też działać hamująco — pobierając moc z zewnątrz (te dwa ostatnie przypadki odpowiadają nurkowaniu na zdławionym silniku).

Stromość toru rozgraniczająca lot ślizgowy i lot nurkowy może być określona przez podanie kąta np. $\gamma < -10^\circ$ lub też wzorem $w > \frac{v_{max}}{5 \div 6}$. Inny sposób okre-

ślenia to: lot nurkowy ma miejsce, gdy $v_n > v_{max}$, lot ślizgowy gdy $v_n < v_{max}$.

10) Prędkość odpowiadającą $(c_z/c_x)_{max}$ nazywamy teoretyczną prędkością optymalną v'_{opt} . W przypadku napędu śmigłowego, przy stałej sprawności śmigła i stałym



Rys. 2

ciężarze w locie, odpowiada ona prędkości największego zasięgu. W warunkach rzeczywistych największy zasięg zachodzi przy praktycznej prędkości optymalnej v_{opt} (przy czym $v_{opt} > v'_{opt}$).

W locie ślizgowym (teoretycznej) prędkości optymalnej odpowiada najbardziej płaski kąt toru (γ_{min}). Dla wyróżnienia można tu stosować nazwę optymalna prędkość przy opadaniu $v_{\gamma_{min}}$.

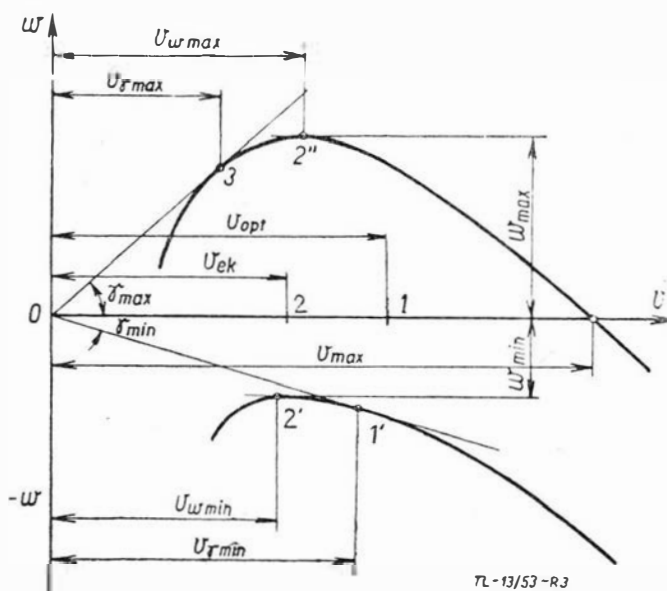
11) Prędkość odpowiadającą $(c_z^3/c_x^3)_{max}$ nazywamy teoretyczną prędkością ekonomiczną (ew. prędkością minimum mocy) v'_{ek} . W locie poziomym, przy założeniu stałej sprawności napędu śmigłowego i przy stałym ciężarze w locie, odpowiada jej największa długość trwania lotu. W warunkach rzeczywistych największej długości trwania lotu odpowiada praktyczna prędkość ekonomiczna v_{ek} .

W locie wznoszącym teoretycznej prędkości ekonomicznej równa się teoretyczna prędkość dla najlepszego wznoszenia $v'_{w_{max}}$ (tj. przy założeniu stałej sprawności śmigłowego zespołu napędowego).

W warunkach rzeczywistych najlepsze wznoszenie czyli największa pionowa prędkość wznoszenia w_{max} odpowiada praktycznej prędkości (po torze) dla najlepszego wznoszenia $v_{w_{max}}$.

W locie ślizgowym (teoretyczna) prędkość ekonomiczna v'_{ek} odpowiada prędkości dla najmniejszego opadania $v_{w_{min}}$.

12) Prędkość odpowiadającą punktowi 3 (rys. 3) nazywamy prędkością (po torze) dla najstromejszego wznoszenia $v_{\gamma_{max}}$. Odpowiada jej γ_{max} .



Rys. 3

W powyższych określeniach, w tych przypadkach, gdy z góry wiadomo o jaką prędkość chodzi, można dla uproszczenia opuszczać słowa „teoretyczna“ lub „praktyczna“.

13) Prędkość przeciągnięcia v_p jest to prędkość odpowiadająca c_z_{max} .

14) Prędkość minimalna v_{min} jest to najmniejsza prędkość, przy której samolot posiada jeszcze dostateczną stateczność i sterowność tak, że lot poziomy może być bezpiecznie kontynuowany.

15) Prędkość bezpieczna v_{bezp} jest to prędkość najmniejsza, przy której samolot dwu- lub więcej silnikowy może kontynuować lot w razie nagłego uszkodzenia jednego z silników. To pojęcie odnosi się przede wszystkim do startu, gdy samolot nie osiągnął jeszcze prędkości bezpiecznej v_{bezp} , a nagle jeden z silników przerwał. O ile osiągnięta prędkość lotu jest poniżej v_{bezp} , to lot-start nie może się dalej odbywać i samolot musi zejść na ziemię.

POPRAWKA — BŁĄD

Bardzo często w praktyce zagadnienie poprawienia wyniku urasta do problemu — czy poprawkę dodać czy odjąć. W tych przypadkach należy się stosować do jednej ogólnej zasady, wynikającej z definicji błędu i poprawki. Dla zilustrowania tej zasady obierzmy przykładowo zagadnienie błędów pomiarowych.

Jeżeli wartość wskazana przez przyrząd (indykowana) wynosi w_i , a wartość rzeczywista w_r , to błąd pomiaru wynosi $błąd = w_i - w_r$ i określa on odchylenie wartości indykowanej w_i od wartości rzeczywistej w_r . Błąd dodatni oznacza, że wartość zmierzona jest za duża, błąd ujemny, że wartość ta jest za mała. Stosując poprawki anulujemy błędy, czyli

$$błąd + poprawka = 0$$

Wynika z tego, że poprawka jest ujemną wartością błędu, czyli

$$poprawka = -w_i - w_r$$

zatem $w_r = w_i + poprawka$

Reguła brzmi więc: Dla otrzymania wartości rzeczywistej należy zawsze do wartości odczytanej (zmierzonej) dodać poprawkę z jej właściwym znakiem algebraicznym albo odjąć błąd.

Weźmy przykład. Przeprowadzamy skalowanie obrotomierza przez porównanie jego wskazań z przyrządem wzorcowym, podającym rzeczywistą liczbę obrotów na minutę. Wyniki skalowania zebrane są w tabeli I przy czym n_i oznacza wskazania przyrządu skalowanego, zaś n_r — wskazania przyrządu wzorcowego.

Tabela I

n_r	n_i	Δn_{bt}	Δn_{pop}
400	360	- 40	+ 40
600	575	- 25	+ 25
800	780	- 20	+ 20
1 000	990	- 10	+ 10
1 200	1 200	0	0
1 400	1 405	+ 5	- 5
1 600	1 610	+ 10	- 10
1 800	1 815	+ 15	- 15
2 000	2 020	+ 20	- 20

Wykreślnie wyniki możemy przedstawić w postaci wykresu 1 $n_r = f(n_i)$ lub też wykresu 2 podającego

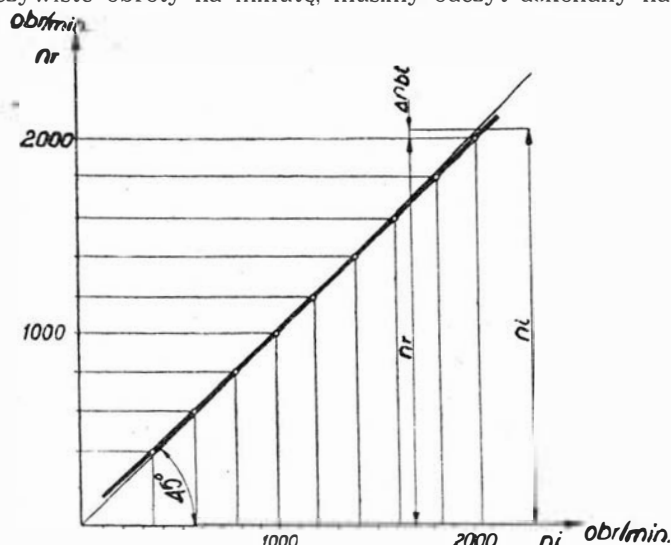
$$\Delta n_{bt} = f(n_i) \text{ względnie } \Delta n_{pop} = f(n_i)$$

przy czym $\Delta n_{bt} = n_i - n_r$, zaś $\Delta n_{pop} = n_r - n_i$

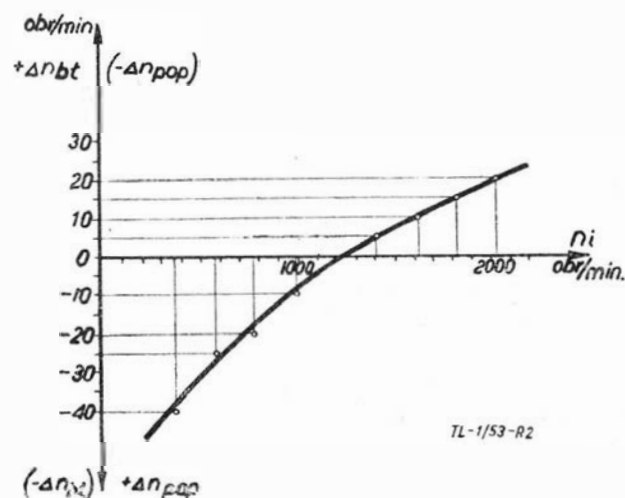
(Wykres 2 jest wygodniejszy, gdyż wielkości Δ mogą być wykreślone w większej skali).

W naszym przypadku błąd przy n_r powyżej 1200 obr/min ma wartość dodatnią — przyrząd cechowany wskazuje za dużo... poniżej 1200 obr/min — za mało,

czyli błąd jest ujemny. Chcąc przy pomocy przyrządu skalowanego, wskazującego z pewnym błędem, ustalić rzeczywiste obroty na minutę, musimy odczyt dokonany na



TL-1/53-R1



TL-1/53-R2

tym przyrządzie skorygować — poprawić. Dla zakresu n_r powyżej 1200 obr/min trzeba do wartości n_i dodać poprawkę — w tym przypadku ujemną — poniżej 1200 obr/min wartość algebraiczna poprawki jest dodatnia.

F. J. R. L.

Przeglądamy usprawnienia...

Pod wskazanym ogólnym tytułem zamieszczamy zarówno usprawnienia pracownicze jak i udoskonalenia techniczne, zaczerpnięte z Wydawnictw Urzędu Patentowego P. R. L. Po tytule opisu umieszczamy w nawiasach następujące informacje: numer klasy, do której należy temat usprawnienia lub udoskonalenia według klasyfikacji patentowej; numer serii, to jest dziedzinę techniki, do której zaliczone jest usprawnienie lub udoskonalenie cytowane oraz numer kolejny drukowanego opisu usprawnienia lub udoskonalenia, przy czym usprawnienia posiadają numer poprzedzony literą O, udoskonalenia zaś — numer z literami OU. Umieszczone dalej, poza tymi informacjami w nawiasach, nazwisko oznacza twórcę pomysłu.

