LETECKÉ ROZHLEDY

ROČNÍK I. *Redaktoři: Podplukovník Vilém Stanovský a major gšt. Karel Stránský.* ČÍSLO 3.

Major Ludvík B u d í n:

Vlastnosti letounu se zřením na bezpečnost létání.

(Dokončení.)

U každého používaného letounu musí býti příčná stabilita požadována aspoň do té míry, by snesl zcela bezpečně „natažení", jehož je zapotřebí k dosažení maximálního vztlaku (max. rychlosti stoupání) a k dosažení minimální horizontální rychlosti. Letoun, který i při těchto nejnižších mezích jeví snahu jíti po křídle, je labilní a musí býti balancován křidélky, je pro nynější dobu zcela nevyhovující a zaslouží, aby byl zrušen. A takových letounů je mnoho. Stejně by mělo býti naloženo s letounem, jehož „visení" do strany nelze odstraniti normálním dovoleným způsobem.

Příčné stabilitě letounu mají piloti věnovati co největší pozornost, neboť jejím porušením přechází letoun do zcela nenormální polohy, a to mnohdy náhle a zákeřně.

Zvýšení příčné stability musí býti proto již pro bezpečnost letu požadováno zcela rozhodně. Příkladem po této stránce může býti v nynější době Anglie.

b) **Podélná stabilita a ovladatelnost.**

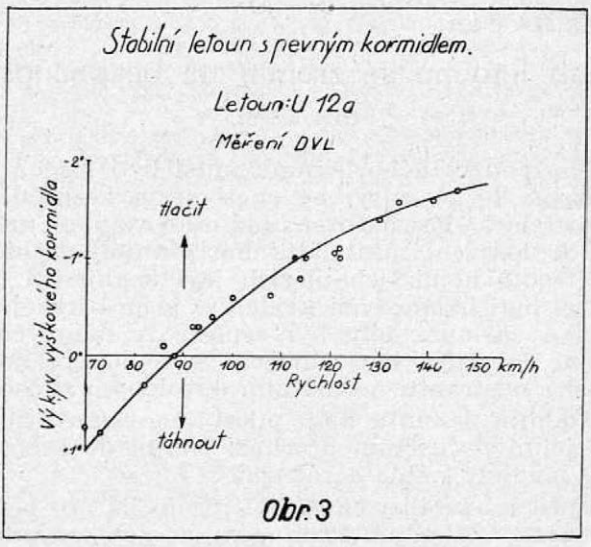
Je třeba hned s počátku upozorniti na to, že podélná stabilita vyjadřuje vlastnost zcela jinou, než je tak zv. „těžkost na ocas anebo na hlavu", neboli krátce „těžkost". Těžkost praví jen to, že letoun není při určité rychlosti v rovnováze, jestliže pilot pustí řízení. Letoun podélně stabilní m u s í býti při menší rychlosti, než je rychlost normálního letu („cestovní" rychlost), těžký na hlavu, při rychlosti pak větší zase těžký na ocas. Těžkost je tedy určena rychlostí, při které nemusí pilot vyvinouti na výškové kormidlo žádné síly (síla 0.— kg). Jinak řečeno, odpovídá-li nulová síla působící na výškové kormidlo rychlosti menší, než je normální („cestovní"), bude při této rychlosti letoun těžký na ocas, bude-li větší, bude těžký na hlavu.

U letounu podélně nestabilního lze ovšem při určité rychlosti dosíci také rovnovážné polohy, kdy síla působící na výškové kormidlo je 0.— kg; není tu však pravidla, že zmenšené rychlosti odpovídá těžkost na hlavu a zvětšené těžkost na ocas. Těžkost se jeví při různých rychlostech různě. Letoun je labilní.

Podélnou stabilitu je nutno posuzovati s dvou hledisk:
1. při pevně drženém výškovém kormidle (pevné kormidlo),
2. při volně puštěném výškovém kormidle (volné kormidlo).

