



KONŠTRUKCIA, STAVBA A MECHANIKA LETU UPÚTANÝCH MODELOV

I – aktualizácia 1

Ján Škrabálek

Bratislava

2007

OBSAH

Úvod

Niečo z histórie

1. Obecné ustanovenia pre modely lietadiel

1.1 Obecné ustanovenia pre modely lietadiel podľa medzinárodných stavebných a súťažných pravidiel CIAM FAI

1.1.1 Obecná definícia modelu lietadla

1.1.2 Obecné charakteristiky modelov lietadiel

1.1.3 Rozdelenie modelov lietadiel

1.1.3.1 Trieda F1 – voľný let

1.1.3.2 Trieda F2 – upútaný let

1.1.3.3 Trieda F3 – rádiom riadený let

1.1.3.4 Trieda F4 – makety

1.1.4 Definície výrazov použitých pre špecifikáciu modelov

1.1.4.1 Celková nosná plocha

1.1.4.2 Hmotnosť

1.1.4.3 Plošné zaťaženie

1.1.4.4 Príťaž

1.1.4.5 Rozpätie krídla

1.1.4.6 Gumový motor

1.1.4.7 Piestový motor

1.1.4.8 Motor so žhaviacou sviečkou

1.1.4.9 Samozápalný motor

1.1.4.10 Tryskový motor

1.1.4.11 Vzlet z ruky

1.1.4.12 Vzlet

1.1.4.13 Pristátie

1.2 Obecné ustanovenia pre modely lietadiel podľa národných stavebných a súťažných pravidiel SR

1.2.1 Kategória RODEO

1.2.2 Kategória UŠ

1.2.3 Kategória UTR

1.2.4 Kategória ŠUM

2. Hlavné časti a konštrukčné skupiny upútaných modelov lietadiel

2.1 Drak

2.1.1 Krídlo

2.1.1.1 Pevná časť krídla

2.1.1.2 Pohyblivá časť krídla

2.1.1.3 Pôdorysný tvar a konštrukčné usporiadanie krídla

2.1.1.4 Profily krídiel

2.1.2 Trup

2.1.3 Vodorovná chvostová plocha

2.1.3.1 Pevná časť vodorovnej chvostovej plochy – stabilizátor

2.1.3.2 Pohyblivá časť vodorovnej chvostovej plochy – výškovka

2.1.3.3 Pôdorysný tvar a konštrukčné usporiadanie vodorovnej chvostovej plochy

2.1.3.4 Profily vodorovnej chvostovej plochy

2.1.4 Zvislá chvostová plocha

2.1.4.1 Pevná časť zvislej chvostovej plochy – kýl

2.1.4.2 Pohyblivá časť zvislej chvostovej plochy – smerovka

2.1.4.3 Bokorysný tvar a konštrukčné usporiadanie zvislej chvostovej plochy

2.1.4.4 Profily zvislej chvostovej plochy

2.1.5 Ovládací mechanizmus

2.1.5.1 Kinematické funkcie ovládacieho mechanizmu

2.1.5.2 Kinematická schéma ovládacieho mechanizmu

2.1.5.3 Grafická analýza kinematickej funkcie ovládacieho mechanizmu

2.1.5.4 Matematická analýza kinematickej funkcie ovládacieho mechanizmu

2.1.5.5 Základné typy konštrukčných systémov ovládacích mechanizmov upútaných modelov

2.1.5.6 Umiestnenie ovládacieho mechanizmu v draku upútaného modelu

2.1.5.7 Konštrukcia a dielenské vyhotovenie ovládacieho mechanizmu

2.1.6 Pristávacie zariadenie

- 2.1.6.1 Typy pristávacích zariadení
- 2.1.6.2 Umiestnenie a pojazďová geometria pristávacieho zariadenia
- 2.1.6.3 Konštrukcia s dielenským vyhotovením pristávacieho zariadenia s trvale zabudovaným podvozkom
- 2.2 Pohonná sústava
 - 2.2.1 Pohonná jednotka
 - 2.2.1.1 Motor
 - 2.2.1.2 Vrtuľa
 - 2.2.1.3 Prevádzkové charakteristiky pohonnej jednotky
 - 2.2.2 Palivová sústava, palivá
 - 2.2.2.1 Palivová nádrž
 - 2.2.2.2 Príslušenstvo palivovej nádrže
 - 2.2.2.3 Regulačné vlastnosti palivovej sústavy
- 2.3 Púťacie zariadenie
 - 2.3.1 Púťacie lanká
 - 2.3.2 Ovládacia rukoväť
- 3. Stavba upútaných modelov lietadiel
 - 3.1 Stavba upútaných modelov lietadiel podľa národných pravidiel SR
 - 3.1.1 Kategória RODEO
 - 3.1.2 Kategória UŠ
 - 3.1.3 Kategória UTR
 - 3.1.4 Kategória ŠUM
 - 3.2 Stavba upútaných modelov lietadiel podľa medzinárodných pravidiel CIAM FAI
 - 3.2.1 Kategória F2A - rýchlostné modely
 - 3.2.2 Kategória F2B - akrobatické modely
 - 3.2.3 Kategória F2C - tímové modely
 - 3.2.4 Kategória F2D - modely pre súboj (COMBAT)
 - 3.2.5 Kategória F4B - makety
- 4. Povrchová úprava modelov
- 5. Lietanie s upútanými modelmi
 - 5.1 Potreby pre lietanie
 - 5.2 Zalietavanie modelov
 - 5.3 Tréningové lietanie
 - 5.4 Súťažné lietanie
 - 5.5 Zásady bezpečnosti pri lietaní
- 6. Mechanika letu upútaného modelu lietadla
 - 6.1 Priamočiary pohyb
 - 6.2 Kruhový pohyb pri lete reálneho upútaného modelu
 - 6.3 Silové pomery pri lete reálneho upútaného modelu
 - 6.4 Ovládateľnosť upútaného modelu
 - 6.5 Zlepšenie ovládateľnosti špičkových súťažných upútaných akrobatických modelov
 - 6.6 Vplyv gyroskopického momentu pohonnej jednotky na letovú stabilitu a ovládateľnosť upútaného modelu

Úvod

Modelárstvo je súčasťou záujmovej technickej činnosti, organizovanej vo Zväze technicko-športových činností SR (predtým Zväzarme). Táto záujmová činnosť pomáha rozvíjať technické myslenie, zvyšuje zručnosť, vytrvalosť a cieľavedomosť, je spojená s rozvíjaním telesnej zdatnosti i morálnych vlastností, upevňovaním psychickej odolnosti, vytrvalosti, obetavosti, samostatnosti a uvedomelej disciplíny. Modelárstvo prispieva nemalou mierou k nadobúdaniu polytechnických vedomostí, významných hlavne v čase prebiehajúcej vedecko-technickej revolúcie. Nemenej dôležitým pozitívnym faktorom je tvorivé a aktívne využívanie voľného času, hlavne v prípade mládeže.

Od r.1953, kedy bola u nás dovtedajšia úzko špecializovaná modelárska činnosť začlenená do Zväzarmu, prešla táto činnosť viacerými obdobiami, ktoré jej rozvoj ovplyvňovali nielen pozitívne. V čase „ranného socialistického Československa“ bola modelárskej činnosti, ako súčasti polytechnickej záujmovej činnosti, venovaná výrazne zvýšená pozornosť zo strany vedúcich štruktúr štátu a spoločnosti. Táto pozornosť však postupne ochabovala až na úroveň periférneho záujmu.

Cez všetky nepriaznivé vplyvy, kvalita i výkonnosť v modelárskej činnosti dokázala udržať krok so svetovým vývojom, čoho dokladom je množstvo kontinentálnych i svetových prvenstiev v celej škále modelárskych odborností.

Predkladaná publikácia by mala zaplniť jednu z medzier v potrebnej odbornej literatúre. Je zameraná na kategórie upútaných modelov lietadiel, ktoré sú pre svoju materiálovú a priestorovú nenáročnosť veľmi vhodnými kategóriami i pre mládež.

Cieľom publikácie je zhromaždenie všetkých potrebných informácií z oblastí športových národných i medzinárodných pravidiel, konštrukcie, stavby, zalietavania i tréningového a súťažného lietania s upútanými modelmi lietadiel tak, aby bola vhodným vodítkom v procese skvalitňovania športovej úrovne širokej základne modelárov. Okrem praktickej časti sa publikácia venuje i teoretickej problematike mechaniky letu a ovládateľnosti upútaných modelov lietadiel, čím vytvára dôležitý predpoklad pre skvalitnenie úrovne športovej činnosti výkonnostných vrcholových športovcov.

Autor

Niečo z histórie

História slovenského leteckého modelárstva

Začiatky histórie leteckého modelárstva v našich zemiach spadajú do roku 1913, kedy bol mladými leteckými nadšencami založený Český aviatistický klub. V ňom sa zišli leteckí modelári, ktorí o rok neskôr usporiadali na Starom výstavišti v Prahe prvé modelárske závody. V tom roku vyšla i prvá modelárska publikácia "Modely letadel" od Pavla Beneša.

Rozvoj modelárstva ochromila prvá svetová vojna. Až po jej ukončení a rozpade Rakúsko-uhorskej monarchie mohol rozvoj nerušene pokračovať. Vtedy bol založený Československý aviatický klub so samostatnou modelárskou sekciou. Ďalším medzníkom v rozvoji leteckého modelárstva bolo založenie MLL v r.1926, v ktorej boli vytvorené i riadne modelárske krúžky. Ich členovia poriadali kurzy, výstavy a súťaže. Najrozšírenejšie boli vtedy modely lietadiel poháňané gumovým zväzkom. Koncom dvadsiatich rokov skoro úplne zanikli jednoduché "tyčkové" modely s jednostranným poťahom plôch a boli nahradené "trupovými". V polovici tridsiatich rokov sa u nás objavili prvé spaľovacie motory dovezené zo zahraničia. Modelárska činnosť bola zameraná hlavne na poriadanie výcvikových kurzov, výstav a niekoľko súťaží. V r.1936 uspali čs. leteckí modelári na medzinárodnej súťaži v Paríži a zúčastnili sa i súťaže modelov na gumový pohon vo Francúzku. Pred okupáciou sa čs. družstvo zúčastnilo ešte medzinárodnej súťaže modelov na gumový pohon v Juhoslávii a súťaže Wakefield Cup vo Francúzku.

Fašistická okupácia v r.1939 znamenala prerušenie všetkej leteckej a teda i modelárskej činnosti. Iba pražskí modelári, združení v Športovom klube leteckej továrne AERO, usporiadali v priebehu okupácie tri ročníky modelárskej súťaže v Kyjoch pri Prahe.

Po oslobodení v r.1945 bolo letecké modelárstvo začlenené do Aeroklubu RČS. Rozvoju činnosti však bránil nedostatok inštruktorov, materiálu a súťaží. Prvým povojnovým športovým úspechom bolo víťazstvo Ing.M.Hofejšího v kategórii motorových modelov na medzinárodnej súťaži v Anglicku v r.1946. V tom istom roku sa konalo na letisku v Otrokoviciach tiež prvé povojnové majstrovstvo republiky, na ktorom lietal spoločne ešte všetky kategórie leteckého modelárstva. V tom čase ešte neboli u nás organizované súťaže upútaných modelov, ktoré iba získavali svojich prívržencov.

V r.1950 vznikol prvý samostatný časopis "Letecký modelář" ktorí po rozšírení pre všetky odbornosti modelárstva a premenovaní na "Modelář" vychádza dodnes. V tom istom roku vytvoril Zdeněk Husička prvý svetový rekord v histórii československého modelárstva. Jeho upútaný motorový model dosiahol rýchlosť 105,120 km/hod.

Po začlenení modelárstva do Zväzu ľudového letectva a neskoršie Dosletu, bol v novembri 1951 ustanovený Zväz pre spoluprácu s armádou - Zväzarm, ktorý sa potom v priebehu ďalšieho obdobia stal silnou brannou organizáciou. Prvé roky činnosti modelárov v Zväzarme boli v znamení svetových rekordov Zdeňka Husičku.

V r.1954 sa leteckí modelári po prvý raz zúčastnili medzinárodnej súťaže ľudovodemokratických štátov v Moskve, na ktorej vybojovali absolútne víťazstvo zväzarmovských športovcov. O rok neskoršie sa zúčastnilo čs. družstvo s rýchlostnými upútanými modelmi majstrovstiev sveta v Paríži. Zvíťazil Jozef Sladký. O rok neskoršie v Taliansku zvíťazilo i družstvo - hneď v dvoch kategóriách, rýchlostných upútaných modeloch a voľných vetroňoch. V r.1958 J.Sladký a družstvo úspech zopakovali na majstrovstvách v Mladej Boleslavi.

Výpočet úspechov by bol veľmi dlhý. V rade ďalších titulov majstrov sveta a mnohých prekonaných svetových rekordov v rôznych kategóriách, patrí k nezabudnuteľným trojnásobné víťazstvo Jožka Gábriša na majstrovstvách sveta v kategórii upútaných akrobatických modelov (1958, 1966, 1968).

Po dlhšej odmlke vo výkonnosti československých upútaných modelárov na svetovej scéne sa až v r.1983 podarilo družstvu upútaných akrobatov, v zložení Stanislav Čech, Ing.Ján Škrabálek a Ivan Čáni, vyrobiť aspoň čiastočne stratené pozície, ziskom absolútneho prvenstva v jednotlivcoch i družstvách na ME v Holandskom Utrechte. Bolo to zrovna v kritickom období, keď sa vo vedení Zväzarmu vážne uvažovalo o nezvratnosti poklesu výkonnosti U-modelárov a ich odchode z vrcholového športu ČSSR. Analýza uvedeného procesu však jasne poukázala na hlavné príčiny, ktorými bola nedostatočná práca s mládežou, nedostatočné materiálne zabezpečenie širšieho kádra výkonnostných športovcov, nevyhovujúca práca a prístupy funkcionárov Zväzarmu v oblasti trénerskej a metodologickej činnosti a v neposlednej miere i nesprávne administratívne praktiky v uplatňovaní systému komplexnej starostlivosti o vrcholových športovcov. Na pokles výkonnosti mala nesporne vážny vplyv (ak nie podstatný) i nepravidelná účasť čs. modelárov na vrcholových súťažiach, založená na chybnnej logike kritérií pre plánovanie medzinárodných stykov. V modelárstve platia totiž rovnaké zákonitosti ako v ostatných činnostiach. Ten kto nemá možnosť pravidelného aktívneho styku s ostatnými vyspelými krajinami, má iba nepatrnú nádej na dosiahnutie špičkových výkonov na svetovej úrovni. Naši modelári i napriek uvedeným problémom stále dokazujú, že sa v nich stále nachádza dostatok Husičkovskej alebo Gábrišovskej vynaliezavosti, bojovnosti, vytrvalosti a odhodlanosti bojovať a víťaziť.

Podakovanie - venovanie

Aj keď som túto publikáciu napísal prakticky sám, iste by neuzrela svetlo sveta bez podpory mojej dnes už nežijúcej manželky. Dobré chápala, že modelárstvo nieje pre mňa iba koníček ale celoživotná vášeň. Preto jej chcem aspoň touto formou poďakovať a publikáciu venovať in memoriam.

Autor

1. Obecné ustanovenia pre modely lietadiel

Športová činnosť leteckých modelárov, organizovaných v jednotlivých modelárskych kluboch, základných organizáciách Slovenského Zväzu technických športov, je v rámci Slovenskej republiky špecifikovaná v národných športových pravidlách. Tieto sú vydávané a spravované športovou komisiou klubu leteckých modelárov Slovenska so sídlom v Bratislave.

V rámci medzinárodných športových stykov leteckých modelárov, je táto činnosť špecifikovaná v medzinárodných športových pravidlách. Tieto sú vydávané a spravované medzinárodnou modelárskou organizáciou **CIAM FAI** so sídlom v Paríži.

Národné stavebné a športové pravidlá sú istou modifikáciou medzinárodných pravidiel. Cieľom modifikácie je prispôbienie pravidiel určitými zjednodušeniami tak, aby boli vhodné pre športovú činnosť širšieho okruhu modelárov, hlavne z radov mládeže. Kategórie definované národnými pravidlami sú vlastne prípravným medzistupňom pre začínajúcich modelárov a vytvárajú predpoklady pre ich odborný a športový rast, s cieľom postupného zvládnutia technickej a športovej (súťažnej) problematiky jednotlivých medzinárodných kategórií leteckého modelárstva, uvedených v nasledujúcej časti.

I keď je táto publikácia venovaná upútaným modelom lietadiel, sú pre získanie obecnejšieho pohľadu na modelársku problematiku uvedené ďalej všetky kategórie leteckých modelov.

1.1 Obecné ustanovenia pre modely lietadiel podľa medzinárodných stavebných a súťažných pravidiel CIAM FAI

1.1.1 Obecná definícia modelu lietadla

Model lietadla je zariadenie ťažšie ako vzduch, obmedzených rozmerov a hmotnosti, s motorom alebo bez neho, ktoré nie je schopné uniesť človeka.

1.1.2 Obecné charakteristiky modelov lietadiel

Najväčšia hmotnosť s palivom	5 kg
mimo:	
- upútané makety	7 kg
- rádiové riadené makety bez paliva	6 kg
- RC akrobatické modely bez paliva	5 kg
- RC vrtuľníky bez paliva	6 kg
Najväčšia celková nosná plocha	150 dm ²
Najväčšie plošné zaťaženie	100 g/dm ²
mimo upútaných modelov makiet a RC akrobatických modelov.	
Najväčší zdvihový objem piestového motora	10 cm ³
(motorov) mimo upútaných makiet.	

1.1.3 Rozdelenie modelov lietadiel

1.1.3.1 Trieda FI - volný let

Volný let je let, pri ktorom neexistuje žiadne fyzické spojenie medzi modelom lietadla a súťažiacim (modelárom) alebo jeho pomocníkom.

Kategórie:

- FIA** - vetrone (A2)
- FIB** - modely s gumovým motorom (pohonom)
- FIC** - motorové modely
- FID** - halové modely
- FIE** - vetrone s automatickým upravovaním smeru letu (silným magnetom)
- FIF** - vrtuľníky
- FIG** - Coupe d'Hiver
- FIH** - vetrone (A1)

1.1.3.2 Trieda F2 - upútaný let

Let, pri ktorom je model lietadla aerodynamicky riadený riadiacimi plochami ovládajúcimi polohu a výšku modelu. Súťažiaci pilot (modelár) stojí na zemi a ovláda model jedným alebo viacerými nepretiahnuteľnými drôtnami alebo lankami priamo pripojenými k modelu. Je povolené použiť zariadenie, pomocou ktorého sa lanká držia v ruke (ovládacia rukoväť) alebo sa upevnia na stredový pylón. V priebehu letu sa nesmie použiť žiadny iný spôsob ovládania modelu alebo motoru okrem ovládania prostredníctvom lanka, laniek.

Kategórie: **F2A** - rýchlostné modely
F2B - akrobatické modely
F2C - tímové modely
F2D - modely pre súboj (COMBAT)

1.1.3.3 Trieda F3 - rádiom riadený let

Let, pri ktorom je model lietadla aerodynamicky riadený riadiacimi plochami ovládajúcimi polohu a výšku modelu. Súťažiaci pilot (modelár) stojí na zemi a ovláda model prostredníctvom rádiovkej riadiacej súpravy.

Kategórie: **F3A** - rádiom riadené akrobatické motorové modely
F3B - rádiom riadené termické vetrone
F3C - rádiom riadené vrtuľníky
F3D - rádiom riadené modely pre závod okolo pylónov
F3E - rádiom riadené modely s elektrickým pohonom
F3F - rádiom riadené svahové vetrone
F3G - rádiom riadené motorizované vetrone

1.1.3.4 Trieda F4 - makety

Maketa je zmenšeninou (miniaturou) lietadla ťažšieho ako vzduch, schopného uniesť človeka.

Kategórie: **F4A** - voľne lietajúce makety
F4B - upútané makety
F4C - rádiom riadené makety

1.1.4 Definície výrazov použitých pre špecifikáciu modelov

1.1.4.1 Celková nosná plocha (St)

Celková nosná plocha je daná súčtom plochy krídla (krídiel) a nosnej plochy šikmých alebo vodorovných chvostových plôch. Pre výpočet sa používa plocha kolmého priemetu všetkých plôch pripadajúcich v úvahu na vodorovnú rovinu, pri nulovom uhle nábehu. Keď sú krídla alebo stabilizačné plochy zabudované do trupu modelu, zahŕňa sa do celkovej nosnej plochy aj tá časť plochy v trupe, daná predĺžením normálnych obrysov plochy až k ose súmernosti modelu.

1.1.4.2 Hmotnosť

Pri stanovení najmenšieho plošného zaťaženia a najmenšej hmotnosti sa uvažuje s hmotnosťou úplného letuschopného modelu bez paliva. Pri stanovení najväčšieho plošného zaťaženia a najväčšej hmotnosti sa uvažuje s hmotnosťou úplného letuschopného modelu s palivom v okamihu vzletu.

1.1.4.3 Plošné zaťaženie

Pri použití súťažných pravidiel **FAI** je plošné zaťaženie definované ako hmotnosť v gramoch, pripadajúca na jeden decimeter štvorcový celkovej nosnej plochy.

1.1.4.4 Príťaž

Pokiaľ je nutné pre dosiahnutie predpísanej hmotnosti použiť príťaž, musí byť táto umiestnená vo vnútri modelu a trvalo pripevnená. Jej umiestnenie musí byť prekontrolované a schválené príslušným funkcionárom po jej zamontovaní. Keď je použitá pohyblivá príťaž pre nastavenie polohy hmotného ťažiska modelu, hmotnosť modelu sa určuje bez tejto pohyblivej príťaže.

1.1.4.5 Rozpätie krídla

Rozpätie krídla je najväčšia vzdialenosť medzi dvomi bodmi, nachádzajúcimi sa na povrchu krídla.

1.1.4.6 Gumový motor

Motor, ktorého energia sa získava skracovaním alebo napínaním vlákien z pružného materiálu, prevažne gumy.

1.1.4.7 Piestový motor

Motor, ktorého energia sa získava spaľovaním a expanziou plynnej zmesi, pôsobiacej na jeden alebo viac piestov s vratným alebo rotačným pohybom.

1.1.4.8 Motor so žhaviacou sviečkou

Pre motor so žhaviacou sviečkou sa k zapáľovaniu zmesi používa trvalo žhavený člen, resp. prvok.

1.1.4.9 Samozápalný motor

V samozápalnom motore sa zmes zapáľuje iba účinkom jej stlačenia. Motor môže byť vybavený mechanizmom určeným pre reguláciu stlačenia zmesi za chodu.

1.1.4.10 Tryskový motor

Motor, ktorého energia sa získava spaľovaním tuhého, kvapalného alebo plynneho paliva alebo expanziou plynnej zmesi pôsobiacej na rotujúci alebo pulzujúci člen. Pre modely lietadiel poháňaných tryskovými motormi platí doplňujúca podmienka, že vonkajší priemer spaľovacieho priestoru môže byť najviac 80 mm.

1.1.4.11 Vzlet z ruky

Vzlet, pri ktorom súťažiaci (modelár), stojaci na zemi, vypúšťa model z ruky.

1.1.4.12 Vzlet

Model sa musí zdvihnúť zo zeme alebo z vody správnym spôsobom, bez akejkoľvek pomoci pilota alebo pomocníka.

1.1.4.13 Pristátie

Za pristátie sa považuje prvý dotyk so zemou alebo vodou, alebo okamžik, v ktorom model definitívne ukončí svoj dopredný pohyb.

Parametre modelov lietadiel uvedené v obecných ustanoveniach sú ďalej upresnené v dielčích častiach technických pravidiel pre súťaže modelov podľa jednotlivých kategórií. V týchto dielčích častiach sú tiež podrobne definované všetky ďalšie technické podmienky a obmedzenia potrebné pre stavbu modelov i technické a organizačné podmienky pre poriadenie súťaží.

O technických pravidlách pre súťaže upútaných modelov podrobne pojednáva 4. časť a o technických pravidlách pre súťaže upútaných makiet pojednáva 6. časť (kapitola 6.2) športových pravidiel FAI pre leteckých modelárov.

Konkrétne znenie pravidiel pre uvedené kategórie je možné nájsť na internetovej stránke www.controlline.sk/

1.2 Obecné ustanovenia pre upútané modely lietadiel podľa národných stavebných a súťažných pravidiel SR

Hlavným zmyslom lietania s modelmi postavenými podľa národných stavebných a súťažných pravidiel je príprava začínajúcich modelárov na ich budúcu športovú činnosť či už súťažnú alebo nesúťažnú. Modely postavené podľa týchto pravidiel sú materiálovo, stavebne a finančne nenáročné. V triede upútaných modelov sú definované 4 kategórie.

1.2.1 *RODEO 2 a RODEO 2,5* - rýchlostné modely

1.2.2 *UŠ* - upútané školné akrobatické modely

1.2.3 *UTR* - tímové modely s plochým trupom, poháňané samozápalným motorom

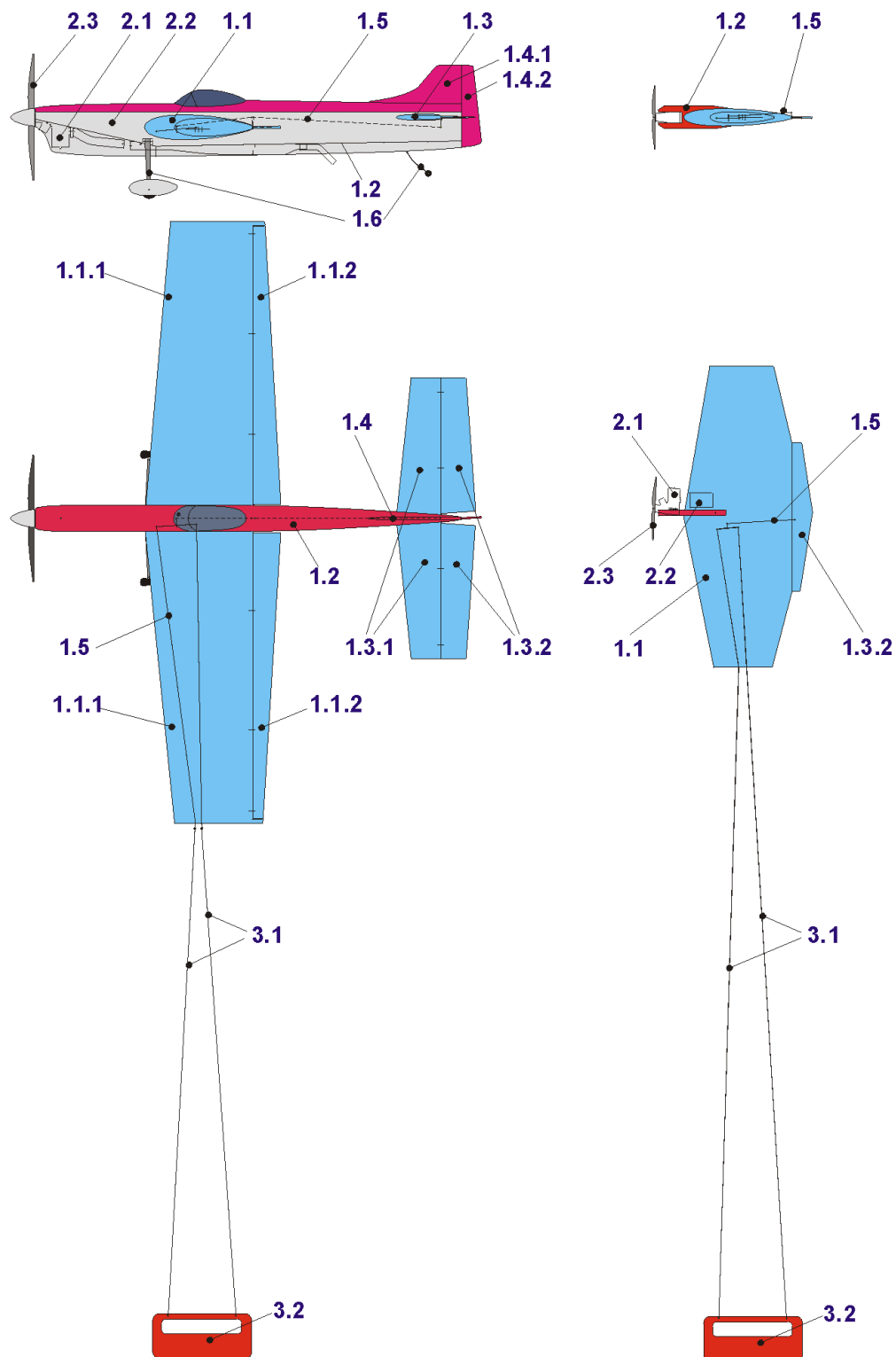
1.2.4 *ŠUM* - športové upútané polomakety

Konkrétne znenie pravidiel pre uvedené kategórie je možné nájsť na internetovej stránke www.controlline.sk/

2. Hlavné časti a konštrukčné skupiny upútaných modelov lietadiel

Hlavnými časťami upútaného modelu lietadla sú drak, pohonná sústava a pútačné zariadenie. Hlavné časti sa potom delia na jednotlivé konštrukčné skupiny znázornené na **obr.2.1**