Oliwiarka do mechanizmów zegarowych

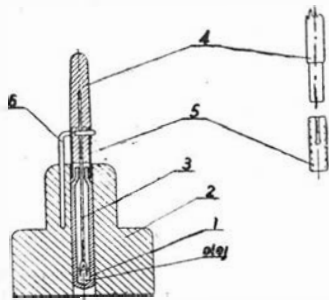
(Kl. 47e; Seria 14; Nr 0-828) Zygmunt Bukowski. Przyrządy do oliwienia mechanizmów zegarowych powinny spełniać następujące warunki:

1. sprawne, szybkie i pewne dozowanie oleju,
2. zabezpieczanie oleju przed zanieczyszczeniem i rozlaniem,
3. ochrona oleju przed szkodliwym wpływem światła,
4. oszczędne zużycie oleju,

5. łatwość posługiwania się przyrządem w miejscach trudno dostępnych,
6. taniość i prostota wykonania.

Istniejące w użyciu tego rodzaju przyrządy, a mianowicie: tak zwany oliwnik w postaci łopatkowo zakończonych pręcików służący do oliwienia liczników, „druk” stosowany powszechnie przez zegarmistrzów, a wreszcie strzykawka — nie spełniają wszystkich wymienionych wymagań bądź też spełniają tylko niektóre z nich.

W myśl usprawnienia zaprojektowano oliwiarke do oliwienia mechanizmów licznikowych uwidocznioną na rysunku. Oliwiarka składa się ze szklanego zbiornika 1 o zwężonej szyjce, osadzonego w drewnianej podstawie 2 oraz z zakraplacza 3 o konstrukcji wzorowanej na grafionie, wykonanego np. przez rozcięcie igły stalowej do szycia i oprawionego w drewnianą rączkę 4, na którą nasadzona jest przesuwana nasadka 5. Trzymak 6 z drutu, wbity w podstawkę 2 i odpowiednio wygięty, utrzymuje rączkę 4 w jej położeniu pionowym. Zbiorniczek osadzony jest w podstawce 2 luźno, co umożliwia jego wyjęcie. Otwór w tej podstawce najlepiej jest przewiercić na wylot, a w celu zabezpieczenia zbiorniczka przed wypadnięciem zastosować wkładkę papierową między ścianką zbiorniczka a podstawką. Nasadka 5 obejmuje luźno szyjkę zbiorniczka z zewnątrz, spoczywając dolną krawędzią na rozszerzeniu szyjki. Zależnie od położenia nasadki 5 na rączce 4 reguluje się zanurzenie zakraplacza 3 w oleju. Zakraplacz wbity jest w rączkę tak, aby przy najgłębszym zanurzeniu nie dotykał dna zbiorniczka.



Oliwienie odbywa się za pomocą przytknięcia zakraplacza do oliwionej części mechanizmu. Wzorowana na grafionie konstrukcja zakraplacza zapewnia łatwość nabrania oleju, jego dobry spływ oraz odpowiednie dozowanie, co jest niezmiernie ważne przy oliwieniu mechanizmów zegarowych wrażliwych, jak wiadomo, w równym stopniu na niedobór oleju, jak i na przeoliwienie.

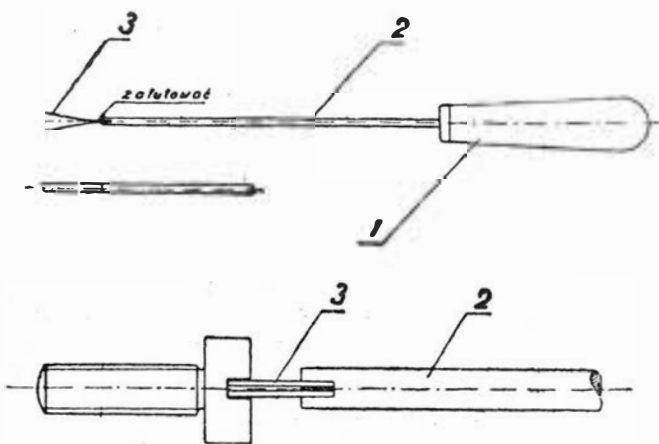
Użycie zakraplacza, jako korka zamykającego zbiorniczek, zastosowanie nasadki 5, obejmującej z zewnątrz szyjkę zbiorniczka, oraz zwężenie do minimum szyjki zbiorniczka, zabezpiecza do możliwych granic olej przed zanieczyszczeniem i całkowicie przed rozlaniem. Zastosowanie drewnianej podstawki 2 chroni olej przed szkodliwym działaniem światła.

Wkrętak pomocniczy do wkręcania wkrętów w miejscach niedostępnych

(Kl. 87a; Seria 14; Nr 0-856) Franciszek Łączewski.

Nieemożność przytrzymania wkrętu wkręcanego zwykłym wkrętakiem w miejscu niedostępnym sprawia duże trudności.

Usprawnienie polega na zastosowaniu dla wkrętów małych rozmiarów pomocniczego wkrętaka o konstrukcji uwidocznionej na rysunku. Rysunek wyjaśnia również sposób użycia wkrętaka pomocniczego.



Wkrętak pomocniczy składa się z rączki drewnianej 1, trzpienia 2, wykonanego z drutu oraz dwóch sprężyn płaskich 3 wlotowanych w rowek wykonany na końcu trzpienia 2.

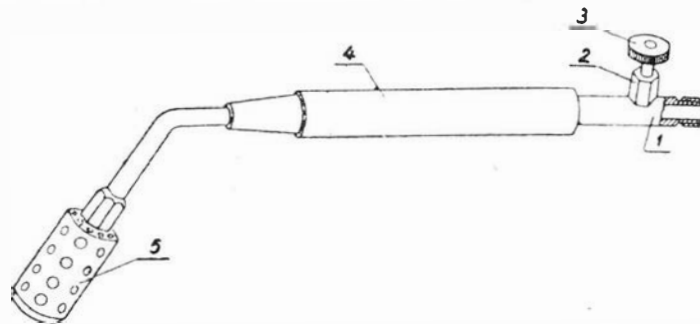
Wkręt, założony rowkiem na sprężynki 3 wkrętaka pomocniczego, wprowadza się do miejsca wkręcania i wkręca się nieco, aby nie wypadł. Dalsze dokręcenie wkrętu wykonuje się wkrętakiem zwykłym.

Przenośny podgrzewacz acetylenowy

(Kl. 4 g; Seria 14; Nr 0-867) Leon Jerzyk.

Do podgrzewania zamarzających podczas zimy części rurociągów powietrznych używano dotychczas lamp benzynowych. Posługiwanie się nimi jest niewygodne (nie można ich przechylać), a ponadto lampy te zużywają dużo benzyny.

W celu ułatwienia, przyspieszenia oraz ekonomicznego odmrażania rurociągów, zwłaszcza w miejscach trudno dostępnych, zastosowano, w myśl usprawnienia, przenośny podgrzewacz acetylenowy.



Podgrzewacz, pokazany na rysunku, składa się z łącznika 1 do łączenia z butlą acetylenową za pomocą przewodu gumowego, z przyspawanego gniazda 2 z wkrętem 3 do regulowania dopływu acetylenu oraz z korpusu 4 połączonego wygiętą rurką z koszyczkiem powietrznym 5.

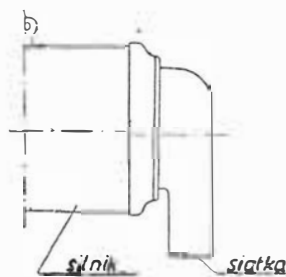
Dzięki wykonaniu otworów w koszyczku nie potrzeba zasilać podgrzewacza tlenem z drugiej butli. Podgrzewacz można również zasilać z małej, przenośnej wytownicy acetylenowej.

Zużycie karbidu wynosi od 1 do 1,5 kG na 8 godzin pracy.

Zabezpieczenie silników napędzających tokarki przed uszkodzeniem wiórami

(Kl. 49a; Seria 1; Nr 0-878) Henryk Rutkowski

W tokarkach, napędzanych za pomocą silników elektrycznych, posiadających osłonę nie całkowicie zamkniętą ze względu na konieczną wentylację, spadające wióry metalowe były wciągane do środka silnika i powodowały przebicie izolacji oraz spalanie uzwojenia silnika.

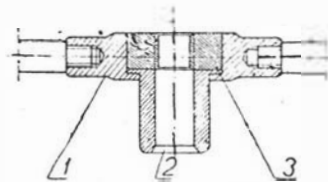


Według usprawnienia, otwór osłony silnika zamknięto specjalną, przedstawioną na rysunku, pokrywą z blachy, zaopatrzoną w otwór osłonięty siatką i służącą do wentylacji silnika.

Prowadnica do ręcznego narzynania gwintów

(Kl. 49e; Seria 1; Nr 0-882) Kazimierz Barczuk.

Przed usprawnieniem gwintowanie ręczne było utrudnione, gdyż pręt gwintowany mógł przybierać położenie ukośnie w stosunku do osi narzynki, co powodowało nierówne nacinanie gwintów.



Po zastosowaniu tulejki prowadzącej, jak pokazano na rysunku, pręt jest prowadzony współosiowo w stosunku do narzynki, dzięki czemu uzyskuje się dokładniejsze i szybsze gwintowanie. Oznaczenia na rysunku: 1 — oprawa narzynki; 2 — tulejka prowadząca według usprawnienia; 3 — narzynka.

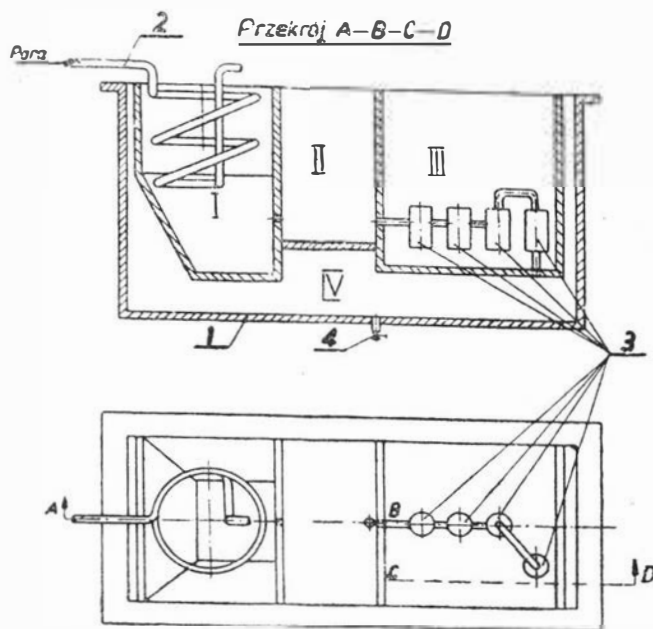
Urządzenie do oczyszczania oleju

(Kl. 23c; Seria 1; Nr 0-881) Tadeusz Łuczak.

Do usuwania zanieczyszczeń z oleju zastosowano urządzenie, uwidocznione na rysunku.

