

Technická univerzita v Liberci

Fakulta strojní

Kateřina Zajíčková

**SESTAVA A ULOŽENÍ PODÉLNÉHO A PŘÍČNÉHO
ŘÍZENÍ**

Bakalářský projekt

1998

Technická univerzita Liberec

Fakulta strojní

Katedra výrobních systémů

Obor: Strojírenství
Zaměření: Výrobní systémy

SESTAVA A ULOŽENÍ PODÉLNÉHO A PŘÍČNÉHO ŘÍZENÍ

KVS – VS – 27

Kateřina Zajíčková

Vedoucí práce: Ing. Radek Kratochvíl

Konzultant: Ing. Miroslav Hájek

Počet stran: 38

Počet příloh: 15

Počet obrázků: 17

Datum: 21. května 1998

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra : výrobních systémů

Školní rok : 1997/98

ZÁDÁNÍ BAKALÁŘSKÉHO PROJEKTU

pro Kateřinu ZAJÍČKOVOU

obor: (23 - 81 - 7) Strojírenství

zaměření: Výrobní systémy

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona č.172/1990 Sb. o vysokých školách a ve smyslu studijních předpisů pro bakalářské studium určuje toto zadání bakalářského projektu:

Název tématu: Sestava a uložení podélného a příčného řízení

Zásady pro vypracování :

1. Úvod, specifikace zadání.
2. Výkres konstrukčního řešení sestavy a výkresy součástí.
3. Statický a pevnostní výpočet dle zadání.
4. Technologický postup, výběr nástrojů a řezných podmínek pro zadanou součást sestavy.
5. CNC program pro výrobu této součásti.

Rozsah průvodní zprávy: cca 20 stran

Seznam odborné literatury :

- 1/ Vytlačil, M.: Technologie automatizovaných výrob
2/ Vališ, L.: Návod na programování CNC soustruhu E 120 / E 120 P - EMCO
3/ Dráb, V. a kol.: Technologie I, 1. vyd. Liberec 1979

Konsultant: Ing. Miroslav Hájek

Termín odevzdání bakalářského projektu: 29.5.1998

Doc. Ing. Josef Cerha, CSc.

Vedoucí katedry

V Liberci dne 31.10.1997



Doc. Ing. Ludvík Prášil, CSc.

Děkan

Označení BP: 27

Řešitel: Kateřina Zajíčková

TÉMA: Sestava a uložení podélného a příčného řízení

ANOTACE: (stručný výtah náplně, způsobů řešení výsledků)

Práce shrnuje postup při návrhu podélného a příčného řízení, zvláště sestavy a uložení, pevnostní výpočty, technologický postup a NC program obrábění pro zadanou součást.

THEME: Set and seating of the longitudinal and the transversal control

ANNOTATION: (short summary of content, methods used and results. in English)

The work collects process of the design of the longitudinal and the transversal control, especially the set and seating, the design strength, the technological process and NC program for cutting for the component, which is set.

Deset. třídění: DT 621.9

Klíčová slova: ŘÍZENÍ, VÝŠKOVKA, SMĚROVKA

Zpracovatel: TU v Liberci – KVS

Dokončeno: 1998

Archivní označ. zprávy:

Počet stran: 38

Počet příloh: 15

Počet obrázků: 17

MÍSTOPŘÍSEŽNÉ PROHLÁŠENÍ

Místopřísežně prohlašuji, že jsem bakalářský projekt vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury pod vedením vedoucího a konzultanta.

V Liberci 21. Května 1998

Kateřina Gayčková

OBSAH

1. Úvod	8
2. Řízení	9
2.1 Pohyb v prostoru	9
2.2 Řízení	10
2.2.1 Zařízení k ovládání letounu	10
2.2.2 Soustava řízení	11
2.2.2.1 Přímé řízení	11
2.2.2.2 Nepřímé řízení	13
2.2.2.3 Tuhé převody	14
2.2.2.4 Ohebné převody	14
2.2.2.5 Automatizované systémy řízení.....	14
2.2.2.6 Ovlivnění aeroelastickými vlastnostmi	16
2.2.3 Požadavky na systémy řízení	16
2.2.4 Konstrukce řízení	18
3. Výpočet namáhání	28
3.1 Statické namáhání	28
1.1.1 Namáhání od aerodynamických sil	29
3.2 Pevnostní výpočty	29
4. Technologický postup.....	31

5. NC program	33
5.1 Program polotovaru	34
5.2 Program obrábění	34
6. Závěr	36
Seznam použité literatury	37
Seznam příloh	38

Seznam použitých zkratk a symbolů

CAD - Computer Aided Design, systémy slouží ke grafickému
návrhu výrobku

CNC - Computer Numeric Control, počítačem řízený systém obrábění

a,b,c,d - délkové rozměry (m,mm)

D,d - průměr (m,mm)

F - síla (N)

n - otáčky (ot/min)

R_{ay} , R_{ax} , R_{cx} , R_{cy} - reakce (N)

s - posuv (mm/ot)

s_m - minutový posuv (mm/min)

v - řezná rychlost (m/min)

v_{sl} - minimální rychlost (km.h^{-1})

v_c - maximální rychlost vodorovného letu (km.h^{-1})

v_d - maximální návrhová rychlost (km.h^{-1})

v_t - návrhová rychlost při plně vychýlených klapkách (km.h^{-1})

V_x V_y V_z - osová rychlost

x,y,z - osy

α - úhly

Ω - úhlová rychlost (rad.s^{-1})

1. Úvod

Úkolem této práce je navrhnout konstrukční řešení sestavy a uložení podélného a příčného řízení. Součástí této práce jsou statické a pevnostní výpočty, výkresová dokumentace, vypracování programu pro CNC stroj jedné z použitých součástí včetně technologického postupu, řezných podmínek a uspořádání nástrojů v nástrojové hlavě stroje.



Obr. 1 Letačová souřadnicová soustava

2.Řízení

2.1 Pohyb v prostoru

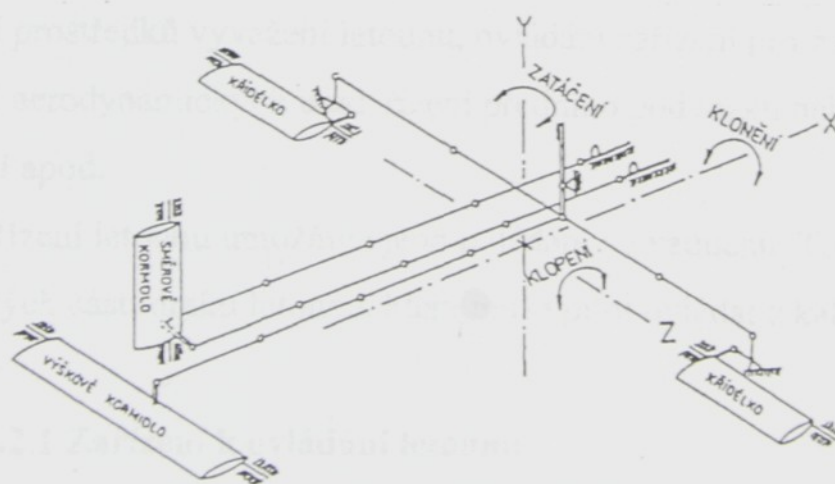
Letadlo koná v prostoru mnohdy velmi složitý pohyb, který v pravoúhlé souřadnicové soustavě můžeme popsat jako posuvný pohyb se složkami ve směru všech tří os a jako otáčivý pohyb se složkami kolem všech tří os. Tento prostorový pohyb je řízen pomocí třech hlavních řídicích orgánů - výškového kormidla, směrového kormidla a křidélek.

K popisu prostorového pohybu letadla použijeme tzv. letadlovou souřadnicovou soustavu, viz obr. 1, pevně spojenou s letadlem. Počátek soustavy je v těžišti letadla. Jednotlivé osy soustavy jsou:

x... podélná osa letadla: leží v rovině souměrnosti a má vhodně zvolený směr (např. podélná osa trupu, hlavní osa setrvačnosti apod.)

y... bočná osa letadla: je kolmá k rovině souměrnosti letadla

z... kolmá osa letadla: leží v rovině souměrnosti a je kolmá k ose x



Obr. 1 Letadlová souřadnicová soustava Ω

Složky rychlosti posuvného pohybu letadla do směru tří os přebírají jejich názvy. Rozeznáváme tedy podélnou (V_x), bočnou (V_y) a kolmou (V_z) rychlost letadla.