Obr.2.1



Hlavné časti a konštrukčné skupiny upútaných modelov lietadiel

1-drak, 1.1-krídlo, 1.1.1-pevná časť krídla, 1.1.2-vztlakové klapky, 1.2-trup, 1.3-vodorovná chvostová plocha, 1.3.1-vodorovná stabilizačná plocha (stabilizátor), 1.3.2-výškové kormidlo (výškovka), 1.4-zvislá chvostová plocha, 1.4.1-zvislá stabilizačná plocha (kýl), 1.4.2-smerové kormidlo (smerovka), 1.5-ovládací mechanizmus, 1.6-pristávacie zariadenie

2-pohonná sústava, 2.1-motor, 2.2-nádrž, 2.3-vrtuľa

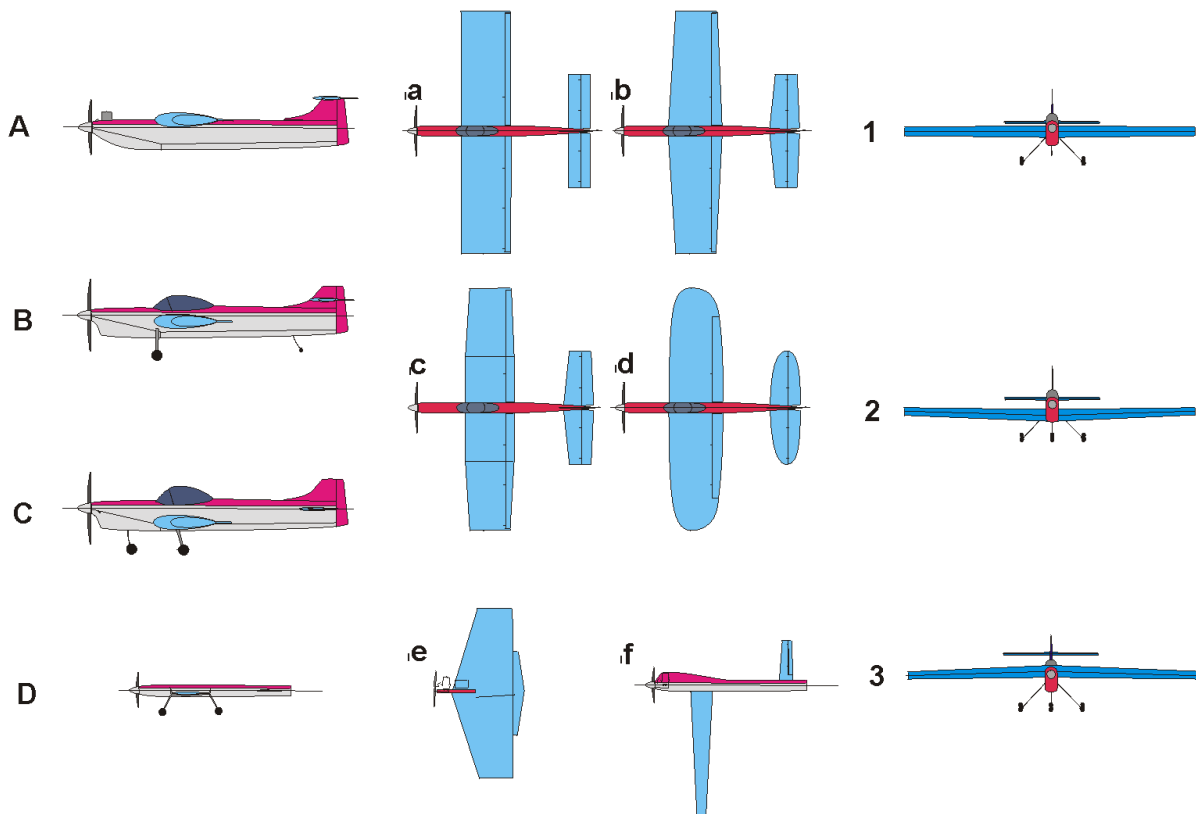
3-pútačné zariadenie, 3.1-pútačné lanká, 3.2-ovládacia rukoväť

Drak modelu sa skladá z krídla, trupu, chvostových plôch, ovládacieho mechanizmu a pristávacieho zariadenia. Krídlo slúži k vytvoreniu vztlaku, potrebného pre vzlet a let modelu v ovzduší. Vztlakové klapky umožňujú zakrivenie profilu krídla a dosiahnutie vyššieho vztlaku ako u krídla bez vztlakových klapiek. Trup spája všetky časti draku do jedného celku a slúži k uchytieniu pohonnej sústavy. Na chvostových plochách vzniká väčšia časť aerodynamických síl, potrebných k zabezpečeniu letovej stability modelu a k ovládaniu modelu. Ovládací mechanizmus zabezpečuje prenos výchyliek a síl z ovládacej rukoväte cez pútacie drôty na vztlakové klapky a výškové kormidlo. V prípade upútaných makiet zabezpečuje taktiež ďalšie funkcie, ako je ovládanie otáčok motora, zatváranie podvozku, vypúšťanie padákov atď. Pristávacie zariadenie umožňuje vzlet, pristátie a pohyb modelu po zemi. Pohonná sústava je energetickým zdrojom dopredného pohybu modelu. Na pohonnej jednotke vzniká ťahová sila, potrebná na prekonanie odporu ovzdušia a zložky sily zemskej príťažlivosti pri stúpaní modelu.

2.1 Drak

Základnou vonkajšou charakteristikou draku je koncepcia nosnej sústavy. Je to geometrické usporiadanie krídla, trupu, chvostových plôch a pristávacieho zariadenia. Používané koncepcie nosných sústav upútaných modelov sú znázornené na **obr.2.2**

Obr.2.2



Základné koncepcie nosných sústav upútaných modelov lietadiel

Výškové usporiadanie krídla - A-hornoplošné; B-stredoplošné; C-dolnoplošné

Pôdorysný tvar krídla - a-obdĺžnikový; b-lichobežníkový; c-zložený (obdĺžnik+lichobežník); d-eliptický; e-šípovitý; f-nesymetrický

Uhol vzopätia krídla - 1-nulový; 2-kladný; 3-záporný

Pôdorysný tvar VOP - a+e-obdĺžnikový; b+c+f-lichobežníkový; d-eliptický; e-bez stabilizátora

Usporiadanie chvostových plôch - A+B-vodorovná chvostová plocha na zvislej chvostovej ploche; C-vodorovná chvostová plocha na trupe; e-bez stabilizátora s výškovkou na krídle alebo s plávajúcou výškovkou

Usporiadanie pristávacieho zariadenia - A-bez podvozku; B-s dvojkoľesovým podvozkom; C-s trojkoľesovým podvozkom; D-s odhadzovacím (pomocným) štartovacím podvozkom

Výškové usporiadanie krídla: **A** - hornoplošné, **B** - stredoplošné, **C** - dolnoplošné
 Pôdorysný tvar krídla: **a** - obdĺžnikové, **b** - lichobežníkové, zložený (obdĺžnik + lichob.),
d - eliptický, **e** - šípovitý, **f** - nesymetrický
 Uhol vzopätia krídla: **1** - nulový, **2** - kladný, **3** - záporný

Tvar vodor. chvost. plochy: **a, e** - obdĺžnikový, **b, c, f** - lichobežníkový, **d** - eliptický, **e** - bez stabilizátora
Usporiadanie chvost. plôch: **A, B** - vodorovná chvostová plocha na zvislej chvostovej ploche
C - vodorovná chvostová plocha na trupe
e - bez stabilizátora, s výškovkou na krídle alebo plávajúcou výškovkou

Usporiadanie pristávacieho zariadenia:

- A** - bez pristávacieho zariadenia
- B** - s dvojkoľesovým podvozkom
- C** - s trojkoľesovým podvozkom
- D** - s odhadzovacím (pomocným) štartovacím podvozkom

Základná koncepcia nosnej sústavy je výsledkom plnenia aerodynamických, pevnostných, tuhostných, výrobných, konštrukčných, hmotnostných a prevádzkových požiadaviek danej kategórie upútaných modelov. O voľbe koncepcie nosnej sústavy bude pojednané v kapitole 4. Vnútorne usporiadanie a vyhotovenie nosnej sústavy sa nazýva konštrukcia nosnej sústavy. Konštrukcii krídla je venovaná nasledujúca kapitola.

2.1.1 Krídlo

Samotné krídlo pozostáva z pevnej nepohyblivej časti a v niektorých prípadoch i z pohyblivých častí - vztlačkových klapiek. **obr.2.1**

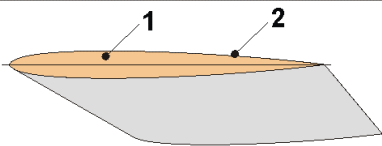
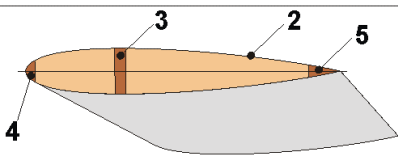
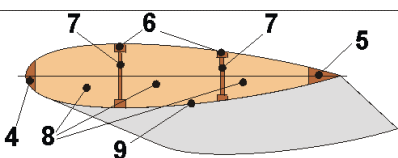
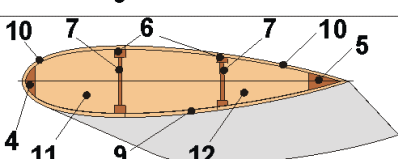
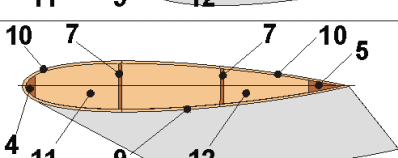
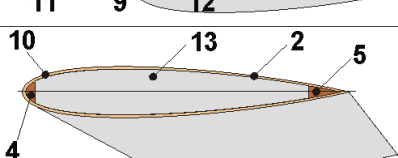
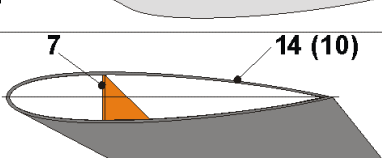
2.1.1.1 Pevná časť krídla

Krídlo je zaťažované aerodynamickými silami, ktoré ho ohýbajú, posúvajú a krútia (namáhanie ohybom, šmykom a krutom). Namáhaním vznikajú ohybové, šmykové a krutové deformácie krídla. Pri týchto deformáciách vznikajú v konštrukcii krídla vnútorné sily, ktoré pripustia iba určitý stupeň deformácie krídla. Hovoríme o zachytení namáhania krídla jeho vnútornou konštrukciou a prenosu zaťaženia do trupu.

Konštrukcia krídla je tvorená konštrukčnými prvkami, ktoré zaisťujú pevnosť a tuhosť krídla (schopnosť znášať zaťaženie bez poruchy a odolávať aeroelastickým javom).

Hlavné konštrukčné prvky krídla sú nosníky, rebrá a poťah. Podľa použitia a usporiadanie týchto prvkov, čím je prvkom daná funkcia z hľadiska zachytenia a prenosu zaťaženia, delíme konštrukcie na masívne a tenkostenné. U masívnych konštrukcií je celý prierez tvorený homogénnym materiálom, prípadne zosilneným nosníkmi z pevnejšieho materiálu. Tenkostenné konštrukcie delíme na nosníkové, nosníkové pološkrupinové, pološkrupinové a škrupinové. Tieto konštrukcie sú schematicky znázornené na **obr.2.3**, s uvedením vhodnosti použitia pre jednotlivé kategórie upútaných modelov.

Obr.2.3

Názov konštrukcie	Schéma priecneho rezu konštrukcie	Použitie pre jednotlivé kategórie
A Masívna beznosníková		Tenké profily malých cvičných modelov; modelov F2C a cvičných modelov F2A
B Masívna s nosníkmi		Tenké profily malých súťažných modelov
C Nosníková s mäkkým potahom		Ojedinele u hrubších profilov súťažných modelov F2B
D Nosníková pološkrupinová		Najpoužívanejšie u športových a súťažných modelov F2B; F2D; F4B a ŠUM
E Pološkrupinová		Ako v predchádzajúcom prípade
F Škrupinová s jadrom		Progresívna konštrukcia použiteľná pre modely F2B; F4B a ŠUM a v zjednodušenom prevedení pre F2D, ŠUM a cvičné modely
G Škrupinová bez jadra		Málo používaná, s kovovým potahom pre výkonné modely F2A

Základné delenie konštrukcií krídel upútaných modelov lietadiel

1-jadro masívneho krídla; 2-krycí potah; 3-jednoduchý hlavný nosník; 4-nosník nábežnej hrany; 5-nosník odtokovej hrany; 6-pásnica; 7-stoina; 8-rebro; 9-mäkký potah (papier, plátno); 10-tuhý potah; 11-predná dutina (torzná skrina); 12-zadná dutina; 13-výplňové jadro; 14-trojvrstvový samonosný potah (sendvic)

Potáh u tenkostenných konštrukcií rozvádza pomocou rebier aerodynamické zaťaženie na celú konštrukciu krídla.

Podľa počtu nosníkov prenášajúcich ohyb delíme konštrukcie na beznosníkové, jedno, dvoj a viacnosníkové.

Stoiny a potáh, nosný na šmyk, vytvárajú dutiny (torzné skrine), ktoré zachycujú krut. Podľa počtu dutín delíme konštrukcie na jedno, dvoj a viacdutinové.

Najčastejšie používané materiály pre jednotlivé konštrukčné prvky sú:

- 1 - jadro masívneho krídla - balza, lipa, preglejka
- 2 - krycí potáh - papier

3 - jednoduchý nosník	- tvrdá balza, smrek, borovica, hrab, preglejka
4,5 - nosníky nábežnej a odtokovej hrany	- tvrdá balza, smrek, borovica
6 - pásnica	- tvrdá balza, smrek, borovica, kompozity
7 - stoina	- tvrdá balza, balza zosilená v strednej časti krídla preglejkou alebo laminátom, preglejka, laminát
8 - rebro	- balza, preglejka
9 - mäkký poťah	- papier, plátno, fólie z umelých hmôt
10 - tuhý poťah	- balza, lipová, brezová alebo topoľová preglejka, resp. dýha, tenký laminát (duralový plech)
13 - výplňové jadro	- penový polystyrén
14 - trojvrstvový poťah	- 2 x laminát + balza, 2 x laminát + penový polyuretán

Jednotlivé typy konštrukcie nosnej sústavy krídla majú rozdielne vlastnosti, či už z hľadiska pevnosti, tuhosti, zložitosti a prácnosti stavby, výslednej hmotnosti atď. Každý typ konštrukcie má svoje výhody i nevýhody a je použiteľný pre určité prípady.

A - Masívna beznosníková

- veľká pevnosť a tuhosť
- jednoduchá konštrukcia a výroba
- vysoká špecifická plošná hmotnosť
- vysoká stálosť tvaru
- veľká odolnosť voči poškodeniu

Používa sa hlavne u tenkých profilov malých cvičných modelov.

B - Masívna s nosníkom

- veľká pevnosť a tuhosť
- pomerne jednoduchá konštrukcia a výroba
- nižšia špecifická plošná hmotnosť vzhľadom k pevnosti a tuhosti, ako v prípade A
- vysoká stálosť tvaru
- veľká odolnosť voči poškodeniu

Používa sa hlavne u tenkých profilov malých súťažných modelov, hlavne kat. **F2A** a **F2C**.

C - Nosníková

- malá pevnosť a tuhosť v krute, prijateľná pevnosť i tuhosť v ohybe
- zložitejšia výroba a pomerne vysoká prácnosť
- veľmi nízka špecifická plošná hmotnosť
- nízka stálosť tvaru v závislosti na atmosférických a tepelných podmienkach
- malá odolnosť voči poškodeniu

Používa sa ojedinele u hrubších profilov súťažných modelov kat. **F2B**, **F2D** a **F4B**. Pásnice nosníkov bývajú pre dosiahnutie plynulého tvaru profilu zapustené pod jeho obrys. Priehyb mäkkého poťahu pri veľkom rozstupe rebier spôsobuje značné odchýlky skutočného profilu krídla od požadovaného tvaru. V okolí trupu býva krídlo zosilené prechodom do niektorého typu škrupinovej konštrukcie.

D - Nosníková pološkrupinová

- značná pevnosť a tuhosť v krute i ohybe
- zložitá výroba a vysoká prácnosť
- nízka špecifická plošná hmotnosť
- vysoká stálosť tvaru
- dobrá odolnosť voči poškodeniu

Používa sa prevažne jedno a dvojduťinové vyhotovenie a je najpoužívanejším typom konštrukcie krídla športových i súťažných modelov kat. **F2B**, **F2D**, **F4B** a **ŠUM**.

E - Pološkrupinová

- dobrá pevnosť a tuhosť v ohybe (menšia ako u D) a značná pevnosť i tuhosť v krute
- zložitá výroba a vysoká prácnosť (menšia ako u D)
- nízka špecifická plošná hmotnosť
- vysoká stálosť tvaru
- vyhovujúca odolnosť voči poškodeniu (nižšia ako v prípade D)

Používa sa zhodne ako typ D, je však náchylnejšia na poškodenie dynamickým zaťažením. Výhodné je použitie tejto konštrukcie na vonkajšie časti krídla v kombinácii s konštrukciou typu D v okolí trupu alebo centroplánu modelu.

F - Škrupinová s jadrom

- dobrá pevnosť a tuhosť v ohybe a vysoká pevnosť i tuhosť v krute
- jednoduchá výroba a nízka prácnosť
- pomerne nízka špecifická plošná hmotnosť
- vysoká stálosť tvaru
- veľmi dobrá odolnosť voči poškodeniu

Je to veľmi progresívna konštrukcia, univerzálne použiteľná pre modely kategórií **F2B**, **F4B** i **ŠUM**. Keď sa nepoužije pevný potáh, ale iba krycí potáh zo samolepiacej umývateľnej fólie alebo lepiacej pásky, je konštrukcia s výhodou používaná pre stavbu modelov kategórie **F2D**, ktorá je známa vysokou spotrebou modelov (2 až 6 ks počas jednej súťaže). Takýto zjednodušený typ konštrukcie, s krycím potáhom z papierovej (hnedej) lepiacej pásky, sa zas výhodne používa pre cvičné upútané modely. V oboch prípadoch sa časť krídla v okolí trupu zosiluje jednoduchými stoinovými nosníkmi a pevným potáhom.

F - Škrupinová bez jadra

- vysoká pevnosť a tuhosť v ohybe i krute
- náročnejšia výroba (potreba vyhotovenia foriem)
- pomerne nízka špecifická plošná hmotnosť
- vysoká stálosť tvaru
- veľmi dobrá odolnosť voči poškodeniu

Konštrukcia sa používa iba ojedinele. V prípade použitia duralového alebo elektrónového plechu na potáh, používa sa u prevažnej väčšiny vysokovýkonných súťažných modelov kategórie **F2A**.

2.1.1.2 Pohyblivá časť krídla

Pohyblivá časť krídla sú vztlakové klapky, ktoré sú viacnásobne otočne pripevnené k nosníku odtokovej hrany pevnej časti krídla pomocou pántov z rôznych materiálov. Pánty prenášajú ohybové a šmykové zaťaženie zo vztlakových klapiek do pevnej časti krídla. Samostatné vztlakové klapky sú namáhané v podstate iba krutom. Pri malej hrúbke a veľkej štihlosti je ich deformácia krutom pomerne značná, čo má za následok zmenšenie uhlu ich vychýlenia so vzrastajúcou vzdialenosťou od náhonu ovládacieho mechanizmu, umiestneného v trupe. Tieto deformácie spôsobujú zníženie aerodynamických výkonov celého krídla a v niektorých prípadoch i ich dynamické chvenie (vibrácie), ktoré veľmi nepriaznivo ovplyvňujú aerodynamické výkony i životnosť konštrukcie modelu. Pre minimalizáciu výskytu takýchto nepriaznivých javov je potrebné zvoliť konštrukciu vztlakových klapiek s veľkou tuhosťou a malou hmotnosťou. Typy konštrukčných vyhotovení vztlakových klapiek môžu byť v podstate zhodné s typmi konštrukcií pevnej časti krídla, pozri **obr.2.3**. Najpoužívanjšie typy konštrukcií sú nasledovné:

A - Masívna beznosníková

Bežne sa používa u modelov kategórií **F2B**, **F4B** a **ŠUM** a cvičných modelov. Vyhotovenie zo stredne tvrdej balzy diagonálne rezanej (cez stred kmeňa stromu), tzv. "**zrkadlový rez**".

B - Masívna s nosníkom

Používa sa hlavne u súťažných modelov kat. **F2B** a **F4B**, vyhotovené z mäkkej balzy, s obrubou zo stredne tvrdej alebo tvrdej balzy. Táto zosiluje konštrukciu v mieste napojenia pántov a zosiluje tenkú odtokovú hranu.

C - Nosníková

Používa sa u súťažných modelov kat. **F2B** a **F4B**, vyhotovená z balzových profilov, s nábežným a odtokovým nosníkom zo stredne tvrdej. Toto konštrukčné vyhotovenie má najmenšiu tuhosť v krute.

D - Nosníková pološkrupinová

Používa sa iba ojedinele.

E - Pološkrupinová

Používa sa iba ojedinele

F - Škrupinová s jadrom

Používa sa u súťažných modelov kategórií **F2B** a **F4B**, hlavne v kombinácii so zhodnou konštrukciou pevnej časti krídla, vyhotovená s jadrom z penového polystyrénu, obaleného mäkkou balzou. Nábežná a odtoková hrana býva vyhotovená zo stredne tvrdej balzy.

F - Škrupinová bez jadra

Konštrukcia sa používa ojedinele u súťažných modelov **F2B** a **F4B**, vyhotovená z balzových profilov obalených mäkkou balzou. Nábežná a odtoková hrana býva vyhotovená zo stredne tvrdej balzy.

Vztlakové klapky sa nepoužívajú u jednoduchých cvičných modelov, väčšiny modelov **ŠUM** a **F4B** a u modelov **F2A**, **F2C** a **F2D**.

2.1.1.3 Pôdorysný tvar a konštrukčné usporiadanie krídla

Jednotlivé základné pôdorysné tvary krídla, použiteľné u upútaných modelov lietadiel, sú zrejmé z **obr.2.2** - tvary **a** až **f**. Jednotlivé tvary sú pre jednotlivé kategórie používané nasledovne:

a - obdĺžnikový

používa sa pre jednoduché cvičné modely a modely **ŠUM** a **F4B**, ak si to maketová predloha vyžaduje. Výhodou tohto tvaru je jednoduchá konštrukcia a časovo nenáročná stavba. Nevýhodou sú horšie aerodynamické výkony ako u tvarov **c** až **d**,

b - lichobežníkový

je to najpoužívanejší tvar u modelov **F2B** (vrátane vztlakových klapiek) a bežne používaný tvar u modelov **F2C** i **F2D** (bez vztlakových klapiek). U modelov **F4B** a **ŠUM**, ak si to maketová predloha vyžaduje. Výhodou tohto tvaru sú dobré aerodynamické výkony, dosiahnuté však za cenu zložitejšej konštrukcie a časovo náročnejšej stavby. Pre špičkové súťažné modely je však dobrá aerodynamická výkonnosť prvoradou podmienkou.

c - zložený

tento tvar sa používa iba ojedinele u modelov **F4B** a **ŠUM**, ak si to maketová predloha vyžaduje. Aerodynamická výkonnosť je na úrovni tvaru **b**.

d - eliptický

tento tvar sa používa iba ojedinele u modelov **F2B**, **F2C**, **F2D** a u modelov **F4B** a **ŠUM**, ak si to maketová predloha vyžaduje. Krídlo tohto tvaru je konštrukčne najzložitejšie a stavebne najnáročnejšie. Výhodou je najlepšia aerodynamická výkonnosť zo všetkých tvarov **a** až **e**.

e - šípovitý

tento tvar sa používa iba ojedinele u cvičných modelov a modelov **F2D** a u modelov **F4B** a **ŠUM**, ak si to maketová predloha vyžaduje. Výhodou je dobrá aerodynamická výkonnosť a pomerne jednoduchá stavba. Pri veľkom rozpätí a veľkej šípovitosti sú však problémy s umiestnením vývodov drôtov a u bezchvostových modelov **F2D** i s pozdĺžnym vyvážením, nakoľko ťažisko vztlakovej sily sa s rastom šípovitosti krídla posúva dozadu.

f - nesymetrický

tento čisto účelový tvar sa používa výhradne pre výkonné modely **F2A**. Umiestnenie krídla do smerom do stredu letového kruhu (smerom k pilotovi) sa minimalizuje odpor vlastného krídla, pretože sa voči ovzdušiu pohybuje pomalšie. Zároveň pri jeho väčšej dĺžke zakrýva i značnú časť pútačích drôtov, ktorých odpor nie je vôbec pri vysokých letových rýchlostiach zanedbateľný.

Pôdorysné konštrukčné usporiadanie krídla je priamo závislé na pôdorysnom tvare krídla a použitom type konštrukcie pevnej i pohyblivej časti krídla (pozri **obr.2.3**). Vo všeobecnosti je možné pre celé krídlo (po celom rozpätí) použiť rovnaký typ konštrukcie alebo typy konštrukcií vhodne miešať. Miešaním konštrukcie zabezpečíme dosiahnutie maximálnej pevnosti a tuhosti konštrukcie pri minimálnej hmotnosti. Nakoľko namáhanie krídla vonkajšími silami vzrastá smerom k trupu modelu, budeme pri miešaní používať ľahšie ale menej pevné a tuhé konštrukcie na menej zaťažených koncových častiach krídla a ťažšie ale pevnejšie a tuhšie konštrukcie pri koreni krídla. Pri návrhu miešaných konštrukcií je však potrebné dôsledne dbať na postupný prechod medzi jednotlivými typmi konštrukcií pozdĺž rozpätia krídla, čím zabránime vzniku koncentrácie napätí a nebezpečie rýchleho poškodenia konštrukcie počas používania modelu. Typické miešané konštrukcie sú uvedené v kapitole číslo 4.

2.1.1.4 Profily krídiel

Pod pojmom "profil krídla" (nosnej plochy) rozumieme geometrický tvar vonkajšieho obrysu priečného rezu krídla zvislou rovinou, rovnobežnou s osou trupu, resp. smerom pohybu modelu voči ovzdušiu. Takéto rezy sú znázornené na **obr.2.3**.

Geometrický tvar profilu má rozhodujúci vplyv na aerodynamické výkony krídla.

O súvislostiach medzi geometrickým tvarom profilu krídla a jeho vlastnosťami, ako i o voľbe tvaru profilov pre jednotlivé kategórie modelov lietadiel, sa hovorí v kapitole 3 a 4.

2.1.2 Trup

Účel trupu je zrejmý z úvodnej časti kapitoly 2. Vonkajší tvar trupu je riešený s ohľadom na dosiahnutie čo najmenšieho aerodynamického odporu, pri zabezpečení dostatočných rozmerov pre upevnenie ostatných častí draku a pohonnej sústavy, pri zabezpečení dostatočnej pevnosti a tuhosti i minimálnej hmotnosti jeho konštrukcie.

Vonkajší tvar trupu je priamo závislý na kategórii upútaných modelov lietadiel. Z hľadiska podobnosti vonkajšieho tvaru trupu s tvarom trupu skutočných lietadiel delíme na účelové, polomaketové a maketové.

Účelové trupy plnia iba mechanické a aerodynamické požiadavky a ich tvar je závislý na voľbe modelára. Účelové trupy sa používajú u cvičných upútaných modelov a modelov kategórií **F2A**, **F2B**, **F2C** a **F2D**. U kategórií **F2B** a **F2C** sa tvar trupu zväčša približuje tvaru trupu skutočných, avšak nie konkrétnych lietadiel. U kategórie **F2D** je trup prevažne nahradený iba nosníkmi spájajúcimi motor a drak modelu.

Polomaketové trupy plnia popri mechanických a aerodynamických požiadavkách i požiadavku čiastočnej podobnosti s tvarom trupu konkrétnych typov lietadiel. Tvarová podobnosť je pritom zameraná iba na hlavné tvarové črty alebo charakteristiky konkrétneho typu lietadla. U cvičných modelov sa pritom s výhodou používa zjednodušenej konštrukcie trupu, tzv. "plochej" konštrukcie. V niektorých prípadoch sa polomaketové trupy sa používajú i u modelov kategórie **F2B** avšak trupy sú priestorovej konštrukcie.

Maketové trupy plnia popri mechanických a aerodynamických požiadavkách i požiadavku úplnej priestorovej (bokorsnej a pôdorysnej) zhodnosti s tvarom trupu konkrétnych typov lietadiel. Tvarová zhodnosť je pritom zameraná nielen na hrubý tvar ale i na detaily. Maketové trupy sa používa výhradne v kategórii **F4B**.

Konštrukcia trupu je tvorená konštrukčnými prvkami, ktoré zabezpečujú pevnosť a tuhosť trupu (schopnosť znášať zaťaženie bez poškodenia a deformácie). Hlavné konštrukčné prvky trupu sú nosníky, rebrá a poťah, t.j. zhodné prvky ako u krídla, avšak tvarovo rozdielne. Podľa použitia a usporiadania týchto prvkov, čím je prvkom daná funkcia z hľadiska zachytenia a prenosu zaťaženia, delíme konštrukcie na masívne, tenkostenné a priehradové.