Urządzenie składa się ze zbiornika 1 podzielonego na cztery komory (I, II, III, IV).

Zanieczyszczony olej wlewa się do komory 1, w której za pomocą węzownicy parowej 2 zostaje podgrzany do temperatury 100°C, przez co staje się rzadki i co umożliwia łatwiejsze opadanie na dno wszystkich zanieczyszczeń pochodzenia mechanicznego.



Po ostygnięciu oleju do temperatury 50°C, przechodzi on do komory II, skąd powoli, po osadzeniu się reszty zanieczyszczeń, dostaje się do komory III, gdzie przechodzi przez cztery filtry olejowe (lotnicze) 3.

Oczyszczony olej gromadzi się w komorze IV, skąd pobierany jest do ponownego użycia za pomocą kurka spustowego 4.

Sposób produkcji anod ołowianych do chromowania wewnętrznych powierzchni rur

(Kl. 48a; Seria 1; Nr 0-902) Franciszek Pasiorowski.

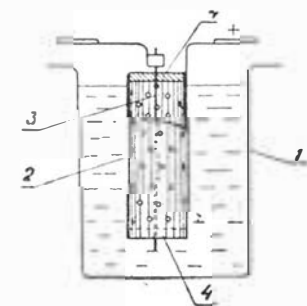
W technice często zachodzi potrzeba chromowania wewnętrznej powierzchni rur o większej lub mniejszej średnicy. Używane do tego celu anody powinny być wykonane z metalu nie rozpuszczającego się anodowo w kąpeli chromowej. Metalem najbardziej dostępnym i najtańszym z nadających się do tego celu jest ołów.

Wobec tego jednak, że używanie jednolitych anod ołowianych jest w wielu przypadkach niemożliwe, stosuje się anody o rdzeniu żelaznym, zabezpieczonym od rozpuszczania anodowego za pomocą nałożonej warstwy ołowiu.

Dotychczas warstwę ołowiu nakładano przez naciągnięcie na rdzeń rurki ołowianej i przylutowanie jej końców do rdzenia. Sposób ten

ma jednak poważną wadę, gdyż elektrolit z wielu powodów (najczęściej wskutek niedokładnego lutowania) przedostaje się do przestrzeni pomiędzy rurką a rdzeniem, powodując korozję tego ostatniego, co w rezultacie powoduje nierównomierność natężenia pola elektrycznego, a co za tym idzie — złe chromowanie.

Anody, wykonane w myśl usprawnienia sposobem elektrolitycznym, nie posiadają tej



wady. Sposób ten polega na nakładaniu galwanicznie na pomiedziowany pręt żelazny, służący jako rdzeń anody, warstwy twardego ołowiu elektrolitycznego. Nałożona warstewka ołowiu przylegająca szczelnie do powierzchni rdzenia, gwarantuje dobry styk ołowiu z żelazem, a co za tym idzie — równomierne natężenie pola elektrycznego w każdym punkcie chromowanej rury.

Sposób produkcji anod według usprawnienia jest następujący:

Oczyszczone z wszelkich śladów rdzy i dobrze odłuszczone pręty stalowe lub żelazne miedziuje się najpierw w kąpeli miedziującej alkalicznej na grubość około 0,01—0,02 mm, a następnie w kąpeli miedziującej kwaśnej nakłada się warstewkę o grubości 0,1—0,2 mm.

Pomiedziowane pręty umieszcza się w kąpeli ołowiu-jącej o następującym składzie:

węglan ołowiu	140 G
50-procentowy kwas fluorowodorowy	240 G
kwas borowy	106 G
klej stolarski	0,2 G
woda	1 l

Temperatura kąpeli — pokojowa. Gęstość prądu $D_k = 0,5 - 3 \text{ A/dcm}^2$.

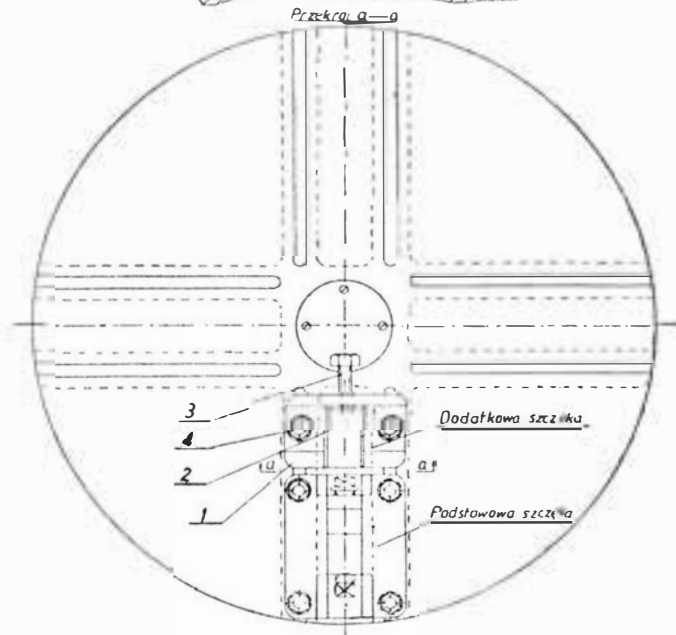
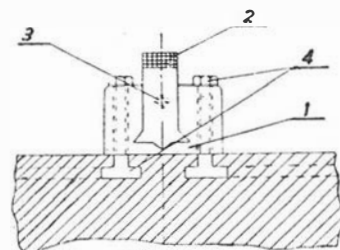
W wannie 1, wykonanej z materiału kwasoodpornego, umieszcza się anodę 2, sporządzoną z rury ołowianej, zaopatrzonej w szereg otworów. W rurze 2, centrycznie, umieszcza się pomiedziowany pręt żelazny 3 w dwóch krążkach izolacyjnych 4. Rura ołowiana 2 połączona jest z biegunem dodatnim, pręt 3 z ujemnym biegunem źródła prądu.

Grubość warstwy ołowiu, nakładanej tym sposobem na pręt (anodę do chromowania), wynosi 0,3—0,5 mm.

Dodatkowy uchwyt do karuzelówki

(Kl. 49a; Seria 1; Nr 0-905) Longin Lewicki.

Przed usprawnieniem dla wytoczenia średnicy zewnętrznej i wewnętrznej przedmiotu obrabianego na karuzelówce trzeba było po wytoczeniu jednej średnicy zdjąć przedmiot ze stołu, przestawić szczęki, założyć ponownie przedmiot obrabiany na stół karuzelówki, zacisnąć szczęki i dopiero po tym toczyć średnicę.



Według usprawnienia przez zastosowanie dodatkowych szczęk, z których jedną przedstawiono na rysunku, odpada potrzeba zdejmowania przedmiotu ze stołu karuzelówki po wytoczeniu jednej średnicy, gdyż wtedy przedmiot zamocowuje się zespołem dodatkowych szczęk, odkręcając zespół szczęk podstawowych i zwalniając w ten sposób powierzchnię do toczenia drugiej średnicy. Przy tym odpada potrzeba powtórnego mozolnego centrowania przedmiotu.

Dodatkowy uchwyt składa się z podstawy 1 wraz z prowadnicą, z przesuwnej szczęki właściwej 2 i ze śruby 3 do nastawiania szczęki właściwej, przy czym podstawa 1 jest mocowana do stołu karuzelówki dwiema śrubami 4.

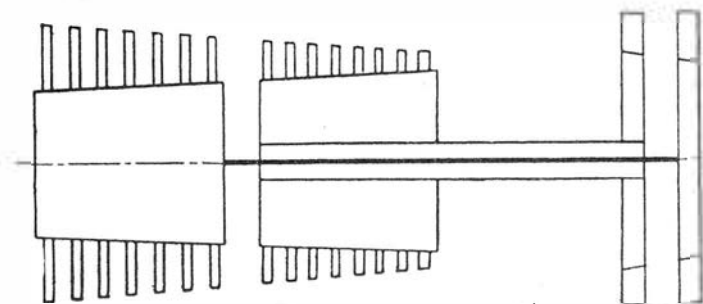
S. M.

Nowości techniczne

PODWÓJNY UKŁAD TURBINOWO-SPRĘŻARKOWY W SILNIKU ODRZUTOWYM

W nowoczesnym silniku turbinowo-odrzutowym (strumieniowym) o wielostopniowej sprężarce zagadnieniem szczególnie trudnym do rozwiązania jest jednoczesne uzyskanie wysokiego stopnia sprężania przy zachowaniu łatwości rozruchu, zadowalającej pracy na niskich obrotach oraz zdolności do szybkiego osiągania obrotów maksymalnych bez niebezpieczeństwa przegrzania łopatek turbiny. Wynika to ze słabości przebiegu charakterystyki sprężarki wielostopniowej której układ łopatkowy pracuje zadowalająco jedynie w określonym, wąskim zakresie obrotów, przy czym stosunek powierzchni przekrojów początkowego i końcowego kanału łopatkowego odpowiada stosunkowi ciśnień przy obrotach normalnych. Przy niskich obrotach sprężarki, np. przy biegu luzem, stopień sprężania będzie znacznie mniejszy od normalnego, a zatem stosunek objętości właściwych powietrza na poszczególnych stopniach nie będzie odpowiadał przyjętemu stosunkowi powierzchni przekrojów w tych stopniach. Szybko malejąca z każdym stopniem prędkość osiowa spowoduje tak duże odstępstwa od założonego przepływu przez układ łopatkowy, że sprawność sprężarki przy tych obrotach może być wielokrotnie niższa od sprawności osiąganej przy obrotach normalnych.

Wymienione powyżej wady silnika, posiadającego wielostopniową osiową sprężarkę o wysokim stopniu sprężania, można wyeliminować dzięki przyjęciu układu dwu nie związanych ze sobą mechanicznie współosiowych zespołów turbinowo-sprężarkowych.



TL-9/52

Schemat układu jest przedstawiony na rysunku.

Turbina i sprężarka wysokiego ciśnienia związane są ze sobą mechanicznie krótkim odcinkiem łącznika rurowego, przez który przechodzi wał łączący turbinę i sprężarkę niskiego ciśnienia.

Rozruch dokonywany jest silnikiem rozruchowym sprzężonym jedynie z wirnikiem wysokiego ciśnienia, co umożliwia zastosowanie rozrusznika o znacznie mniejszej mocy.

W pierwszym stadium pracy silnika po zapłonie wzrastają szybko obroty wirników części wysokoprężnej podczas gdy przyspieszenie części niskoprężnej jest znacznie mniejsze. Całkowite lub prawie zupełne wyrównanie obrotów następuje dopiero przy ustaleniu się liczby obrotów na poziomie odpowiadającym obrotom normalnym.

W całym zakresie obrotów niższych od obrotów normalnych część wysokoprężną obraca się szybciej od części niskoprężnej, co pozwala na uzyskanie większych prędkości osiowych na wyższych stopniach sprężarki. Stosunek prędkości osiowej do obrotowej na wyższych stopniach jest więc dla omawianego układu mniej zmienny w całym zakresie obrotów zespołu, niż przy zastosowaniu pojedynczego wirnika sprężarki.