Otáčivý pohyb letadla můžeme rozložit rovněž na tři složky. Dostáváme tak klonění kolem podélné osy letadla úhlovou rychlostí klonění Ω_x , klopení kolem bočné osy úhlovou rychlostí klopení Ω_y a zatačení kolem kolmé osy letadla úhlovou rychlostí zatačení Ω_z . Momenty působící kolem tří os letadla přebírají také názvy otáčivých pohybů. Dostáváme tak moment klonění, který označíme L , klopení M a zatačení N .

Uvedená souřadnicová soustava mimo to, že je pravoúhlá, je i pravotočivá. Kladné smysly os, posuvných i úhlových rychlostí a otáčivých momentů jsou v obr. 1 naznačeny šipkami.

2.2 Řízení

Slouží ke změně polohy kolem jeho os. Toto zajišťují kormidla příčného, výškového a směrového řízení. Do řízení bývají někdy zahrnována i zařízení, která usnadňují ovládání letounu (tzv. pomocné řízení). Patří sem ovládání prostředků vyvážení letounu, ovládání zařízení pro zvýšení vztlaku, ovládání aerodynamických brzd, řízení předního podvozku nebo ostruhy při pojíždění apod.

Řízení letounu umožňuje jeho ovládání ve vzduchu. Toto se děje pomocí pohyblivých částí draku letounu, které může pilot ovládat z kabiny letounu.

2.2.1 Zařízení k ovládání letounu

- vlastní řízení - slouží přímo k ovládání letounu kolem jeho os pomocí kormidel
- pomocné (vedlejší) řízení - slouží k ovládání vyvažovacích plošek, zařízení pro zvýšení vztlaku nebo zvýšení odporu apod.

2.2.2 Soustava řízení

Soustavy řízení jsou různých typů. Každá se však dá rozdělit na jednotlivé části (články), které mají určitou funkci. Z tohoto hlediska každá soustava řízení obecně obsahuje:

- základní článek - nazývaný ovladač. U vlastního řízení je to orgán řízení, umístěný v kabině (řídící páka, nožní pedály), u pomocného řízení je to prvek, kterým se ovládá orgán pomocného řízení.
- spojovací článek (převody řízení) - zajišťují propojení od ovladače k výkonnému orgánu řízení (táhla, lana, páky, vahadla apod.).
- výkonný článek - tj. přímo orgán řízení (kormidla, interceptory, vztlakové klapky apod.).
- kontrolní článek - signalizuje správnou polohu výkonného orgánu řízení v kabině.

Kromě těchto základních článků obsahují jednotlivé typy řízení další doplňující články, podle druhu a složitosti řízení (např. články zesilující sílu pilota na ovládací orgán, články upravující výchylky kormidel atd.).

2.2.2.1 přímé řízení - pilot působí silou na ovladač (řídící orgán v kabině) a prostřednictvím spojovacího článku (převodu řízení) ovládá přímo výkoný článek (kormidlo).

U přímého řízení se docílí ovládání kormidel pomocí ručního a nožního řízení, umístěného v kabině letounu. Úhel, vychýlení kormidel je volen podle potřebné hodnoty momentů vzhledem k ose letounu.

U současných letounů se volí úhly vychýlení zpravidla v rozmezí těchto hodnot:

balanční křidélka: 15° - 20° na obě strany

výškové kormidlo : nahoru 26° - 32° , dolů 15° - 20°

plovoucí stabilizátor náběžné hrany: nahoru 7° - 13° , dolů 15° - 28°

směrové kormidlo : 25° - 30° na obě strany.

Úhel vychýlení řídicí páky je omezen prostorem kabiny a volí se tak, aby pilot mohl řídicími pákami dobře pohybovat a aby na ně ve všech polohách dosáhl. Úhly vychýlení se pak volí v rozmezí těchto hodnot:

ruční řídicí páka: - k sobě 18° - 26° , od sebe 12° - 16°
do stran 14° - 17° (od kolmé roviny)

nožní řídicí páka: - 70 až 100 mm chodu dopředu a dozadu (od neutrální polohy)

V přímém řízení je přímá kinematická vazba řídicí páky s řídicí ploškou - kormidlem. Závěsové momenty aerodynamických sil vychýleného kormidla se překonávají silou pilota na řídicí páce. Proto se v tomto systému řízení používají mechanické:

- tuhé převody
- ohebné převody
- smíšené převody

Přímé řízení je konstrukčně jednoduché, představuje soustavu sériově spojených prvků přímé mechanické vazby mezi řídicí pákou a kormidlem. Pilot vychýlením řídicí páky vyvolává okamžitou výchylku kormidla. Systém je charakterizován převodovým poměrem, což je poměr mezi výchylkou kormidla a úhlovou výchylkou řídicí páky.

2.2.2.2 nepřímé řízení - pilotova síla od řídicího orgánu v kabině je zesilována a touto silou je pak ovládáno kormidlo.

V systému nepřímého řízení je pilotova síla od řídicího orgánu v kabině zesilována a touto silou je pak ovládáno kormidlo. Je to z toho důvodu, že u soudobých letounů vzhledem k velkým rychlostem letu a velké hmotnosti letadel vznikají na řídicích orgánech (kormidlech) tak velké síly, že nemohou být pilotem fyzicky zvládnuty. Je tedy nutné používat k řízení letounů pomocného silového zařízení v podobě různých servomotorů. U současných letounů jsou nejvíce používány hydraulické zesilovače.

Oproti přímému řízení je do nepřímého řízení vložen mezi základní a výkonný článek řízení zesilující člen - hydraulický zesilovač, na základě jehož činnosti je ovládán výkonný článek - kormidlo.

Druhy nepřímého řízení : Podle zapojení hydraulického zesilovače do soustavy nepřímého řízení rozeznáváme:

a) vratné nepřímé řízení - při tomto způsobu zapojení hydraulického zesilovače v systému řízení se část zatížení od aerodynamických sil kormidla vrací na orgány řízení v kabině (řídicí páku, nožní pedály). Tím je zajištěno zatížení řídicích orgánů v kabině - pilot má pocit řízení.

Vratnost může být zajištěna:

- hydraulicky - část tlakové kapaliny z hydraulického zesilovače působí současně na čelo rozváděcího šoupátka a přes něj se vrací do řídicí páky. Síla na šoupátku je dána poměrem čelních ploch šoupátka a pístu v hydraulickém zesilovači. Toto upořádání se používá málo.

- mechanicky - část síly od kormidla se vrací na orgány řízení v kabině pomocí soustavy pák.

Výhodou vratného řízení je jednoduché zachování pocitu síly v řízení na řídicích pákách. Jeho použití je ale problematické u letounů s velkým

rozsahem rychlostí. Bude-li stupeň vratnosti takový, že vratné síly budou odpovídající při maximálních rychlostech, pak při malých rychlostech budou síly malé. Rovněž při překročení dovoleného přetížení letounu za letu se zvýší vratná síla na takovou hodnotu, že ji pilot nepřekoná.

b) nevratné nepřímé řízení - U tohoto způsobu je zapojen hydraulický zesilovač tak, že se celé zařízení kormidla vyvažuje silou působící do hydraulického zesilovače. Do orgánů řízení v kabině se tedy nevrací žádná síla.

2.2.2.3 Tuhé převody - Systémy řízení s tuhým převodem jsou konstrukčně řešené zapojením táhel, pák a vahadel, které přenášejí sílu v řízení mezi řídicí pákou a kormidlem (v přímém řízení) nebo mezi řídicí pákou a mechanizmy (v nepřímém řízení). Jako táhla se používají duté trubky z lehkých slitin, zakončené koncovkami. Tuhý mechanický převod může přenášet i poměrně velké síly, přičemž dobře plní všechny speciální požadavky na systémy řízení.

2.2.2.4 Ohebné převody - Výhodou ohebného převodu v soustavě řízení je jeho relativně nižší hmotnost při přenosu menších sil a také to, že tento převod je možné vést i relativně složitou cestou v trupu nebo ostatních částech letounu. Skládá se ze soustavy ocelových lan s upravenými koncovkami, vodítek, napínáků, pák a vodících kladek.