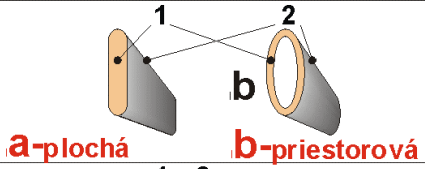
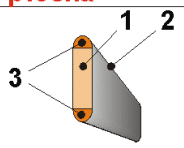
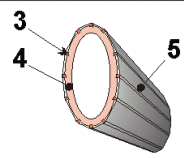
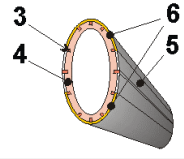
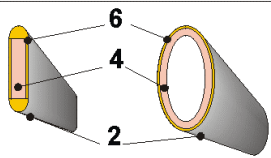
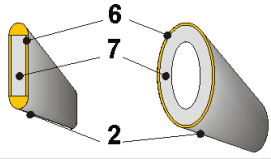
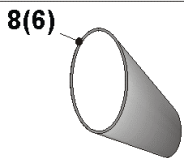
U masívnych konštrukcií je celý prierez tvorený homogénnym materiálom, zosilneným v extrémne namáhaných miestach nosníkmi z pevnejšieho materiálu.

Tenkostenné konštrukcie delíme na nosníkové, nosníkové pološkrupinové, pološkrupinové a škrupinové.

Priehradové konštrukcie sa v podstate nepoužívajú až na ojedinelé prípady modelov kategórie **F4B**.

Príklady masívnych a tenkostenných konštrukcií sú schematicky znázornené na **obr.2.4** s uvedením vhodnosti použitia pre jednotlivé kategórie.

Obr.2.4

Názov konštrukcie	Schéma priecneho rezu konštrukcie	Použitie pre jednotlivé kategórie
A Masívna beznosníková	 a-plochá b-priestorová	a- trupy malých cvicných modelov i modelov ŠUM a F2D b- trupy malých súťažných modelov F2A, F2C
B Masívna s nosníkmi		a- trupy malých cvicných modelov i modelov ŠUM b- nevyskytuje sa
C Nosníková s mäkkým potahom		a- nevyskytuje sa b- trupy modelov F4B a maketových F2B
D Nosníková pološkrupinová		a- nevyskytuje sa b- trupy modelov F4B a maketových F2B
E Pološkrupinová		a- trupy malých cvicných modelov i modelov ŠUM b- trupy modelov F4B a maketových F2B
F Škrupinová s jadrom		Progresívna konštrukcia a- trupy malých cvicných modelov i modelov ŠUM b- trupy modelov F4B a maketových F2B
G Škrupinová bez jadra		Progresívna konštrukcia a- nevyskytuje sa b- trupy modelov F4B a maketových F2B

Základné delenie konštrukcií trupov upútaných modelov lietadiel

1-jadro masívneho trupu; 2-krycí potah; 3-jednoduchý nosník; 4-rebro; 5-mäkký potah (papier, plátno; folia); 6-tuhý potah; 7-výplňové jadro; 8-trojvrstvový samonosný potah (sendvic)

Najčastejšie používané materiály pre jednotlivé konštrukčné prvky sú:

- | | |
|---------------------------|-----------------------------------|
| 1 - jadro masívneho trupu | - balza, lipa |
| 2 - krycí potah | - papier |
| 3 - jednoduchý nosník | - tvrdá balza, smrek |
| 4 - rebro | - balza, preglejka |
| 5 - mäkký potah | - papier, plátno |
| 6 - tuhý potah | - balza, laminát |
| 7 - trojvrstvový potah | - 2 x laminát + penový polyuretán |

Jednotlivé typy konštrukcií nosnej sústavy trupu majú rozdielne vlastnosti, či už z hľadiska pevnosti, tuhosti, zložitosti a prácnosti stavby, výslednej hmotnosti, atď. Tieto vlastnosti sú analogické s vlastnosťami konštrukcií nosnej sústavy krídla, popisovaných v kapitole 2.1.1.1.

Tak isto ako v prípade krídla, môžeme i trupy vyhotovovať zmiešaním základných typov konštrukcií. Pevnejšie a tuhšie typy konštrukcií používame v oblasti upevnenia pohonnej jednotky, krídla a pristávacieho zariadenia, ak je toto upevnené na trupe. Dôležité je pri tom dodržať zásadu postupného prechodu jednotlivých konštrukcií, hlavne v oblasti upevnenia pohonnej jednotky a krídla, nakoľko táto časť je extrémne namáhaná vibráciami pohonnej jednotky a veľkými aerodynamickými silami. Prechody medzi krídlom a trupom je z týchto dôvodov vhodné spevniť tenkým laminátom.

Dôležitou časťou trupu sú nosníky pre upevnenie pohonnej jednotky, ktoré bývajú u cvičných modelov vyhotovené zo smreku alebo lipy a u súťažných modelov z dubu, buku, hrabu, kompozitu alebo ľahkých zliatin. Konkrétne konštrukčné vyhotovenie trupov je pre jednotlivé kategórie popisované v kapitole 4.

2.1.3 Vodorovná chvostová plocha

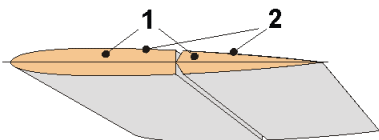
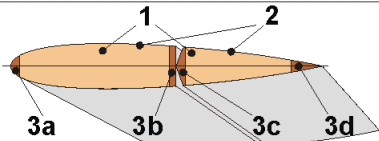
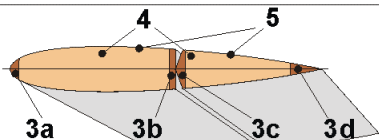
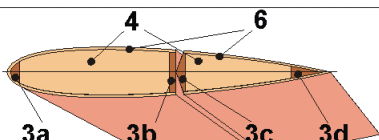
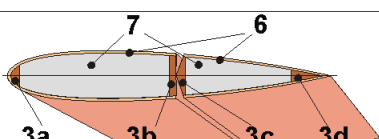
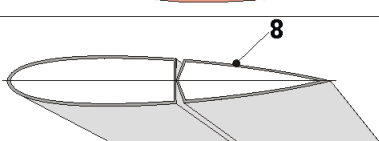
Z **obr.2.1** je zrejmé členenie vodorovnej chvostovej plochy na pevnú časť - vodorovnú stabilizačnú plochu (stabilizátor) a pohyblivú časť - výškové kormidlo (výškovku). V niektorých prípadoch, hlavne u modelov kat.**F2D**, sa výškovka pripevňuje priamo na nosník odtokovej hrany krídla a funkciu stabilizátora vykonáva krídlo. Ak je takáto výškovka upevnená v blízkosti ťažiska aerodynamických síl na ňu pôsobiacich, hovoríme o "plávajúcej" výškovke, ktorá plní funkciu stabilizátora i výškovky. Plávajúca výškovka sa taktiež používa prevažne u modelov kat.**F2D**.

2.1.3.1 Pevná časť vodorovnej chvostovej plochy - stabilizátor

Zaťaženie stabilizátora aerodynamickými silami je analogické zaťaženiu pevnej časti krídla. Jeho konštrukčné prvky i typy konštrukcií sú analogické s pevnou časťou krídla. Určité odchýlky však vyplývajú zo skutočnosti, že stabilizátor má menšie rozmery a zasahuje do menšej hĺbky celého profilu vodorovnej chvostovej plochy.

Základné typy konštrukcií stabilizátora, vrátane výškovky, sú schematicky znázornené na obr.2.5 s uvedením vhodnosti použitia pre jednotlivé kategórie upútaných modelov lietadiel.

Obr.2.5

Názov konštrukcie	Schéma priecneho rezu konštrukcie	Použitie pre jednotlivé kategórie
A Masívna beznosníková		Tenké profily malých cvičných modelov i súťažných modelov F2A, F2B, F2C, F2D a ŠUM
B Masívna s nosníkmi		Tenké profily súťažných modelov F2B, F2C a ŠUM
C Nosníková s mäkkým potahom		Hrubšie profily súťažných modelov F2B a F4B
D Nosníková pološkrupinová		Nevyskytuje sa
E Pološkrupinová		Hrubšie profily súťažných modelov F2B a F4B
F Škrupinová s jadrom		Progresívna konštrukcia použiteľná pre hrubšie profily modelov F2B; F4B
G Škrupinová bez jadra		Výskyt iba ojedinele

Základné delenie konštrukcií vodorovnej a zvislej chvostovej plochy upútaných modelov lietadiel

1-jadro masívnej chvostovej plochy; 2-krycí potah; 3a-nosník nábežnej hrany stabilizátora; 3b-hlavný nosník stabilizátora; 3c-hlavný nosník kormidla; 3d-nosník odtokovej hrany kormidla; 4-rebro; 5-mäkký potah (papier, plátno); 6-tuhý potah; 7-výplňové jadro; 8-trojvrstvový samonosný potah (sendvic)

Najčastejšie používané materiály pre jednotlivé konštrukčné prvky sú:

- | | |
|--------------------|--|
| 1 - jadro masívne | - balza, lipa, topol', preglejka, zliatiny hliníka |
| 2 - krycí poťah | - papier |
| 3 - a, b, nosníky | - tvrdá balza, smrek, borovica, preglejka |
| c, d, nosníky | - stredne tvrdá balza |
| 4 - rebrá | - balza, preglejka |
| 5 - mäkký poťah | - papier, plátno, fólie z umelej hmoty |
| 6 - tuhý poťah | - balza |
| 7 - výplňové jadro | - penový polystyrén |

2.1.3.2 Pohyblivá časť vodorovnej chvostovej plochy - výškovka

Zaťaženie výškovky aerodynamickými silami je analogické so zaťažením vztlakových klapiek. Vzhľadom na menšie rozpätie výškovky sú však deformácie konštrukcie krútiacim momentom prakticky zanedbateľné.

Základné typy konštrukcií výškovky sú schematicky znázornené na **obr.2.5**.

Najčastejšie používané materiály pre jednotlivé konštrukčné prvky sú prakticky zhodné so stabilizátorom až na materiály nosníkov, nakoľko výškovka nie je namáhaná veľkými ohybovými zaťažzeniami.

2.1.3.3 Pôdorysný tvar a konštrukčné usporiadanie vodorovnej chvostovej plochy

Jednotlivé základné pôdorysné tvary vodorovnej chvostovej plochy, používané u upútaných modelov lietadiel, sú znázornené na **obr.2.2**, tvary *a* až *f*. Jednotlivé tvary sú pre jednotlivé kategórie používané v zásade zhodne ako u krídla, avšak vzhľadom na rozdielnu funkciu a menšie rozmery sú použité určité rozdiely.

a - obdlžnikový

používa sa pre jednoduché cvičné modely a modely *ŠUM* a *F4B*, ak si to maketová predloha vyžaduje. Výhodou tohto tvaru je jednoduchá konštrukcia a časovo nenáročná stavba. Nevýhodou sú horšie aerodynamické výkony ako u tvarov *b* a *d*,

b - lichobežníkový

je to najpoužívanější tvar cvičných i súťažných modelov *F2A*, *F2B* a *F2C* U modelov *F4B* a *ŠUM*, ak si to maketová predloha vyžaduje. Prácnosť stavby v prípade použitia jednoduchých typov najbežnejšie používaných konštrukcií je len o málo väčšia ako v prípade tvaru *a*.

Výhodou je však dobrá aerodynamická výkonnosť.

c - zložený

tento tvar sa prakticky nepoužíva.

d - eliptický

tento tvar sa používa iba ojedinele u modelov *F2A*, *F2B* a *F2C* a u modelov *F4B* a *ŠUM*, ak si to maketová predloha vyžaduje. Chvostová plocha tohto tvaru je konštrukčne najzložitejšia a stavebne najnáročnejšia, zvlášť pri použití zložitejších typov konštrukcií. Zlepšenie aerodynamickej výkonnosti voči ostatným tvarom je však problematické vzhľadom na nepriaznivú situáciu pri obtekaní koncových častí plochy s malou hĺbkou profilu. Tieto súvislosti sú vysvetlené v 3. kapitole.

e - obdlžnikový - bez stabilizátora

tento tvar sa používa výhradne u samokrídla kategórie *F2D*

- plávajúca výškovka

tento tvar sa používa výhradne u samokrídla kategórie *F2D*

f - nesymetrický

používa sa výhradne pre výkonné modely *F2A*. Umiestnenie smerom von, zo stredu letového kruhu (smerom od pilota) sa zlepšuje stabilizačný účinok i ovládateľnosť modelu, nakoľko veľká časť plochy je obtekaná nerušeným prúdom ovzdušia. Zároveň sú výsledné rozmery voči symetrickému usporiadaniu väčšie, čo priaznivo vplýva na zlepšenie pomerov pri obtekaní.

Pôdorysné usporiadanie vodorovnej chvostovej plochy je tak ako u krídla závislé na pôdorysnom tvare a použitom type konštrukcie stabilizátora i výškovky.

U stabilizátora sa používa tiež miešanie konštrukcií podľa rovnakých zásad ako u pevnej časti krídla.

U výškovky miešanie konštrukcií nieje potrebné vzhľadom na jej malé rozpätie a malé namáhanie ohybom a krutom.

Príklady konštrukcií vodorovných chvostových plôch sú uvedené v kapitole 4.

2.1.3.4 Profily vodorovnej chvostovej plochy

Definícia profilu nosnej plochy bola vysvetlená v kapitole 2.1.1.4.

Nakoľko na aerodynamické vodorovných chvostových plôch sú v jednotlivých kategóriách kladené veľmi rozdielne požiadavky, je voľba profilov i vhodnej percentuálnej hĺbky stabilizátora i výškovky podrobne rozobraná v kapitole 3, 4 a 7.

2.1.4 Zvislá chvostová plocha

Z **obr.2.1** je zrejmé členenie zvislej chvostovej plochy na pevnú časť - zvislú stabilizačnú plochu (kýl) a pohyblivú časť - smerové kormidlo (smerovku). Zvislá chvostová plocha u upútaných modelov neplní takú dôležitú funkciu ako u voľne lietajúcich modelov. Upútané modely lietajú totiž po polgulovej ploche, ktorej polomer je pevne daný dĺžkou pútacích drôtov a zvislá chvostová plocha plní iba pomocnú smerovú stabilizačnú funkciu. Hlavnú smerovú stabilizačnú funkciu vykonávajú pútacie drôty napnuté odstredivou silou hmoty letiaceho modelu. U modelov kategórií **F2A**, **F2C** a **F2D** sa zvislé chvostové plochy vôbec nepoužívajú.

2.1.4.1 Pevná časť zvislej chvostovej plochy - kýl

Vzhľadom na funkciu zvislej chvostovej plochy u upútaných modelov sú typy konštrukcií kýlu prevažne jednoduché, hoci je obecné možné použiť všetky typy konštrukcií používané u vodorovnej chvostovej plochy, pozri **obr.2.5**. Zložitejšie typy konštrukcií sa používajú prevažne iba v prípade modelov kat.**F4B**, ak to vyžaduje maketová predloha.

2.1.4.2 Pohyblivá časť zvislej chvostovej plochy - smerovka

U upútaných modelov lietadiel stráca smerovka hlavnú funkciu - aktívne ovládanie smeru letu modelu. Táto aktívna funkcia smerovky sa zmenila na pasívnu funkciu tým, že je pevne uchytená na hlavnom nosníku kýlu, bez možnosti zmeny uhlu počas letu. V prípade, ak sa smerovka použije (cvičné modely **F2B**, **F4B** a **ŠUM**) je nastavená tak, aby výsledná aerodynamická sila pôsobila smerom do kruhu (k pilotovi). Výsledným efektom je vybočenie modelu okolo zvislej osi von z kruhu, čím sa získa na bočnej ploche trupu aerodynamická sila zvyšujúca ťah modelu do pútacích drôtov. Tento ťah je zvlášť dôležitý pri malej letovej rýchlosti a v akrobatických figúrach lietaných nad hlavou pilota.

U súťažných modelov kat.**F2B** sa s úspechom používa pohyblivá smerovka s výchylkami odvodenými od pohybu výškovky. Tento prídavný pohyb eliminuje nepriaznivý vplyv gyroskopickej reakcie vrtule pri lietaní hrán "hranatých" figúr. U pravotočivej rotácii vrtule totiž v "ťahanej" hrane gyroskopická reakcia odkláňa model okolo zvislej osi von z kruhu, čím sa chvíľkovo zvyšuje ťah modelu do pútacích drôtov. To sa síce zlepšuje ovládateľnosť modelu, ale v prípade "tlačených" hrán je to práve opačne, čo má negatívny vplyv na ovládateľnosť modelu. Prídavným pohybom smerovky sa vlastne optimalizuje ovládateľnosť modelu v najkritickejších letových režimov.

O tejto problematike sa podrobne hovorí v kapitole 7.

Typy konštrukcií používané pri stavbe smeroviek sú zhodné ako pri stavbe kýlu.

2.1.4.3 Bokorysný tvar a konštrukčné usporiadanie zvislej chvostovej plochy

Bokorysný tvar zvislej chvostovej plochy sa prispôsobuje jej aerodynamickej funkcii popisovanej v predchádzajúcej časti, i estetickej funkcii tak, že dokresľuje bokorysný vzhľad celého modelu. Bokorysné tvary môžu byť v podstate zhodné s pôdorysnými tvarmi vodorovnej chvostovej plochy s tým rozdielom, že u zvislej chvostovej plochy sa používa výhradne nesymetrické usporiadanie zrejme z **obr.2.1** a **2.2**. Bokorysný tvar je potrebné dodržať iba u modelov kat.**F4B** a **ŠUM** podľa tvaru maketovej predlohy.

Bokorysné konštrukčné usporiadanie sa volí zväčša homogénne, t.j. jedného typu konštrukcie, bez miešania konštrukcií. Iba u modelov **F4B** je potrebné zachovať bokorysné konštrukčné usporiadanie pre dosiahnutie čo najlepšej podobnosti s maketovou predlohou. Pritom však ide iba o dodržanie vonkajšieho vzhľadu a charakteru povrchu.

Príklady konštrukcií zvislých chvostových plôch sú uvedené v kapitole 4.

2.1.4.4 Profily zvislej chvostovej plochy.

Vzhľadom na aerodynamické výkony požadované od zvislej chvostovej plochy je voľba jej profilu zväčša ponechaná na úvahu konštruktéra modelu. Najpoužívanejším profilom je rovná doska, zabezpečujúca bez väčších výhrad všetky funkcie zvislej chvostovej plochy pri minimálnej práci.

2.1.5 Ovládací mechanizmus

Ako už bolo povedané v úvode kapitoly 2, ovládací mechanizmus zabezpečuje prenos výchyliek a síl z ovládacej rukoväte cez pútacie drôty a vlastný ovládací mechanizmus na vztlakové klapky a výškovku.

V prípadoch upútaných makiet **F4B** zabezpečuje i ďalšie vedľajšie funkcie. I keď sú podľa tejto definície funkčnou súčasťou ovládacieho mechanizmu aj pútacie drôty a ovládacia rukoväť, boli tieto dva funkčné prvky z metodických dôvodov uvedené samostatne v kapitole 2.3, nakoľko niesú priamou súčasťou draku modelu lietadla. Pritom hranica deliaca tieto dva funkčne navzájom závislé celky, ovládací mechanizmus a pútacie zariadenie, môže byť v blízkosti konca vnútornej časti krídla (smerujúcej k pilotovi modelu) alebo v blízkosti trupu, resp. vo vnútorných priestoroch trupu alebo krídla.

Vzhľadom na skutočnosť, že v kapitole 7 je podrobne analyzovaná funkcia ovládacieho mechanizmu z hľadiska vplyvu jeho kinematiky (prenosu výchyliek) na ovládateľnosť modelu, i z hľadiska jeho silového a momentového zaťaženia, je táto kapitola venovaná iba zásadám potrebným pre správny návrh ovládacieho mechanizmu z hľadiska jeho kinematiky, konštrukcie a správneho praktického vyhotovenia ovládacieho mechanizmu.

2.1.5.1 Kinematické funkcie ovládacieho mechanizmu

Kinematické funkcie ovládacieho mechanizmu upútaného modelu môžeme rozdeliť podľa dôležitosti regulačných prvkov, ktorých pohyb ovládací mechanizmus zabezpečuje, na hlavné a pomocné.

Hlavnou kinematickou funkciou ovládacieho mechanizmu je zabezpečenie pohybu vztlačových klapiek a výškovky, resp. iba výškovky. Zmenou ich polohy dochádza ku zmene zakrivenia profilu krídla a vodorovnej chvostovej plochy, čím dochádza ku zmenám veľkosti a zmyslu aerodynamických síl a momentov, umožňujúcich zmenu zakrivenia letovej dráhy modelu. Na bezporuchovom plnení hlavnej kinematickej funkcie ovládacieho mechanizmu je priamo závislá letuschopnosť i ovládateľnosť a v konečnom dôsledku i existencia každého upútaného modelu.

Pomocné kinematické funkcie ovládacieho mechanizmu zabezpečujú chod ďalších agregátov a mechanizmov modelu. Najčastejšie je ovládaný chod motora reguláciou bohatosti alebo množstva pohonnej zmesi, zastavenie chodu motora, spúšťanie chodu pomocných mechanizmov ovládajúcich zatváranie a otváranie pristávacieho zariadenia, vypúšťanie výsadku, zapínanie pozičných svetiel, atď. Pomocnými mechanizmami sú vybavené iba modely niektorých kategórií (**F4B**, **ŠUM**, **F2C**). Na ich bezporuchovom chode nieje upútaný model bezprostredne závislý. Pre dosiahnutie špičkových výkonov je však ich bezchybný chod bezpodmienečnou nutnosťou.

Ak je vzájomná poloha ovládaného regulačného prvku a ovládacieho mechanizmu jednoznačne definovaná v každej polohe ovládacieho mechanizmu, hovoríme o pevnej kinematickej väzbe. Vtedy každej danej polohe ovládacieho mechanizmu zodpovedá iba jedna poloha ovládaného regulačného prvku. Takýto proces ovládania polohy regulačného prvku je spojitý.

Ak danej polohe ovládacieho mechanizmu zodpovedá viac polôh ovládaného regulačného prvku, proces ovládania polohy je nespojitý (prerušovaný). V tomto prípade hovoríme o voľnej kinematickej väzbe.

Pre ovládanie hlavných regulačných prvkov modelu (vztlačových klapiek a výškovky) používame zásadne ovládacie mechanizmy s pevnou kinematickou väzbou. Túto väzbu používame tiež pre plynulé ovládanie chodu motora. Pre ovládanie ostatných mechanizmov používame voľnú kinematickú väzbu. Táto väzba je realizovaná tak, že ovládací mechanizmus v určitej polohe uvoľní chod dovtedy zablokovaného pomocného mechanizmu, resp. zapne elektrický obvod servomechanizmu, ktorý vykoná požadovanú činnosť. Jeden servomechanizmus môže pritom vykonať iba jednu činnosť alebo viac činností súčasne alebo postupne v zvolenom (naprogramovanom) časovom slede. Táto postupnosť môže byť pritom vykonaná automaticky po prvom impulze ovládacieho mechanizmu.







2.1.5.2 Kinematická schéma ovládacieho mechanizmu

Každý ovládací mechanizmus pozostáva z jednotlivých prvkov - členov, zabezpečujúcich v mechanizme určité funkcie, dané vzájomnou polohou a spojením týchto členov. Nakoľko najdôležitejšou funkciou ovládacieho mechanizmu je prenos výchyliek z ovládacieho na ovládaný člen, musíme pred vypracovaním skutočného konštrukčného návrhu vypracovať zjednodušený grafický návrh, v ktorom sú jednotlivé členy mechanizmu a ich vzájomné spojenia znázornené zjednodušene. Takýto zjednodušený návrh nazývame kinematická schéma.

Pomocou kinematickej schémy môžeme pomerne jednoducho vykonať grafickú analýzu činnosti navrhovaného ovládacieho (a iného) mechanizmu a posúdiť, či plní všetky požadované kinematické funkcie, t.j. funkcie prenosu výchyliek. Keďže hovoríme o prenose výchyliek, rozoznávame v mechanizme, a teda i v jeho kinematickej schéme, hnacie a hnané členy. Hnací člen je zdrojom pohybu a ostatné hnané členy sú mechanickými prevodníkmi, resp. transformátormi tohto pohybu (výchyliek). Vzájomný pohyb i poloha hnacích i hnaných prvkov musí pritom rešpektovať mechanické vlastnosti jednotlivých členov a kinematické vlastnosti vzájomného spojenia týchto členov so základným telesom (rámom, nosičom).

Z kinematického hľadiska rozoznávame tuhé (vo všetkých smeroch nedeformovateľné), čiastočne tuhé (iba v niektorých smeroch deformovateľné) a pružné (zámerne deformovateľné) členy.
Na **obr. 2.6** sú nakreslené jednotlivé základné členy kinematických schém.

Obr.2.6

Grafické znázornenie členov kinematických schém	Názov členu - príklad	Stupne volnosti v rovine
	Pevné základné teleso (rám, nosic, konštrukcia draku	0
	Konzola pevne upevnená na základnom telese	0
	Tuhý člen (páka, tiaho)	3
	Tuhý člen (skrutka)	3
	Ciastocne tuhý člen (lanko, drôt, retaz) tuhý iba pri zatažení tahom,	3+(2,5)
	Pružný člen (pružina kovová, guma)	3+(3)

Základné členy kinematických schém a ich stupne volnosti v rovine

Z kinematického hľadiska rozoznávame ďalej pevné a pohyblivé spojenia. Pevné spojenie odoberá upevnenému telesu (členu mechanizmu) všetky pohybové možnosti.

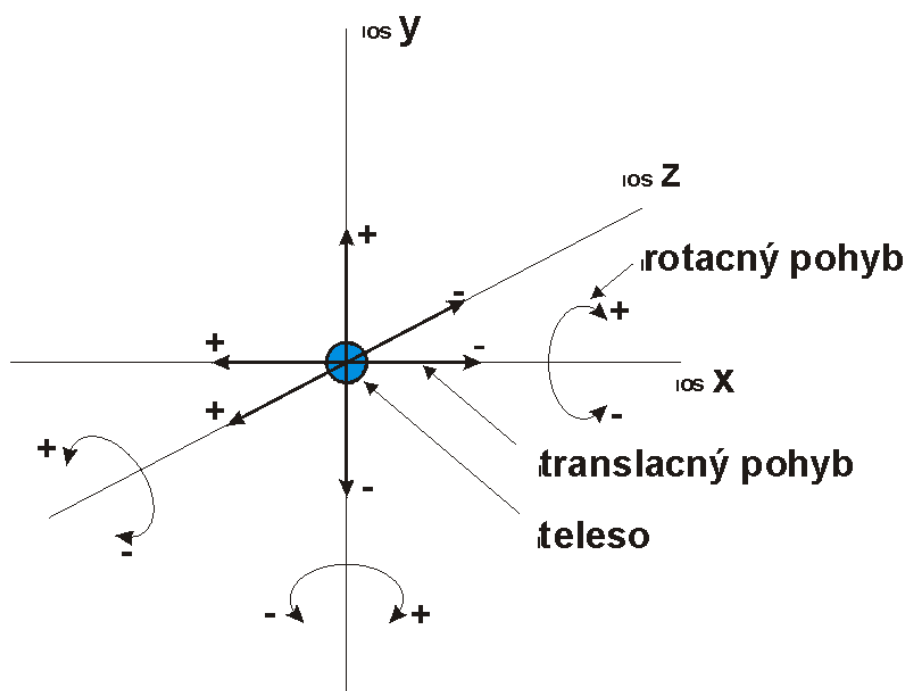
➔ **teleso má v priestore 6 možností pohybu:**

- 3 možnosti posúvania (translácie) v smere troch osí súradnicového systému priestoru,
- 3 možnosti otáčania (rotácie) okolo troch osí súradnicového systému priestoru.

Tieto jednotlivé možnosti pohybu nazývame ➔ **stupne voľnosti pohybu telesa v priestore**, zjednodušene: ➔ **stupne voľnosti**.

Na **obr. 2.7** sú tieto stupne voľnosti znázornené graficky.

Obr.2.7



Pohybové možnosti telesa v priestore

Aby spojenie odobralo telesu všetky pohybové možnosti, musí mu odobrať všetkých 6 stupňov voľnosti.


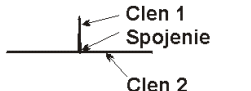

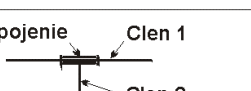
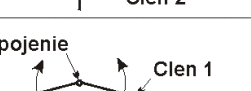
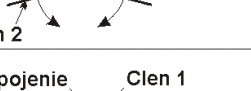

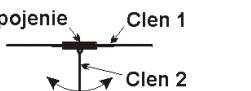

➔ *Pohyblivé spojenia sú potom také, ktoré telesu ponechávajú minimálne 1 stupeň voľnosti.*

Ovládacie mechanizmy majú zväčša priestorové usporiadanie, čo značí, že pohyby ich jednotlivých členov sú vykonávané vo viacerých rovinách i osiach. Analýza ich kinematických schém by však bola zložitá. Preto je pri kreslení kinematických schém používané určité zjednodušenie, ktoré nám umožňuje vykonať analýzu ich funkcie v jednej rovine "na papieri". Pri tomto zjednodušení potom postačuje poznať počet stupňov voľnosti jednotlivých členov v rovine.