W jednym ze zbudowanych ostatnio silników, posiadających omawiany układ, sprężarka zespołu niskiego ciśnienia posiada siedem stopni, wysokiego — osiem stopni. Ponieważ układ łopatkowy sprężarki w tym przypadku nie musi być normalnie stosowanym rozwiązaniem kompromisowym, kojarząc zdolność do uzyskania wysokiego sprężu z zadowalającą pracą na niskich obrotach, co zawsze prowadzi do obniżenia sprężu maksymalnego, można oczekiwać, że w silniku tym uzyskano wyższy niż normalnie spręż na jeden stopień sprężarki. Dla 15 stopni sprężarki osiągnięto prawdopodobnie stopień sprężania ok. 9 : 1 lub nawet więcej¹⁾. Dzięki temu sprawność tego silnika jest bardzo wysoka a zużycie paliwa wynosi około 0,76 kg/kg ciążgu i godzinę.

Wspomniany wyżej silnik odznacza się niezwykle zdolnością przyspieszania, która da się porównać jedynie ze zdolnością do przyspieszania silnika tłokowego, przy czym podczas prób nie stwierdzono żadnych nieregularności w zmianach ciśnień i temperatury podczas wzrostu obrotów.

Ze względu na poprawną pracę sprężarki, przy najniższych obrotach, ciąg minimalny wynosi poniżej 1% ciągu maksymalnego.

L. P.

NOWY SPOSÓB UWIDACZNIANIA PĘKNIĘĆ POWIERZCHNIOWYCH

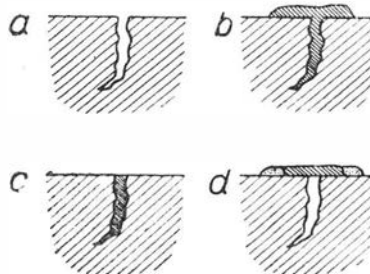
Nowe konstrukcje silników lotniczych czy też płatowców są bardzo oszczędnie projektowane a jednocześnie tak silnie wytężane w pracy, że tylko zdrowe elementy tych konstrukcji mogą sprostać zadaniu. Wrogiem nr 1 osłabiającym wytrzymałość elementów są wszelkiego rodzaju rysy — pęknięcia powierzchniowe, będące wynikiem wad materiałowych, niewłaściwej technologii lub też przeciążeń w pracy. Te rysy bywają czasem tak

¹⁾ O wysokości ciśnień i temperatur, występujących w wysokoprężnej części sprężarki, świadczyć może fakt, że korpus tej części wykonany jest ze stali, a nie z lekkiego stopu jak w innych sprężarkach silników turbinowo-strumieniowych.

drobne, że nie dadzą się dostrzec gołym okiem i konieczne są sztuczne sposoby ich wykrywania.

Omówimy na tym miejscu interesujący sposób wykrywania takich pęknięć w metalach. Polega on na uwidacznianiu rys za pośrednictwem czerwonego barwnika, który najlepiej wnika do wszelkich rys, a następnie jest wydobywany przy pomocy specjalnego wywoływacza tworząc wzdłuż rys szeroki łatwo widoczny ślad.

Sam proces przedstawia się w sposób następujący. Badany na obecność rys przedmiot jest najpierw oczyszczany ze wszelkich zanieczyszczeń powierzchniowych, farby, tłuszczów itd. normalnymi znanymi środkami (rys. 1a). Następnie jest pokrywa-



Rys. 1 a, b, c, d. Kolejne fazy stosowania substancji do wykrywania pęknięć. a) samo pęknięcie (w znacznym powiększeniu), b) wypełnienie pęknięcia substancją zabarwioną, c) powierzchnia po usunięciu nadmiaru substancji zabarwionej, d) działanie wywoływacza, substancja zabarwiona wydobywa się na powierzchnię i rozlewa po niej (kropki oznaczają wywoływacz).

ny specjalną substancją, zawierającą czerwony barwnik i odznaczającą się bardzo dużym działaniem kapilarnym co cechuje np. olej, naftę czy benzynę. Substancja ta wnika głęboko do najdrobniejszych szczelin w powierzchni metalu (rys. 1b). Nanoszenie może się odbywać za pomocą pędzla, pistoletu do natryskiwania lub też, w przypadku mniejszych przedmiotów, przez proste zanurzenie w substancji. Po paru minutach nadmiar jej jest usuwany w substancji. Po paru minutach nad szczeliny pozostają nia wypełnione (rys. 1c). Teraz przedmiot badany jest pokrywany „wywoływaczem”, odznaczającym się bardzo silnym działaniem wysysającym w stosunku do substancji pierwszej. Wskutek działania „wywoływacza” substancja zabarwiona wydobywa się na powierzchnię, tworząc w ten sposób szeroki, wyraźny ślad wzdłuż całego pęknięcia, dobrze widoczny na tle białego „wywoływacza” (rys. 1d). Z szerokości linii można wnosić o głębokości pęknięcia. Czerwone plamki świadczą o porowatości, oraz w postaci przerywanej linii o bardzo ściągniętym pęknięciu np. zawalcowaniu. Szerokie pęknięcia ujawniają się bardzo szybko, drobne — dopiero po kilkunastu minutach.



Rys. 2. Fotografia czopa wału korbowego z uwidocznionym pęknięciem przechodzącym przez zwoje gwintu.

Jak z powyższego wynika, procedura jest bardzo prosta, badanie może być przeprowadzone w warunkach warsztatowych jak też i w polowych. Konieczne są tylko cztery substancje: I — do oczyszczania powierzchni, II — substancja zabarwiona, III — do usuwania nadmiaru substancji II, IV — „wywoływacz”. Opanowanie samej metody nie nastręcza trudności. Metoda może być stosowana do przedmiotów stalowych ze stopów lekkich i kolorowych, i to do odlewów i części spawanych. Na rys. 2 jest przedstawiony wał korbowy silnika lotniczego. Na tle wywoływacza jest widoczna rysa przechodząca przez zwoje gwintu, niedostrzeżenie tego pęknięcia na czas mogłoby spowodować poważny wypadek lotniczy.

Nieuniknioną wadą tej metody jest niemożność wykrywania pęknięć nie wychodzących na powierzchnię metalu, co stanowi główne ograniczenie jej stosowania.

R. I.

Na półkach księgarskich

Meteorologia na usługach lotnictwa, Czesław Szczeciński, Wydawnictwa Komunikacyjne, 1952 r., stron 452.

Jest to książka bogato ilustrowana, zawierająca szereg wykresów, tablic i wkładek. Pod względem redakcyjnym jest ona dobrze opracowana; szczególnie szczęśliwy okazał się pomysł drukowania tekstu trudniejszego nie tylko mniejszą czcionką, ale i w większych szpaltach, przez co wyraźnie wyróżnia się on od reszty tekstu. Całość podzielona została na cztery części noszące tytuły: Meteorologia ogólna, Meteorologia synoptyczna, Meteorologia na usługach lotnictwa i Statystyka meteorologiczna. Zakres jest wystarczający dla potrzeb każdego lotnika. Pod względem podziału treści niepotrzebnie rozdział „VI i część VII zostały włączone do części drugiej — powinny one, moim zdaniem, znajdować się w części I, ogólnej. Pod względem treści — jest to pierwszy polski podręcznik meteorologii postawiony na wyższym poziomie, ogarniający w sposób wnikliwy i wyczerpujący całość zagadnień meteorologicznych i zaktualizowany z obecnym stanem tej gałęzi nauki. Opisowa strona zjawisk meteorologicznych jest dobrze ujęta, a celowo dobrane rysunki przedstawiają omawiane zjawiska w sposób poglądowy i przejrzysty. Dobra ilustracja omawianych zjawisk jest bodaj największą zaletą tej książki.

Natomiast miejsca gdzie Autor chce wyjaśnić, uzasadnić lub matematycznie udowodnić zjawiska fizyczne, są na ogół słabe i nieudane. Wywody bowiem są niejasne, nieprzekonywujące, często mylące, a nawet błędne, pod względem zaś naukowym — nieścisłe, ponieważ Autor nie troszczy się zupełnie o zgodność wyników, Niekiedy Autor urywa swoje wywody — niejako kapitulując przed niewyjaśnionym zagadnieniem i zamiast dania dowodu kończy słowami: „Stwierdzamy więc, że...”. Ten cały szereg nieścisłości jest poważną wadą tego podręcznika. To, że Autor chce przeprowadzić wykład w sposób przystępny nie usprawiedliwia go w popełnianiu nieścisłości, bo ścisłość wyślawiania się obowiązuje w najpopularniejszym nawet wykładzie. Prócz nieścisłości znajdują się też błędne lub niejasne tłumaczenia tak, że trudno jest czasem dociec źródła prawdy praw fizycznych. W znakowaniu panuje chaos, ponieważ Autor nie zadał sobie trudu, by tę niedzielną, a przez laików niedocenną dziedzinę uporządkować i jedną literą oznaczać tylko jedną wielkość fizyczną. Po prostu oznaczenia zostały wprowadzone takie, jakie figurowały w zebranym materiale. Wielu Autorów, dbając więcej o „efektywność”, niż „efektywność” swej pracy, zaniedbuje tę tak ważną a zarazem trudną stronę każdego podręcznika. Trzecią wadą omawianej książki jest ciągłe odsyłanie Czytelnika do tekstu późniejszego, co świadczy też o nieuporządkowaniu materiału. Treść powinna być tak ułożona, aby wszystkie pojęcia podstawowe były omówione na początku w takiej kolejności i tak wyczerpująco, by nie wymagały dalszych wyjaśnień. Inaczej zmusza się Czytelnika do przeskakiwania z tematu na temat i utrudnia opanowanie całości. Wynikiem nieuporządkowania materiału jest powtarzanie po kilka razy pewnych tematów i opisu tych samych zjawisk, jak np. powstawanie prądów wznoszących, rozprężanie i kondensacja. Również terminologia nie zawsze jest szczęśliwa i uzasadniona. Nazwa „para nasycająca” nie jest nigdzie spotykana i ten, kto uczył się fizyki lub termodynamiki, zaczyna w pierwszej chwili zastanawiać się, czy para nasycająca nie jest czymś innym, niż para nasyciona. Dopiero w rozdziale VIII i następnych widać, że Autor jest w swoim żywiole; wyczuwa się tam jego wieloletnią rutynę i opanowanie tej dziedziny. Szkoda, że w części IV nie zostały podane przykłady na korzystanie z tablic i przeliczanie wartości tablicowych na lata następne, tak, by np. w roku 1955 można było obliczyć wartości aktualne. Mimo wymienionych wad i usterek — książka stanowi niewątpliwie wkład do naszej literatury fachowej.