2.2.2.5 Automatizované systémy řízení - řízení probíhá ve třech fázích:

- a) Programová fáze s vypracováním požadovaných změn parametrů letu
- b) Kontrolní fáze, kdy se registrují a vyhodnocují informace o skutečných parametrech letu
- c) Regulační fáze, s takovými zásahy do řízení, aby se skutečné parametry letu shodovaly s požadovanými parametry a to vždy s určitou přesností

V nejjednodušším procesu řízení se letoun ovládá přímým řízením, pilot vizuálně kontroluje reakci letadla a zpracovává přístrojové informace informativního charakteru. Toto je řízení bez automatizace. Ve vývoji letadlových konstrukcí se ukázala potřeba automatizovat některé funkce řízení. Nejdříve našly uplatnění automaty řízení letadla na samočinné vedení po trati a udržování výšky letu - autopiloty. Podle stupně automatizace vznikají různě složité soustavy řízení.

Podle stupně automatizace rozeznáváme :

- neautomatizované systémy řízení
- poloautomatizované systémy řízení
- plnoautomatizované systémy řízení

- neautomatizované systémy řízení - u neautomatizovaných systémů řízení pilot zabezpečuje a vykonává všechny fáze procesu řízení sám. Znamená to, že pilot analyzuje situaci a rozhoduje o tom, jak se let uskuteční. Sám uskutečňuje regulační fázi řízení a v kontrolním procesu zpracovává údaje informačního charakteru.

- poloautomatizované systémy řízení - jsou zaměřené na automatizaci některých fází řídicího procesu - kontrolní nebo regulační činnost. Při automatizaci kontrolní činnosti v procesu řízení dostává pilot od zařízení informace povelového charakteru, přičemž programovou a regulační činnost vykonává samostatně. Při automatizaci regulační části procesu řízení zabezpečuje soustava výkon regulace a pilot vykonává programovací a kontrolní činnost.

- plnoautomatizované systémy řízení - jsou na takovém stupni vývoje, že člověk v procesu řízení letu vykonává jen programovací činnost. Ostatní činnosti jsou plně zabezpečené a ovládané systémem řízení letadla.

2.2.2.6 Ovlivnění aeroelastickými silami:

- pasivní systémy řízení
- aktivní systémy řízení

- Pasivní systémy řízení - nejsou schopné nijak zasahovat do aeroelastických vlastností konstrukce letounu. Jejich základním posláním je řízení v rozsahu daných statických charakteristik (změna sil v řízení, změna neutrálního bodu apod.) a dynamických charakteristik letadla (změny úhlových rychlostí atd.). Aeroelastické jevy se v tomto případě konstrukčně řeší jenom pasivním způsobem. Zvýšení kritických rychlostí se dosahuje větších tuhostí konstrukce, vhodným uspořádáním nebo hmotným vyvážením.

- Aktivní systémy řízení - naproti tomu aktivní systémy řízení využívané především u rychlých letadel, jsou schopné aktivně ovlivňovat aeroelastické vlastnosti konstrukce letounu. Letoun pak v daném koncepčním řešení může létat i v rozsahu takových rychlostí, kdy se už překročí kritické rychlosti některých aeroelastických jevů konstrukčních celků nebo celého letounu.

2.2.3 Požadavky na systémy řízení

Pro řízení jako soustavu letadla platí všeobecné zásady, které se musí dodržovat při konstrukci letadel: maximální pevnost při minimální hmotnosti, vysoká tuhost, velká spolehlivost apod. Kromě těchto základních požadavků musí systém řízení splňovat specifické požadavky:

1) Pohyby ovládacích prvků musí odpovídat přirozeným reflexům pilota při snaze zachovat rovnováhu. Jednotný výklad tohoto požadavku je aplikovaný tak, že pohybem řídicí páky k sobě vyvoláme klopení dozadu, pohybem páky vlevo klonění letounu na levou stranu a tlakem na pravý pedál zatačení vpravo.

2) Výsledné síly tření v mechanických převodech nesmí překročit dovolené hodnoty. Zkreslení sil v řízení by mohlo nepříznivě ovlivnit cit pilota při ovládání letounu.

3) Deformace ostatních částí letounu (trup, křídlo apod.) se nesmí projevit na činnosti řízení vedeného těmito částmi. Z tohoto pohledu je ideální elektrické řízení. U systémů s mechanickým převodem je třeba vhodně rozmístit uchycení převodu do konstrukce draku letounu.

4) V soustavě řízení se nesmí vyskytovat „mrtvé chody“. V celém rozsahu řízení až po krajní polohy musí letoun reagovat na jakoukoliv velkou výchylku řídicí páky či pedálu.

5) V soustavě řízení nejsou dovoleny vibrace. Proto se délka táhel řízení omezuje, aby jejich vlastní frekvenční charakteristiky nemohli způsobit rezonanci s ostatními soustavami letadla. Je-li délka převodu velká, je třeba táhlo rozdělit na několik menších úseků (do 2m).

6) Síly v řízení se musí plynule zvětšovat s rostoucí rychlostí letu a taktéž s rostoucí výchylkou řídicí páky, a to až do jejích krajních poloh.

7) Účinnost řízení nesmí klesnout pod dovolené hodnoty v rozsahu všech letových režimů a všech rychlostí letu. Tyto hodnoty jsou předepsány.

8) Kinematika systému řízení musí zabezpečovat podmínku nezávislosti pohybu jednotlivých kormidel. Důležité je to především u podélného a příčného řízení, které je mechanicky vázanou na jeden řídicí orgán – řídicí páku nebo volant. Vychýlením řídicí páky jen v příčném směru se musí vychylovat jen balanční křídélka, ale výškové kormidlo musí zůstat nehybné.

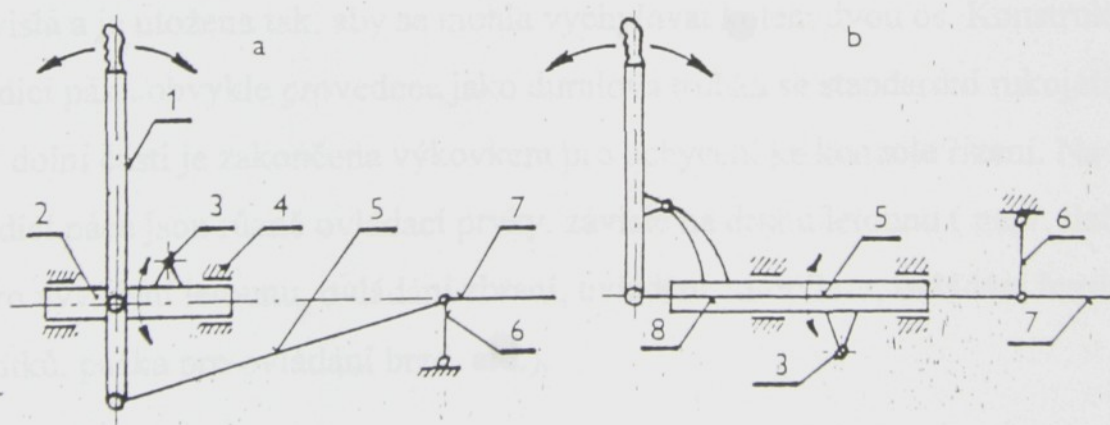
9) Složité systémy řízení se musí na zabezpečení požadované spolehlivosti zálohovat (nepřímé řízení).

10) U nepřímých systémů řízení nesmí činnost jiných agregátů silových soustav (hydraulických, elektrických atd.) ovlivňovat činnost servomechanizmů řízení.

2.2.4 Konstrukce řízení

1) **ruční řízení** - ruční řízení v pilotní kabině dělíme podle druhu řídicích pák na řízení pákové a volantové

-konstrukce ručního řízení musí umožňovat současné ovládání jak výškového kormidla, tak i balančních křidélek. Řízení výškového kormidla je docíleno pohybem řídicí páky dopředu a dozadu, řízení křidélek pohybem řídicí páky doleva, doprava, nebo u volantového řízení otáčením volantu doleva a doprava. Kromě možnosti současného ovládání výškového kormidla a křidélek, má konstrukční uspořádání zabezpečit i vzájemnou nezávislost pohybu těchto kormidel.