Počty stupňov voľnosti základných členov kinematických schém v rovine sú uvedené na **obr.2.6**. Z obrázku vidieť, že čiastočne tuhé a pružné členy majú v rovine viac stupňov voľnosti ako 3. Ďalšie stupne voľnosti týchto členov sú však závislé na smere a veľkosti ich zaťaženia silami prenášanými mechanizmom. Preto pri použití takýchto členov musíme súčasne pri analýze kinematických pomerov analyzovať i silové pomery a ich vplyv na zmenu rozmerov a tvaru týchto členov.

Počty stupňov voľnosti, ktoré odoberajú jednotlivé typy spojení telesám, resp. jednotlivým členom kinematických schém v rovine sú uvedené na **obr. 2.8**.

Obr.2.8

Schématické znázornenie spojenia	Názov spojenia	Pocet odoberaných stupnov volnosti v rovine	Vyhotovenie spojenia
	Votknutie "v"	3	Pevné spojenie členov so základným telesom zalepením, znitovaním, spájkovaním, zvarením, zoskrutkovaním
	Pevné spojenie	3	Jednotlivé členy sú navzájom pevne spojené zalepením, znitovaním, spájkovaním, zvarením, zoskrutkovaním (aj z jedného kusa má materiálu)
	Otocné spojenie "o"	2	Clen je spojený čapom s konzolou upevnenou na základnom telese
	Otocné spojenie (kolmo na rovinu priemetu)	2	Jednotlivé členy sú navzájom otocne spojené
	Otocné spojenie	2	Jednotlivé členy sú navzájom otocne spojené čapom
	Posuvné spojenie "p"	2	Jednotlivé členy sú navzájom posuvné
	Posuvno-otocné spojenie-kulisové "k"	1	Jednotlivé členy sú navzájom posuvné i otocné
	- " -	1	- " -
	- " -	1	- " -

Základné spojenia členov kinematických schém a ich stupne volnosti v rovine

Kinematická schéma ovládacieho mechanizmu potom v grafickom vyjadrení pozostáva z jednotlivých členov a ich vzájomných spojení, znázornených pomocou prvkov uvedených na **obr.2.7** a **2.8**.

Aby sme mohli posúdiť ako bude pracovať navrhnutý ovládací mechanizmus, musíme v prvom kroku po nakreslení jeho kinematickej schémy zistiť, aký bude jeho výsledný počet stupňov volnosti. Tento počet stanovíme podľa vzťahu:

$$i = 3n - 3v - 2o - 2p - 1k$$

kde: i - výsledný počet stupňov volnosti mechanizmu

n - počet členov mechanizmu (bez základného telesa)

v - počet spojení votknutím


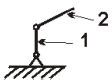
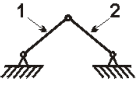
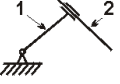


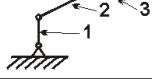
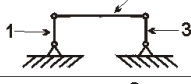
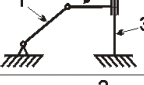
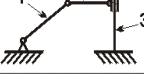
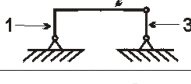
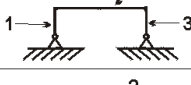
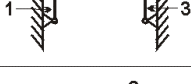
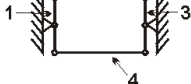
o - počet otočných spojení

p - počet posuvných spojení

k - počet posuvno-otočných spojení (kulisových)

Na **obr.2.9** sú pre ozrejmienie spôsobu stanovovania výsledného stupňa volnosti uvedené príklady kinematických schém jednoduchých mechanizmov, resp. konštrukcií.

Obr.2.9

Poradové číslo	Kinematická schéma mechanismu	Výpočet výsledného stupna volnosti mechanismu v rovine
1		$i = 3 \times 1 - 3 \times 0 - 2 \times 1 - 2 \times 0 - 1 \times 0 = 1$
2		$i = 3 \times 2 - 3 \times 0 - 2 \times 2 - 2 \times 0 - 1 \times 0 = 2$
3		$i = 3 \times 2 - 3 \times 0 - 2 \times 3 - 2 \times 0 - 1 \times 0 = 0$
4		$i = 3 \times 2 - 3 \times 0 - 2 \times 1 - 2 \times 1 - 1 \times 0 = 2$
5		$i = 3 \times 2 - 3 \times 0 - 2 \times 2 - 2 \times 1 - 1 \times 0 = 0$
6		$i = 3 \times 2 - 3 \times 0 - 2 \times 2 - 2 \times 0 - 1 \times 1 = 1$
7		$i = 3 \times 3 - 3 \times 0 - 2 \times 3 - 2 \times 0 - 1 \times 0 = 3$
8		$i = 3 \times 3 - 3 \times 0 - 2 \times 4 - 2 \times 0 - 1 \times 0 = 1$
9		$i = 3 \times 3 - 3 \times 1 - 2 \times 2 - 2 \times 1 - 1 \times 0 = 0$
10		$i = 3 \times 3 - 3 \times 1 - 2 \times 2 - 2 \times 0 - 1 \times 1 = 1$
11		$i = 3 \times 3 - 3 \times 3 - 2 \times 1 - 2 \times 0 - 1 \times 0 = -2$
12		$i = 3 \times 3 - 3 \times 4 - 2 \times 0 - 2 \times 0 - 1 \times 0 = -3$
13		$i = 3 \times 3 - 3 \times 0 - 2 \times 4 - 2 \times 0 - 1 \times 0 = 1$
14		$i = 3 \times 4 - 3 \times 0 - 2 \times 6 - 2 \times 0 - 1 \times 0 = 0$

Príklady výpočtov výsledného stupna volnosti kinematických schém jednoduchých mechanizmov, resp.konstruktíí

Príklady uvedené na **obr.2.9** sa dajú podľa výsledného stupňa voľnosti rozdeliť do troch základných skupín:

- ak $i \neq 0$** - sú to konštrukcie bez možnosti pohybu,
 - ak $i = 0$, jedná sa o konštrukcie staticky určité, v prípade č.14 sa bude jednať o mechanizmus ak bude jeho konštrukcia symetrická, alebo ak členy 2 a 3 budú čiastočne tuhé (---),
 - ak $i < 0$, jedná sa o konštrukcie staticky preurčené,
- ak $i = 1$** - sú to mechanizmy s možnosťou pohybu, u ktorých je vzájomná polohová väzba jednotlivých členov jednoznačne definovaná a prenos výchýliek je spojitý,
- ak $i > 1$** - sú to mechanizmy s možnosťou pohybu, u ktorých nie je definovaná vzájomná polohová väzba jednotlivých členov.

Z tohto rozboru vyplýva dôležitá podmienka pre správny návrh ovládacieho mechanizmu.

➔ **ovládací mechanizmus pre ovládanie hlavných regulačných prvkov modelu (vztlakových klápiek a výškovky) musí mať vždy jeden (1) stupeň voľnosti, $i = 1$.**

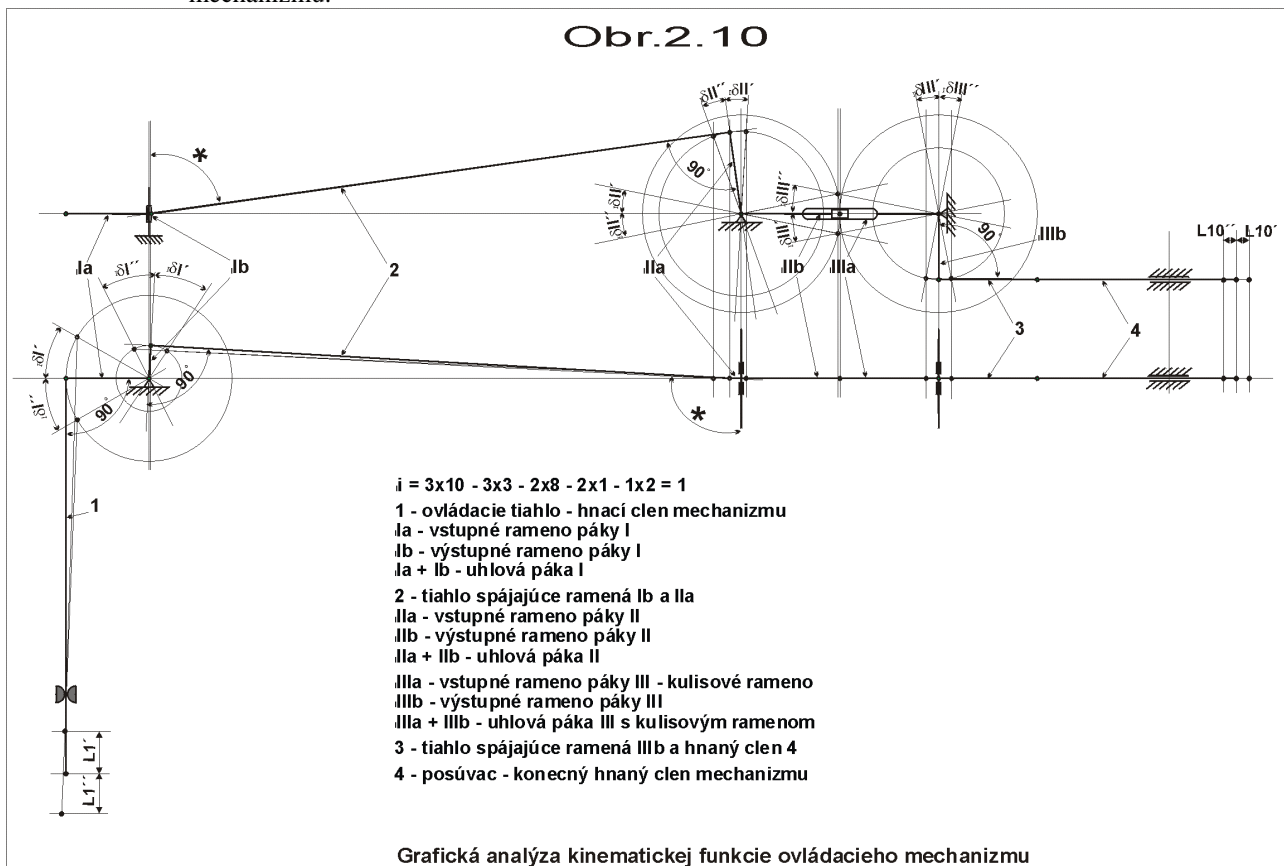
Ak navrhovaný ovládací mechanizmus spĺňa túto podmienku, môžeme vykonať grafickú analýzu prenosu výchýliek, resp. grafickú analýzu kinematickej funkcie ovládacieho mechanizmu.

2.1.5.3 Grafická analýza kinematickej funkcie ovládacieho mechanizmu

V prvom kroku grafickej analýzy kinematickej funkcie ovládacieho mechanizmu budeme predpokladať, že všetky členy kinematickej schémy ovládacieho mechanizmu sú dokonale tuhé. To značí, že ich rozmery a tvar sa zaťažujúcimi silami a momentami nemenia.

Vlastnú analýzu vykonáme tak, že kinematickú schému nakreslíme v merítke 1:1 v neutrálnej polohe a hnací člen budeme postupne zakresľovať v rôznych polohách na obe strany od neutrálnej polohy, v rozsahu predpokladaných krajných polôh mechanizmu. Od týchto polôh budeme grafickou cestou odvodzovať polohy ďalších napojených členov mechanizmu.

Na **obr.2.10** je vykonaná grafická analýza prenosu pohybu (výchýliek) jednoduchého ovládacieho mechanizmu.



Z obrázku 2.10 je zrejmé, že mechanizmus pozostáva v zásade z 3 funkčne odlišných členov:

- a** - páky, otočne spojené so základným telesom, vykonávajúce iba rotačný pohyb (tiež kladky ozubené kolesá), na každú páku je napojené minimálne jedno tiahlo,
- b** - tiahla, vzájomne spájajúce páky mechanizmu, vykonávajúce prevažne translačný pohyb v

- dvoch smeroch (osiach),
 c - posúvače, spojené s pákami, alebo tiahkami, vykonávajúce iba translačný pohyb v jednom smere (osi).

Výsledkom grafickej analýzy kinematickej funkcie ovládacieho mechanizmu bude zistenie vzťah zmeny polohy hnaného člena (regulačného prvku) ku zmene polohy hnacieho člena. Tento vzťah môžeme vyjadriť ako pomer dráh translačného pohybu, alebo uhlov vychýlenia rotačného pohybu, prípadne ich kombináciou. Tento pomer nazývame koeficient prevodu.

Podľa tejto definície môžeme pre kinematickú schému **obr. 2.10** stanoviť hodnoty koeficientov prevodu nasledovne:

- koeficient prevodu medzi pákou I a tiahom 1:
 $ki1' = \delta I' / \Delta 1'$; $ki1'' = \delta I'' / \Delta 1''$
- koeficient prevodu medzi pákou II a pákou I:
 $ki2' = \delta II' / \delta I'$; $ki2'' = \delta II'' / \delta I''$
- koeficient prevodu medzi pákou II a tiahom 1:
 $ki3' = \delta II' / \Delta 1' = \delta II'' / \delta I'' * \delta I' / \Delta 1' = ki1' * ki2'$
 $ki3'' = \delta II'' / \Delta 1'' = \delta II'' / \delta I'' * \delta I'' / \Delta 1'' = ki1'' * ki2''$
- koeficient prevodu medzi pákou III a pákou II:
 $ki4' = \delta III' / \delta II'$; $ki4'' = \delta III'' / \delta II''$

- koeficient prevodu medzi pákou III a pákou I:
 $ki5' = \delta_{III}' / \delta I' = \delta_{III}' / \delta II' * \delta II' / \delta I' = ki4' * ki2'$
 $ki5'' = \delta_{III}'' / \delta I'' = \delta_{III}'' / \delta II'' * \delta II'' / \delta I'' = ki4'' * ki2''$
- koeficient prevodu medzi pákou III a tiahlom 1:
 $ki6' = \delta_{III}' / l I' = \delta_{III}' / \delta II' * \delta II' / \delta I' * \delta I' / l I' = ki4' * ki2' * ki1'$
 $ki6'' = \delta_{III}'' / l I'' = \delta_{III}'' / \delta II'' * \delta II'' / \delta I'' * \delta I'' / l I'' = ki4'' * ki2'' * ki1''$
- koeficient prevodu medzi posúvačom 4 a pákou III:
 $ki7' = l 4' / \delta_{III}'; ki7'' = l 4'' / \delta_{III}''$
- koeficient prevodu medzi posúvačom 4 a tiahlom 1:
 $ki8' = l 4' / l I' = ki7' * ki4' * ki2' * ki1'$
 $ki8'' = l 4'' / l I'' = ki7'' * ki4'' * ki2'' * ki1''$

Zo vzťahov pre výpočet koeficientu prevodu sa dajú stanoviť nasledovné závery, resp. poučky:

- ➔ *výsledný koeficient prevodu je rovný súčinu dielčích koeficientov prevodov,*
- ➔ *hodnota výsledného koeficientu prevodu i dielčích koeficientov prevodov sa môže plynule meniť v priebehu vychyľovania mechanizmu a tieto hodnoty nemusia byť symetrické voči neutrálnej polohe mechanizmu ($l' \neq l''$; $\delta' \neq \delta''$).*

Ak je od ovládacieho mechanizmu požadovaná symetria prenosu výchyliek, t.j. symetria koeficientov prevodu okolo neutrálnej polohy, musí ovládací mechanizmus spĺňať nasledovné geometrické podmienky:

- a** - tiahlo obojstranne otočne spojené s pákami (tiahlo **2**), alebo na jednej strane opačne spojené s pákou a na druhej strane posuvno-otočne vedené (tiahlo **1**), musí zvierat' v neutrálnej polohe mechanizmu s príslušnými pákami uhol 90° ,
- b** - u priameho bezťahového spojenia pák, tzv. kulisovým spojením, páky **IIb** a **IIIa**, musia byť osi čapov pák a čapu kulisy spájajúceho páky pri neutrálnej polohe ovládacieho mechanizmu v jednej rovine (priamke) a výrez páky **IIIa** symetricky okolo tejto priamky,
- c** - pri priestorovom "krížení" osi pák **I** a **II**, kedy pri pohybe mechanizmu dochádza k priestorovému pohybu tiahla **2** je výhodné, ak tiahlo zvierá s osami pák uhol 90° .

Mechanizmus na **obr.2.10** podmienku **c** nespĺňa a požadovaných 90° je označených znakom "*".

Dodržaním týchto geometrických podmienok sa u pákového mechanizmu (**obr.2.10**) dosiahne maximálne možná symetria prenosu výchyliek. Táto symetria bude tým väčšia, čím bude väčší pomer medzi dĺžkou tiahel a dĺžkou ramien príslušných pák. To by však pri daných rozmeroch modelu znamenalo znižovanie dĺžky pák pri súčasnom zvyšovaní síl pôsobiacich v tiahlach a otočných spojeniach mechanizmu i zhoršení ovládateľnosti modelu.

Podrobnejšie je o tejto problematike hovorené v kapitole 7.

2.1.5.4 Matematická analýza kinematickej funkcie ovládacieho mechanizmu

Matematická analýza kinematickej funkcie ovládacieho mechanizmu vychádza tak, ako v prípadne geometrickej analýzy z kinematickej schémy ovládacieho mechanizmu. Rozdiel matematickej analýzy voči grafickej je v tom, že u matematickej analýzy sa vzájomné väzby pohybu jednotlivých členov mechanizmu vyjadrujú matematickými formuláciami bez nutnosti kreslenia jednotlivých polôh mechanizmu. Tento spôsob sa používa hlavne pri exaktnom riešení kinematiky v súvislosti s riešením teórie ovládateľnosti modelov, s možnosťou použitia výpočtovej techniky, pozri kapitola 7.

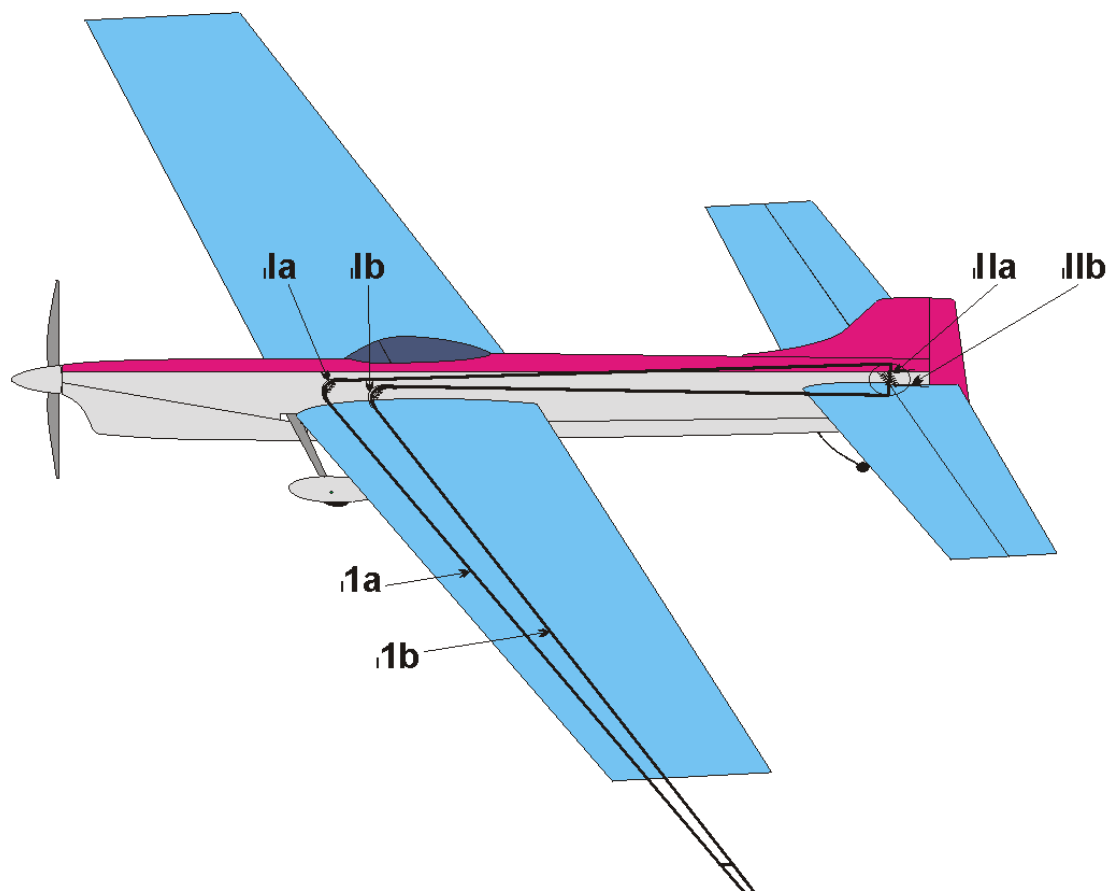
Pre bežné praktické účely však grafická metóda a analýza kinematickej funkcie ovládacieho mechanizmu plne postačuje.

2.1.5.5 Základné typy konštrukčných systémov ovládacích mechanizmov upútaných modelov

Tak, ako sa vyvíjali konštrukcie upútaných modelov v priebehu nedávnej histórie leteckého modelárstva, vyvíjala sa i konštrukcia ich ovládacích mechanizmov.

Jednou z prvých konštrukcií bol veľmi jednoduchý lankovo-pákový konštrukčný systém s jedinou pákou ovládajúcou výchylky výškovky. Jeho kinematická schéma je znázornená axonometricky na **obr.2.11**

Obr.2.11



Lankovo-pákový konštrukčný systém ovládacieho mechanizmu upútaných modelov lietadiel

Ovládacie lanká **1a**, **1b**, prechádzajú vedeniami v koncovom oblúku krídla vodiacimi trubičkami **Ia** a **Ib**, upevnenými v trupe, alebo v koreňovej časti krídla a sú spojené otočne rovnoramennou pákou **IIa** pevne spojenou s pákou tvaru "U" **IIb**, otočne uloženou v ložiskách upevnených na stabilizátore. **U-páka** slúži priamo k ovládaniu výchyliek výškovky. Výhodou tohto konštrukčného systému je jeho jednoduchosť a malý počet členov.

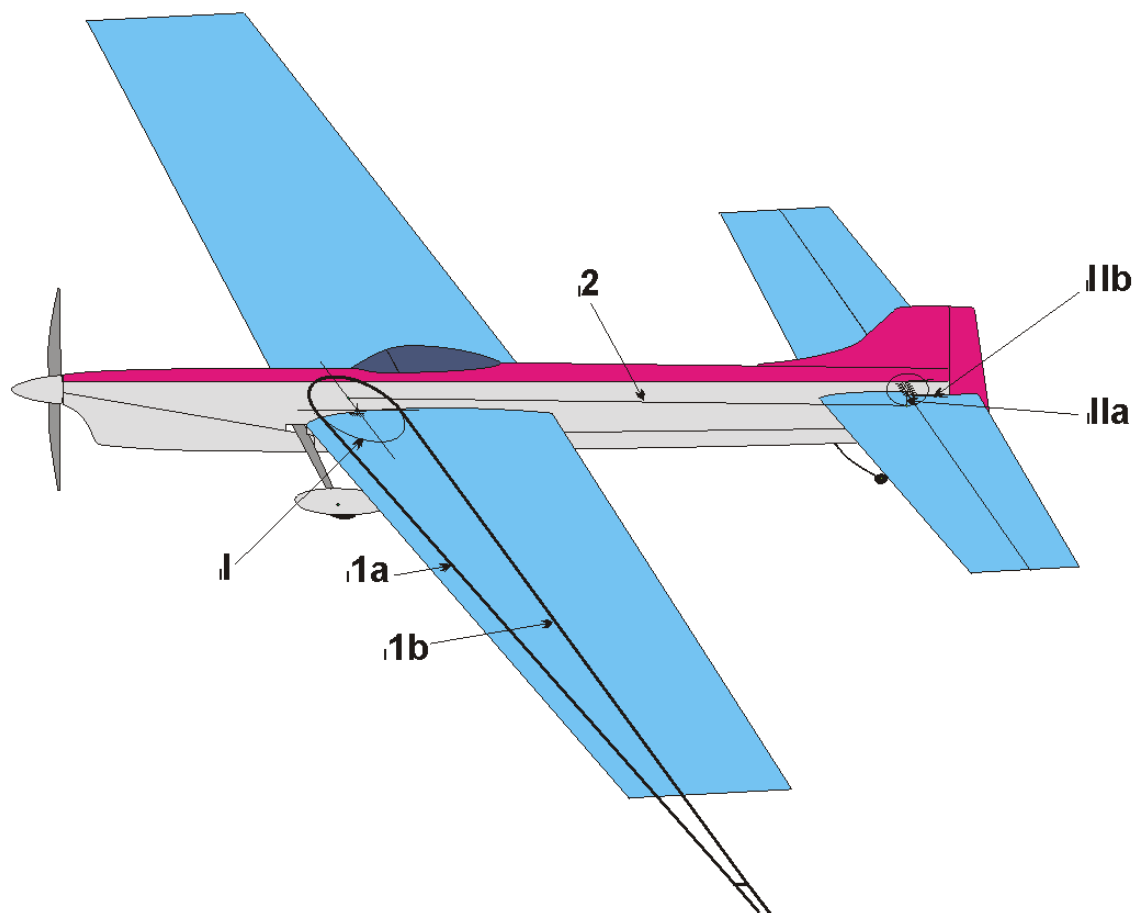
Nevýhody tohto konštrukčného systému sú:

- a** - zlá mechanická účinnosť spôsobená veľkým trením vo vedeniach **I**,
- b** - prenos odstredivých síl letiaceho modelu do celého ovládacieho mechanizmu,
- c** - nemožnosť výraznejšej zmeny výsledného koeficientu prevodu, ktorý je priamo závislý na dĺžke ramien páky **IIa**, s ohľadom na rozmery chvostovej časti modelu.

Zlú mechanickú účinnosť vo vedeniach **I** je možné odstrániť nahradením týchto vedení kladkami **I'**, uloženými otočne na čapoch, upevnených v trupe, alebo koreňovej časti modelu. Nevýhody **b** a **c** sa však takýmto konštrukčným vyhotovením odstrániť nedajú. Pre tieto nevýhody sa dnes už prakticky tento konštrukčný systém nepoužíva.

V ďalšom kladkovo-pákovom konštrukčnom systéme, znázornenom na **obr.2.12**, sa zachovala kladka **I**, zabezpečujúca prenos odstredivej sily letiaceho modelu z ovládacieho lanka **1**, opásaného okolo kladky do trupu cez čap upevnený v koreňovej časti krídla. Pohyby kladky sa prenášajú ďalej pomocou tiahla **2** na jednoramennú páku **IIa** upevnenú na U-páke **IIb**, ako v prvom prípade.

Obr.2.12

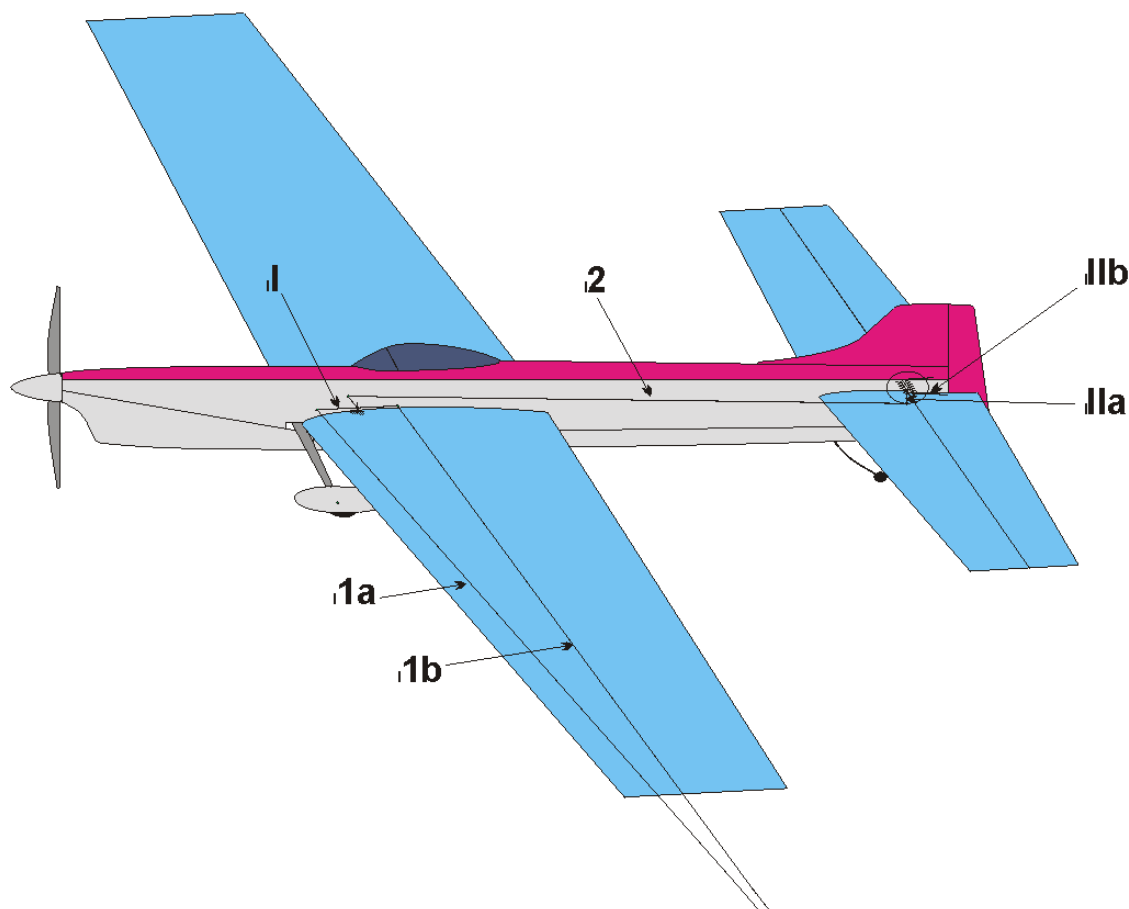


Kladkovo-pákový konštrukčný systém ovládacieho mechanizmu upútaných modelov lietadiel

Tento konštrukčný systém odstraňuje nevýhody jednoduchého lankovo-pákového konštrukčného systému uvedeného na **obr.2.11**. V praktickom vyhotovení dovoľuje tento systém navyše použiť ovládacie lanko bez prerušenia až po ovládaciu rukoväť, čo má pozitívny vplyv na spoľahlivosť a bezpečnosť upútania modelu i zníženie aerodynamického odporu púťacích drôtov voči drôtom s klasickým spojením karabínami mimo krídla modelu. Použitie tohto konštrukčného systému však vyžaduje ľahký prístup ku kladke pri výmene ovládacieho drôtu (lanka). Táto požiadavka sa prakticky rieši rozoberateľným trupom modelu. Určitou nevýhodou tohto systému je nutnosť trvalého spojenia kotúča s navinutými drôťmi a modelu počas prepravy. Tento konštrukčný systém sa používa v súčasnosti prevažne u kategórie **F2C** a v niektorých prípadoch i u kategórie **F2A**.