Za rovnoměrného letu a při stálé poloze plynové páky odpovídá každému výkyvu výškového kormidla určitý náklon křídla a tím také určitá rychlost. U letounu podélně stabilního „s pevným kor-

midlem" následuje po výkyvu kormidla ve směru „tlačit" zvětšení rychlosti, ve směru „táhnout" zmenšení rychlosti. K změně rychlosti je třeba toliko pohybu výškovým kormidlem v jednom smyslu — viz diagram. (Obr. 3.)



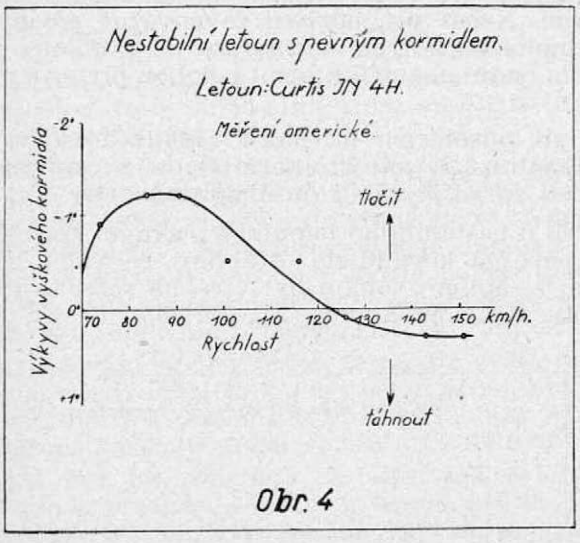
Obr. 3

U letounu podélně nestabilního tomu tak není. Následující diagram (obr. 4) ukazuje měření amerického letounu Curtiss JN4H jako příklad podélně nestabilního letounu. Jak je z diagramu viděti, jsou tu poměry obrácené: malé rychlosti odpovídá výkyv kormidla ve směru „tlačit", velké rychlosti ve směru „táhnout". Při přechodu na př. se 120 km/hod. na 100 km/hod. musí se nejprve „táhnout", aby se zvětšil úhel náklonu křídla, pak hned zase „tlačit", a to tak, že výškové kormidlo musí býti značně více vychýleno, než byl jeho původní výkyv pro rychlost 120 km/hod. Při změně rychlosti musí se tedy výškovým kormidlem konati pohyby dva. (Viz obr. 4)

Podélně nestabilní letoun vyžaduje od pilota za letu největší opatrnosti a co do bezpečnosti letu nutno jej klasifikovati jako k létání neschopný; neboť uvážíme-li, že výškovému kormidlu nepřibývá na účinnosti po překročení meze určitého výkyvu, pochopíme snadno, že za nárazového větru nebo při náhodném hrubším použití výškového kormidla může křídlo dostati tak velký nebo tak malý úhel náklonu, že výškové kormidlo nestačí přivésti letoun do rovnovážné polohy. Letoun přestane býti ovladatelným: byl-li uveden do polohy letu střemhlav, přejde nejpravděpodobněji do strmého letu na záda, a byl-li „přetažen", upadne asi do autorotativního pohybu. Oba případy skončí jistě katastrofou.

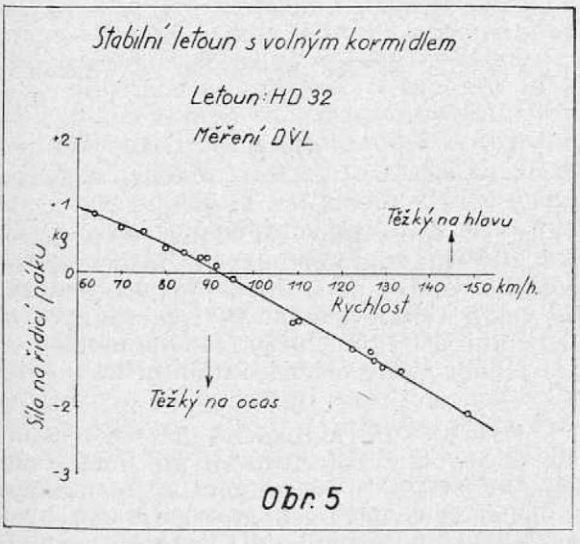
Podélná stabilita „s pevným kormidlem" není ještě postačující pro bezpečné létání. Letoun musí býti podélně stabilní také „s volným kormidlem". Tomu třeba rozuměti tak, že při volném kor-

midle a při poloze plynové páky, odpovídající normálnímu letu (při „cestovní" rychlosti), zůstane letoun v rovnovážné poloze. Při



Obr. 4

změně rychlosti, to jest při „tažení" nebo „tlačení", roste síla působící na výškové kormidlo (řídicí páku) úměrně s velikostí jeho výkyvu, resp. s velikostí positivního nebo negativního náklonu křídla.