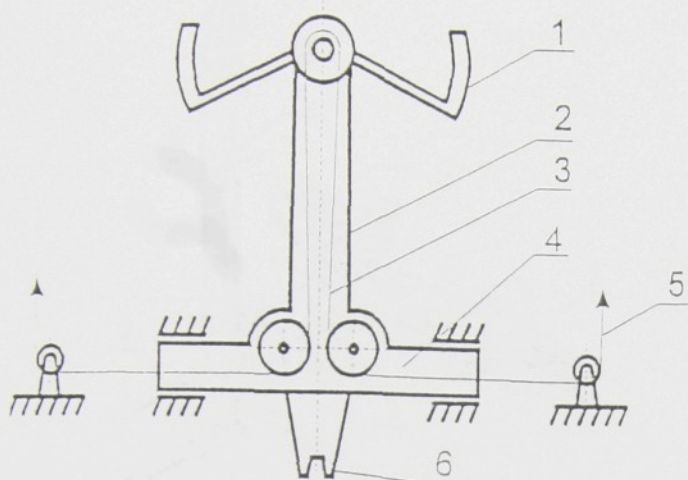
varianta a) spojení táhla od řídicí páky s vahadlem na prodloužené ose hřídele

varianta b) uložení tohoto táhla do osy hřídele

1)řídicí páka, 2) hřídel, 3) převod ke křidélkům, 4) ložisko, 5) táhlo, 6) vahadlo,

7)táhlo k výškovému kormidlu, 8) osa hřídele

Obr. 2 Uspořádání vzájemné nezávislosti pohybu kormidel u pákového řízení



- 1) volant,
- 2) páka (sloupek) řízení,
- 3) řetězový převod,
- 4) hřídel,
- 5) převod ke křidélkům,
- 6) převod k výškovému kormidlu

Obr. 3 Volantové řízení polohou lan řízení křidélek v ose hřídele

2. volantové řízení

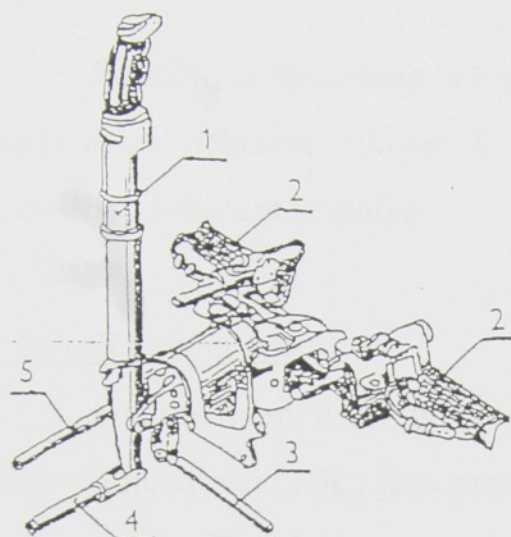
Používá se u dopravních letounů, u kterých je volant spojen s řídicí pákou.

a) Jednoduché ruční řízení

1. pákové řízení

Používá se především u jednomístných letounů. Řídicí páka je svislá a je uložena tak, aby se mohla vychylovat kolem dvou os. Konstrukčně je řídicí páka obvykle provedena jako duralová trubka se standardní rukojetí. V dolní části je zakončena výkovkem pro uchycení ke konzole řízení. Na ruční řídicí páce jsou různě ovládací prvky, závislé na druhu letounu (např. tlačítka pro vyvážení letounu, ovládání zbraní, ovládání autopilotu, ovládání brzdících štítků, páčka pro ovládání brzd, atd.).

Obr. 5 Volantové řízení



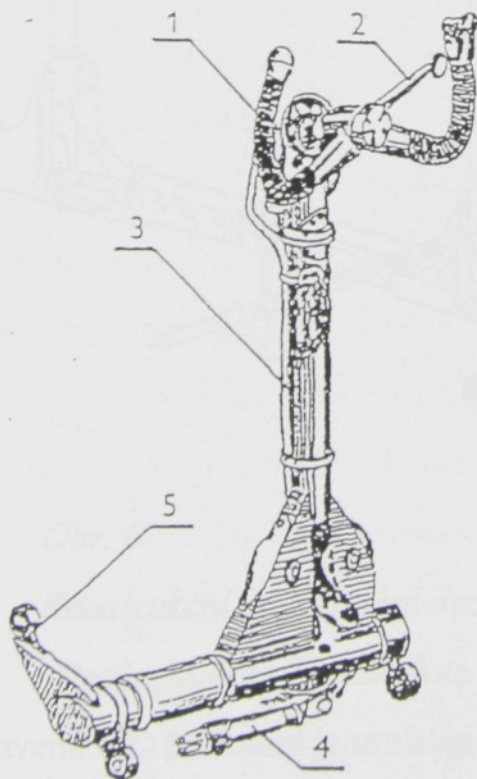
Části:

- 1) ruční řídicí páka
- 2) nožní pedály
- 3) táhlo k ovládání balančních křidélek
- 4) táhlo k ovládání výškového kormidla
- 5) táhlo k ovládání směrového kormidla

Obr. 4 Konstrukční uspořádání ručního a nožního řízení v jednom bloku
(centrálním spoji řízení)

2. volantové řízení

Používá se u dopravních nebo turistických letounů. Pohyb volantu se přenáší buď prostřednictvím řetězů nebo lan. Rovněž může být k tomuto účelu použito kuželového ozubeného soukolí a hnacího hřídele.



Části:

- 1) volant
- 2) ovládací páčka brzd
- 3) řídicí páka
- 4) táhlo k balančním křidélkům
- 5) napojení k výškovému kormidlu

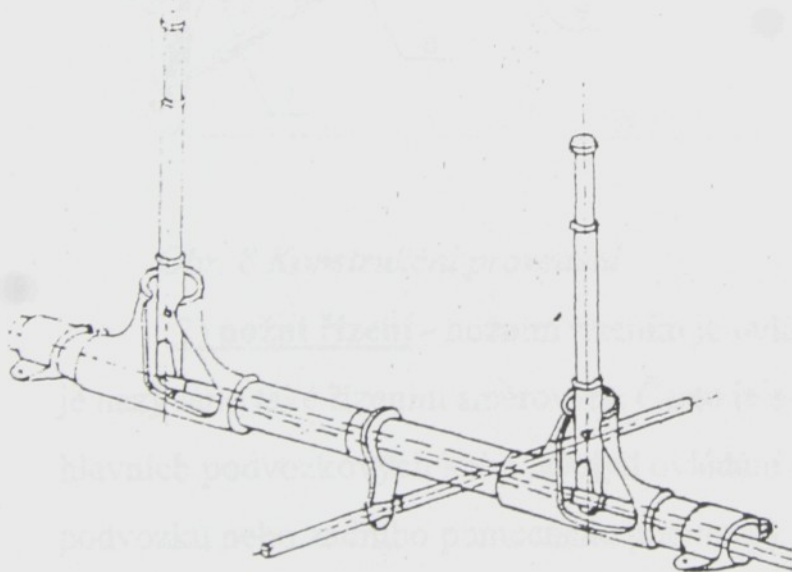
Obr. 5 Volantové řízení

Podobným způsobem je uspořádáno i ruční řízení s výkyvnou rukojetí, kde je volant nahrazen rukojetí. Rukojeť je výkyvná do stran a tímto pohybem se ovládají balanční křidélka.

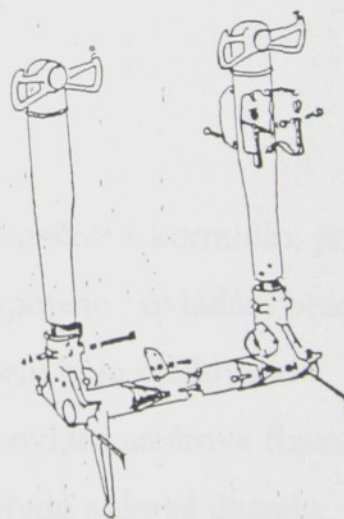
b) Dvojité ruční řízení

Dvojité řízení musí být provedeno tak, aby se dalo řídit kteroukoliv z obou řídicích pák. Páky jsou propojeny tím způsobem, že se vychylují vždy současně. U cvičných letounů se vesměs používá uspořádání řízení za sebou, u dopravních a turistických letounů bývá uspořádání řízení vedle sebe.