Ďalším, v súčasnosti najpoužívanejším konštrukčným systémom ovládacieho mechanizmu, je jednoduchý dvojpákový systém zobrazený na **obr.2.13**

Obr.2.13



Dvojpákový konštrukčný systém ovládacieho mechanizmu upútaných modelov lietadiel

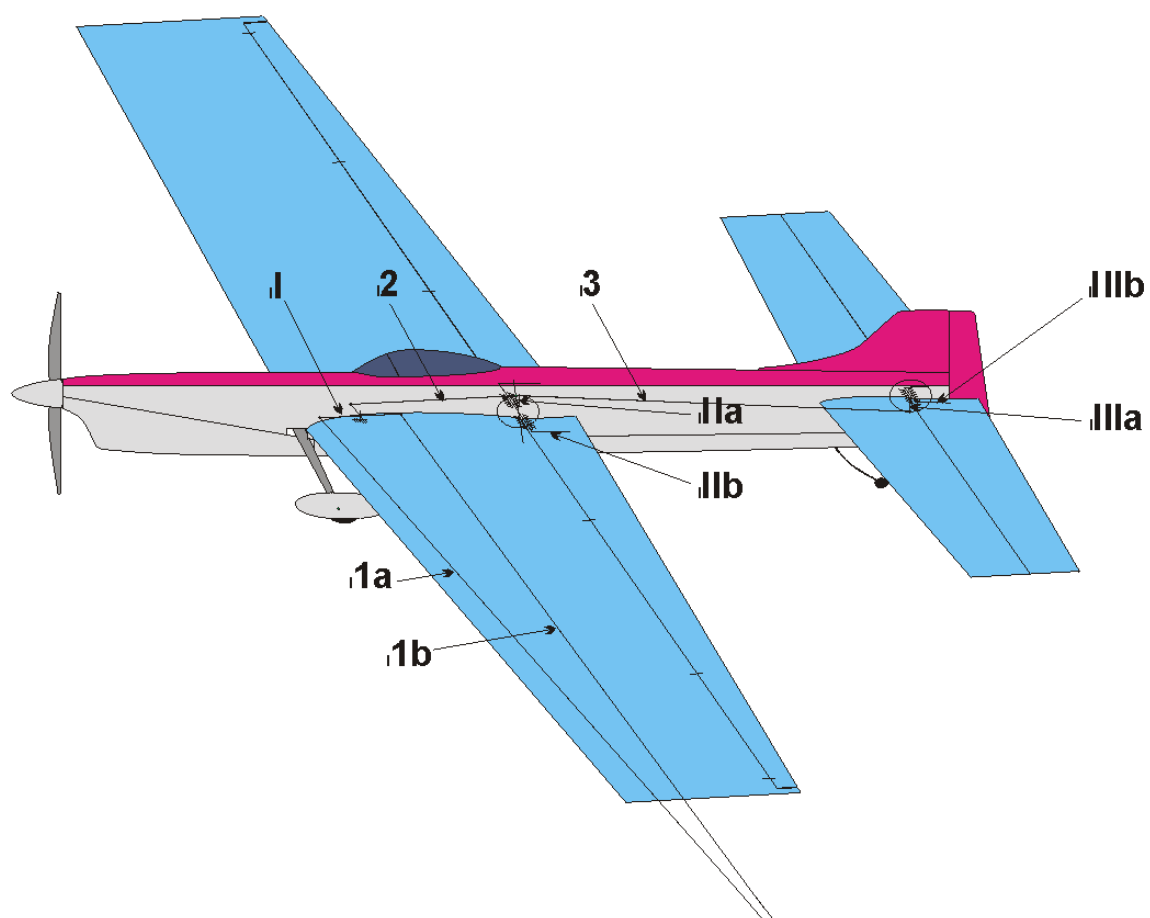
V tomto konštrukčnom systéme je nahradená kladka **I** (obr.2.12) pákou **I** tvaru "T", tzv. "táčkom". Používa sa u cvičných upútaných modelov kategórie **U-ŠTART**, **ŠUM** a modelov **F2A**, **F2D** a **F4B**. Použitie "táčka" dovoľuje zväčšiť rozstup ovládacích drôtov **1a**, **1b** a tým znížiť ovládacie sily v ovládacích drôtoch a tiež zlepšiť ovládateľnosť modelov.

U kategórie **F2A**, kde sú potrebné iba malé ovládacie sily a malé výchylky ovládacieho mechanizmu, sa zachováva malý rozstup ovládacích drôtov, pri súčasnom "zlomení" hlavného ramena "táčka". To vyvoláva efekt letovej autostability modelu. Táto problematika je podrobnejšie v kapitole 7.

Kladkovo-pákový i dvojpákový konštrukčný systém je používaný v prípadoch, kde postačuje iba ovládanie vychýľovania výškovky. V prípadoch, kde je potrebné ovládať súčasne vychýľovanie výškovky i vztlakových klapiek, používajú sa zložitejšie konštrukčné systémy ovládacích mechanizmov.

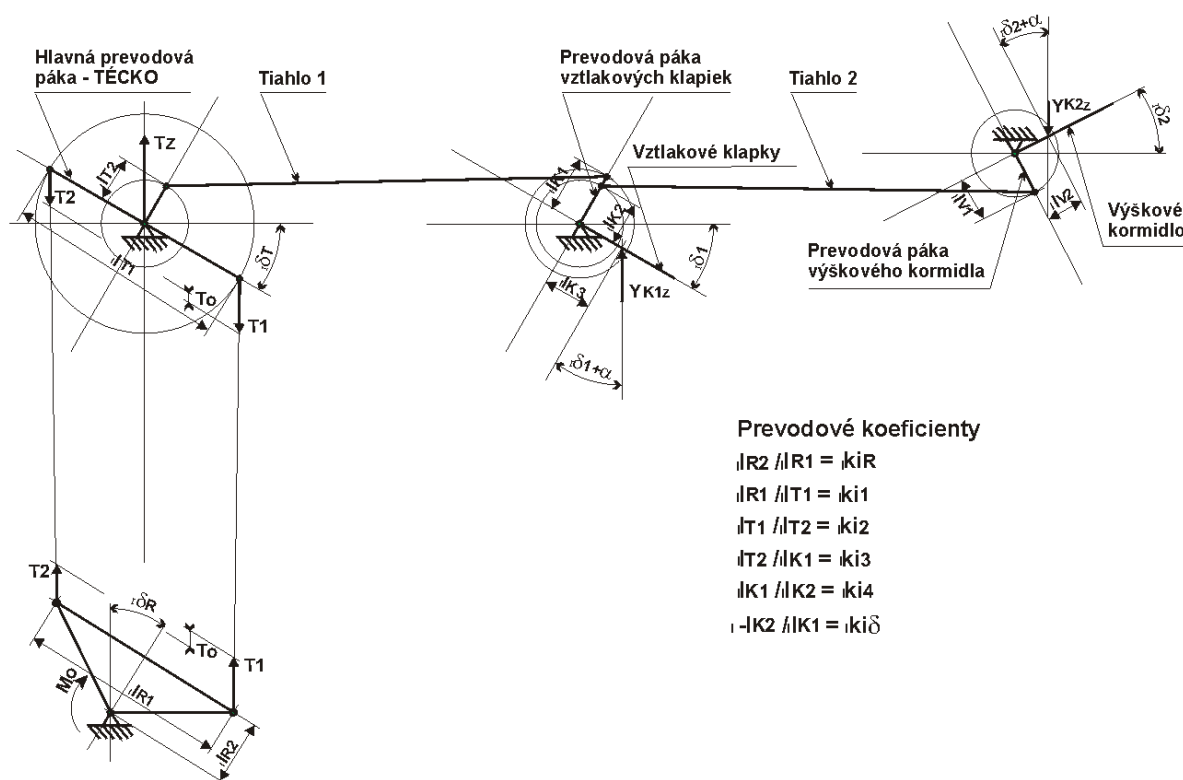
Na obr.2.14 je zobrazený trojpákový konštrukčný systém ovládacieho mechanizmu, používaný skoro výhradne u kategórie **F2B** a v ojedinelých prípadoch i u **F4B**.

Obr.2.14



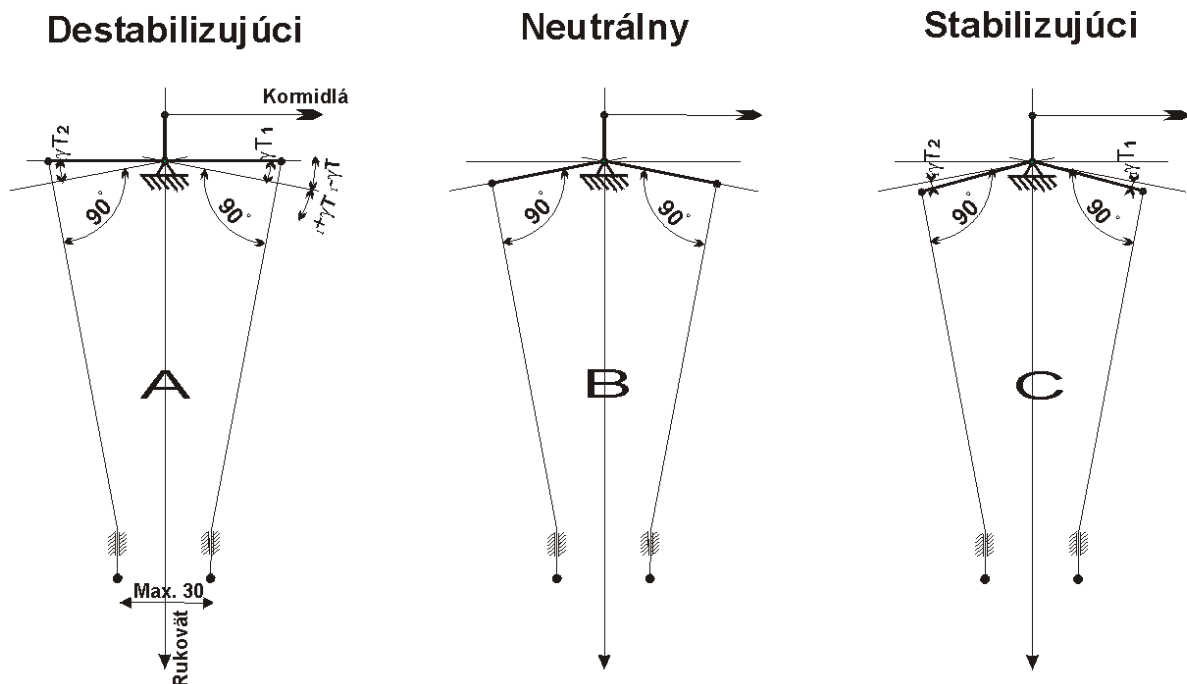
**Trojčlenný konštrukčný systém ovládacieho
mechanizmu upútaných modelov lietadiel**

Obr.2.14a



Kinematicko-silová schéma klasického ovládacieho mechanizmu upútaného modelu

Obr.2.14b



Vplyv tvaru hlavnej prevodovej páky - TÉČKA - na letovú stabilitu upútaného modelu

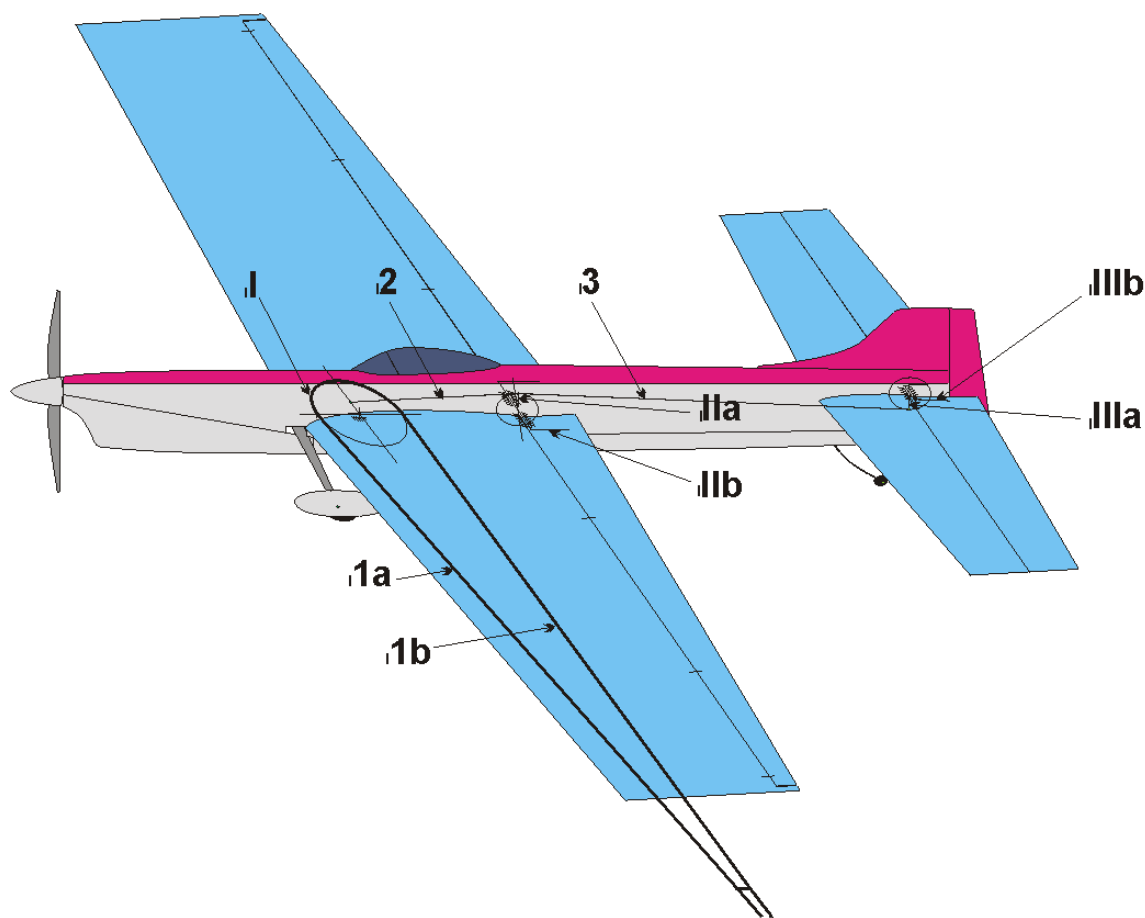
Tento ovládací mechanizmus je typický tým, že vychyľovanie vztlakových klapiek má opačný zmysel, ako vychyľovanie výškovky. Keďže je tento mechanizmus zaťažovaný väčšími aerodynamickými silami ako dvojpákový mechanizmus, musí byť rozostup ovládacích drôtov na "tේčka" väčší, ako u dvojpákového mechanizmu.

Veľmi dôležitou požiadavkou na jeho kinematickú funkciu, hlavne u kategórie **F2B**, je dosiahnutie maximálne možnej symetrie vychyľovania vztlakových klapiek a výškovky. Snaha zlepšiť ovládateľnosť modelov **F2B** viedla v poslednom období ku vzniku ďalších konštrukčných systémov ovládacích mechanizmov. Ich filozofia spočíva v zmenšení ovládacích síl v ovládacích drôtoch, zlepšení symetrie vychyľovania vztlakových klapiek a výškovky a v progresívnej zmene prevodového koeficientu medzi výškovkou a vztlakovými klapkami v priebehu vychyľovania.

Zmenšenie ovládacích síl v ovládacích drôtoch sa dá v zásade riešiť jednoducho i u trojpákového konštrukčného systému ovládacieho mechanizmu zväčšením rozostupu ovládacích drôtov - zväčšením veľkého ramena "tේčka". Pri veľkých výchylkách však u pákového mechanizmu dochádza k citelnému zmenšeniu ramena ovládacej sily (vzdialenosti osi ovládacieho drôtu a osi čapu "tේčka"), ak k zmenšeniu výslednej ovládacej sily v tiahle **4** a ďalších hnaných členoch mechanizmu. To má nepriaznivý dopad na ovládateľnosť modelu, hlavne v letových režimoch nad hlavou a pri lietaní hranatých akrobatických obrátov (figúr). Nevýhodou zmenšovania ramena ovládacej sily na "tේčka" nemá pôvodný kladkovo-pákový ovládací mechanizmus (**obr.2.12**).

Na **obr.2.15** je zobrazený kladkovo-dvojpákový konštrukčný systém ovládacieho mechanizmu, využívajúci výhody kladky pri prenose ovládacích síl.

Obr.2.15

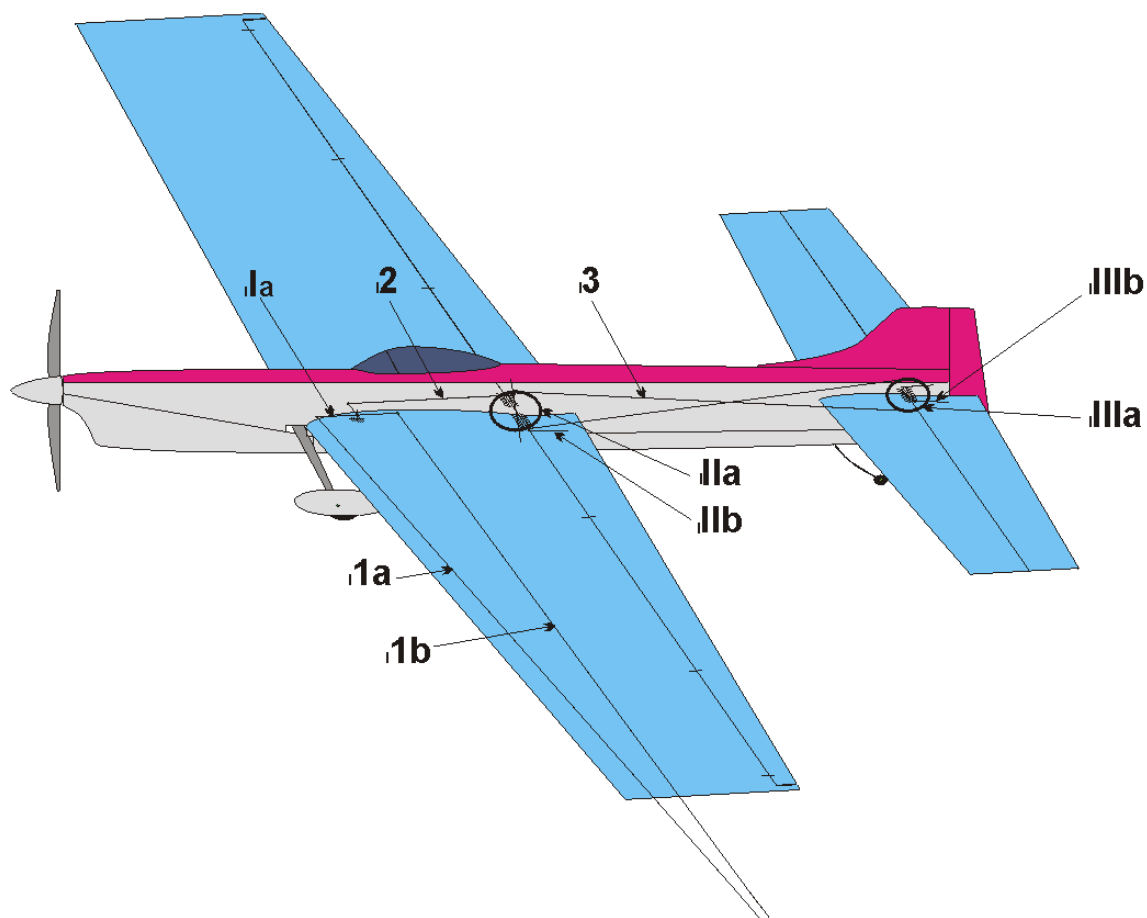


Kladkovo-dvojpákový konštrukčný systém ovládacieho mechanizmu upútaných modelov lietadiel

Ovládací mechanizmus tohto konštrukčného systému je voči trojpákovému systému výborne zložitejší a hmotnejší. Ovládacie drôty sú natrvalo zabudované v modeli a preto sú rozoberateľne spojené s pútačmi drôtmi mimo krídla. Zabudovanie kladky do modelu musí byť vyhotovené tak, aby nemohlo v žiadnom prípade dôjsť k samovoľnému vypadnutiu ovládacieho drôtu (lanka) z drážky kladky. Popri tejto čiastkovej nevýhode má tento konštrukčný systém ešte jednu vážnejšiu nevýhodu, vyplývajúcu z kinematickej väzby medzi ovládacou rukoväťou a kladkou. Ak u trojpákového mechanizmu zachováme rovnaký rozstup drôtov, na "táčku" i ovládacej rukoväti bude koeficient prevodu medzi "táčkom" a ovládacou rukoväťou v celom rozsahu výchylek približne konštantný a rovný 1. Pri použití kladky s priemerom zhodným s rozstupom drôtov na ovládacej rukoväti, bude koeficient prevodu $k_i = 1$ iba pri malých výchylkách cca $\pm 10^\circ$. So zväčšovaním výchylek bude koeficient prevodu klesať, čo značí, že pre vychýlenie ovládacej klapky po určitý uhol musíme vychýliť ovládaciu rukoväť o väčší uhol. Táto skutočnosť prináša nevýhody z hľadiska anatomického, možnosť vychýľovania zápästia je iba v malom rozsahu cca $\pm 25^\circ$, i z hľadiska enormného nárastu ovládacieho momentu na ovládacej rukoväti. Problematika je podrobnejšie analyzovaná v kapitole 7.

Na obr.2.16 je zobrazený pákovo-dvojkľadkový konštrukčný systém ovládacieho mechanizmu, riešiaci zlepšenie symetrie vychýľovania výškovky voči tlakovým kľapkám.

Obr.2.16



Páково-kladkový konštrukčný systém ovládacieho mechanizmu upútaných modelov lietadiel

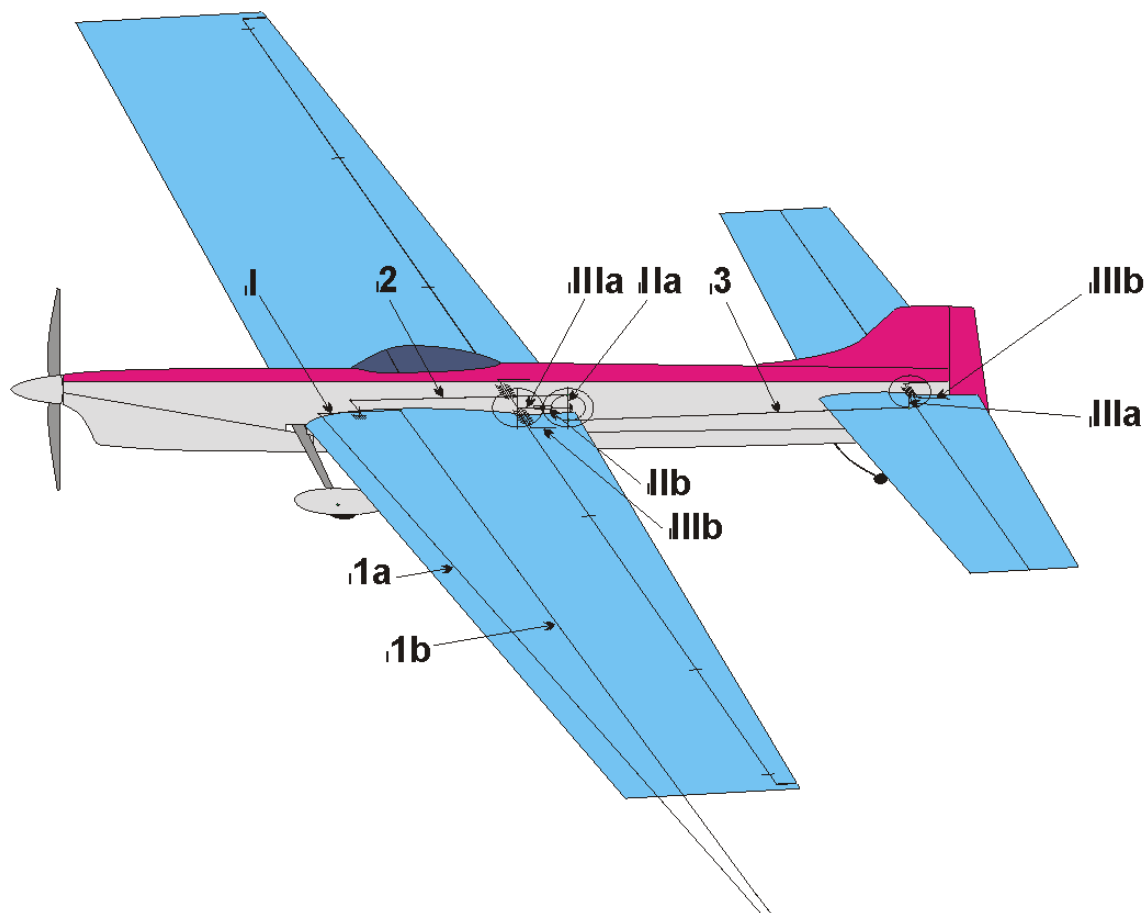
Pozn.: Uvedený systém používa podľa znalosti autora taliansky modelár Compostella v modeli kategórie F2B "TANGO".

Uvedený pákovo-dvojkladkový konštrukčný systém ovládacieho mechanizmu zabezpečuje symetriu vychýľovania výškovky voči tlakovým klapkám prakticky s absolútnou presnosťou. Jeho používanie sa však nerozšírilo pre jeho nevýhody:

- konštrukčnú zložitosť,
- problémy so zabudovaním kladiek do trupu v mieste nosníkov nosných plôch,
- nutnosť napínania lanka lankového prevodu.

Na **obr.2.17** je zobrazený štvorpákový konštrukčný systém ovládacieho mechanizmu s kulisovým spojením.