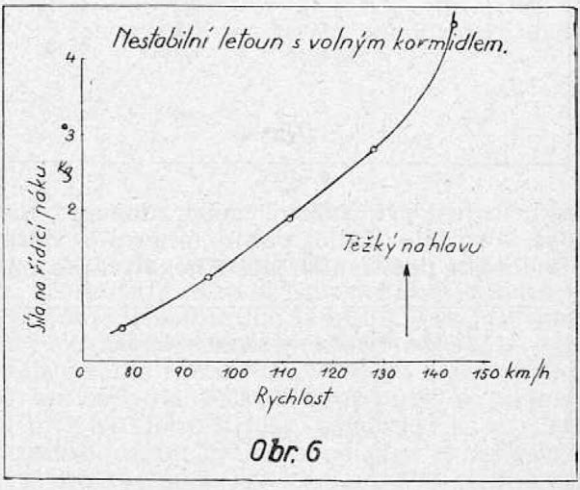
Obr. 5

To znamená, že pilot může létati podle citu, neboť pozná podle velikosti síly, jíž na kormidlo tlačí nebo za ně táhne, v jaké poloze je letoun.

Ve spojitosti s tím je třeba upozorniti, že konstruktivní propracování převodového ústrojí od plynové páky ke karburátoru musí býti mnohem lépe a důkladněji propracováno, než jak je to až dosud zvykem. Neboť pro udržení rovnovážné polohy je rozhodující výkon motoru (otevření karburátoru) a nikoliv počet otáček, které se v tom onom okamžiku mění polohou plynové páky (otevření karburátoru).

Průběh sil působících na páku výškového kormidla podélně stabilního letounu „s volným kormidlem" v souvislosti se změnami rychlostí vpřed je viděti na diagramu. (Obr. 5.)

Průběh sil u nestabilního letounu s „volným kormidlem" (letoun je však „s pevným kormidlem" stabilní), je viděti z dalšího diagramu. (Obr. 6.) Měřený letoun byl v celém rozsahu rychlostí „normálního" letu těžký na hlavu. (Viz obr. 6.)



Obr. 6

Velikost síly, jíž musí pilot na řídicí páku působiti, smí býti jen tak veliká, aby při žádném obratu nedostoupila hodnoty, jíž by pilot nemohl bez únavy delší dobu vyvíjeti; síla 10 kg je již pociťována jako velmi veliká a nemá býti za žádných okolností překročována, tedy ani při úplně přiškrceném motoru a silném „natažení" ani při plném plynu a horizontálním letu (spíše ještě mírně potlačení).

S rostoucími rychlostmi a rozměry dnešních letounů vzrůstají ovšem i určité potíže se zvládnutím sil působících na řídicí páku; ve většině případů, zvláště u letounů velkých, nezbývá než použíti odlehčovacích nebo vyrovnávacích plošek, vytvořených buď přímo tvarem kormidla nebo připojením samostatných plošek. Tato poslední úprava zdá se výhodnější než stranové odlehčení, při kterém se kormidlo snadno nebezpečně kmitá. (A-32, A-38, B-21, F-64, Š. 116.)

Po zkušenostech nabytých za hranicemi se nedoporučuje, aby pro dosažení menších sil na řídicí páku byla zmenšena hloubka výškového kormidla, neboť tak vzniká příliš veliký stranový poměr, který je nevýhodný.

Jak bylo již na jiném místě řečeno, považuje se zredukování tření v převodovém ústrojí na nejmenší možnou míru dnes za samozřejmost. Mimo to by mělo silné tření také vliv při posuzování podélné stability „s volným kormidlem".