Ze względu na duże zapotrzebowanie dobrego podręcznika meteorologii należy się liczyć z koniecznością drugiego wydania, które jednak nie mogłoby się ukazać w obecnym stanie. Przy zachowaniu obecnego zakresu należałoby tylko gruntownie przerobić treść przez uporządkowanie materiału i oznaczeń, poprawienie miejsc niejasnych i nieścisłych oraz usunięcie błędów.

a) Przykłady błędów: Kąt γ we wzorze na str. 27 nie powinien być pod pierwiastkiem; na str. 69 zamiast 3.4 m/s^2 winno być 3.4 cm/s^2 ; na str. 76 winno być 1000 mb zamiast 1000 m (milibary a nie metry), prócz tego źle oznaczenie, bo ciśnienie oznacza się zwykle literą p . Na rys. 42 jeden z gradientów źle pokazany. Na str. 92 i 93 l oznacza raz odległość a drugi raz objętość. Wzór na G (str. 91) podwójnie błędny, bo błędnie napisany i podany błędny wymiar. Na str. 97 mylna definicja wiatru geostroficznego. Na str. 100 jest rewelacyjne twierdzenie niezgodne z prawami mechaniki, że siła tarcia nie jest przeciwnie skierowana do ruchu (prędkości), z czego wynika błędna również interpretacja rysunku 48. Na str. 113 błędnie tłumaczony wzrost w naczyńiu A, gdyż na poziomie zwierciadła w obu naczyniach jest to samo ciśnienie. Na str. 203 mylnie podano, że odcinek FC jest 10 razy większy od CH, skoro nachylenie jest $1:100$ — itp.

b) Przykłady nieścisłości: Ciśnienie w kg/m^2 w tablicy (str. 34) nie jest określone, bo zależy ono jeszcze od kształtu ciała owiewanego. Na str. 48 zamiast wzoru Laplace'a, którego się już nie stosuje, powinien być podany wzór normy PN/L-02001 atmosfery wzorcowej, wzór zaś Babineta — i tak zresztą niedokładny — lepiej było zastąpić jeszcze prostszym „prawem $1:8000$ ”, dającym pierwsze przybliżenie ciśnienia na małych wysokościach. W tablicy (str. 68) podana jest temperatura warstwy górnej, a brak różnicy temperatur, od której zależy długość fali powietrza. Na str. 70 gradient temperatury oznaczono literą γ , co może mylić z ciężarem właściwym powietrza. Na str. 74 Czytelnik nie znający termodynamiki nie może wywnioskować, w jaki sposób „takich adiabat może poprowadzić wiele dla każdej temperatury osobno”. Nie jest zrozumiałe, co to są „nieporuszające się wysokości”. Powiedzenie (str. 75) „...sucho-stała lecz również wilgotno-chwiejna” wypacza sens —

winno być „choć sucho-stała, to jednak wilgotno-chwiejna...”. Izobary narysowane na rys. 39 jako krzywe nazwano w tekście prostoliniowymi. Złe jest tłumaczenie siły Coriolisa (str. 94), ponieważ z niego nie wynika, że na równiku siła ta wynosi zero. Z powiedzenia (str. 95) „...odchylająca siła Coriolisa jest prostopadła do kierunku ruchu cząstki...” nie można określić jej kierunku, ponieważ takich kierunków prostopadłych jest nieskończenie wiele. Na str. 98 podano, że gradient wynosi 2 mb , jak gdyby miał on wymiar ciśnienia. Określenie turbulencji (str. 105—107) pomieszczone z określeniem porywistości wiatru i jest niezgodne z definicją turbulencji w aerodynamice. Autor nie odróżnia płatowca od samolotu (str. 119). W tytułach (str. 120) należało też mówić o jednorodnej powierzchni Ziemi — a nie samej ziemi co jest tu bez znaczenia. Ciśnienie pary względnie wilgotności pary podano w milimetrach, jakby miały one wymiar długości (str. 138, 173). Termin „prędkość graniczna” odnosi się do ciał spadających i nie może się odnosić do prądów wstępujących. Powiedzenie „wał obraca się w prawo” nie określa kierunku ruchu, ponieważ to zależy od tego skąd patrzmy. Mówiąc o sile pochodzącej od gradientu ciśnienia (str. 202) Autor kończy rozumowanie zdaniem: „Jednakże pod wpływem tej siły powietrze odchyła się w prawo” — ale później Czytelnik dowiaduje się, że to odchylenie pochodzi od siły Coriolisa. Można zrozumieć, że są dwa takie działania. Skoro profil frontu ciepłego jest wklęsły (str. 206) i „nachylenie wzrasta z wysokością”, to niezrozumiałe jest, dlaczego w górnych warstwach jest ono równe zeru. Nie wiadomo co Autor chciał powiedzieć przez „ruch rytmiczny powietrza ciepłego” (str. 211), gdyż ruch rytmicznego tam nie ma. Na str. 220 Autor uważa za przeciwstawne własności „bardziej stromo nachylone” i „więcej pochylone”, gdy tymczasem jest to to samo; itp.

c) Przykłady niejasności i mylenia: Powiedzenie „...Stwierdzamy, że im większe jest γ , tym większy jest spadek temperatury...” (str. 62) gmatwa rozumowanie, bo przecież wynika to z podanej definicji gradientu — i jest mylące, ponieważ nie wiadomo wtedy, co jest przyczyną, a co skutkiem. Na rys. 31 (str. 67) nie określono długości fali i nie podano jak się ją mierzy; cały zaś rysunek 31a dla laika jest niezrozumiały. Opis powstawania prądów pionowych jest chaotyczny i kilka razy powtarzany (str. 70) — a wykład o temperaturze ekwiwalentnej (str. 80) dość mętny z powodu ciągłego nawrotu do poprzednich wywodów. Ani ostatnie zdanie na str. 87, ani rysunek 38 absolutnie nie dają wyobrażenia o kierunku wiatru nikomu, kto nie jest synoptykiem. Należało podać kilka strzałek wskazujących wiatr. Należało na str. 93 wyjaśnić, dlaczego dyna/gram = cm/s^2 , ponieważ gdzie indziej wyjaśniono, że daleko prostsze problemy. Cały wywód wiatru gradientowego jest niejasny i nieprzekonywujący (str. 96). Nie wyjaśniono skąd się wzięła liczba 4,8 — przy jej wprowadzaniu, ale dopiero później. Opierając się na atmosferze wzorcowej wg PN i na dobie gwiazdowej liczba ta wynosi 5,05. Nie wyjaśniono dlaczego rosa nie tworzy się w ciszy (str. 150) i dlaczego przy nadejściu Cb wiatr obraca się o 90° w prawo. Schemat na str. 177 nie przejrzysty i dlatego trudny do zapamiętania. Na str. 198 nie wytłumaczono istoty ruchu ustalonego i niestalonego, ponieważ nie podano definicji ani toru ani linii prądu. Nie podano na czym polega podobieństwo siły odśrodkowej do siły Coriolisa, tak że Czytelnik nie wie po co jest to porównanie.

d) Terminologia, oznaczenia, układ: Wyrażenie „para nasycająca” nie jest nigdzie spotykane i w pierwszej chwili zachodzi wątpliwość, czy Autor mówi o parze nasyczonej, czy jakiejś innej. Duże litery oznaczają zwykłe punkty, a małe — linie; litera b oznacza zwykle ciśnienie barometryczne i nie powinna oznaczać punktu (str. 94), na odwrót litera P (str. 76) powinna oznaczać punkt a nie ciśnienie. O kondensacji, przebiegach adiabatycznych i prądach wstępujących mówi się w kilku miejscach to samo, co świadczy o nieuporządkowaniu materiału. W tablicy (str. 196) nieodpowiednia terminologia — co znaczy bowiem „pogoda przyjemna”? itp.

F. J.

Małomoszczynie dwuchtaktyjne dwigateli, G. S. Igumnow, Masziz, 1951 r., stron 200.

W książce rozpatrzone są zagadnienia specyficzne dla dwusuwowych silników małej mocy. Sześć rozdziałów, tworzących całość książki zawiera: ogólne charakterystyki dwusuwowych silników małej mocy z samozapłonem paliwa przy sprężaniu, pompy przedmuchiujące, układ przedmuchiwania i wylotu spalin, silniki z przedmuchiowaniem przez komorę korbową, silniki z oddzielną pompą przedmuchiującą, paliwo i oleje smarujące. W końcowym rozdziale opisano też silniki samochodowe chłodzone powietrzem. Książka jest przeznaczona dla inżynierów i techników, pracujących w dziedzinie projektowania i eksploatacji dwusuwowych silników małej mocy.

L. S.

Osnovy gidrawliki, A. M. Łatyszenkow, Gidromieteoizdat, 1952 r., stron 200.

W książce tej omówione są zasadnicze prawa hydrodynamiki i oporów ruchu cieczy, rozkłady prędkości w zamkniętych i otwartych strumieniach w ruchu laminarnym i burzliwym, obliczenia przepływów przez otwory i przelewy, obliczenia otwartych strumieni w ruchu równomiernym i nierównomiernym oraz elementy teorii sprężania spienzonej wody i tłumienia energii strumieni. Wszystkie rozdziały uzupełnione są znaczną liczbą przykładów, umożliwiających praktyczne zastosowanie odpowiednich rozdziałów hydrauliki. Osobny rozdział omawia prace laboratoryjne. Książka może służyć jako podręcznik dla pracowników służby hydrotechnicznej i hydrologicznej, w tym celu też uzupełniona jest dodatkami zawierającym 22 tabele współczynników używanych przy obliczeniach.

L. S.

Proizvodstvo trub, prutkow i profiliej iz cwietych metallow, A. D. Łaudichow, Metallurgizdat, 1952 r., stron 408.

Książka zawiera podstawowe wiadomości o własnościach fizyczno-chemicznych, mechanicznych i technologicznych metali i materiałów. Szczegółowiej rozpatrzone zagadnienia technolo-

gii i produkcji rur i profili, zasadnicze typy oprzyrządowania produkcyjnego i zasady produkcji. Wyjaśniono przyczyny braków produkcji i metody ich uniknięcia. Omówiono zagadnienia technicznego normowania, organizacji pracy i techniki bezpieczeństwa. Książka jest podręcznikiem dla pracowników hut metali kolorowych i stopów lekkich, służyć może również pracownikom technicznym biur technologicznych i warsztatowych.

L. S.

Osnowy sowriemiennych mietodow rascziotia na procznost w maszynostrojenii. S. D. Ponomarew, W. L. Bidierman, K. K. Lichariw, W. M. Makuszyn, W. I. Feodosjew, Maszgiz, 1952 r., stron 862.

Zbiorkowa ta praca jest drugim tomem całości wydanej pod tymże tytułem (pierwszy tom obejmował zagadnienia obliczeń wytrzymałości i sztywności przy obciążeniu statycznym). Tom ten składa się z trzech części zawierających zagadnienia obliczeń elementów konstrukcji maszyn przy obciążeniach dynamicznych, obliczenie stateczności elementów konstrukcji i obliczenia pełzania elementów pracujących w wysokich temperaturach. Część pierwsza zawiera rozdziały omawiające obliczenia wytrzymałości elementów ruchomych, drgania układów sprężystych, wyznaczenie częstotliwości drgań własnych, obliczenia przy obciążeniach uderzeniowych i obliczenie wytrzymałości przy obciążeniach zmiennych. Rozdziały części drugiej podają obliczenie stateczności prętów ściskanych, prętów cienkościennych otwartych, cienkich płyt prostokątnych i skorup. Część trzecia zawiera w jednym rozdziale rozpatruje zagadnienie obliczeń pełzania elementów konstrukcji i zjawiska relaksacji w elementach maszyn przy różnych typach obciążeń. Książka jest przeznaczona dla inżynierów konstruktorów i warsztatowców pracujących w dziedzinie budowy maszyn.