Obr.2.17

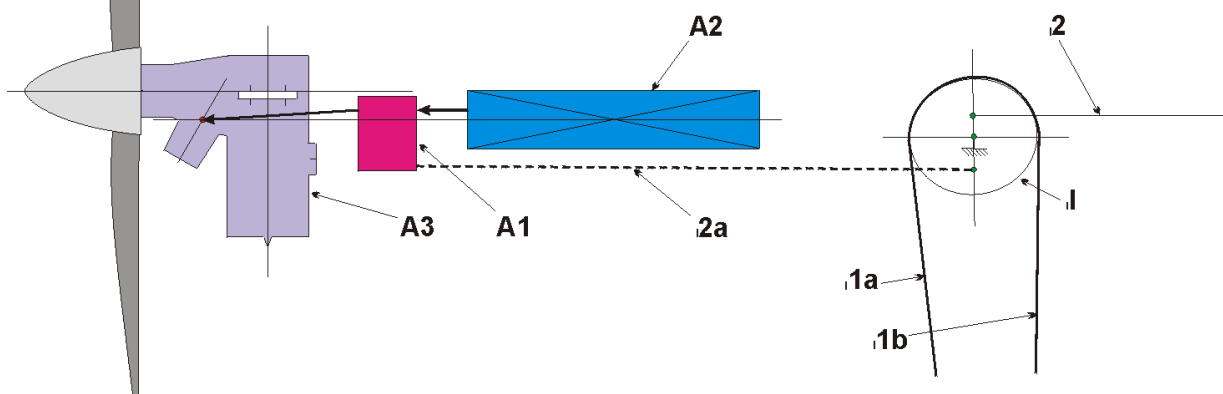


Štvorpákový konštrukčný systém ovládacieho mechanizmu s kulisovým spojením upútaných modelov lietadiel

Uvedený systém zabezpečuje s dostatočnou presnosťou symetriu výchyliek medzi výškovkou a vztlačovými klapkami. Kulisové spojenie pák **II** a **III** zabezpečuje progresívnu zmenu koeficientu prevodu medzi pákami **II** a **III**, resp. medzi pákami **IV** a **III** v priebehu vychýľovania. Táto kinematická vlastnosť ovládacieho mechanizmu podstatne zvyšuje aerodynamické výkony nosných plôch modelu, pri súčasnom značnom znížení veľkosti ovládacích síl pri veľkých výchylkách ovládacieho mechanizmu. Vtedy je prakticky ovládaný iba pohyb výškovky a pohyb vztlačových klapiek je kulisovým spojením zablokovaný. Problematika je podrobnejšie analyzovaná v kapitole 7. Konštrukčné systémy ovládacích mechanizmov **obr.2.12** až **17** sa používajú pre ovládanie pohybu (výchyliek) jedného alebo dvoch hlavných regulačných prvkov upútaného modelu výškovky, alebo súčasne vztlačových klapiek a výškovky. U niektorých kategórií upútaných modelov je však vhodné, resp. nutné, ovládať i chod ďalších agregátov alebo pomocných mechanizmov.

Kinematicky najjednoduchšie realizovateľnou funkciou je zastavenie chodu motora, používané prakticky u všetkých špičkových modelov kategórie **F2C**. Na **obr.2.18** je znázornený hlavný a pomocný ovládací mechanizmus medzi ktorými je voľná kinematická väzba.

Obr.2.18



Ovládanie zastavenia chodu motora upútaných modelov lietadiel
1a, 1b - ovládacie lanká; I - kladka ovládacieho mechanizmu; 2- tiahlo
ovládania výškovky; 2a - lanko spájajúce hlavný a pomocný ovládací
mechanizmus; A1 - pomocný ovládací mechanizmus; A2 - nádrž; A3 - motor

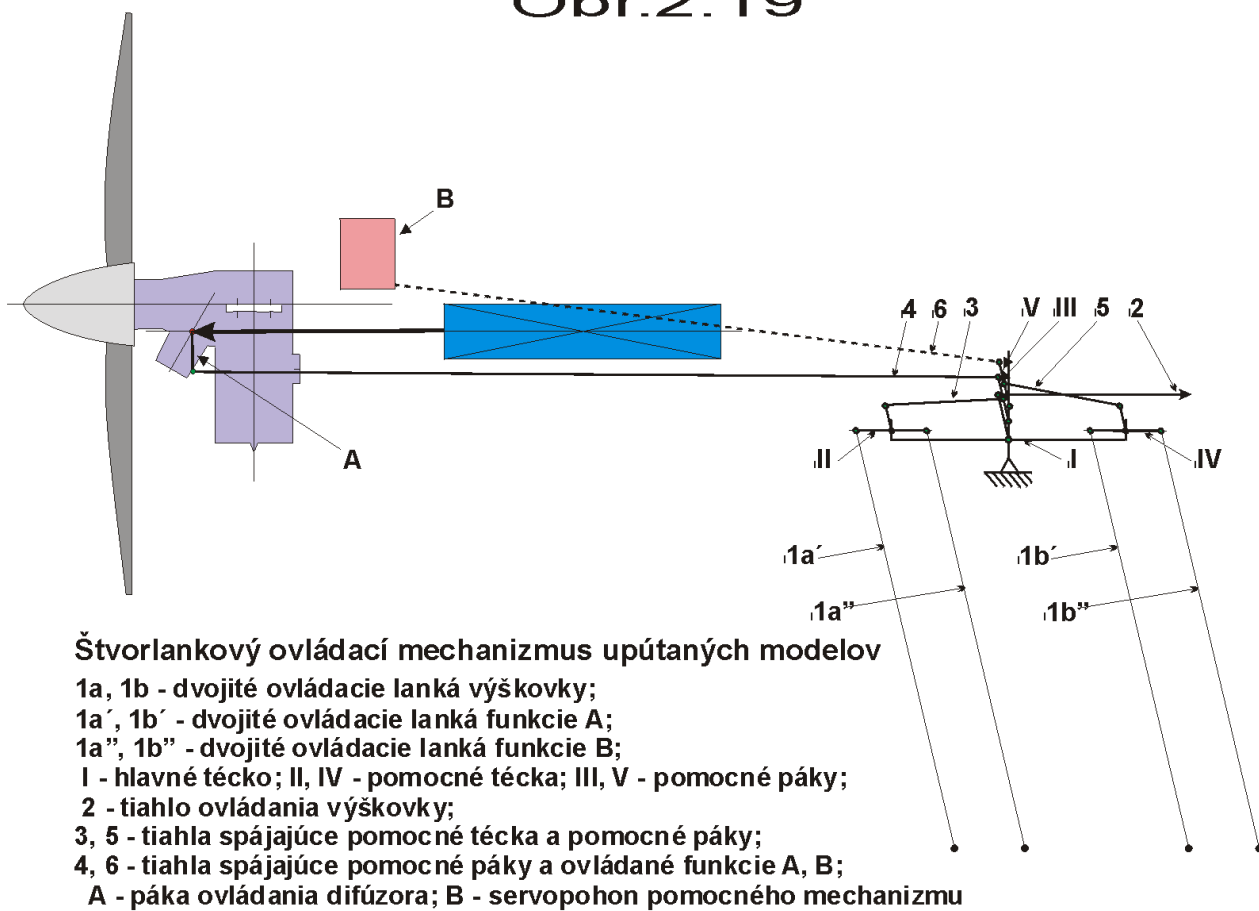
Vykonanie vlastnej funkcie pomocného mechanizmu je odvodené od krajnej polohy kladky **I** hlavného ovládacieho mechanizmu, v ktorej sa pomocou lanka **2a** odblokuje pomocný mechanizmus **A1** a ten preruší prívod paliva z nádrže **A2** do motora **A3**. Odblokovanie pomocného mechanizmu sa vykoná pri naplnení nádrže palivom po zastavení modelu na zemi.

Takýto spôsob ovládania pomocnej funkcie však môžeme použiť iba v prípade, ak sú výchylky ovládacieho mechanizmu vo všetkých normálnych letových režimoch modelu menšie, ako je výchylka potrebná pre odblokovanie pomocného mechanizmu.

Kinematicky zložitejšie realizovateľnou funkciou je plynulé ovládanie otáčok motora, používané prakticky u všetkých modelov kategórie **F4B** a v niektorých prípadoch i kategórie **ŠUM**. Zároveň sú ovládacím mechanizmom riešené i ďalšie požiadavky na vykonanie pomocných funkcií, ktoré sú u modelov kategórie **F4B** bežné.

Na **obr.2.19** sú znázornené hlavný a pomocné ovládacie mechanizmy štvorlankového pákového tzv. "pantografického" mechanizmu.

Obr.2.19



Ovládací mechanizmus plní pri tom tri samostatné nezávislé funkcie:

- a - hlavnú funkciu**, ovládanie výchylek výškovky vychyľovaním hlavného "téchka" **I** a tiahla **2** súčasným pohybom dvojíc ovládacích drôtov **1a** a **1b**, ako v prípadoch obr.2.12 a 2.14,
- b - pomocnú funkciu "A"**, plynulé ovládanie výchylek regulačného prvku difúzora motora **A** vychyľovaním pomocného "téchka" **II**, tiahla **3**, pomocnej páky **III** a tiahla **4** spojeného s regulačným prvkom vzájomným pohybom ovládacích drôtov **1a'** a **1a''**,
- c - pomocnú funkciu "B"**, plynulé alebo pulzné ovládanie servopohonu **B** vychyľovaním pomocného "téchka" **IV**, tiahla **5**, pomocnej páky **V** a tiahla **6** spojeného s regulačným prvkom, vzájomným pohybom ovládacích drôtov **1b'** a **1b''**.

Prevodový koeficient medzi pomocnými pákami **III, V** a pomocnými "téchkami" **II, IV** musí byť v celom rozsahu výchylek hlavného i pomocných mechanizmov **rovný hodnote 1**. Iba v tomto prípade sú totiž pohyby hlavného a pomocných mechanizmov vzájomne nezávislé.

2.1.5.6 Umiestnenie ovládacieho mechanizmu v draku upútaného modelu

Neodmysliteľnou súčasťou návrhu kinematickej schémy ovládacieho mechanizmu upútaného modelu je návrh jeho umiestnenia v draku modelu. Priestorové usporiadanie a umiestnenie jednotlivých členov mechanizmu je pritom limitované polohami osi otáčania, naklápania, alebo posúvania ovládaných regulačných prvkov (vztlakových klapiek, výškovky, šupátka, difúzora...) v priestore, pevne daným pôdorysným a bokorysným usporiadaním draku modelu. Toto priestorové usporiadanie je dôležité z hľadiska správneho návrhu kinematickej funkcie ovládacieho mechanizmu.

Ďalším dôležitým údajom je priestorová poloha ťažiska hmoty modelu, ktorú musíme na rozdiel exaktne daných polôh osi pohybu regulačných prvkov modelu určiť približnou porovnávacou metódou, alebo menej či viac zložitými výpočtovými metódami.

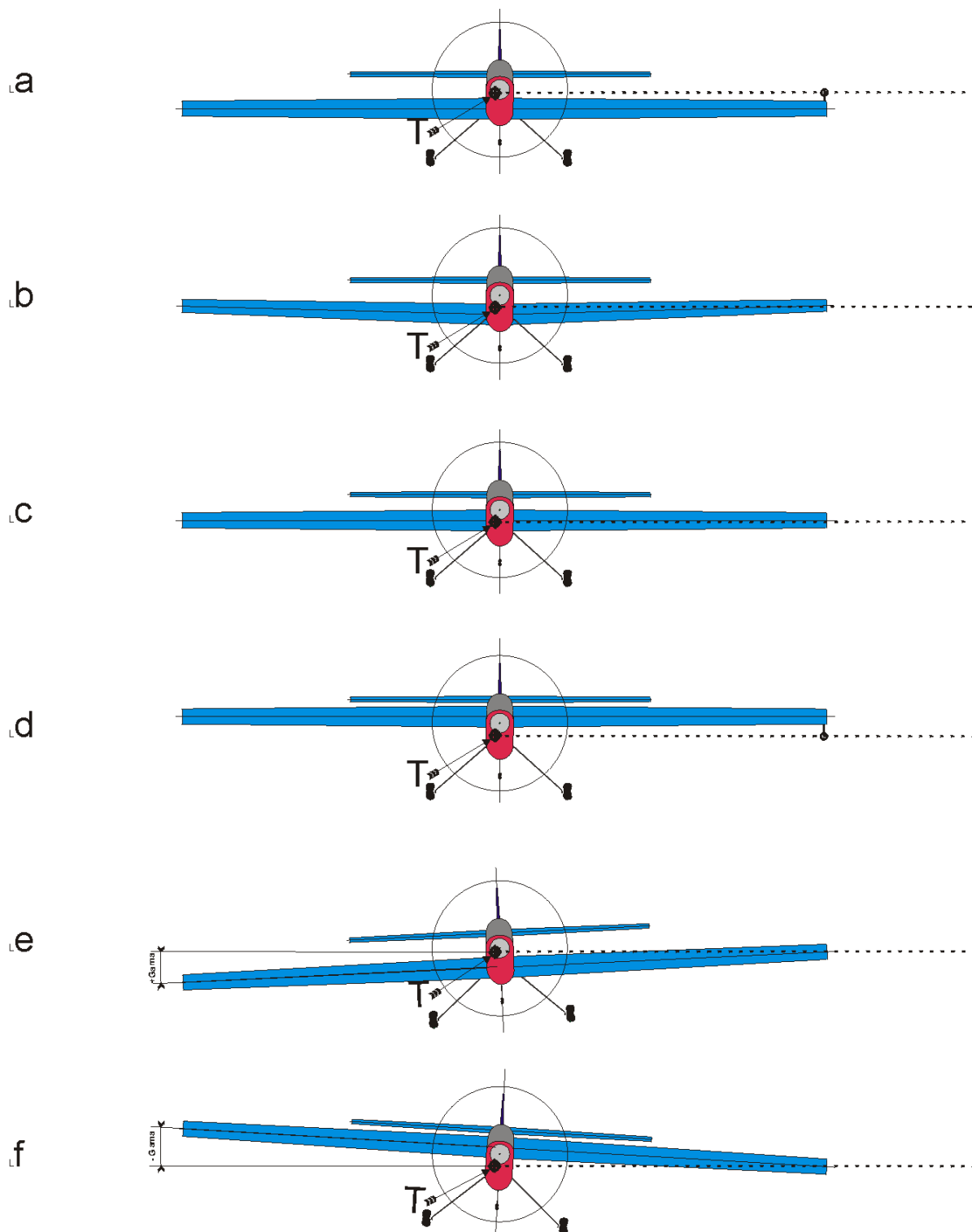
Metóda približného porovnávania je založená na subjektívnom posúdení vplyvu rozdielov pôdorysnom a bokorysnom usporiadaní navrhovaného modelu voči existujúcemu podobnému modelu na zmenu polohy hmotného ťažiska navrhovaného modelu voči modelu existujúcemu. Táto metóda je v praxi používaná najviac.

Výpočtové metódy sa používajú hlavne na stanovenie polohy hmotného ťažiska v pozdĺžnom smere os x' . Vychádzajú z analýzy vplyvu polohy hmotného ťažiska na aerodynamické výkony nosných plôch a na ovládateľnosť upútaného modelu. Táto problematika je analyzovaná v kapitole 7.

Stanovenie priestorovej polohy hmotného ťažiska je dôležité z hľadiska správneho umiestnenia koncových vedení ovládacích drôtov v koncovom oblúku krídla, alebo mimo krídla. Poloha týchto vedení voči hlavným osiam zotrvačnosti hmoty modelu, ktorých priesečníkom je ťažisko hmoty modelu, ovplyvňuje letovú polohu upútaného modelu a jeho ovládateľnosť.

Na **obr.2.20** je znázornený vplyv správneho a nesprávneho výškového umiestnenia koncových vývodov ovládacích drôtov modelu na jeho priečnu letovú polohu. Nesprávne výškové umiestnenie koncových vývodov spôsobuje nakláňanie modelu okolo pozdĺžnej osi, čím vznikajú nepriaznivé zložky aerodynamických síl, zhoršujúcich ovládateľnosť modelu.

Obr.2.20



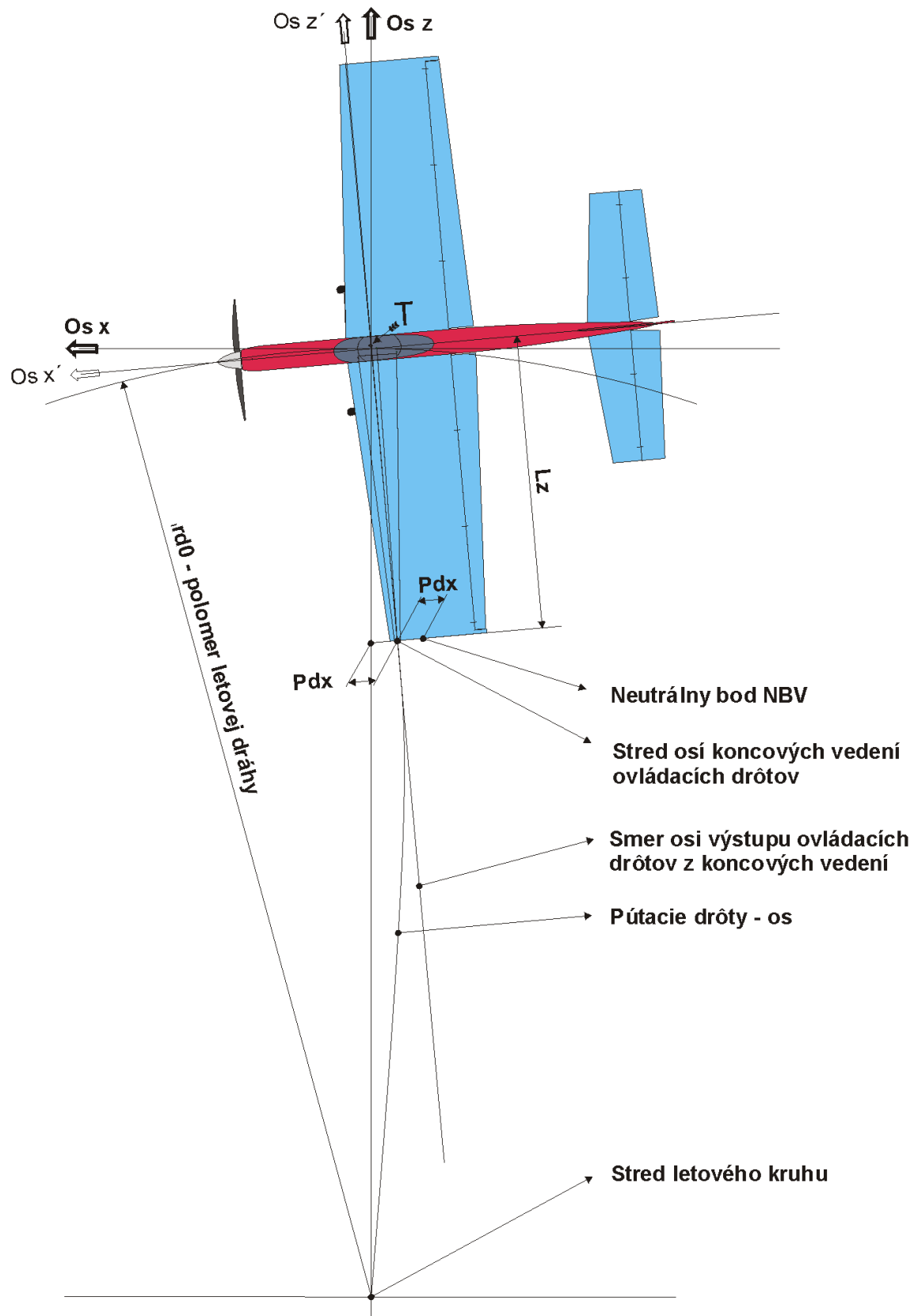
Vplyv správneho /a - d / a nesprávneho / e, f / výškového umiestnenia vývodov ovládacích drôtov na priečnu letovú polohu upútaného modelu

Z obrázku je zrejme, že výškové umiestnenie koncových vývodov je rozdielne pri dolnoplošnom, stredoplošnom a hornoplošnom usporiadaní draku modelu. Dôležitá je však i výšková poloha profilu koncového oblúku krídla v prípade, že krídlo má vzopätie **b**. V prípadoch, keď profil koncového oblúku je mimo vodorovnej roviny prechádzajúcej hmotným ťažiskom modelu **a**, **d**, **e**, **f**, musia byť ovládacie drôty vyvedené z trupu mimo krídlo, čo má nepriaznivý aerodynamický i estetický dopad.

V niektorých prípadoch kategórií **ŠUM** a **F4B** sa však tomuto riešeniu nedá vyhnúť. Ideálny prípad nastane vtedy, ak môžu byť ovládacie drôty umiestnené v krídle a vychádzajú z krídla v blízkosti osi profilu koncového oblúku **b**, **c**.

Vplyv pozdĺžneho umiestnenia koncových vedení ovládacích drôtov na pôdorysnú letovú polohu upútaného modelu je znázornený na **obr.2.21 a-c**.

Obr.2.21a

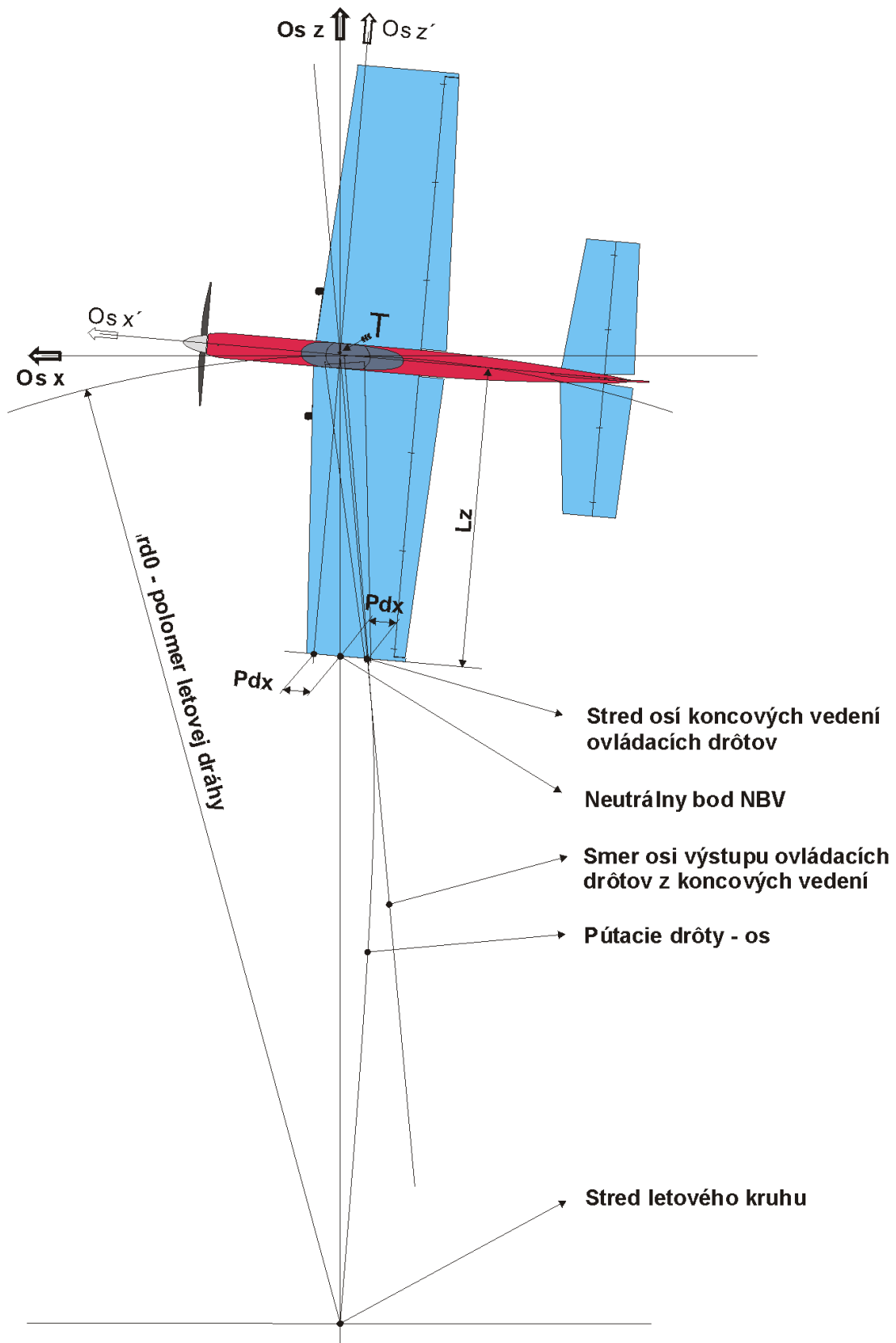


Negatívna pôdorysná letová poloha modelu pri umiestnení stredu osí koncových vedení ovládacích drôtov pred neutrálny bod NBV - do hlavnej osi zotrvačnosti hmoty modelu z'

↑ Os $z = z'$



Obr.2.21c



Pozitívna pôdorysná letová poloha modelu pri umiestnení stredu osí koncových vedení ovládacích drôtov za neutrálny bod NBV

V prípade, že je stred osi koncových vedení zhodný s priečnou osou zotrvačnosti modelu \mathbf{z}' (v pôdoryse), bude zložka aerodynamického odporu pútacích drôtov pôsobiaca vo vedeniach natáčať model do letového kruhu (**obr.2.21a**). Model bude letieť v negatívnej pôdorysnej letovej polohe. Aby bola pozdĺžna os modelu \mathbf{x}' (os trupu) v neutrálnej pôdorysnej letovej polohe (**obr.2.21b**), musíme stred osi koncových vedení posunúť dozadu od osi \mathbf{z}' o hodnotu PDx , ktorej približnú veľkosť stanovíme podľa vzťahu:

$$PDx = n * d * l_z * (r_{do} - l_z)^3 / 2,3 * m * r_{do}$$

kde: n - počet pútacích drôtov [-]
 d - priemer pútacích drôtov [mm]
 l_z - priečna vzdialenosť hmotného ťažiska a koncových vedení [m]
 (= cca 0,5 rozpätia)
 r_{do} - polomer letovej dráhy modelu [m]
 (po os trupu)
 m - hmotnosť modelu [kg]

Príklad č.1 - model kategórie F2B - akrobat

$$PDx = 2 * 0,35 * 0,75 * (20,0 - 0,75)^3 / 2,3 * 1,6 * 20,0 = 51$$

Príklad č.2 - model kategórie F2D - combat

$$PDx = 2 * 0,34 * 0,50 * (16,5 - 0,50)^3 / 2,3 * 0,5 * 16,5 = 73$$

Príklad č.3 - model kategórie F4B - maketa

$$PDx = 4 * 0,38 * 0,80 * (19,0 - 0,80)^3 / 2,3 * 3,2 * 19,0 = 52$$

V neutrálnej pôdorysnej letovej polohe bude os trupu \mathbf{x}' totožná so smerom letu modelu \mathbf{x} a bude kolmá na spojnicu hmotného ťažiska a stredu letového kruhu, os \mathbf{z} . Stred osi koncových vedení ovládacích drôtov bude totožný s neutrálnym bodom vedení **NBV**. Model bude letieť v neutrálnej pôdorysnej letovej polohe.

Ak stred koncových vedení posunieme ďalej za **NBV**, os trupu modelu \mathbf{x}' sa odkloní od smeru letu modelu \mathbf{x} von z letového kruhu (**obr.2.21c**). Model bude letieť v pozitívnej pôdorysnej letovej polohe. K odstredivej sile hmoty letiaceho modelu sa bude pripočítavať i aerodynamická sila vznikajúca na bočnej ploche modelu (trupu a zvislej chvostovej ploche) a zložka ťahu motora do osi \mathbf{z} .

Skutočné pôdorysné letové polohy modelov budú zhodné s teoretickými (**obr.2.21 a-c**) iba v prípade splnenia nasledovných podmienok:

- smer sily ťahu motora bude prechádzať hmotným ťažiskom modelu,
- aerodynamické sily na povrchu modelu nebudú vytvárať k hmotnému ťažisku klopné momenty okolo zvislej osy \mathbf{y} .

Z teoretického hľadiska je zrejmé, že stanovenie správnej polohy koncových vedení ovládacích drôtov je zložitou záležitosťou, keďže pri návrhu modelu nepoznáme údaje pre výpočet s dostatočnou presnosťou, resp. ich vôbec nepoznáme.

V praxi sa poloha koncových vývodov ovládacích drôtov stanovuje na základe skúseností z predchádzajúcich modelov nasledovne:

- cca 0,5 PDx - rýchle modely kategórie **F2A**, **F2C**,
- cca 1,0 PDx - cvičné modely, modely kategórie **F2B**, **F4B**,
- cca 1,5 PDx - modely kategórie **F2D**.

Odporúčanie: rozostup koncových vedení ovládacích drôtov by nemal presiahnuť 30 mm.

V poslednej dobe sa hlavne u kategórie **F2B** používajú posuvné koncové vedenia. Ich poloha sa upravuje podľa potreby pri zalietavaní modelu, kedy sa upravuje i poloha hmotného ťažiska dovažovaním modelu prídavnými závažiami v pozdĺžnom (os \mathbf{x}) a priečnom smere (os \mathbf{z}).

Pre úplné určenie polohy hlavných členov ovládacieho mechanizmu zostáva ešte určiť polohu osi otáčania "tččka". V modelárskej praxi sa zaužíval chybný názor, že ovládateľnosť, resp. letová stabilita upútaného modelu je závislá na polohe osi otáčania "tččka" voči hmotnému ťažisku modelu, nakoľko od tejto vzdialenosti závisí pôdorysná letová poloha upútaného modelu. Toto tvrdenie nie je pravdivé, lebo nemá žiadnu fyzikálnu opodstatnenosť.