Řízení za sebou bývá pákové, řízení vedle sebe zpravidla volantové.



Obr. 6



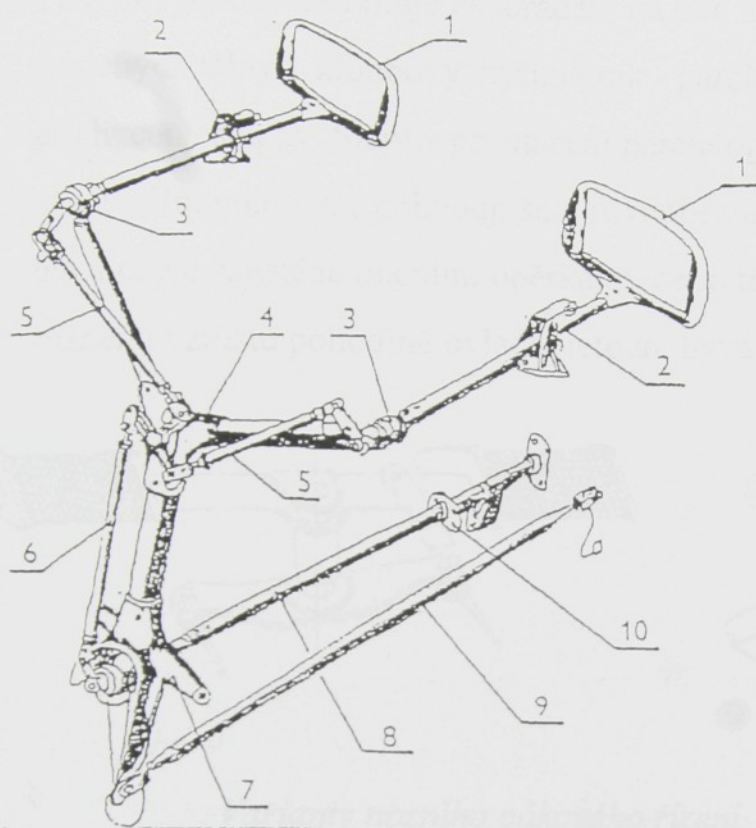
Obr. 7

Konstrukční uspořádání dvojitého pákového řízení

Pro lepší pohodlí pilotů se často používá varianta dvojitého řízení upravená tak, že volant je umístěn na vodorovné hřídeli. Hřídel volantu se pohybuje dopředu a dozadu a její druhý konec s převody je umístěn za palubní

deskou. Toto uspořádání zvětšuje prostor a umožňuje pohodlnější sezení.

Používá se často u turistických letounů a aerotaxi.



Části:

- 1) volant
- 2) vodící konzola
- 3) kloub řízení
- 4) pákový převod
- 5) ,6),8),9) táhla
- 7) uložení sloupku řízení
- 10) konzola

Obr. 8 Konstrukční provedení

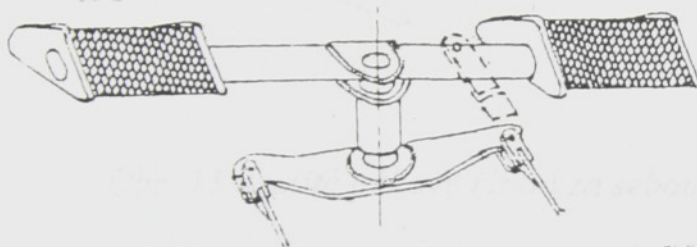
2) nožní řízení - nožním řízením je ovládáno směrové kormidlo, proto je nazýváno také řízením směrovým. Často je s ním spojeno i ovládání brzd hlavních podvozkových kol a někdy i ovládání natáčení kola předního podvozku nebo zadního pomocného podvozku. Pilot ovládá směrové řízení nohama přibližně tak, že jedna noha se pohybuje dopředu a druhá dozadu, přičemž společně otáčejí pákou nožního řízení nebo vychylují pedály.

Nožní řízení může být konstrukčně řešeno jako: - řízení pedálové
- řízení pákové

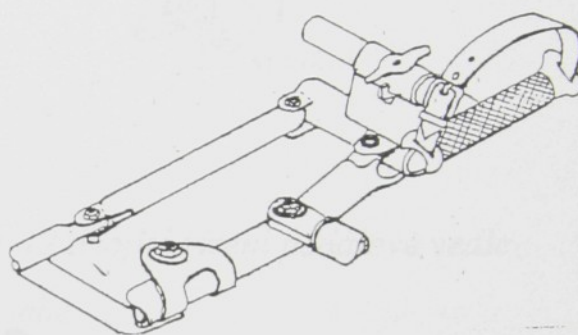
a) Pákové řízení

Páka má na koncích šlapky pro nohy a je otočná kolem svislé osy. Pohyb z ní je odveden ke kormidlu pomocí lanového nebo tuhého převodu (na

obr. 9 je zakreslen čárkovaně). Nevýhodou tohoto jednoduchého uspořádání je nutnost pohybu nohou po kružnici, přičemž mohou nohy klouzat ze šlapek. Tuto nevýhodu odstraňuje uspořádání na obr. 10, kde je použito dvou pák, spojených táhly v kloubový čtyřúhelník - paralelogram, na který jsou stavitelně přichyceny šlapky. Šlapky při otáčení paralelogramem zůstávají rovnoběžně s neutrální polohou (pohybují se v rovnoběžné rovině). Poloha nohy ve šlapce bývá navíc zajištěna bočními opěrkami, nebo třmenem. Aby mohli piloti různého vzrůstu pohodlně ovládat letoun, bývá nožní řízení stavitelné.



Obr. 9



Obr. 10

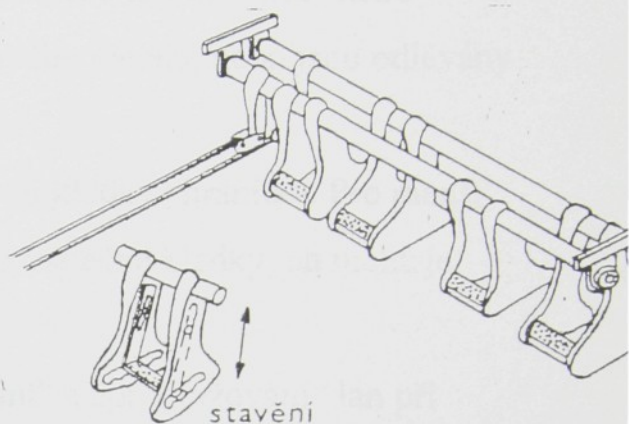
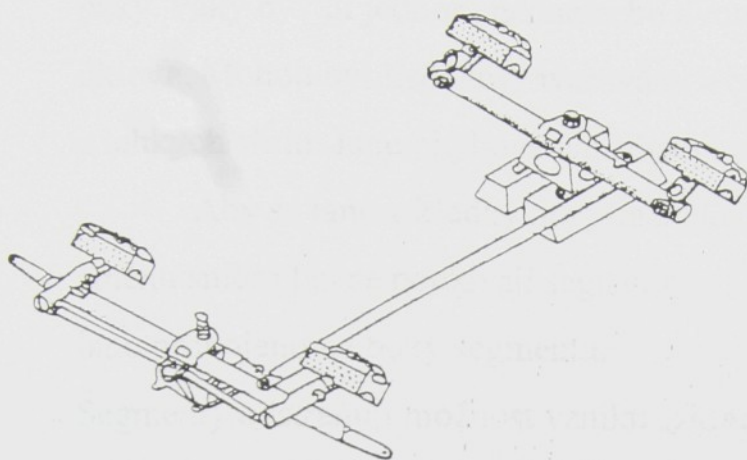
3) Varianty nožního pákového řízení

b) **pedálové řízení** - nejčastěji se používá u dopravních letounů.