L. S.

Jak prowadzić bibliotekę fachową w zakładzie produkcyjnym. Edward Assbury i Jadwiga Czarnecka, Państwowe Wydawnictwa Techniczne, 1952 r., stron 126.

Omawiana książka ukazała się jako wydawnictwo Centralnego Instytutu Dokumentacji Naukowo-Technicznej i stanowi pomoc dla pracowników, często nie mających żadnego specjalnego przygotowania bibliotekarskiego, w umiejętnym zorganizowaniu i prowadzeniu biblioteki. Treść książki podzielona jest na sześć rozdziałów, omawiających następujące tematy: kierownictwo i administracja biblioteki; gromadzenie i uzupełnianie księgozbioru; opracowanie księgozbioru; udogodnienie księgozbioru; kontrola księgozbioru i usuwanie książek; sprawozdawczość. W załącznikach zamieszczono wykaz książek zaleconych, słowniczek, skrócone tablice klasyfikacji dziesiętnej oraz skorowidz do nich. W tekście znajduje się 28 wzorów formularzy, arkuszy oraz kart katalogowych, ułatwiających przeprowadzenie omówionych w książce czynności w pracach bibliotekarskich. Książka jest bardzo przydatna, nie tylko dla pracowników bibliotek i ośrodków dokumentacji.

S. M.

Prace naukowe i badawcze Instytutu Techniki Budowlanej, Nr 55, Seria Z. Bibliografia prac naukowo-technicznych, Nr 1. Bibliografia prac naukowo-technicznych z zakresu budownictwa ogólnego i drogowego za lata 1945—1947. Instytut Techniki Budowlanej, 1950 r., stron 215.

Omawiane wydawnictwo otrzymaliśmy z Działu Dokumentacji Technicznej i Szkolenia ITB bezpłatnie, ale dopiero w listopadzie 1952 r., to jest w dwa lata po wyjściu z druku, dlatego wzmianka ukazuje się dopiero w r. 1953. Stwierdziłszy nieuzasadnienie rozrzucony sposób drukowania — jednostronnie oraz brak spisu treści. Ten ostatni wzgląd umożliwił nam jednak podczas wertowania wydawnictwa odnalezienie poza działem „Lotnictwo” jeszcze szeregu wzmianek bibliograficznych, dotyczących lotnictwa, rozrzuconych w kilkunastu miejscach (str. 27, 77, 95, 111, 143, 157, 183, 183). Ponieważ inne wzmianki powtarzają się wielokrotnie (np. Podręcznik inżynierii — 13 razy, Podręcznik budowlany — 11 razy) wydawałoby się celowe zgromadzenie wszystkich wzmianek dotyczących lotnictwa w tytułowym rozdziale „Lotnictwo” i wtedy omawiany zeszyt „Prac” byłby rzeczywiście pożyteczny i nadawałby się do wykorzystania. W wzmiankach, mogących zainteresować czytelników „Techniki Lotniczej” zebrano recenzje publikacji dotyczących budowy lotnisk oraz prac pokrewnych jak np. budowa hangarów, badanie gleby itp.

S. M.

Prace Głównego Instytutu Chemii Przemysłowej, Zeszyt 4, Badania nad kontaktami cynkowo-żelazowymi w reakcji odwodorniania cykloheksanolu. Edward Treszczanowicz, Państwowe Wydawnictwa Techniczne, 1952 r., stron 51.

Omawiany zeszyt prac zawiera tytułową pracę, opisującą założenia teoretyczne i przebieg badań oraz doświadczalne wrażliwości i wnioski.

S. M.

Wynalazczość pracowniczka w planie 6-letnim. mgr inż. Zbigniew Muszyński, Państwowe Wydawnictwa Techniczne, 1952 r., stron 43.

Omawiana broszurka należy do „Biblioteki Planu Sześcioletniego” PWT i porusza zagadnienie wynalazczości pracowniczego, jako fragmentu planu. W tekście autor objaśnia szereg podstawowych problemów prawodawstwa patentowego, podane na końcu przykłady opisów usprawnienia pracowniczego, udoskonalenia technicznego oraz patentu na wynalazek, ułatwiają zrozumienie istoty różnic pomiędzy tymi ulepszeniami. Broszurka dzieli się na siedem rozdziałów, poruszających następujące tematy:

wstępne wiadomości wprowadzające, wynalazczość pracowniczego w okresach od r. 1945 do końca 1949 oraz w planie 6-letnim, pomoc związków zawodowych na odcinku wynalazczości pracowniczego w planie 6-letnim, inteligencja techniczna a wynalazczość pracowniczego w planie 6-letnim. Urząd Patentowy PRL w planie 6-letnim oraz przykłady z naszej wynalazczości. Ciekawe wykresy ilustrujące przewidywania oraz fotografie z wystaw racjonalizatorskich i wynalazczości oraz spotkań z racjonalizatorami dopełniają całości tej małej ale interesującej broszurki.

S. M.

1. Metoda Kowalowa w szkoleniu zawodowym. 2. Metodyka chronometrażu. Bronisław Żelazowski, Polskie Wydawnictwa Gospodarcze, 1952 r., stron 42.

Obydwie prace zamieszczone w omawianej broszurze są przedrukami artykułów z miesięcznika „Ekonomika i Organizacja Pracy” z roku 1951. W pracy pierwszej autor omawia korzyści wynikające z zastosowania metody Kowalowa dla rozpowszechnienia przodujących sposobów pracy wśród robotników oraz wspomina o polskich doświadczeniach przy wprowadzaniu metody Kowalowa. W drugiej pracy autor zaznacza czytelnika z różnicami, jakie cechują chronometraż w ustroju kapitalistycznym i socjalistycznym. Broszura stanowi tom 17 „Biblioteki Pracy” PWG; może ona zainteresować wielu techników pracujących w przemyśle lotniczym przy zagadnieniach normowania pracy.

S. M.

Z zagadnień normowania pracy. Andrzej Ferski, Polskie Wydawnictwa Gospodarcze, 1951 r., stron 31.

Omawiana broszura jest XV tomikiem „Biblioteki Pracy” PWG, przy czym treść jej stanowią dwa artykuły, przedrukowane z czasopisma „Ekonomika i Organizacja Pracy” z 1951 r., poruszające następujące tematy: zadania normowania pracy w planie sześcioletnim oraz normowanie pracy w przemyśle o procesach aparaturowych. Artykuł pierwszy stanowi krytykę metody „Refa” i wskazuje na właściwe metody, oparte na pracach radzieckich, odnoszących się do poszczególnych gałęzi przemysłu. Artykuł ten zawiera znaczny materiał, który będzie nadewał się do wykorzystania w wytwórniach lotniczych przy normowaniu pracy. Artykuł drugi zawiera szereg informacji, dotyczących raczej przemysłu chemicznego i spożywczego, z którymi warto jednak zapoznać się, ponieważ pozwolą na rozszerzenie horyzontów w dziedzinie normowania.

S. M.

Prace Instytutu Odlewnictwa, Zeszyty Nr 1, 2 i 3, prace zebrane. Państwowe Wydawnictwa Techniczne, 1952 r., stron 155.

Zeszyty omawianego wydawnictwa zawierają prace z dziedziny odlewnictwa, z których niektóre mogą być przydatne dla pracowników odpowiednich działów przemysłu lotniczego.

Zeszyt Nr 1 zawiera: Elektrolityczne polerowanie zgładów do badania metalograficznego (R. Krzeszewski), Postać węgla żarzenia w żeliwie ciągliwym, mechanizm jego powstawania i wpływ na własności wytrzymałościowe (J. Piaskowski i J. Rączka), Żeliwo zbrojone (M. Misiąg). Badania wpływu zmiany stopnia grafityzacji na własności żeliwa (W. Łoskiewicz i J. Kowalski).

W zeszytach Nr 2 są opublikowane następujące prace: Zagadnienie systematyki wad odlewniczych (K. Gierdziejewski), Badania nad tłokowymi i suwakowymi pierścieniami parowozowymi (W. Łoskiewicz i S. Fitta), Nomogramy do obliczania układów wlewowych form zalewanych przez dziób kadzi (K. Hess), Badania nad grafitem sferoidalnym w żeliwie (J. Piaskowski), Metalografia kwasoodpornych stopów żelaza z krzemem (Z. Tyszkowski). Zeszyt Nr 3 zawiera: Badania wpływu zmiany stopnia grafityzacji na własności żeliwa. Część II (W. Łoskiewicz i J. Kowalski), Naprężenia własne w odlewach żelazowych i usuwanie ich za pomocą wyzarcia odprężającego. Część II. Odprężanie odlewów żelazowych niskochromowych (A. Woźniacki), Hartowanie z przemianą izotermiczną a ulepszenie ciepła żeliwa niskochromowego (J. Rutkowski), Wpływ różnych stopów magnezu oraz modyfikowania żelazokrzemem na wytwarzanie żeliwa sferoidalnego (J. Piaskowski).

S. M.

Prace Instytutu Metalurgii, Zeszyt Nr 4, prace zebrane. Państwowe Wydawnictwa Techniczne, 1952 r., stron 70.

Omawiany zeszyt Prac I. Met. zawiera następujące prace: Możliwość matematycznego określenia płynięcia metalu w profilach regularnych (Z. Wusatowski i R. Wusatowski), Otrzymywanie tlenku magnezu z ługów pokarmalutowych (M. Orman), Porównanie prób zluźnienia z próbami pełzania (W. Tomaszczuk i Z. Borysowski), Rentgenograficzne badania krajowych kaolinów i glin ogniotrwałych (Z. Zioliński), Karburyzacja piromienia w piecu martenowskim. Część I. Przegląd literatury (E. Ryszkowski).

S. M.

Wagi wysokiej dokładności, konstrukcja, ważenie i odważniki. W. Felgentraeger, tłum. z niem. mgr inż. A. Richter, Państwowe Wydawnictwa Techniczne, 1952 r., stron 256.

Książka omawia teoretyczne zasady ważenia oraz konstrukcji dokładnych wag, rozpatruje elementy konstrukcji i materiały, porusza zagadnienie regulacji wag, daje przegląd wag laboratoryjnych różnych typów. Treść dzieli się na pięć części: Wstęp, Wagi, Wazenia, Odważniki, Zakończenie. Całość dopełniają tablice, zawierające dane fizyczne: w tekście przerobiono wiele przykładów, ułatwiających zrozumienie i przyswojenie podanych wiadomości. Książka może być z pożytkiem wykorzystana przez użytkowników wag laboratoryjnych wysokiej dokładności również i w przemyśle oraz instytutach badawczo-naukowych lotnictwa.

S. M.

Jeśli interesują Cię zagadnienia sportu lotniczego...

Jeśli chcesz poznać wspaniałe osiągnięcia lotnicze polskie, radzieckie i krajów Demokracji Ludowych...