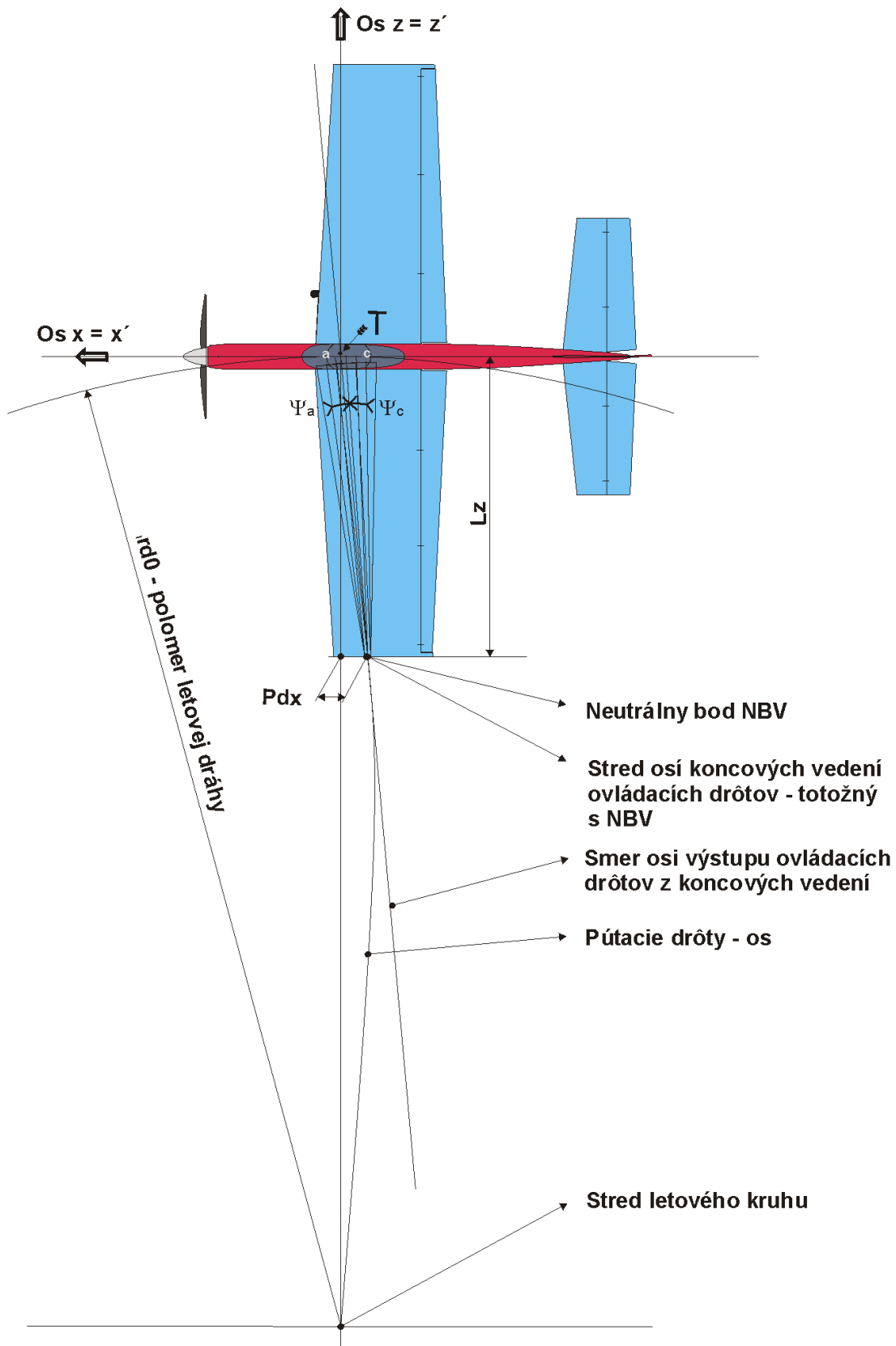
➔ **Ak budeme u hocktorého upútanému modelu meniť polohu osi otáčania "tččka" v ľubovoľnom smere, letová poloha modelu sa nezmení!**

Bude sa meniť iba veľkosť "zlomenia" ovládacích drôtov prechádzajúcich koncovými vedeniami a trecie sily ovládacích drôtov v koncových vedeniach. Trecie sily budú narastať s veľkosťou zlomenia, čo bude nepriaznivo ovplyvňovať citlivosť ovládania a tým i ovládateľnosť upútaného modelu.

Ideálny prípad nastane vtedy, ak os otáčania "táčka" umiestnime na spojnicu hmotného ťažiska modelu so stredmi osi koncových vedení. Vtedy bude zlomenie ovládacích drôtov i trecie sily minimálne. **Ovládacie drôty vychádzajú totiž koncovými vedeniami vždy v smere spojnice hmotného ťažiska modelu so stredom si koncových vedení.**

Vplyv umiestnenia osi otáčania "táčka" na veľkosť "zlomenia" ovládacích drôtov je znázornená na **obr.2.22**.

Obr.2.22



Vplyv umiestnenia osi otáčania "t-cka" na polohu modelu (žiadny vplyv) a na veľkosť "zlomenia" ovládacích drôtov v koncových vedeniach. Uhly "zlomenia" Ψ_a Ψ_c

V praxi sa os otáčania "táčka" umiestňuje v blízkosti hlavného nosníku krídla, čím sa dá dosiahnuť potrebná pevnosť ukotvenia čapu "táčka" pri minimálnej hmotnosti konštrukcie. Toto riešenie je určitým kompromisom medzi pevnostnými, hmotnostnými a kinematickými požiadavkami. Závislosť veľkosti "zlomenia" ovládacích drôtov od polohy osi otáčania "táčka" v pôdoryse (**obr.2.22**) je analógická so závislosťou veľkosti "zlomenia" ovládacích drôtov od výškovej polohy roviny otáčania "táčka" voči vodorovnej rovine prechádzajúcej hmotným ťažiskom modelu. Ideálny prípad nastane vtedy, ak budú obe roviny totožné, pozri **obr.2.22 a-d**.

2.1.5.7 Konštrukcia a dielenské vyhotovenie ovládacieho mechanizmu

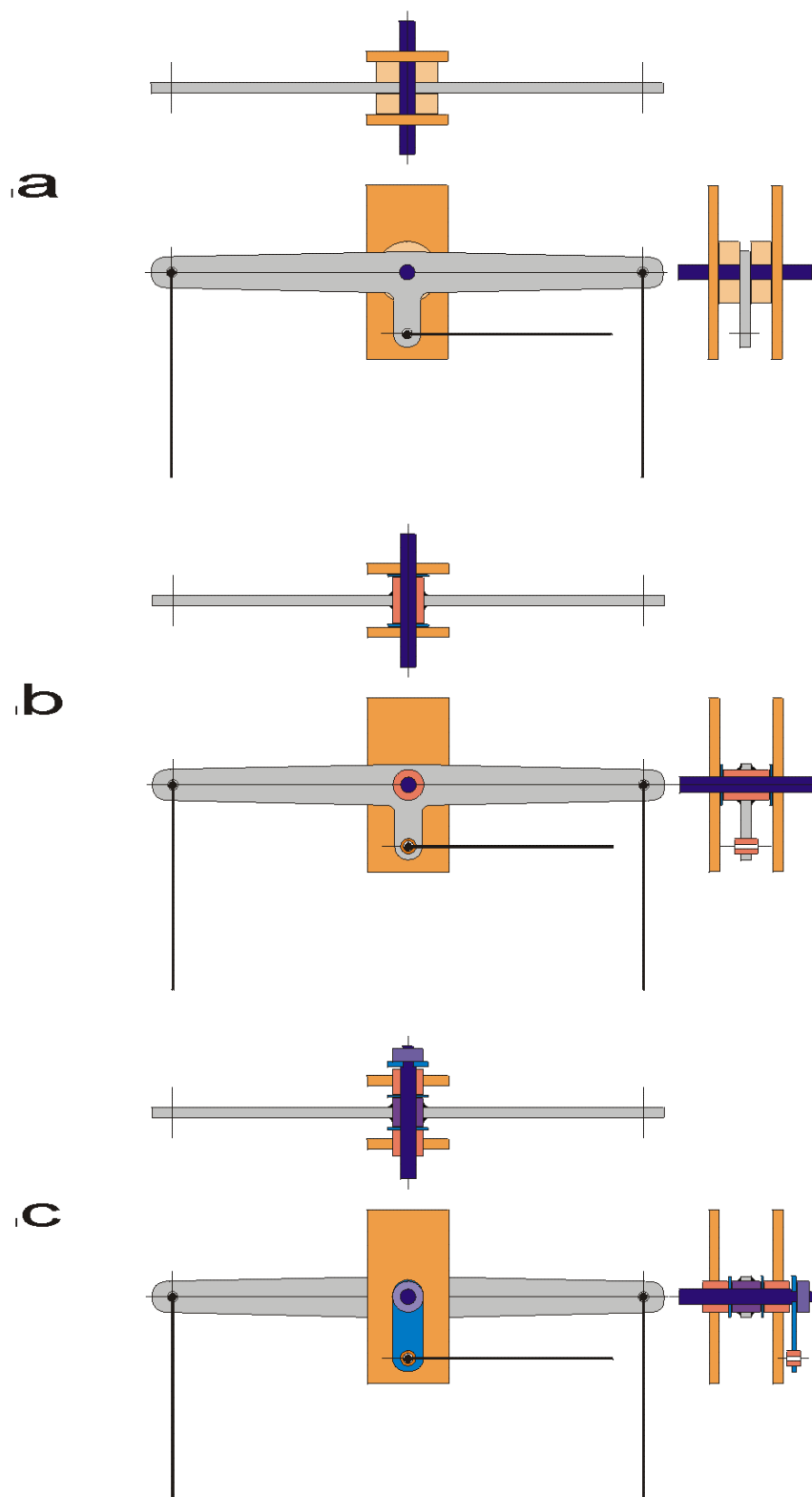
Ak je ovládací mechanizmus správne navrhnutý z hľadiska jeho umiestnenia v draku modelu i z hľadiska jeho kinematických funkcií (potvrdených grafickou, alebo matickou analýzou), môžeme pristúpiť k vyhotoveniu konštrukčného návrhu (vo forme zjednodušených výrobných výkresov) a ku vlastnému praktickému dielenskému vyhotoveniu.

Pri vyhotovovaní konštrukčného návrhu je potrebné rešpektovať nasledovné hlavné požiadavky:

- minimalizácia počtu hlavných súčiastok,
- dostatočná pevnosť a tuhosť súčiastok pri minimálnej hmotnosti,
- minimálne trecie odpory pohyblivých spojení,
- dostatočne dlhá životnosť pohyblivých spojení,
- dobrá technológičnosť výroby mechanizmu.

Minimalizáciou počtu hlavných súčiastok zabezpečíme i minimalizáciu počtu vzájomných pevných spojení týchto súčiastok v ovládacom mechanizme, čím zvýšime bezpečnosť mechanizmu voči porušeniu počas životnosti modelu. Typickým príkladom minimalizácie počtu súčiastok je "táčko" klasického tvaru, vyhotovené z jedného kusa materiálu (duralového, alebo oceľového plechu, laminátu, texgumoidu...) pozri **obr.2.23a**.

Obr.2.23



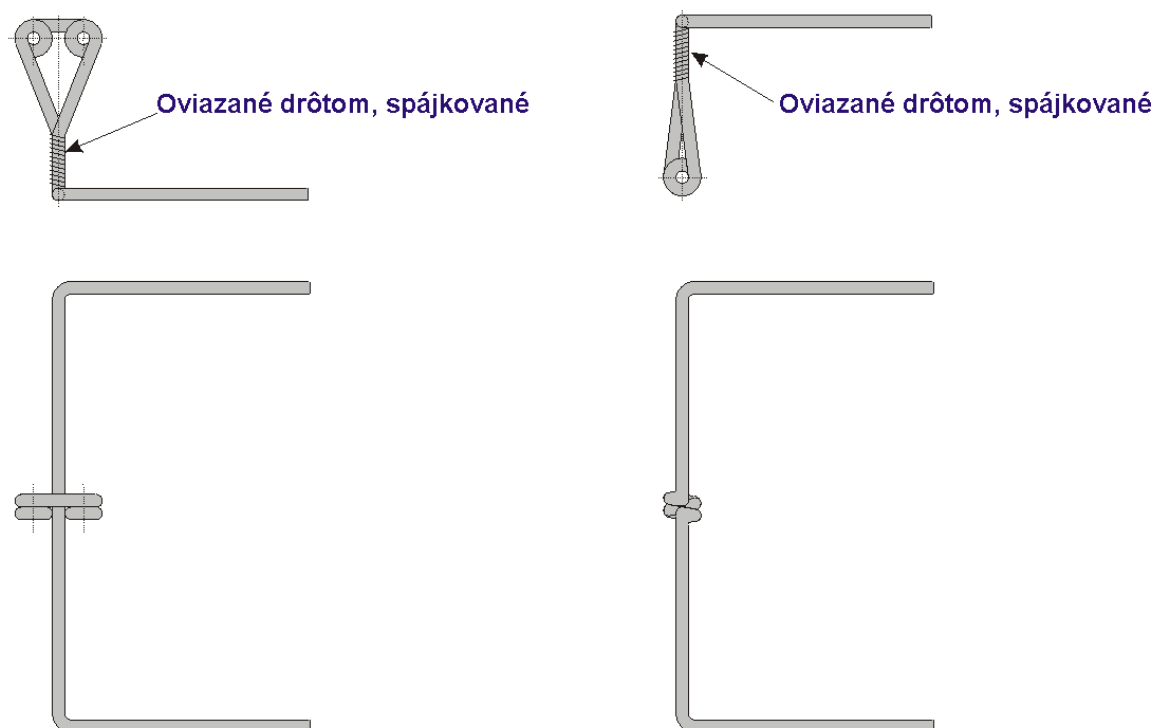
Rôzne konštrukčné vyhotovenia T-ciek ovládacích mechanizmov upútaných modelov lietadiel

"Téčko" je otočne uložené na nepohyblivom čape, ktorý prechádza priamo hlavnou dierou "téčka". Axiálnu polohu "téčka" zabezpečujú vložky. Ovládacie drôty a tiahlo sú tiež iba jednoducho uložené v príslušných dierach "téčka". Uvedené riešenie, je síce jednoduché i ľahké, nespĺňa však požiadavku dostatočne dlhej životnosti otočných spojení. Preto ho používame pre cvičné modely a modely kategórie **F2D**, ktoré sú vlastne spotrebným modelárskym materiálom. Predĺženie životnosti otočných spojení sa rieši pomocou kovového púzdra pre čap, pevne spojeného s "téčkom", resp. i púzdra tiahla vyvložkovaného silonovou, alebo teflónovou vložkou, pozri **obr. 2.23 b**. Diery pre ovládacie drôty nie je potrebné vypúzdovať, lebo zväčšenie vôle opotrebenia dier nie je na závalu.

V poslednom období sa hlavne u kategórie **F2B** rozšírilo používanie rozoberateľných modelov. Toto riešenie popri zlepšení prepravných podmienok prináša i možnosť priameho prístupu k exponovaným spojeniam ovládacieho mechanizmu, i možnosť doladenia prevodových pomerov ovládacieho mechanizmu zmenou dĺžok jednotlivých ramien pák. Na **obr.2.23 c** je zobrazené konštrukčné riešenie "téčka" používané u rozoberateľných modelov. Veľká páka "téčka" je pevne spojená s čapom, otočne uloženým v púzdrech. Na konci čapu je upevnená malá páka "téčka" ovládajúca pohyby tiahla. Porovnaním tohto riešenia s riešením **b** vidieť, že sa zväčšil počet súčiastok, a čo je závažnejšie, pribudli dve dôležité veľmi namáhané pevné spojenia, prenášajúce ovládacie momenty medzi pákami a čapom. V prípade poruchy niektorého z týchto spojov je havária modelu neodvratná.

Ďalším typickým príkladom minimalizácie počtu hlavných súčiastok je konštrukcia ovládacích pák vztlakových pák a výškovky zobrazená na **obr.2.24**

Obr.2.24

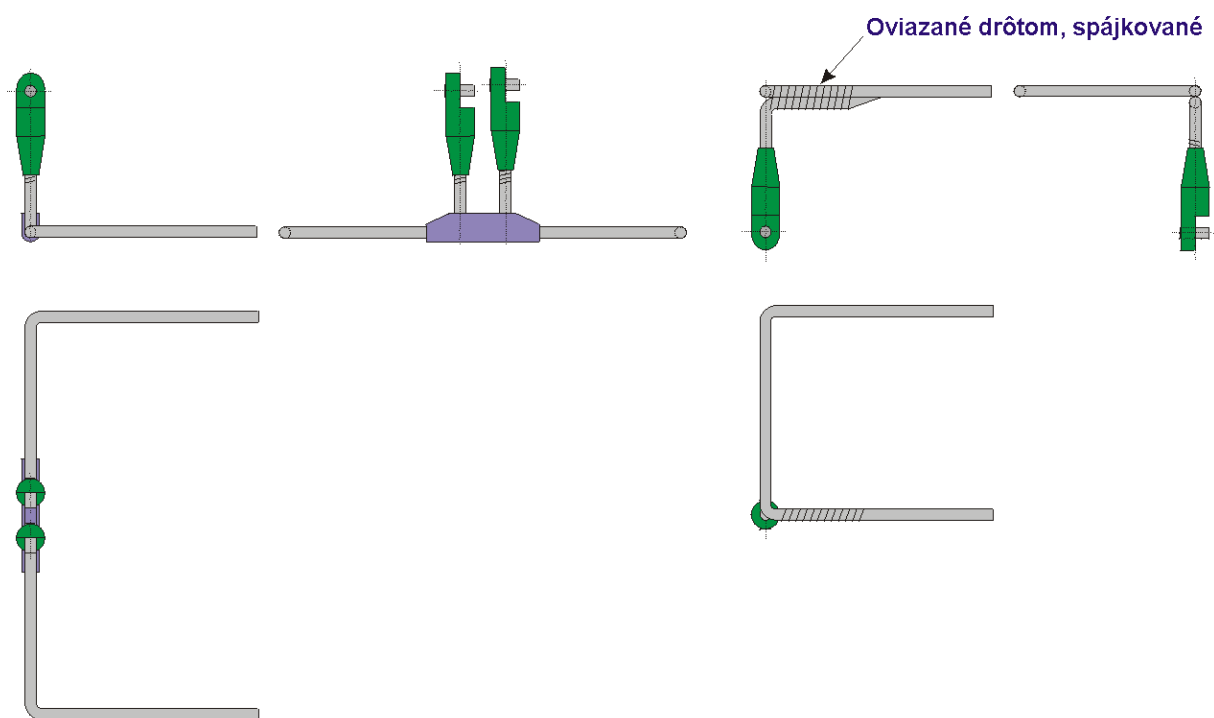


Páky ovládania vztlakových klapiek a výškovky vyhotovené z jedného kusa ocelového drôtu

Páky sú vyhotovené ohýbaním z jedného kusa ocelového drôtu (bicyklovej špice 2), vrátane púzdier pre tiahla. Takéto konštrukčné riešenie používal dlhé roky vo svojich modeloch "SUPER MASTER" zmš J.Gábriš, bez najmenších porúch, alebo citeľného zväčšenia vôle v otočných spojeniach. Z výrobného hľadiska je zrejmé, že vyhotovenie takýchto pák si vyžaduje zodpovedajúcu zručnosť, získanú cvičením ohýbania väčšieho počtu drôtov.

U rozoberateľných modelov kategórie **F2B** sa používajú páky ovládania vztlačových klapiek a výškovky, umožňujúce zmeny dĺžky ramien. Jedno z riešení je zobrazené na **obr.2.25**

Obr.2.25



Páky ovládania vztlačových klapiek a výškovky s regulovateľnou dĺžkou ramien

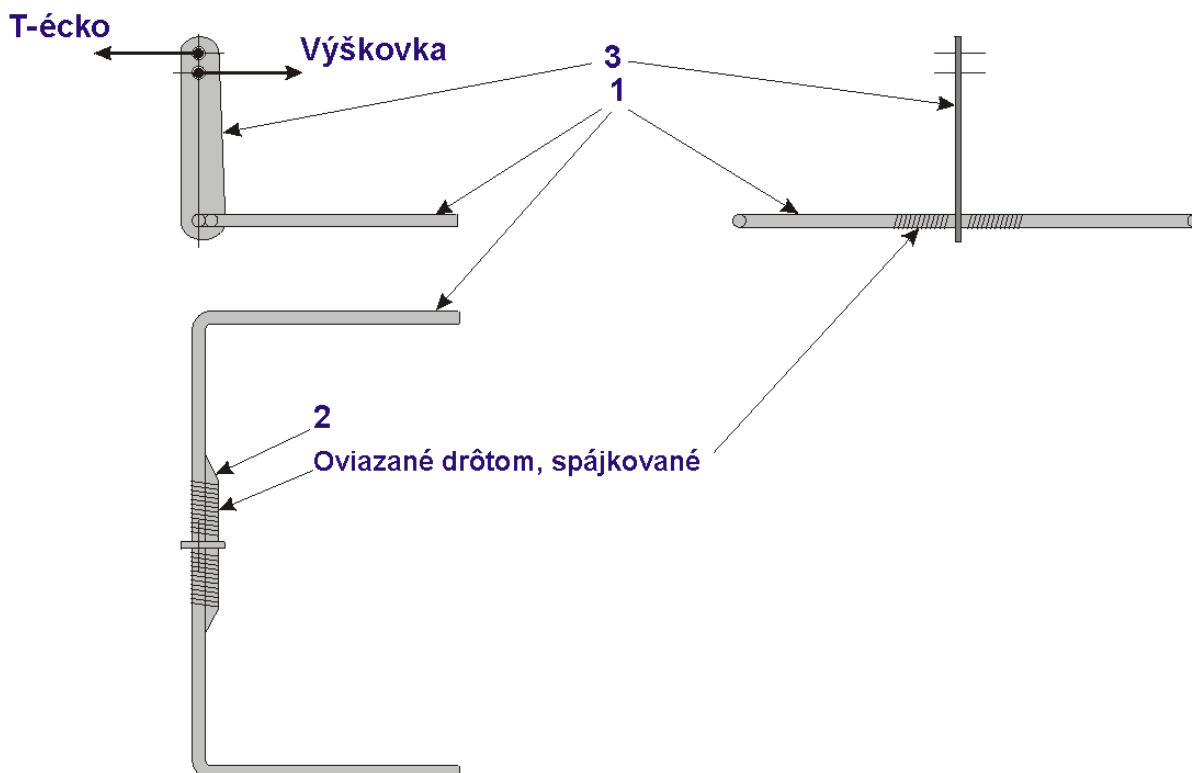
Páka ovládania vztlačových klapiek je vyhotovená z dvoch samostatných častí, spojených "korýtkom" z oceľového plechu. Na koncovom závite každej páky je naskrutkovaná osove prestaviteľná duralová hlavica s dierou pre čap tiahla, poistená proti pootočeniu maticou. Páka ovládania výškovky je vyhotovená tiež z dvoch samostatných častí vzájomne spojených drôtom a spájkovaním. Rameno náhonovej páky je umiestnené excentricky tak, aby bolo voľne prístupné (mimo trupu).

Páky uvedenej konštrukcie používal vo svojich modeloch "UNO" S.Čech.

Porovnaním tohto konštrukčného riešenia s riešením **obr.2.24** vidíme, že počet hlavných súčiastok i počet ich pevných spojení vzrástol, čo sa nutne prejaví v náraste hmotnosti a v menšej spoľahlivosti. Je to však daň za prestaviteľnosť i ľahkú vymeniteľnosť častí mechanizmu.

Na **obr.2.26** je zobrazené ďalšie bežne používané konštrukčné vyhotovenie ovládacích pák vztlačových klapiek a výškovky.

Obr.2.26



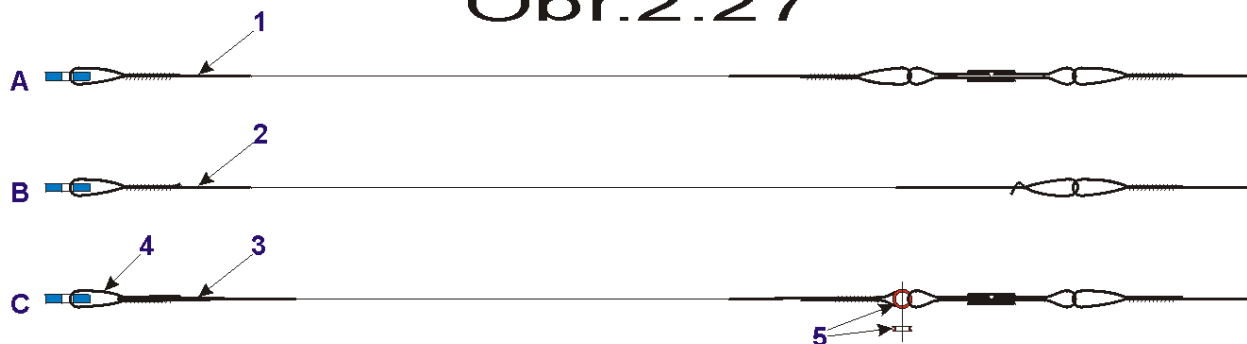
Páka ovládania vztlakových klapiek /výškovky/ vyhotovená z drôtu a ocelového plechu

1; 2 - ocelový drôt 2,5 - 3,0; 3 - ocelový plech 1,5 - 2,0

"U-páka" ovládania kormidiel je v oboch prípadoch vyhotovená z jedného kusa ocelového drôtu, na ktorom je upevnená náhonová páka z ocelového plechu s dierou (dierami), prípadne púzdrami pre ťahla. Zabezpečenie dostatočnej pevnosti a spoľahlivosti spojenia "U-páky" s náhonovou pákou je riešené zdvojením drôtu v oblasti spoja a ich spojením ocelovým viazacím drôtom a spájkovaním. Všetky dôležité spojenia "tේчка" i ovládacích pák vztlakových pák i výškovky je z hľadiska spoľahlivosti najvhodnejšie vyhotoviť spájkovaním striebornou spájkou. Spájkovanie cínovou spájkou môžeme použiť iba u málo namáhaných spojov, alebo spojov s dostatočnou stykovou plochou. Pokiaľ to však typ spojenia dovoľuje, vždy spájkované súčiastky spoločne omotáme mäkkým viazacím drôtom (ϕ 0,2 - 0,3 mm).

Na **obr.2.27** sú znázornené rôzne bežne používané konštrukčné používania ovládacích drôtov. Vyhodenie a je zhotovené z ocelového lanka.

Obr.2.27



Konštrukčné vyhotovenie ovládacích drôtov

1 - ocelové lanko 0,5 - 1,0; 2 - ocelový drôt 0,7 - 1,0; 3 - ocelové lanko 0,7 - 1,0;
4 - ocelový drôt 1,0 - 1,2; 5 - kovová karabínka

Oko prevlečené dierou v "táčku" je natrvalo uzatvorené oviazaním drôtom a spájkovaním, prípadne navlečením a zlisovaním kovovej trubičky. Oko pre napojenie pútačích drôtov je zhodného vyhotovenia, takže pre spojenie s pútačím drôtom je nutné použiť spojku - karabínu. Toto konštrukčné vyhotovenie sa používa u cvičných modelov a kategórie **F2D**, nakoľko životnosť oka v diere "táčka" je pomerne krátka.

Vyhotovenie **b** zhotovené z ocelového drôtu. Oko prevlečené dierou v "táčku" je uzavreté vhodným spôsobom ako v prípade **a**. Oko pre napojenie pútačích drôtov plní zároveň funkciu karabíny. Nevýhodou tohto vyhotovenia je veľká ohybová tuhosť, ktorá neumožňuje zasunutie ovládacieho drôtu do krídla počas prepravy. Náhodné skrivenie drôtu je častou príčinou zadŕžania drôtu v koncovom vedení.

Vyhotovenie **c** je zhotovené z ocelového lanka a odstraňuje nevýhody vyhotovenia **a** a **b**. Oko v "táčku" je zhotovené z ocelového drôtu. Je spojené s lankom dvojnásobným omotaním, prvé omotanie s koncom lanka v polohe **1**, druhé omotanie s koncom lanka v polohe **2** a spájkovaním. Oko pre napojenie pútačích drôtov je vytvorené vhodným spôsobom ako v prípade **a** s tým rozdielom, že je vystužené kovovou kladkou, zabezpečujúcou dlhú životnosť oka. Toto vyhotovenie spĺňa najnáročnejšie požiadavky a je používané hlavne u kategórie **F2B**. Má však jednu nepríjemnú vlastnosť, že pri použití príliš mäkkého lanka môže za určitých podmienok (po zasunutí lanka do krídla počas prepravy) dôjsť ku vzpriecheniu oka v diere "táčka". Tomuto nebezpečeniu sa dá zabrániť tak, že lanko spevníme jeho zdvojením a spájkovaním cca 50 mm od oka. Pre spájkovanie ovládacích drôtov používame zásadne cínovú spojku. Použitie tvrdej spájky by zapríčinilo štrukturálne zmeny materiálu lanka spôsobené vysokou teplotou a skokovú zmenu ohybovej tuhosti medzi spájkovanou a nespájkovanou časťou lanka, s negatívnym dopadom na únavovú pevnosť lanka. Taktiež je nutné spájkované spoje dôkladne očistiť od zvyškov kyselín.

Posledným hlavným konštrukčným prvkom ovládacích mechanizmov sú tiahla. Na **obr.2.28** sú zobrazené rôzne bežne používané konštrukčné vyhotovenia.