Použití odlehčovacích plošek má také ještě tu znamenitou výhodu, že lze jimi snadno vyvážiti kormidlo váhově. Za tím účelem se konstruují vyvažovací plošky přiměřeně těžké, nebo se do nich vloží potřebná závažíčka. Správně vyvážené kormidlo zůstane za klidu, a není-li ofukováno větrem, v každé poloze státi, ovšem za předpokladu, že tření v převodech bylo odstraněno. Váhové vyvážení výškového kormidla má příznivý vliv na „těžkost" letounu.

Váhové vyvažování se děje proto, že těžiště výškového kormidla je nutno posunouti co nejblíže k jeho ose otáčení, aby bylo zabráněno vibracím. Těžiště k ose smí se však posunouti jen tak daleko, aby tím vážně neutrpěla podélná stabilita „s volným kormidlem".

Rozhodující vliv na podélnou stabilitu má poloha těžiště letounu vzhledem k přední („náběžné") hraně křídla. Podle zkušeností z posledních let má býti značně vpředu, asi na 24 až 35% hloubky křídla od jeho přední hrany, měřeno v střední hloubce, nemá-li půdorys křídla tvar obdélníku. Těžiště má býti zkrátka v prostoru mezi přední ⅓ až ¼ hloubky křídla.

V této poloze má ovšem býti těžiště i tehdy, je-li letoun připraven k letu, ať s plným zatížením nebo prázdný. Ze zkušenosti je však známo, že během vývoje letounů poznenáhlu, ale jistě přibývá rozličných zatížení, při čemž těžiště neodvratně „putuje" dozadu a octne se najednou až někde v ½ hloubky křídla, ba někdy snad i dále; o následcích není se třeba zmiňovati. Opravdové nebezpečí v takovém případě hrozí u křídla silně vyklenutého.

V souvislosti s polohou těžiště je třeba se zmíniti o střední vztlakové čáře, jejíž poloha se náklonem křídla mění. Pohyblivost střední vztlakové čáry je závislá na profilu křídla. Putuje-li střední vztlaková čára příliš daleko od těžiště, způsobí výsledná síla váhy letounu, která prochází těžištěm, a výsledná síla vztlaku, která prochází vztlakovou čarou, silový moment, podélnou stabilitu porušující. Z toho důvodu vybírají a hledají konstruktéři profily takové, aby střední vztlaková čára „putovala" co nejméně.

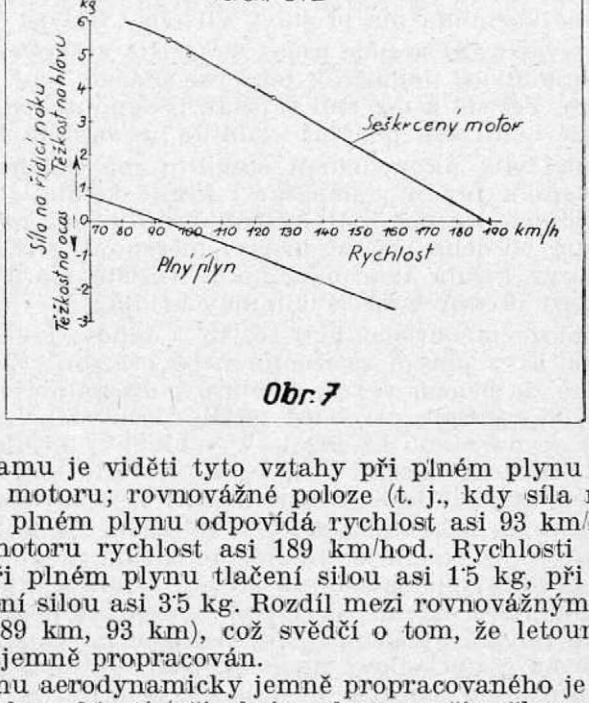
V poslední době se již vyskytují profily, u nichž v rozsahu všech praktických úhlů náklonů střední vztlaková čára svou polohu nemění. Tím se otázka podélné stability značně zjednoduší.

Polohu těžiště u hotového letounu určíme graficky po zjištění váhy letounu u kol a ostruhy, při čemž letoun jednou nakloníme na hlavu, po druhé jej postavíme do normální polohy na zemi. Průsečík výslednic tohoto dvojího vážení je těžiště letounu.