Jeśli chcesz poznać problemy pilotażu, meteorologii lotniczej, nawigacji, spadochroniarstwa...

Jeśli jesteś zamilowanym modelarzem...

Jeśli chcesz być aktywnym członkiem Ligi Lotniczej...

czytaj i prenumeruj czasopisma prasy lotniczej:

SKRZYDLATA POLSKA oraz SKRZYDŁA I MOTOR

Prenumeratę przyjmują urzędy pocztowe w miejscu zamieszkania oraz listonosze.

Fotograficzne metody przenoszenia rysunku na metal

Przenoszenie rysunku na metal na drodze fotograficznej daje niekiedy bardzo znaczne korzyści. Ma to miejsce szczególnie w przypadku masowej produkcji, gdy żąda się aby znaczna partia elementów konstrukcyjnych miała jak najściślej identyczne wymiary. Użycie szablonu może prowadzić do powstania pewnych niedokładności przy przerysowywaniu, podczas gdy proces fotograficzny zapewnia jak najściślejszą powtarzalność wymiarów wszystkich egzemplarzy. Metoda fotograficzna ułatwia również znacznie przenoszenie na blachy — rysunku przedmiotu w skomplikowanych kształtach. Ogólnie, metody fotograficznego przenoszenia rysunku na metal można podzielić na 2 sposoby postępowania:

1. Fotografowanie szablonu a następnie rzutowanie obrazu z kliszy przez obiektyw na blachę pokrytą emulsją światłoczułą.

2. Stykowe kopiowanie na blachę, pokrytą substancją światłoczułą, rysunku wykonanego na materiale przezroczystym (szkło, pleksiglas).

Sposób pierwszy nastręcza przy wykonaniu liczne trudności, których pokonanie wymaga znacznej ilości urządzeń i wysoko wykwalifikowanego personelu.

Przy stosowaniu tego sposobu zachodzi konieczność użycia wysokoczułej emulsji bromosrebrowej, co pociąga za sobą albo konieczność wytwarzania jej na miejscu, do czego trzeba znacznej specjalizacji — albo dowozu z zakładów, wytwarzających tę emulsję. Dowóz taki w ciepłych porach roku stwarza pewne trudności, bo emulsja może być przewożona i przechowywana tylko w stanie zamrożonym.

Poza tym przy procesie fotografowania i rzutowania zachodzi konieczność użycia obiektywów o jak najdoskońalszej korekcji (dystorsja) oraz znacznej ilości różnych urządzeń pomocniczych.

Również powierzchnia pomieszczeń, w których pracuje się, musi być dość znaczna ze względu na konieczność obróbki chemicznej naświetlonych płyt (wywoływanie, płukanie, utrwalanie, płukanie).

Mimo tych i wielu innych trudności, powyższy sposób uzyskiwania rysunku na metalu został wprowadzony w niektórych dużych zakładach przemysłu lotniczego. Drugi sposób postępowania jest znacznie mniej skomplikowany w wykonaniu, nie wymaga wielu urządzeń i tak wysoko wykwalifikowanego personelu jak sposób pierwszy. Ustępuje mu jednak pod względem wielostronności zastosowań. Mimo dość znacznej prostoty stykowego kopiowania — w porównaniu ze sposobem polegającym na rzutowaniu, trzeba rozwiązać cały szereg zagadnień technicznych, aby znalazło ono zastosowanie w przemyśle.

Sam proces stykowego kopiowania rysunku na metal znany jest i stosowany od wielu lat w przemyśle graficznym, jednak bezpośrednie przeniesienie tych metod do przemysłu lotniczego byłoby niecelowe, ze względu na różne zadania, jakie spełnia rysunek na blasze w przemyśle graficznym i lotniczym — a co za tym idzie, ze względu na specjalną technologię stosowaną w przemyśle graficznym.

Kopiowanie rysunku dla celów przemysłu lotniczego powinno przebiegać możliwie szybko, „wywołanie” obrazu powinno być nieskomplikowane, cały przebieg powinien być możliwie tani.

Te zasadnicze wymagania stwarzają konieczność wyboru takiej substancji światłoczułej, która pozwoli na spełnienie powyższych wymagań.

Jak zostało wyżej stwierdzone, warunkiem tym nie odpowiada emulsja chlorowcosrebrowa. Liczba innych substancji światłoczułych, przy pomocy których można uzyskać obraz w przebiegu stykowym jest znaczna, jednak są one albo zbyt mało światłoczułe, albo dla uzyskania

obrazu trzeba stosować kilka kąpieli, co przy użyciu dużych blach jest niewygodne.

Powyższych wad nie posiada tzw. dwuazotypia, metoda wyzyskująca rozkład na świetle związków dwuazowych. Używane związki dwuazowe są dostatecznie światłoczułe, a uzyskiwanie obrazu jest szczególnie proste w metodzie „suchej” dwuazotypii, polegające na działaniu parami amoniaku na warstwę światłoczułą. Ten właśnie przebieg jest wyzyskany przy produkcji papierów światłoczułych tzw. „ozalidowych”. Ze względu więc na dostępność światłoczułych związków dwuazowych, niewysoką cenę, łatwość uzyskiwania obrazu — użycie ich wydaje się najbardziej celowe dla uzyskiwania stykowych kopii na blasze. — Teraz zostaną omówione poszczególne fazy stykowego kopiowania.

1. Sporządzenie rysunku do kopiowania.

Rysunek musi być wykonany na materiale przezroczystym, trwałym. Praktycznie wchodzi w rachubę płyty ze szkła oraz pleksiglasu (przezroczyste tworzywo sztuczne). Rysowanie tuszem bezpośrednio na szkłe daje złe wyniki, ponieważ szkło jest źle zwilżane przez tusz; powstaje linia nierównej grubości, przerywana.

Dobre wyniki dało rysowanie na szkłe powleczonej b. cienką warstewką żelatyny zgarbowanej alunem chromowym. Praktycznie przeprowadza się to w ten sposób, że szybę polewamy rozcieńczonym roztworem żelatyny (ok. 1,5%) zawierającym alun chromowy, następnie szybę stawiamy pionowo, przy czym nadmiar roztworu spływa. Po wyschnięciu otrzymujemy warstewkę b. cienką, nie dającą się zdrapać, na której można już kreślić tuszem.

2. Nanoszenie roztworu światłoczułego na blachę.

Blachy aluminiowe posiadają bardzo złą zwilżalność, więc bezpośrednie naniesienie na nie roztworu światłoczułego (który jest roztworem wodnym) jest niemożliwe. W Instytucie Lotnictwa były przeprowadzane próby nanoszenia roztworu światłoczułego w następujący sposób: blachę lakierowano emalią „nitro”, następnie po wyschnięciu powlekano cienką warstwą kleju stolarskiego („karuku”) i w końcu rozprowadzano roztwór światłoczuły.

Wyniki uzyskiwane były dość dobre, ale taki sposób postępowania pociąga za sobą znaczne koszty. Lakierowanie stosować trzeba tylko przy kopiowaniu na blachy żelazne, które mają nierówną powierzchnię („zendra”) oraz niejednolite zabarwienie, od którego słabo odbijałaby kreska kopii.

Inny sposób nanoszenia roztworu światłoczułego polega na takim spreparowaniu powierzchni blachy aluminiowej, które powoduje dobrą zwilżalność. Najlepsze wyniki osiąga się na drodze anodowania blach, tj. pokrywania ich warstwą tlenków na drodze elektrolitycznej. Jeśli więc zakłady lotnicze stosują anodowanie jako ochronę przed korozją, równocześnie rozwiązany jest problem preparowania blachy.

W przypadku niestosowania anodowania dla celów przeciwkorozyjnych, nie opłaca się przeprowadzenie tego procesu tylko dla preparowania zwiększającego zwilżalność.

Anodowanie można wówczas zastąpić przebiegiem chemicznym prowadzącym również do powstania warstwy hydrofilnych tlenków, która jest niewystarczająca dla celów przeciwkorozyjnych, nadaje jednak blasze dobrą zwilżalność. Sposobem chemicznym można blachę preparować przy użyciu kwasu fosforowego, chromianów, fosforanów, mieszaninę kwasu fosforowego z gumą arabską i in. — Osiągnięto dobre wyniki przy preparowaniu blachy kwasem fosforowym zmieszonym z alkoholem bu-

tylowym. Preparowanie przeprowadza się przez krótkotrwałe pocieranie blachy szmatką nasyoną roztworem preparującym, a następnie przez splukanie blachy wodą.

Na tak spreparowaną blachę próbowano nanosić roztwór światłoczuły, zmieszany z roztworem żelatyny przez natryskiwanie pistoletem natryskowym. Wyniki uzyskane nie były zadowalające, podobnie jak wyniki uzyskane przy natryskiwaniu na blachę naprzód cienkiej warstwy żelatyny, a po wyschnięciu — roztworu światłoczułego. W obu przypadkach powstawała warstwa o marmurkowym rozcieńczeniu związków światłoczułych.

Poza tym zauważono przy użyciu żelatyny jako środka klejącego, pewien spadek światłoczułości. Wobec tego prowadzone są próby nanoszenia roztworu światłoczułego w mieszaniu z gumą arabską oraz — przy silnie pasywowanych blachach — bez żadnych dodatków klejących. Przy takim nanoszeniu blacha musi znajdować się w pozycji poziomej; dla uniknięcia spływania roztworu z blachy należy jej brzegi cienko posmarować na szerokości kilku mm. wazeliną. Do suszenia wskazane jest użycie strumienia ogrzanego powietrza.

Praca może odbywać się przy świetle żarówek elektrycznych niedużej mocy, bez obawy podziałania światła na roztwór światłoczuły. Blacha z naniesioną warstwą światłoczułą może być przechowywana przez szereg tygodni. Po naświetleniu, obraz skopiowanego rysunku uzyskuje się przez umieszczenie płyty w przestrzeni nasyczonej parami amoniaku, co osiąga się przez ustawienie w tym pomieszczeniu otwartego naczynia z wodą amoniakalną. Kontrola czasu „wywoływania” jest zbyt trudna. Za długie działanie amoniaku nie ma wpływu na jakość obrazu. Po „wywołaniu” obrazu jakiegokolwiek dalsza obróbka jest niepotrzebna. Przy użyciu wyrabianych w kraju roztworów światłoczułych uzyskuje się obraz koloru ciemnofioletowego. Proces jest pozytywny, tzn. czarnym miejscem kopiowanego rysunku odpowiadają ciemne miejsca uzyskanego obrazu.

3. Kopiowanie.

Jako źródła światła przy kopiowaniu można użyć lampy łukowej lub rtęciowej. Lampy łukowe są bardziej wydajne przy kopiowaniu — od rtęciowych, a użycie ich zupełnie nie jest kłopotliwe, jeżeli posiadają automatyczną regulację wysokości węgla.

Ważną rzeczą jest także prowadzenie kopiowania, aby linie kopii posiadały taką samą ostrość jak linie oryginału. Dla osiągnięcia tego można stosować dwa sposoby postępowania:

A). Uzyskać jak najściślejszy styk obu płyt.