Konstrukční uspořádání pedálového řízení je trojího druhu:

1. pedály jsou otočně zavěšeny na horním konci a pohybují se při působení síly od nohou dopředu a dozadu
2. pedály jsou otočně uloženy spodním koncem a pohyb z nich je zprostředkován ohebným převodem např. ocelovými lany
3. pedály jsou posuvné ve vedení na podlaze pilotní kabiny

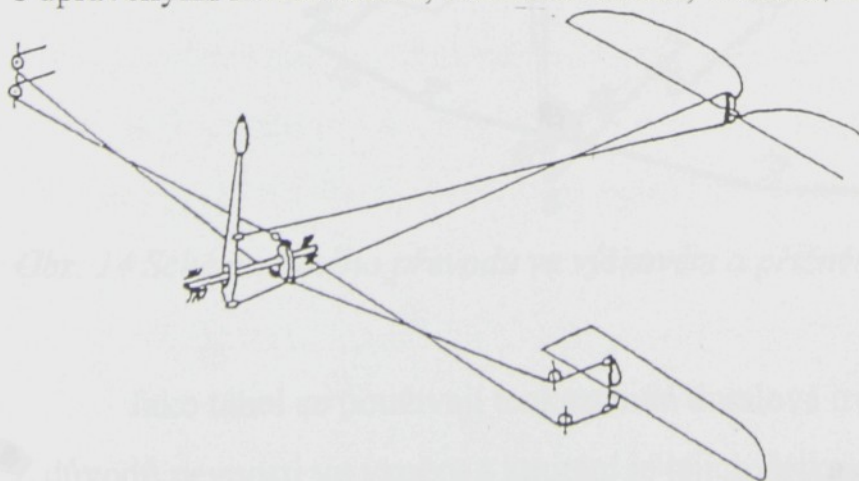
Pohybem pedálů dopředu a dozadu je ovládáno pomocí převodu směrové kormidlo, sešlapováním horního konce každého pedálu je stlačován píst v hydraulickém válci a tím je uváděna do činnosti soustava brždění hlavních kol.



Obr. 11 dvojité pákové řízení za sebou Obr. 12 dvojité řízení pedálové vedle sebe

3) **Konstrukce převodů přímého řízení** – převody řízení jsou spojovací články mezi orgány řízení v kabině a kormidly. Slouží k přenosu sil a výchylek od řídicích pák na kormidla. Podle použitých prvků mohou být převody: ohebné, tuhé, kombinované (smíšené).

a) **ohebné převody** – obvykle jsou složeny z ocelových lan s upravenými koncovkami, vodících kladek, vodítek, napínáků a pák.



Obr. 13 převod výškového a příčného řízení

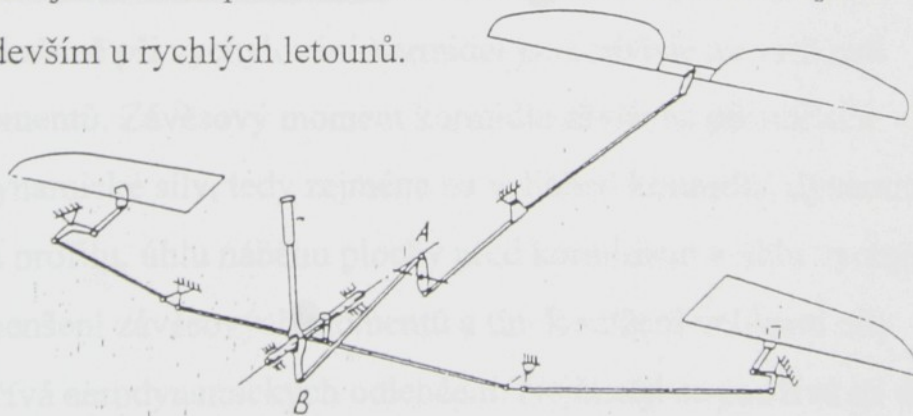
Podobně je uspořádán převod i v řízení směrovém. Průřezy ocelových lan, koncovky lan a napínáky jsou normalizovány. Spojení lan je pomocí ok páky. Páky bývají jednoramenné nebo dvouramenné, a to buď přímé nebo úhlové. Mohou být lisovány, svařovány z ocelového plechu, nebo jsou odlévány z lehkých slitin. Jsou ohybově namáhány.

Aby se lano z kladky nevysmekalo, mívají kladky chránítka. Pro menší změnu směru lan se používají segmenty. Jsou to částečné kladky, na nichž je lano propojeno na boky segmentu.

Segmenty odstraňují možnost vzniku „zkracování“ a „prodlužování“ lan při výchylkách kormidel. Jako vodítek se používá vodících objímek, pozůstávajících ze dvou destiček většinou z umělých hmot s výřezy pro lana.

Výhodou ohebného převodu je jeho menší hmotnost a poměrně snadná změna směru lan pomocí kladek. Nevýhodou je menší tuhost, která omezuje jeho použití na rychlých letounech.

b) tuhé převody – jsou tvořeny táhly, pákami, hřídeli, vodítky a vahadly. Oproti ohebným převodům jsou těžší a výrobně složitější. Výhodou je, že mají větší tuhost, která je důležitá pro zabránění kmitání kormidel. Proto jsou používány především u rychlých letounů.



Obr. 14 Schéma tuhému převodu ve výškovém a příčném řízení

Jako táhel se používají tenkostěnné duralové trubky, zřídka ocelové. Z důvodů pevnosti ve vzpěru a kmitání je jejich délka omezena (max. 2 m). V přímých dlouhých úsecích se používají krátká táhla, která jsou propojena

pákami nebo vodítky. Při použití delších táhel se používají kluzná vodítka. Spojení jednotlivých táhel je pomocí koncovek, které mohou být pevné nebo stavitelné.

Páky jsou obdobné konstrukce jako u řízení ohebného

Vahadla a vodítka slouží k spojení a podepření táhel a k jejich vedení v konstrukci letounu. Vahadla jako spoj nemění v podstatě síly ve dvou navzájem spojených táhlech.

Všechny spoje táhel a otočná uložení pák a vodítek musí být opatřeny valivými ložisky, aby tření při pohybu táhel bylo co nejmenší.

c) kombinované (smíšené) převody – tento typ převodů je kombinací tuhého a ohebného převodu. Tuhý převod vychází zpravidla z kabiny, někdy bývá také v posledním úseku, tj. u kormidla. Dlouhé úseky jsou pak provedeny pomocí lan. Používá se také kombinace táhel a lan nebo kombinace táhel a řetízků. Přejít z jednoho převodu na druhý je celkem jednoduchý. Pro provedení jednotlivých úseků platí vše, co bylo v jednotlivých druzích převodů popsáno.

d) Odlehčení sil v přímém řízení – síly, které musí pilot vyvinout na řídicí orgány v kabině při vychylování kormidel jsou závislé na velikosti závěsových momentů. Závěsový moment kormidla závisí na působišti a velikosti aerodynamické síly, tedy zejména na velikosti kormidla, dynamického tlaku, použitém profilu, úhlu náběhu plochy před kormidlem a úhlu vychýlení kormidla. K zmenšení závěsových momentů a tím k snížení velikosti síly v řízení se používá aerodynamických odlehčení. Nejčistěji se používá tří druhů odlehčení:

1. aerodynamické odlehčení rohové – část kormidla je prodloužena před osu závěsu

2. aerodynamické odlehčení osově – osa otáčení kormidla je posunuta dozadu

3. aerodynamické odlehčení vnitřní – využívá síly z rozdílu tlaků na horní a spodní straně profilu v oblasti náběžné hrany kormidla.

Další používaný způsob odlehčení je aerodynamické odlehčení ploškou (flettnerem) na odtokové hraně kormidla.

Ovládání kormidel je možno provádět také pomocí tzv. aerodynamického servořízení. Používají se obvykle dva způsoby:

- odlehčovací ploška s pružinou
- servokormidlo

Odlehčovací ploška s pružinou – síla od pilota na kormidlo je přenášena přes pružinu, jejíž deformaci je úměrná výchylka odlehčovací plošky

Servokormidlo – zmenšení sil v řízení je dosaženo tím, že pilot místo kormidla přímo ovládá jen malou plošku servokormidla.



Obr. 12 Princip odlehčení

3. Výpočet namáhání

Aerodynamické zatížení - vzniká při pohybu tělesa v hmotném prostředí. U letadel se vyjadřuje v pojmech vztlak, odpor a momenty těchto sil. Tato zatížení, především vztlaková síla, bývá v mnohých případech rozhodující pro namáhání nosné soustavy, ocasních ploch a trupu. Protože o těchto silách a momentech pojednává teorie letadel (aerodynamika a mechanika letu), nebudou zde znovu probírány, neboť jejich znalost je předpokládána.