Až dosud bylo uvažováno o podélné stabilitě letounu při konstantním výkonu motoru, t. j. při stále stejné poloze plynové páky,

takže vrtulový vítr co do rychlosti i směru zůstával stále stejný a ocasní plochy byly stále stejně ofukovány.

Jakmile se však změní výkon motoru, změní se i rychlost a směr vrtulového větru a ocasní plochy budou po každé jinou silou a z jiného směru ofukovány. To znamená, že se mění také „těžkost". Rovnovážná poloha se přesune na jinou rychlost vpřed, anebo, chceme-li, aby původní rychlost byla zachována, musí býti kormidlo jinak vychýleno a k jeho udržení bude zapotřebí jiné síly působící na řídicí páku. (Obr. 7.)



Obr. 7

Z diagramu je viděti tyto vztahy při plném plynu a při úplně seškrceném motoru; rovnovážné poloze (t. j., kdy síla na kormidlo je 0 kg) při plném plynu odpovídá rychlost asi 93 km/hod., při seškrceném motoru rychlost asi 189 km/hod. Rychlosti 130 km/hod. odpovídá při plném plynu tlačení silou asi 1·5 kg, při seškrceném motoru tažení silou asi 3·5 kg. Rozdíl mezi rovnovážnými rychlostmi je veliký (189 km, 93 km), což svědčí o tom, že letoun není aerodynamicky jemně propracován.

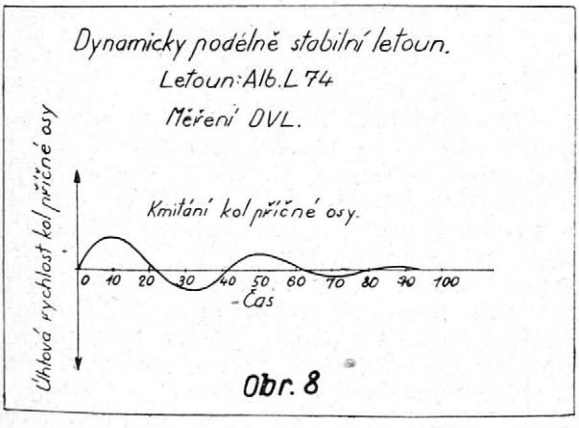
U letounu aerodynamicky jemně propracovaného je tento rozdíl rovnovážných rychlostí (při plném plynu a při seškrceném motoru) mnohem menší (za předpokladu normálního specifického zatížení na 1 m² plochy). Aerodynamicky jemně propracovaný letoun má však zase tu vlastnost, že klouže pod velmi malým úhlem. Může i s malou rychlostí provésti jen klouzavé lety, jejichž dráha je jen mírně skloněna; proto před přistáním velmi dlouho „plove" a nelze jej dostati „k zemi", takže i největší letiště jsou mu krátká. K přechodu z rychlosti normálního letu do rychlosti přistávací potřebuje značně dlouhé doby a činí při přistání potíže zvláště tam, kde je letiště obklopeno překážkami. (Aerodynamická jemnost je značně závislá na vlastnostech poláry křídla.)

Kdyby takový letoun byl příčně tak stabilní, že by bez nebezpečí sklouznutí po křídle bylo možno jej „přetáhnouti" přes hranice největšího vztlaku (takových letadel si přece přejeme), nečinilo by přistání zvláštních potíží. Přímo před samým „posazením" musil by se ovšem letoun opět potlačiti, aby zvýšením vztlaku byla zmenšena sestupná rychlost ve svislém směru, a pak zase dotáhnouti.

Jinou možnost kratšího přistání poskytují vzduchové brzdy (plochy způsobující škodlivé odpory; plochy se před přistáním vysunou).

Podélně stabilní letoun má většinou také podélnou stabilitu dynamickou. Dynamická stabilita se projevuje tím, že letoun když byl při „volném kormidle" vychýlen z rovnovážné polohy, vykoná několik silně se tlumících kmitů a přejde zase do polohy rovnovážné.