B). Nie dbając o ścisły styk używać do naświetlenia wiązki promieni równoległych. Otrzymujemy wtedy ostre odwzorowanie rysunku mimo braku styku.

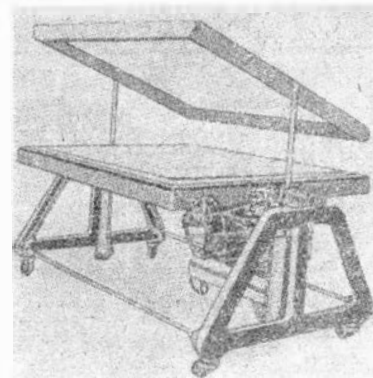
Sposób drugi był opracowywany w Instytucie Lotnictwa. Wiazkę promieni równoległych uzyskiwano przez użycie soczewki skupiającej, umieszczonej w odległości ogniskowej od źródła światła (lampy łukowej). Na tej drodze uzyskano dość dobre wyniki, jednak wadą tego sposobu postępowania jest konieczność stosowania b. długich czasów naświetleń oraz konieczność użycia soczewek o dużej średnicy, których nabycie jest dość trudne. Sposób pierwszy daje pewniejsze wyniki i pozwala na b. znaczne skrócenie czasu naświetlenia.

Dla uzyskania ścisłego styku dwóch większych płaszczyzn nadaje się wyłącznie rama „podciśnieniowa” („pneumatyczna”). Praktycznie daje się ona stosować do formatów ok. 2 m × 1,5 m.

Budowa i sposób użycia ramy podciśnieniowej są następujące:

na mocnej ramie umieszczonej na 2 stojakach w pozycji poziomej kładziemy płytę szklaną rysunkiem do góry. Na płytę szklaną nakładamy uczuloną płytę metalową i całość przykrywamy płatem gumy, w który jest wpuszczony wąż gumowy. Na czterech bokach ramy znajdują się zawieszony na zawiasach listwy, którymi umocowujemy — a zarazem uszczelniamy — brzegi płata gumy przez docisk listew do brzegów gumy mimośrodowymi zaciskami. Teraz załączamy do pompy próżniowej węża wpuszczonego w gumę i wypompowujemy powietrze spod gumy. Ciśnienie atmosferyczne dociska gumę i blachę do

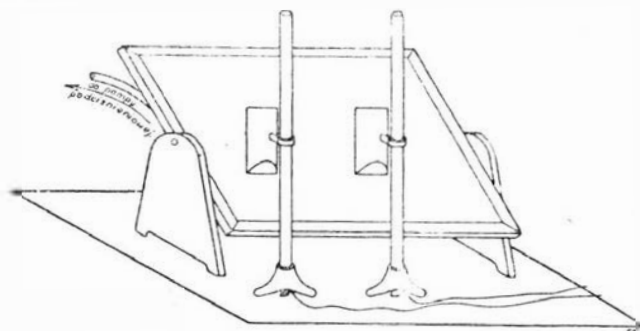
szkła równomiernie na całej powierzchni. W zależności od uzyskiwanej próżni, ciśnienie na blachę wynosi 8000 kg/m^2 ÷ 9000 kg/m^2 .



Rys. 1. Ogólny widok ramy podciśnieniowej

godnień, jak wspólny przewód próżniowy dla kilku ram. automatyczne włączenie pompy próżniowej przy zmniejszeniu próżni do określonego ciśnienia, i inne.

Poza tym, czas potrzebny do zmiany blach można skrócić przez użycie zamiast czterech listew dociskowych — jednej ramy dociskowej, unoszonej w górę przy wymianie blach.

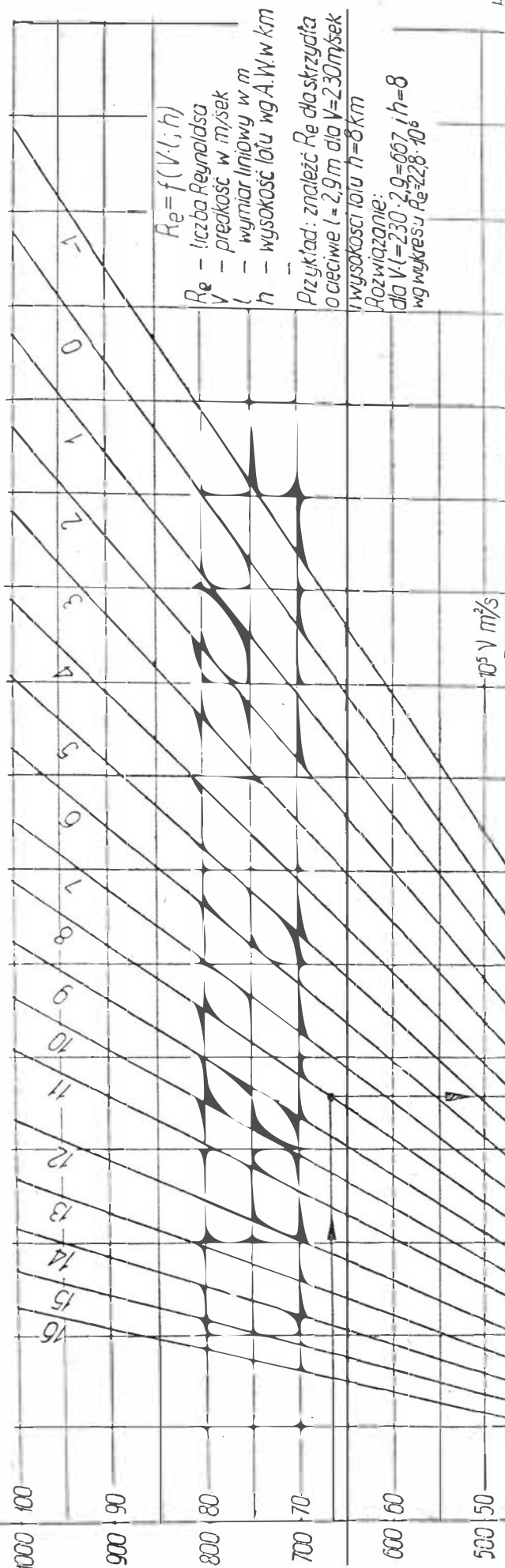


Rys. 2. Ustawienie ramy podciśnieniowej do naświetlania

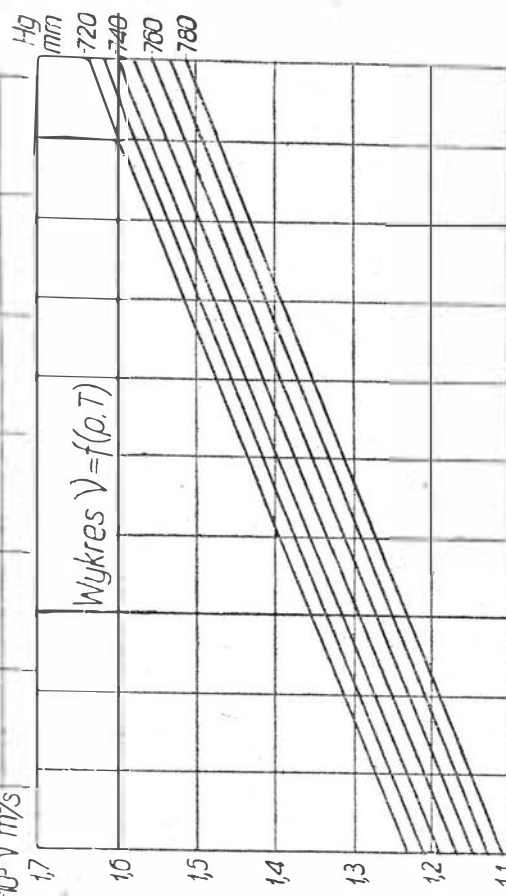
Stosowanie ram próżniowych nie jest możliwe dla blach znacznie przekraczających wymiar 2 m × 1,5 m oraz dla zbyt grubych, dla docięcia których może nie wystarczać ciśnienie atmosferyczne. W takich przypadkach należy użyć do kopiowania wiązki promieni równoległych. Niekiedy detal o długości większej niż 2 m musi być wprowadzony narysowany w całości, może być jednak kopiowany częściami. W takim przypadku kopiowanie bezpośrednio rysunku na blachę przy użyciu wiązki promieni równoległych nie jest wskazane, ponieważ, pomijając długie czasy naświetleń przy tej metodzie, ciągłe manipulowanie płytą szklaną tak dużych rozmiarów może doprowadzić do jej zbitcia, a tym samym zniszczenia oryginału rysunku. Korzystniejsze jest następujące postępowanie: rysunek z dużej płyty kopiujemy częściami na płyty szklane mieszczące się w ramach próżniowych. Najlepiej użyć do tego celu płyt szklanych o powierzchni matowej, przy czym jako materiał światłoczuły użyjemy również związków dwuazowych, ale nie dających fioletowego obrazu (jaki otrzymywaliśmy na metalu) — lecz obraz czerwony. Następnie kopiujemy na metal już nie z oryginału, lecz z jego częściowych kopii na płytach szklanych. Użycie czerwonego barwnika jest z tego względu konieczne, że nie przepuszcza on aktywnych promieni fioletowych, które przepuszcza barwnik fioletowy. Roztwory światłoczułe, dające obraz w kolorze czerwonym, są również produkowane w kraju i służą do sporządzania kalek, przy pomocy których prowadzimy dalsze kopiowanie („transparent”).

Przy takim postępowaniu osiągamy następujące korzyści: a) chronimy oryginał rysunku przed zniszczeniem, b) możemy sporządzić z oryginału dowolną ilość częściowych kopii na szkło, przy pomocy których możemy prowadzić równoczesne kopiowanie wielu egzemplarzy, podczas gdy kopiując z oryginału możemy prowadzić kopiowanie tylko pojedynczo.

wysokość w km



$10^5 V$ m/s



Re 10^6

20 293 303 307 310 313 316 319 322 325 328 331 334 337 340 343 346 349 352 355 358 361 364 367 370 373 376 379 382 385 388 391 394 397 400 403 406 409 412 415 418 421 424 427 430 433 436 439 442 445 448 451 454 457 460 463 466 469 472 475 478 481 484 487 490 493 496 499 502 505 508 511 514 517 520 523 526 529 532 535 538 541 544 547 550 553 556 559 562 565 568 571 574 577 580 583 586 589 592 595 598 601 604 607 610 613 616 619 622 625 628 631 634 637 640 643 646 649 652 655 658 661 664 667 670 673 676 679 682 685 688 691 694 697 700 703 706 709 712 715 718 721 724 727 730 733 736 739 742 745 748 751 754 757 760 763 766 769 772 775 778 781 784 787 790 793 796 799 802 805 808 811 814 817 820 823 826 829 832 835 838 841 844 847 850 853 856 859 862 865 868 871 874 877 880 883 886 889 892 895 898 901 904 907 910 913 916 919 922 925 928 931 934 937 940 943 946 949 952 955 958 961 964 967 970 973 976 979 982 985 988 991 994 997 1000

$$VV\sqrt{5}, M_a = f(V, h)$$