3.1 Statické namáhání

Základní údaje o letounu:

Maximální hmotnost:

$$m = 450 \text{ kg}$$

Minimální rychlost:

$$v_{sl} = 65 \text{ km.h}^{-1}$$

Maximální rychlost vodorovného letu:

$$v_c = 200 \text{ km.h}^{-1}$$

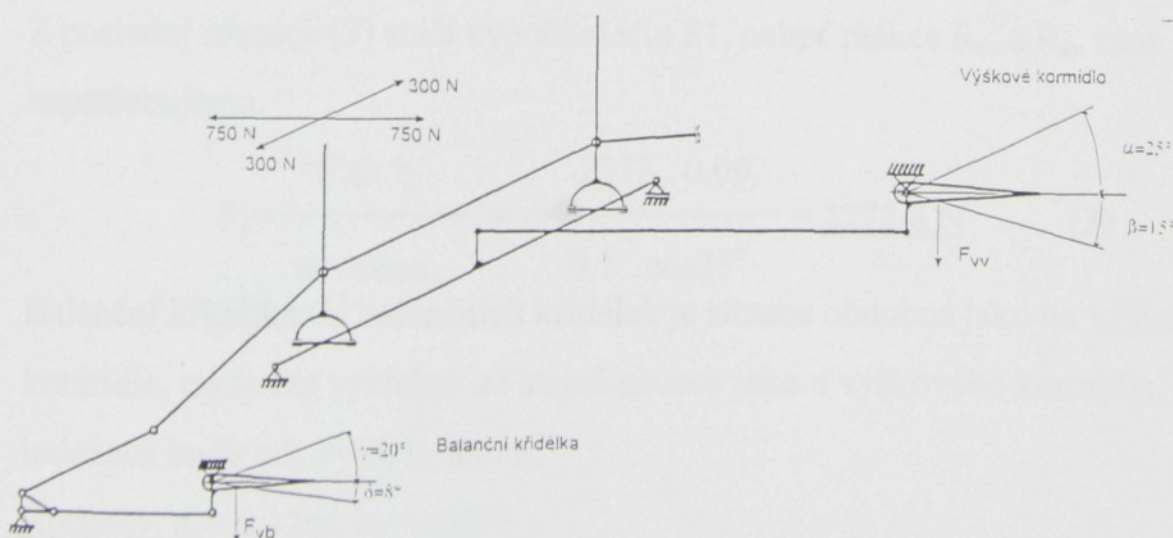
Maximální návrhová rychlost:

$$v_d = 242 \text{ km.h}^{-1}$$

Návrhová rychlost při plně vychýlených klapkách:

$$v_t = 150 \text{ km.h}^{-1}$$

Největší působení aerodynamických sil z kormidel na řízení je při maximální výchylce kormidel. U příčného a podélného řízení je největší výchylka kormidla nahoru.



Obr. 15 Princip systému řízení

Rozložení sil na kormidle: tyto síly jsou možné maximální síly, na které se dimenzuje soustava řízení. Při provozu se takto veliké hodnoty sil vyskytují velice výjimečně.

Hodnoty:

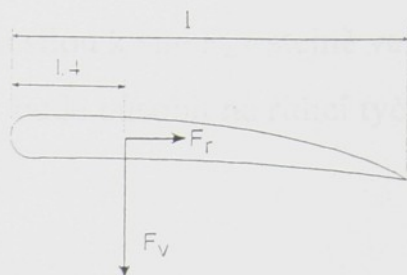
Pro balanční křídélka: Pro výškové kormidlo:

$$F_v = 1222 \text{ N}$$

$$F_v = 2373 \text{ N}$$

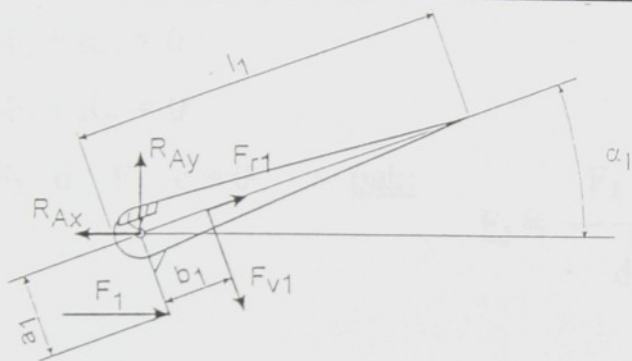
$$F_r = 30 \text{ N}$$

$$F_r = 190 \text{ N}$$



Obr. 16 Rozložení sil na křídle

3.1.1 Namáhání od aerodynamických sil



Hodnoty:

$$a_1 = 0,100 \text{ m}, b_1 = 0,090 \text{ m}, \alpha_1 = 25^\circ$$

$$F_{r1} = 2373 \text{ N}, F_{v1} = 190 \text{ N}$$

Obr. 17 Silové poměry na kormidle (1,2,3)

Potom platí: $R_{ay} + F_{r1} \cdot \sin \alpha_1 - F_{v1} \cdot \cos \alpha_1 = 0$ (1)

$$F_1 - R_{ax} + F_{r1} \cdot \cos \alpha_1 + F_{v1} \cdot \sin \alpha_1 = 0$$
 (2)

$$F_1 \cdot a_1 \cdot \cos \alpha_1 - F_{v1} \cdot b_1 = 0$$
 (3)

Z poslední rovnice (3) stačí vypočítat sílu F_1 , neboť reakce R_{ax} a R_{ay} znát nepotřebujeme.

$$F_1 = \frac{F_{v1} \cdot b_1}{a_1 \cdot \cos \alpha_1} = \frac{2373 \cdot 0,09}{0,1 \cdot \cos 25^\circ} = \underline{\underline{2272,8 \text{ N}}} \quad (3)$$

Balanční křídélka: U balančních křidélek je situace obdobná jako na výškovém kormidle, takže lze vycházet ze stejné situace jako u výškového kormidla, jen indexace bude mít vyšší hodnotu.

Hodnoty: $a_2 = 0,12 \text{ m}, b_2 = 0,0275$

$$F_{v2} = 1222 \text{ N}, F_{r2} = 30 \text{ N}, \alpha_2 = 20^\circ$$

Potom tedy:

$$\underline{F_2} = \frac{F_{v2} \cdot b_2}{a_2 \cdot \cos \alpha_2} = \frac{1222 \cdot 0,12}{0,0275 \cdot \cos 20^\circ} = \underline{298,0 \text{ N}} \quad (4)$$

Na diferenčním členu je síla F_2' doplňkovou silou k síle F_2 (stejně velké opačně působící síly na jednom táhle). Síla F_3 pak bude působit na řídící tyč. Reakce R_{cx} a R_{cy} opět znát nepotřebujeme.

Rozměry: $c = 0,125 \text{ m}$

$d = 0,07 \text{ m}$

$$-F_2 + R_{cx} = 0 \quad (5)$$

$$-F_3 + R_{cy} = 0 \quad (6)$$

$$F_3 \cdot d - F_2 \cdot c = 0 \quad \text{pak:}$$

$$\underline{F_3} = \frac{F_2 \cdot c}{d} = \frac{F_{v2} \cdot b_2 \cdot c}{a_2 \cdot \cos \alpha_2 \cdot d} = \underline{532,2 \text{ N}} \quad (7)$$

3.2 Pevnostní výpočty

Pevnostní výpočty vychází z předlohy, předložené společně se zadáním.

4. Technologický postup

Součástí technologického postupu je výběr nástrojů uložených v nástrojové hlavě a řezné podmínky pro zadanou součást. Řezné podmínky byly stanoveny z normativů pro automatické soustruhy a pro programově řízené revolverové soustruhy.

Technologický postup a dále také CNC program jsou určeny pro výrobu polotovaru, který bude určen pro konečnou výrobu součásti nazvané OKO, jejíž výrobní výkres má číslo **4-KVS-VS-27-03-01**.

Polotovar je z materiálu 424201.6 o rozměrech průměr 25x70 mm.