Pilot provede zkoušku dynamické stability takto: letoun přivede do rovnovážné polohy „s volným kormidlem"; pak náhle seškrtí motor, takže letoun počne klesati na hlavu, v zápětí potom dá plný plyn a hned zase vrátí plynovou páku na polohu původního rovnovážného letu. Následující kmity letounu (kolem příčné osy) musí se silně tlumiti a letoun musí zase brzy přejíti do rovnovážné polohy. Je-li tomu tak, je letoun dynamicky podélně stabilní. (Obr. 8.)



Obr. 8

U dynamicky podélně nestabilního letounu se tyto kmity nejen netlumí, nýbrž stále zvětšují a letoun musí býti do rovnovážné polohy přiveden zásahem pilota.

Špatná dynamická stabilita může býti také zaviněna kmitáním vodorovné ocasní plochy a kormidla.

Mnozí piloti jsou toho mínění, že stavěním vodorovné ocasní plochy lze zlepšiti podélnou stabilitu, což je omyl. Stavěním této plochy můžeme v určitých mezích zlepšiti nebo změniti jenom „těžkost".

Výškové kormidlo každého letounu musí míti nejméně takovou účinnost, aby při poloze vodorovné ocasní plochy pro „cestovní" rychlost a při úplně seškrceném motoru bylo možno letoun „na-

táhnouti" do polohy největšího vztlaku i v tom případě, kdy těžiště je co nejdále vpředu. Je to nutné proto, aby při nízkém letu bylo lze, když by to bylo nutné, ihned přistáti, bez předchozí změny polohy vodorovné ocasní plochy.

U vojenských letounů, jež svým určením jsou nuceny konati bojové evoluce, požaduje se co největší účinnost kormidla. To je sice v rozporu s pevností nosného systému, avšak zde musí pilot projeviti cit při použití výškového kormidla. Mělo-li by se poukazovati na nebezpečí při brutálním „vybrání" z velké rychlosti, dosáhne se málo zvýšením pevnosti letounu, avšak mnoho dokonalým výcvikem pilota.

Má-li býti kormidlo i při nejmenší rychlosti dosti účinné, musí se při velkých rychlostech jeviti jako předimensované.

Podélná stabilita letounu, jak bylo naznačeno, není dnes již žádným problémem, jak vidíme v cizině, a je ji proto nutno požadovati jako věc samozřejmou. Nejen snad proto, aby pilot byl ušetřen zbytečné námahy, nýbrž hlavně z důvodů bezpečnosti.

c) **Stabilita a ovladatelnost stranová.**

Zabezpečení stability kolem svislé osy — do stran — nečiní dnes již žádných potíží. Stabilita stranová je dána vzdáleností svislé ocasní („kýlové") plochy od těžiště letounu a jejím tvarem, jakož i tvarem trupu. Trup se svislými postranními stěnami převezme značnou část stranového stabilisování a je proto po této stránce výhodnější než trup s oblým průřezem.

Vzdálenost svislé ocasní plochy od těžiště je ovšem dána délkou trupu; letoun s krátkým trupem, zvláště je-li ještě oblého průřezu, vyžaduje značně veliké svislé plochy; jinak je ve směru „nervosní".

Vedle toho má často značně rozhodující vliv vrtulový vítr. Tu třeba bráti v úvahu jeho nesymetrické rozdělení. Vrtulový vítr nemá proudové čáry přímé, plynulé, nýbrž tvoří víry, jejichž tvar i postup dozadu je závislý na počtu otáček vrtule. Vířivý pohyb vrtulového větru způsobuje, že tlakové poměry v prostoru, který je vrtulovým větrem zasažen, jsou nestejné; někde povstává podtlak, jinde zase přetlak a může se státi, že ocasní plochy jsou právě v prostoru, kde tlakové poměry jsou velmi nepříznivé. Aby se to zlepšilo, stačí někdy změniti tvar větrného štítu, nebo se změní tvar výřezu vrchního křídla a pod. (A-30.) Účinek vrtulového větru na ocasní plochy nelze výpočtem stanoviti a takový vítr může letoun, jinak třeba skvěle propracovaný, v jeho ovladatelnosti značně ohroziti. Nicméně zkušený konstruktér dovede si obyčejně poraditi. Rovnovážná poloha stranově stabilního letounu vztahuje se zase na určitý výkon motoru (určitou polohu plynové páky) stejně, jak o tom bylo mluveno u stability podélné; to je obyčejně normální („cestovní") výkon. Za těchto podmínek musí letoun při puštěném nožním řízení letěti přímočaře a po vychýlení z rovnovážné polohy musí se zase, a to bez zásahu pilota, do ní vrátiti.