Technologický postup:

1. Upnout do sklíčidla

2. Srovnat čelo

Nástroj: Nůž čelní pravý ČSN 223714

v (m/min): 180

s (mm/ot): 0.08

n (ot/min): 1150

s_m (mm/min): 92

Řádky v NC programu: N0030 – N0060

3. Soustružit na hrubo průměry: 20.4, 6.4 mm

Srazit hranu 1x45°

Nástroj: Nůž ubírací levý ČSN 223711

v (m/min): 200

s (mm/ot): 0.08

n (ot/min): 1270

s_m (mm/min): 100

Řádky v NC programu: N0070 – N0490

4. Soustružit na čisto průměry: 20.0, 6.0 mm

Nástroj: Nůž hladicí ČSN 223720

v (m/min): 246

s (mm/ot): 0.05

n (ot/min): 3100

s_m (mm/min): 155

Řádky v NC programu: N0500 – N0570

5. Upíchnout materiál na délce 60 mm

Nástroj: Upichovací nůž ČSN 223730

v (m/min): 74

s (mm/ot): 0.07

n (ot/min): 470

s_m (mm/min): 33

Řádky v NC programu: N0580 – N0640

Umístění nástrojů v nástrojové hlavě (otools.lat)

Pozice	Č. nástroje	Název nástroje	ČSN
1	T0101	Nůž čelní pravý	223714
2	T0201	Nůž ubírací levý	223711
3	T0301	Nůž hladicí	223720
4	T0401	Nůž upichovací	223730

Všechny užití nože mají destičky ze slinutých karbidů.

5. NC program

Pro CNC programování byla vybrána součást, jejíž výrobní výkres má číslo **4-KVS-VS-27-03-01** a název **OKO**.

Při obrábění této součásti se použilo soustružení na soustruhu **E 120P**.

CNC program: - tvorba tohoto programu v simulačním prostředí odstraňuje nebezpečí poškození obráběné součásti či nože při chybném zadání parametru v programu. Program simuluje dráhy nástrojů při jednotlivých operacích. Je-li s programem zadán zároveň popis polotovaru, je možné sledovat nejen dráhu nástroje, ale i způsob odebírání materiálu.. Jednotlivé nože pro jednotlivé operace si je možno vybrat z předdefinované řady nebo si samotný profil nástroje nakreslit sám. Je také nutné osadit jednotlivými nástroji pomyslnou nástrojovou hlavu.

Program byl vytvořen na simulačním programu **EMCOTRONIC TM02**, propojeným s CNC soustruhem **E 120P**.

Technické parametry tohoto soustruhu jsou následující:

Výkon stejnosměrného motoru:	4 kW
Maximální kroutící moment	23 N.m
Největší průměr obrobku	90 mm
Největší soustružná délka	160 mm
Posuv v osách X,Z	1 – 2000 mm.min ⁻¹
Posuvová síla	2000N
Rychloposuv	3000 mm.min ⁻¹

5.1 Program polotovaru pro vybranou součást (o7101.lat)

N0000 G64 X 0.000 Z 30.000
N0010 G62 X 80.000 Z 0.000
N0020 G01 X 12.500
N0030 Z -70.000
N0040 X -12.500
N0050 Z 80.000
N0060 X 0.000
N0070 G66
N0080 G68
N0090 M30

5.2 Program pro obrábění zadané součásti (o0101.lat)

N0000 M03 S1500 F50
N0010 G92 X 0.000 Z 80.000
N0020 G59
N0030 T0101
N0040 G00 X 28.000 Z 0.000
N0050 G01 X 0.000 Z -1.000
N0060 G00 X 40.000 Z 20.000
N0070 T0201
N0080 G00 X 40.000 Z 20.000
N0090 X 22.000
N0100 G01 Z -65.000
N0110 X 24.000
N0120 G00 Z 1.000
N0130 X 20.400
N0140 G01 Z -65.000
N0150 X 22.000
N0160 G00 Z 1.000
N0170 X 18.000
N0180 G01 Z -27.000
N0190 X 20.000
N0200 G00 Z 1.000
N0210 X 16.000
N0220 G01 Z -26.000
N0230 X 18.000
N0240 G00 Z 1.000

N0250	X 14.000
N0260	G01 Z -25.000
N0270	X 16.000
N0280	G00 Z 1.000
N0290	X 12.000
N0300	G01 Z -24.000
N0310	X 14.000
N0320	G00 Z 1.000
N0330	X 10.000
N0340	G01 Z -24.000
N0350	X 12.000
N0360	G00 Z 1.000
N0370	X 8.000
N0380	G01 Z -23.000
N0390	X 10.000
N0400	G00 Z 1.000
N0410	X 6.400
N0420	G01 Z -23.000
N0430	X 8.000
N0440	G00 Z 1.000
N0450	X 5.000
N0460	Z 0.000
N0470	G41 G01 X 6.000 Z -1.000
N0480	G40 G00 X 10.000 Z 1.000
N0490	G00 X 40.000 Z 20.000
N0500	T0301
N0510	G00 X 40.000 Z 20.000
N0520	G00 X 6.000 Z 1.000
N0530	G01 Z -23.000
N0540	G02 X 20.000 Z -28.000 I 3.500 K 0.000
N0550	G01 Z -65.000
N0560	G00 X 22.000 Z 1.000
N0570	X 40.000 Z 20.000
N0580	T0401
N0590	G00 X 40.000 Z 20.000
N0600	X 22.000 Z -60.000
N0610	G86 X 0.00 Z -60.000 D3 500 D4 01 D5 1500
N0620	G00 X 22.000 Z 1.000
N0630	X 40.000 Z 20.000
N0640	M30

6. Závěr

V tomto bakalářském projektu jsem se snažila naznačit průběh návrhu sestavy a uložení podélného a příčného řízení. Výkresová dokumentace, technické výpočty, technologický postup a v neposlední řadě také CNC program pro danou součást znázorňují funkčnost navrhnutého řešení řízení, které je uzpůsobeno dvěma pilotům sedících vedle sebe v kabině nebo pouze jednomu z nich v případě absence druhého.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. Vališ L.: Návod na programování CNC soustruhu E 120 / E 120P – EMCO, 1. vyd. Brno 1992
2. Vytlačil, M.: Technologie automatizovaných výrob, 1. vyd. VŠST Liberec 1990
3. Dráb, V. a kol.: Technologie I, 1. vyd. Liberec 1979
4. Beňo, L.: Lietadlá, Alfa Bratislava s SNTL Praha 1986
5. Pplk. Fendrych, J., Pplk. Pícha, B.: Konstrukce letounů, katedra vojenské přípravy VŠST Liberec 1986
6. Kdér, F. a kol.: Učebnice sportovního letce, 2. vyd. Naše vojsko Praha 1980
7. Vávra, P. a kol.: Strojnické tabulky pro SPŠ strojnické, 1. vyd. Praha 1983
8. Stríž, B.: Metodická příručka z pružnosti a pevnosti, 2. vyd. VŠST Liberec 1991

Seznam příloh:

Výkresy:

	Č. výkresu
Řízení VOP	2-KVS-VS-27-01-00
Sestava svařence páky	2-KVS-VS-27-01-01
Svařenec páky	4-KVS-VS-27-01-02
Páka	4-KVS-VS-27-01-03
Sestava kladky	3-KVS-VS-27-02-00
Kladka	3-KVS-VS-27-02-01
Rameno	4-KVS-VS-27-02-02
Plech	4-KVS-VS-27-02-03
Plech	4-KVS-VS-27-02-04
Závitový kolík	5-KVS-VS-27-02-05
Sestava táhla	3-KVS-VS-27-03-00
Oko	4-KVS-VS-27-03-01
Táhlo	3-KVS-VS-27-03-02
Rozpěrný kroužek	5-KVS-VS-27-03-03

Kusovník

číslo kusovníku

4-KVS-VS-27-06-00

Prohlášení k využívání výsledků DP:

Jsem si vědoma toho, že diplomová práce je majetkem školy a že s ní nemohu sama bez svolení školy disponovat, a že diplomová práce může být zapůjčena či objednána (kopie) za účelem využití jejího obsahu.

Beru na vědomí, že po 5-ti letech si mohu diplomovou práci vyžádat v Univerzitní knihovně TUL v Liberci, kde je uložena.

Jméno a příjmení (- rodné příjmení): *Kateřina Lajčková*

Adresa: *Hřebenka 556, Nový Bor*

Podpis: *Lajčková*

[illegible]