Při jiné poloze plynové páky počne se letoun pro změnu reakce od otáčivého momentu motoru a pro změnu poměrů ve vrtulovém větru z přímého směru mírně vychylovati na jednu nebo druhou

stranu: u motorů s pravým otáčením při přidávání plynu nalevo, při ubírání plynu napravo od rovnovážné polohy (při „cestovním" výkonu). U motorů s levým otáčením je to obráceně. Vše při volném stranovém kormidle.

K vyrovnání nesymetrického účinku vrtulového větru a reakce od motoru staví se někdy svislá ocasní („kýlová") plocha tak, aby svírala s podélnou osou velmi ostrý úhel. U letounů určených pro bojové evoluce (stíhacích) má býti svislá plocha buď přímo v ose, anebo smí s ní svírati jen nepatrný úhel. Svislá ocasní plocha nemá býti nikdy upravena tak, aby mohla býti její poloha za letu měněna. Její tvar je nyní velkou většinou lichoběžník; dříve se jí dával tvar trojúhelníka. Některé letouny jí vůbec nemají; stabilisaci přejímá pak trup, který je buď značně dlouhý (Salmson), anebo má postranní stěny svislé (B-21).

Zcela zvláštní péče má býti věnována účinnosti stranového kormidla. Má býti tak veliké, aby jeho účinnost byla zaručena i při silně „nataženém" letounu, neboť v tomto případě se jeho účinnost zmenšuje nejen značně zmenšenou rychlostí dopředu, nýbrž i tím, že je zakrýváno výškovým kormidlem, takže jen jeho nezakrytá část je účinná. Aby se toto zakrývání („stínění") zmenšilo, dělí se výškové kormidlo a stranové se prodlužuje až dolů, při čemž se jeho spodní části dává větší hloubka. Tato spodní část zůstává pak nezakryta. (A-30, A-32, Š-116.)

Takové uspořádání způsobuje, že kormidlo je dobře účinné i při pojíždění na zemi.

Stranové kormidlo je při evolucích stejně důležité jako výškové; zatáčky, nejčastější to pohyb ve vzduchu, vyžadují, aby stranové „kormidlo" bylo značně účinné. Účinné stranové kormidlo může při nedobrovolném „přetažení" zabrániti pádu do vývrtky.

Účinné stranové kormidlo poznáme při pojíždění po zemi „po větru" nebo se stranovým větrem; letoun musí býti bez pomoci schopen zatáčeti se podle vůle svého pilota.

Stranové kormidlo se odlehčuje analogicky jako kormidlo výškové. (A-38, B-21, F-64.)

Neobyčejně veliké požadavky třeba klásti na stranové kormidlo u letounů několikamotorových, zvláště u takových, kde vrtulový vítr nezasahuje ocasní plochy. Při vyřadění jednoho motoru musí stranové kormidlo umožniti nejen přímočarý let, nýbrž i zatáčku na stranu běžícího motoru.

V předcházejících odstavcích načrtl jsem v hrubých rysech s hlediska pilota hlavní požadavky, jež by měl splniti moderní letoun po stránce stability kolem všech tří os a jichž uskutečnění na našich letounech bylo by velikým krokem kupředu ve snaze o zvýšení bezpečnosti letu. Neboť je to především pilot, jenž se musí zajímati o zvýšení bezpečnosti. Dobrá vůle našim konstruktérům jistě neschází a hleďme proto společnou prací dohoniti cizinu.

Literatura, jíž bylo užito:

Walter Hübner: 143. Bericht DVL., Flugabteilung. Berlin 1930.
Suffrin-Jarri: La construction des avions. Paris.