Obr.2.28



Konštrukčné vyhotovenie tiahel

1- ocelový drôt 1,0 - 2,0; 2;3 - ocelový drôt 2,0 - 3,0; 4 - pružinový drôt 0,4 - 0,6; 5 - mosadzné podložky 0,3; 6 - tvrdá balza; 7- laminátová trubka 6/0,5 - 10/0,5

Vyhotovenie **a** je vyhotovené z jedného kusa ocelového drôtu a po prestrčení dierami príslušných pák je poistené proti vypadnutiu zohnutím koncov. Toto vyhotovenie je síce veľmi jednoduché, ale pre malú životnosť otočných spojení a pomerne veľkú vôľu je vhodné iba pre cvičné modely, modely kategórie **F2D**, alebo pre ovládanie pomocných funkcií u kategórie **F4B** a **ŠUM**.

Vyhotovenie **b** je zhotovené tiež z jedného kusa ocelového drôtu. Tvarovanie koncov však zabezpečuje väčšiu stykovú plochu a menšiu vôľu v spojeniach s pákami, ktoré môžu byť ešte doplnené púzdrami pre zvýšenie životnosti spojení. Proti vypadnutiu je tiahlo zabezpečené pri spájkovaní podložky, alebo pružiny, umožňujúcej ľahkú demontáž tiahla. V prípade veľkej dĺžky tiahla môžeme zvýšiť jeho vzperovú tuhosť zdvojením drôtov v strednej časti, alebo vyhotovením tiahla z dvoch kusov drôtov, ktoré v strednej časti zdvojíme prekřížením. Toto prekříženie je výhodné pri nastavovaní základných polôh pák pri montáži riadiaceho mechanizmu.

Ak z grafickej analýzy kinematickej funkcie zistíme, že tiahlo koná okolo strednej časti kývavý pohyb (pohybuje sa iba axiálne), môžeme v mieste minimálneho riadiálneho pohybu umiestniť vedenie, zabezpečujúce vzperovú stabilitu tiahla pri jeho zaťažení. Vtedy je možné použiť i štíhle tiahlo bez zosílenia v strednej časti.

V prípade, že tiahlo nemôžeme podoprieť, musíme použiť riešenie **b**, alebo **c**, ktoré je voči riešeniu **b** výhodnejšie z hmotnostného hľadiska. Nastavenie presnej dĺžky tiahla je umožnené závitovým spojením drieku a jedného konca tiahla.

Pri montáži tiahel dbáme na to, aby odstredivá sila, vznikajúca pri lete modelu pôsobila v smere zasúvania čapov tiahel do dier v pákach. Jedná sa o spojenie tiahiel s pákami vztlakových klapiek a výškovky.

2.1.6 Pristávacie zariadenie

Pristávacie zariadenie umožňuje vzlet, pristátie a pohyb modelu po zemi. Pri pristávaní zmierňuje nárazy svojou pružnou deformáciou, čím sa akumuluje pohybová energia zvislej zložky rýchlosti pristávajúceho modelu, čo zabraňuje vzniku veľkých zaťažení modelu, prípadne jeho poškodeniu.

2.1.6.1 Typy pristávacích zariadení

Na obr.2.2. sú znázornené rôzne usporiadania, resp. typy pristávacích zariadení používaných u upútaných modelov.

Ak pristávacie zariadenie modelu nie je tvorené samostatnou konštrukciou, hovoríme o pristávacom zariadení bez podvozku. Vtedy musí byť štart modelu vykonaný hodením z rúk pomocníka a po ukončení letu model pristáva na trup. Takýto typ pristávacieho zariadenia sa používa u modelov kategórie **F2D**, kde štart a pristátie nie sú hodnotenými súťažnými prvkami. Absencia podvozku zjednodušuje konštrukciu i výrobu modelov, znižuje ich hmotnosť i aerodynamický odpor.

Ak je pristávacie zariadenie modelu tvorené samostatnou konštrukciou trvale spojenou s modelom, hovoríme o pristávacom zariadení s trvale zabudovaným podvozkom. Pritom môžu byť jednotlivé časti podvozku tuhé, odpružené, prípadne i zaklápacie (kat.**F4D**). Takýto typ pristávacieho zariadenia je používaný u všetkých kategórií upútaných modelov s výnimkou kategórií **F2A** a **F2D**.

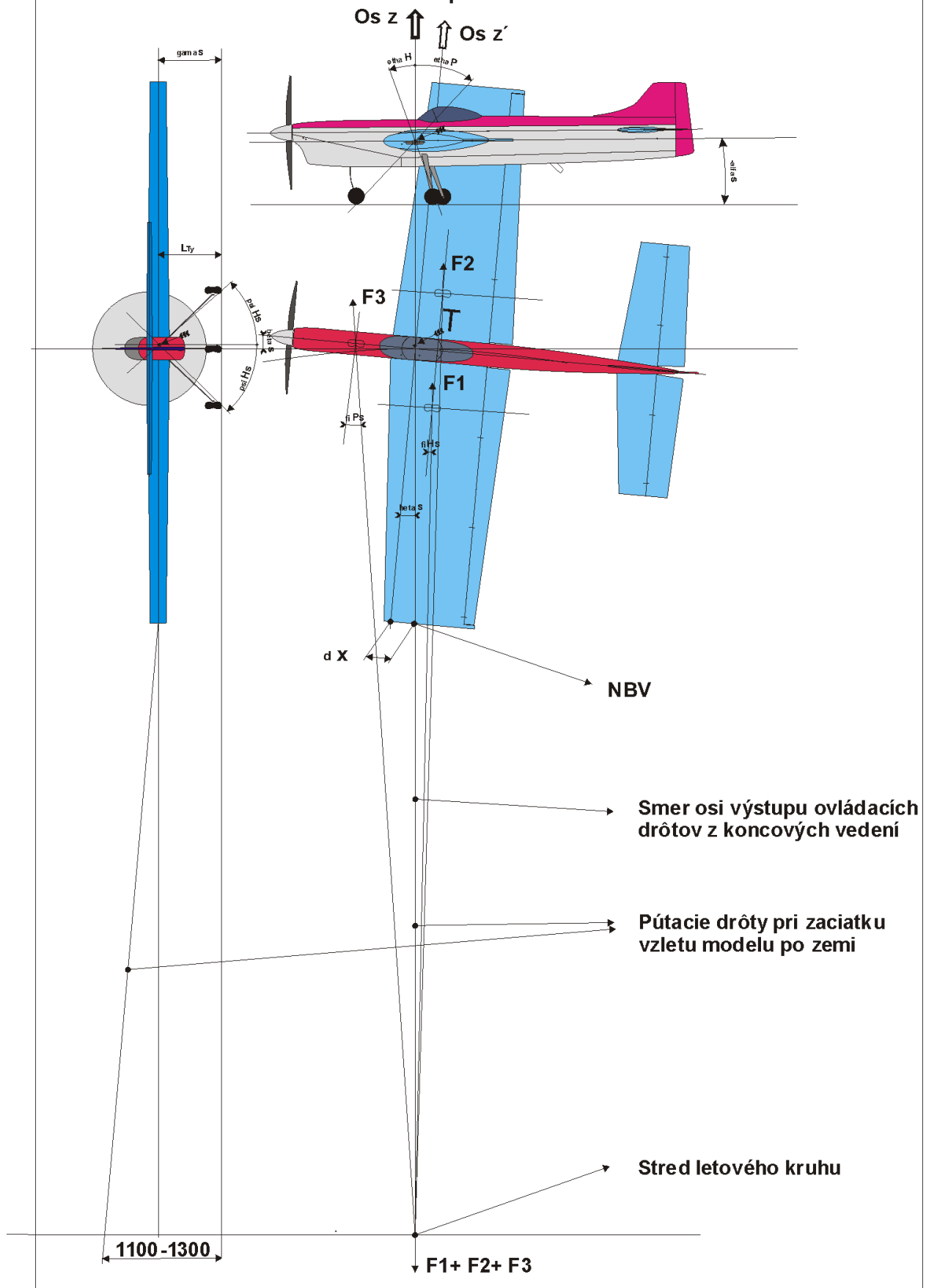
Ak je pristávacie zariadenie modelu tvorené samostatnou konštrukciou a jeho kontakt s modelom sa preruší pri vzlete modelu, hovoríme o pristávacom zariadení s odhadzovacím podvozkom. Po ukončení letu model pristáva na trup. Takýto typ pristávacieho zariadenia sa používa u kategórie **F2A**, kde štart a pristátie modelu nie sú hodnotenými súťažnými prvkami. Odhodením podvozku sa zníži hmotnosť i aerodynamický odpor modelu, čo je dôležitým predpokladom pre dosiahnutie vysokej letovej rýchlosti modelu.

Pristávacie zariadenie sa skladá z hlavného a pomocného podvozku. Hlavný podvozok sa podieľa v prevažnej miere na akumulovaní pohybovej energie pristávajúceho modelu. Pomocný podvozok zabezpečuje potrebnú polohu modelu pri stáť, rozbehu a pristávaní.

Podľa umiestnenia pomocného podvozku rozoznávame pristávacie zariadenie s predným podvozkom, nazývaným tiež „trojkoľový“ a so zadným podvozkom, nazývaným tiež „dvokoľový“. Oba typy týchto najpoužívanejších pristávacích zariadení sú schematicky znázornené na **obr.2.29** a **2.30**.

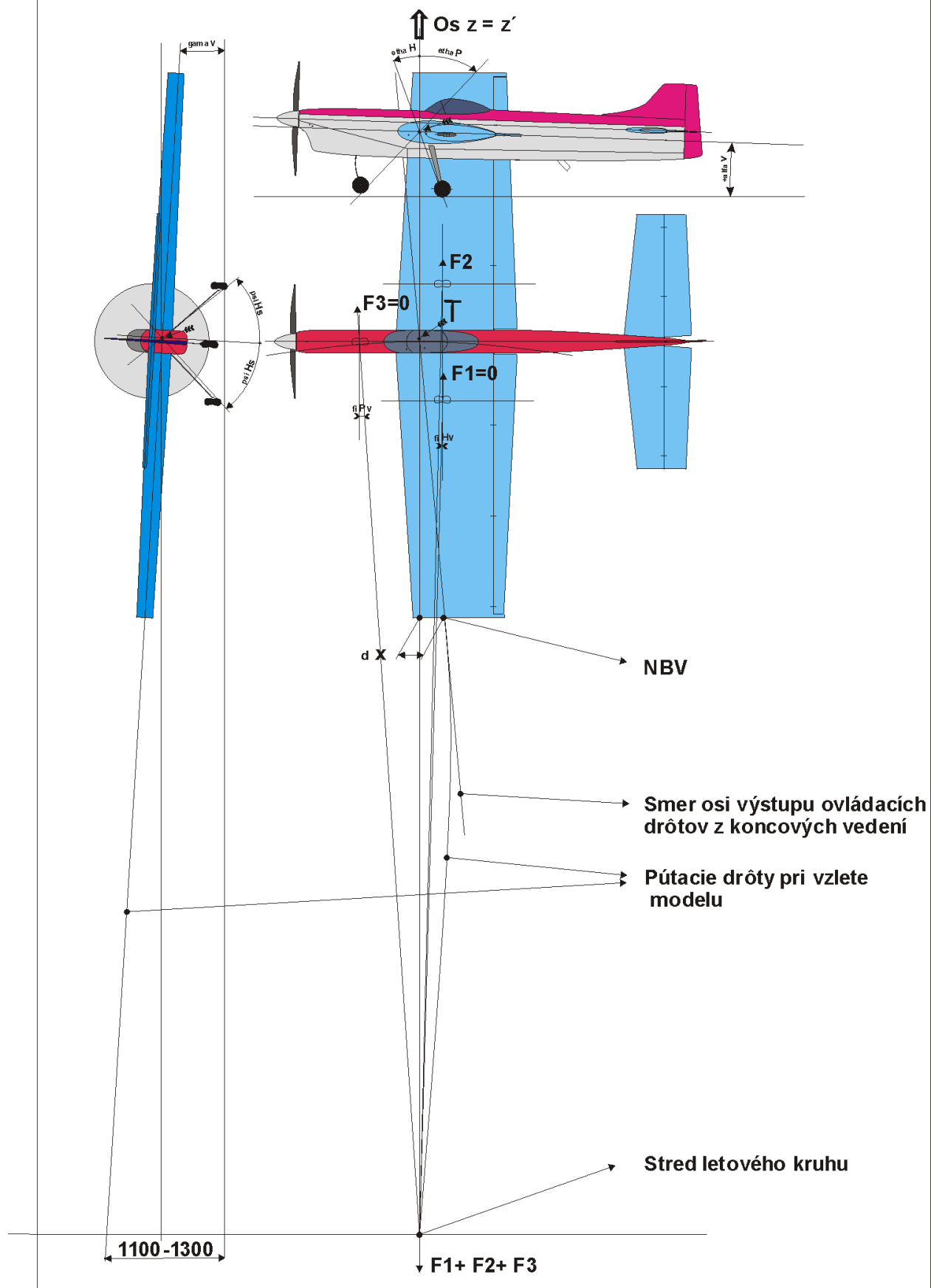
Obr.2.29a

Poloha modelu pri zaciatku vzletu



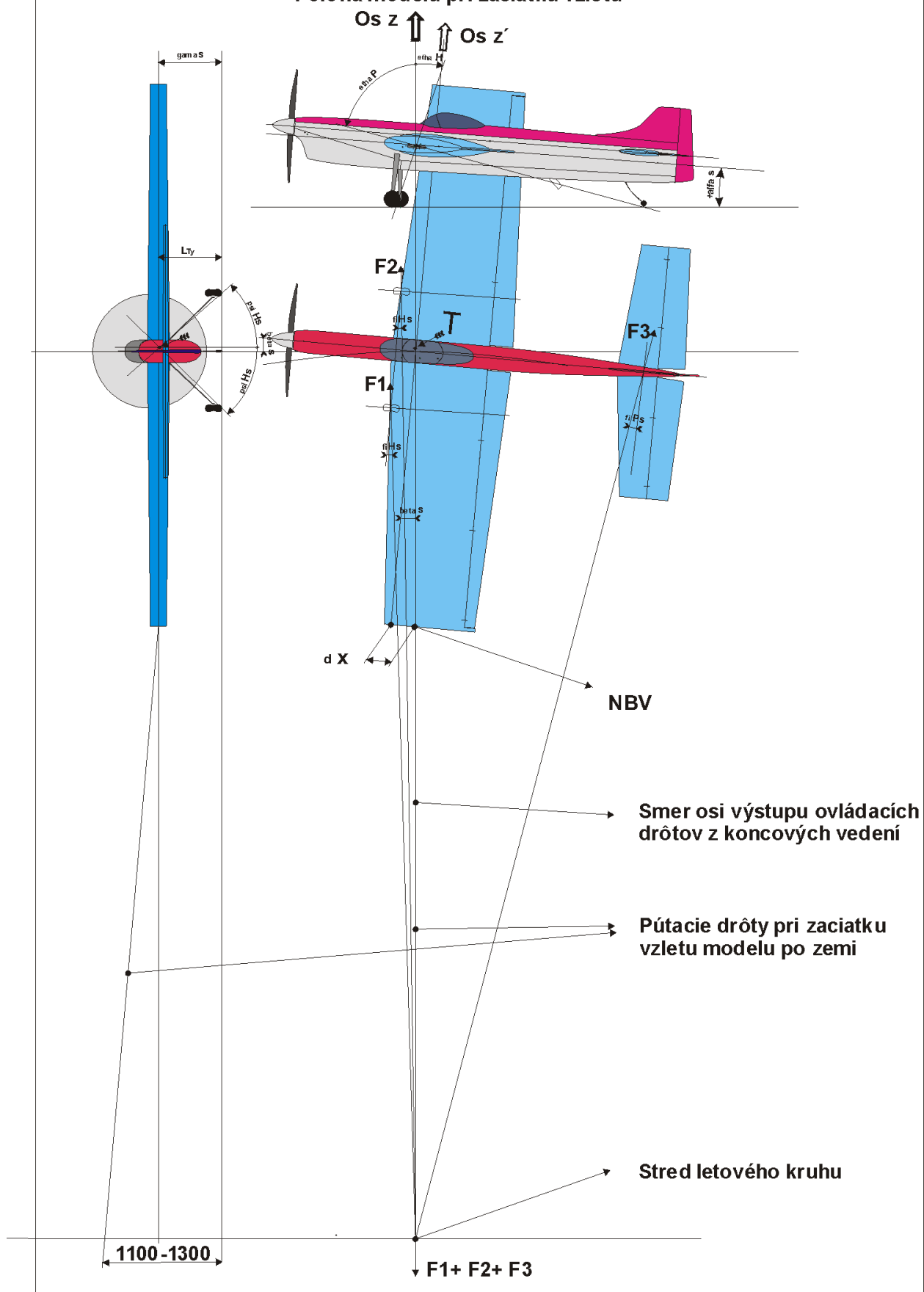
Obr.2.29b

Poloha modelu pri vzlete



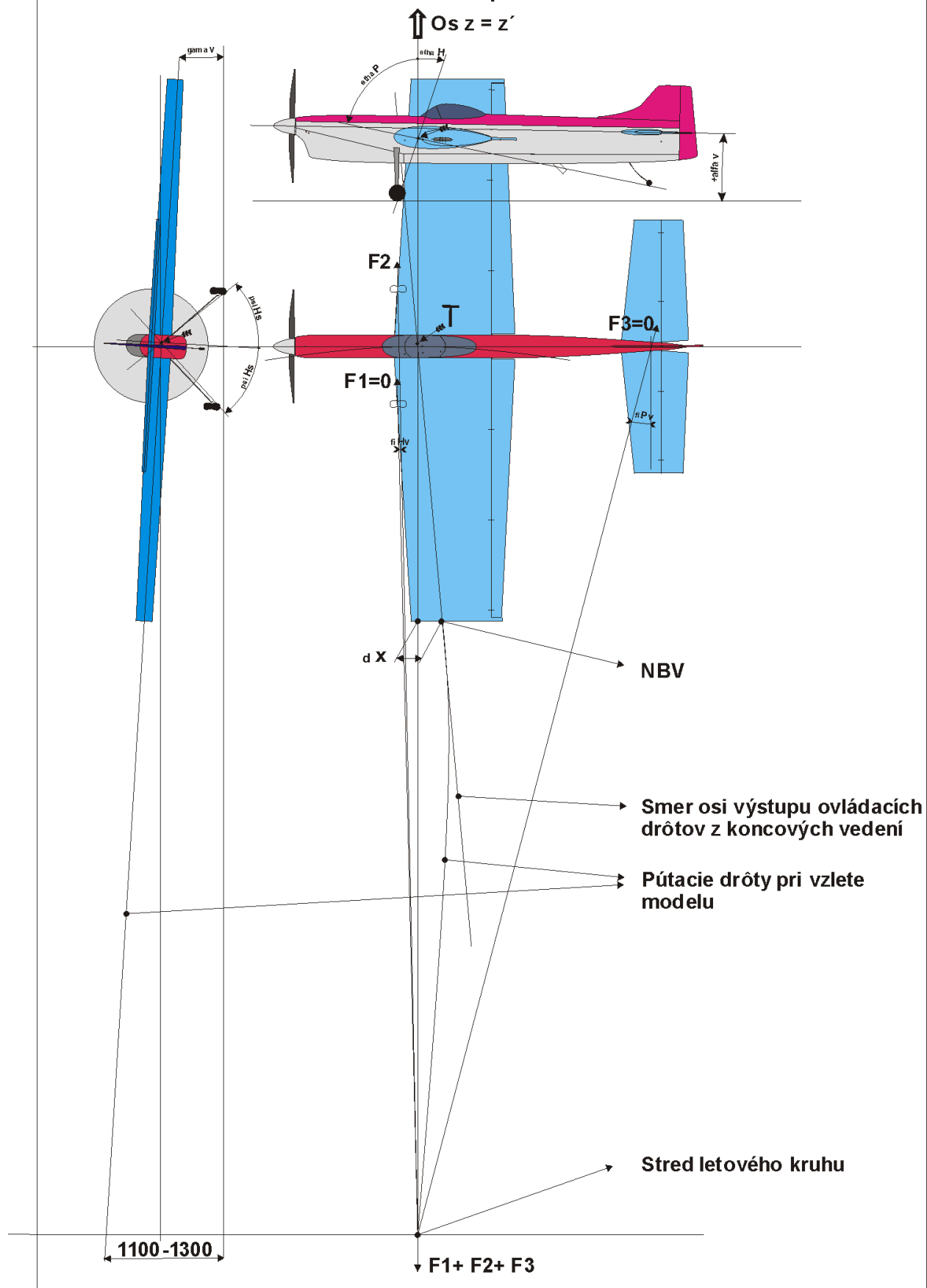
Obr.2.30a

Poloha modelu pri zaciatku vzletu



Obr.2.30b

Poloha modelu pri vzlete



2.1.6.2 Umiestnenie a pojazďová geometria pristávacieho zariadenia

Od priestorového umiestnenia dotykových bodov pristávacieho zariadenia voči vlastnému modelu a od pojazďovej geometrie kolies podvozku závisí i priestorová poloha modelu voči zemi a pojazďové vlastnosti modelu počas styku kolies podvozku so zemou. Pod pojazďovými vlastnosťami rozumieme silové a momentové pôsobenie reakčných a trecích síl, vznikajúcich medzi dotykovými bodmi (plôškami) pristávacieho zariadenia a zemou na priestorovú polohu modelu, v závislosti na rýchlosti pohybu modelu po zemi.

- ➔ Priestorovú polohu modelu voči zemi *pri nulovej rýchlosti* pohybu modelu nazývame **statická poloha**, alebo statický postoj modelu.
- ➔ Priestorovú polohu modelu voči zemi *pri rozjazde, alebo dojazde* modelu nazývame **pojazďová poloha** alebo pojazďový postoj modelu.
- ➔ Priestorovú polohu modelu voči zemi tesne *po vzlete alebo pred pristátím* nazývame **vzletová poloha** modelu.
- ➔ *Ak sú statická, pojazďová a vzletová poloha modelu identické*, vtedy sú dotykové body pristávacieho zariadenia ideálne umiestnené a **pristávacie zariadenie má ideálnu pojazďovú geometriu**.

V praxi sa však tento ideálny stav dosiahnuť nedá, lebo so zmenou rýchlosti pohybu modelu sa menia i vonkajšie sily a momenty pôsobiace na model a poloha modelu. Príčiny týchto zmien sú pre hlavné typy pristávacích zariadení analyzované v nasledujúcich kapitolách.

2.1.6.2.1 Umiestnenie a pojazďová geometria pristávacieho zariadenia s predným podvozkom

Na **obr. 2.29** sú znázornené statické a vzletové polohy i pojazďová geometria pristávacieho zariadenia modelu s predným podvozkom a neutrálnou letovou polohou.

Ďalej sú uvedené hlavné parametre statického postoja modelu a ich doporučené hodnoty:

α_s – **statický uhol nábehu krídla** – uhol odklonu tetivy profilu krídla od vodorovnej roviny (v bokoryse),

$\alpha_s = \alpha_0 + (0^\circ - 2^\circ)$, kde α_0 je uhol odklonu tetivy profilu krídla od vodorovnej roviny pri nulovom vztlaku,

$\alpha_0 = 0^\circ$ pre symetrické profily; $\alpha_0 < 0^\circ$ pre nosné profily.

β_s – **statický uhol bočenia trupu** – uhol odklonu osi trupu od kolmice na spojnicu hmotného ťažiska a stredy koncových vedení ovládacích drôtov (v pôdoryse),

$\beta_s < 0^\circ$ – je daný polohou stredy koncových vedení voči osi z' – pozri **obr.2.21**.

Pozn.: β_s má vo zvolenom súradnicovom systéme vždy zápornú hodnotu, ak nosová časť modelu smeruje von z letového kruhu.

γ_s – **statický uhol náklonu krídla** – uhol odklonu roviny krídla od vodorovnej roviny (v polohe zo zadu); $\gamma_s = 0^\circ$.

h_{Ts} – **statická výška hmotného ťažiska nad zemou**, h_{Ts} treba voliť minimálnu, s ohľadom na priemer vrtule a odpruženie podvozku (v bokoryse).

ζ_{Hs} – **statický uhol rázvoru hlavného podvozku** – uhol odklonu spojnice hmotného ťažiska a osi otáčania kolies hlavného podvozku od zvislice; $\zeta_{Hs} = 5^\circ - 10^\circ$.

ζ_{Ps} – **statický uhol rázvoru pomocného podvozku** – uhol odklonu spojnice hmotného ťažiska a osi otáčania kolesa pomocného podvozku od zvislice; $\zeta_{Ps} = 60^\circ - 80^\circ$.

ξ_{Hs} – **statický uhol rozchodu hlavného podvozku** – uhol odklonu spojnice hmotného ťažiska a dotykového bodu kolesa hlavného podvozku od zvislice; $\xi_{Hs} = 45^\circ - 60^\circ$.

Hlavné parametre statickej pojazďovej geometrie kolies pristávacieho zariadenia sú nasledovné:

φ_{Hs} – **statický uhol bočenia kolies hlavného podvozku** – uhol odklonu osi otáčania kolies od spojnice ich dotykových bodov a stredy letového kruhu,

$\beta_s < \varphi_{Hs} < 0$; v prípade ak sú osi otáčania kolies rovnobežné s osou z' , budú kolesá bočiť von z letového kruhu a trecie sily budú stáčať model okolo hmotného ťažiska do kruhu,

φ_{Ps} – **statický uhol bočenia kolesa pomocného podvozku** – uhol odklonu osi otáčania kolesa pomocného podvozku od spojnice jeho dotykového bodu a stredy letového kruhu,

$\varphi_{Ps} < \beta_s < \varphi_{Hs} < 0$; v prípade, že je os otáčania kolesa rovnobežná s osou z' , bude koleso bočiť von z letového kruhu a trecia sila bude stáčať model okolo hmotného ťažiska von z letového kruhu, teda opačne ako kolesá hlavného podvozku.

Uvedené statické parametre sa budú v priebehu rozbehu modelu po zemi postupne meniť, až model dosiahne vzletové parametre. Aby bola táto zmena plynulá (bez skokov) musia byť splnené určité podmienky.

V bokorysnom pohľade sa zmení statický uhol nábehu α_s na vzletový uhol nábehu α_v . Pri tom môžu nastať nasledovné prípady:

$\alpha_s < \alpha_0$ – ak statický uhol nábehu bude menší ako uhol nábehu pri nulovom vztlaku α_0 , vtedy bude vzrastajúca aerodynamická sila na krídle pritláčať model k zemi, a vzlet modelu sa uskutoční skokom po prudkom vychýlení výškovky (model „vystrelí“ zo zeme),

$\alpha_s = \alpha_0$ – ak statický uhol nábehu bude zhodný s uhlom nábehu pri nulovom vztlaku, vtedy bude aerodynamická sila na krídle nulová a vzlet modelu sa uskutoční po vychýlení výškovky ľahšie a plynulejšie ako v predchádzajúcom prípade,

$\alpha_0 < \alpha_s \leq \alpha_v$ – ak statický uhol nábehu bude väčší ako uhol nábehu pri nulovom vztlaku, ale menší alebo zhodný so vzletovým uhlom nábehu, vtedy bude vzrastajúca aerodynamická sila na krídle nadľahčovať model a vzlet modelu sa uskutoční plynulo; pri $\alpha_s \neq \alpha_v$ bude mať model snahu nadskakovať na terénnych nerovnostiach, zvlášť v posledných fázach rozbehu,

$\alpha_s > \alpha_v$ – ak statický uhol nábehu bude väčší ako vzletový uhol nábehu, vtedy vzrastajúca aerodynamická sila na krídle dosiahne vzletovú hodnotu pri menšej rýchlosti ako je vzletová rýchlosť a model bude mať snahu v posledných fázach rozbehu vzlietnuť sám, bez vychýlenia výškovky, pričom sa ako prvý odpúta od zeme hlavný podvozok, čím sa zmenší uhol nábehu krídla.

V pôdorysnom pohľade sa bude so vzrastajúcou rýchlosťou modelu meniť statický uhol bočenia β_s na vzletový uhol bočenia β_v . Ten je v našom prípade nulový, nakoľko sa jedná o model s neutrálnou pôdorysnou letovou polohou.

Pri zmene β_s na β_v môžu nastať nasledovné prípady:

$\alpha_s < \alpha_0$ – budú trecie sily bočiacich kolies podvozkov udržiavať model v statickom uhle bočenia β_s až do okamihu, keď model vzlietne po prudkom vychýlení výškovky, vtedy sa β_s zmení skokom na β_v a model prekmitne okolo tejto rovnovážnej polohy do kruhu o hodnotu β_s ,

$\alpha_0 \leq \alpha_s \leq \alpha_v$ – zmena β_s na β_v bude plynulá,

$\alpha_s > \alpha_v$ – zmena β_s na β_v bude plynulá až dovtedy, keď sa v poslednej fáze rozbehu začne zdvíhať hlavný podvozok zo zeme. Vtedy začne trecia sila bočiaceho predného kolesa mierne zväčšovať uhol bočenia trupu a toto bočenie sa bude so vzrastajúcou rýchlosťou modelu znovu zmenšovať, až na hodnotu β_v . Na nerovnom povrchu budú zmeny bočenia trupu intenzívnejšie.

Zároveň sa so zmenou β_s na β_v zmenia i statické uhly bočenia kolies φ_{Hs} a φ_{Ps} na vzletové uhly bočenia φ_{Hv} a φ_{Pv} , o hodnotu $\beta_s - \beta_v$. Kolesá hlavného podvozku budú bočiť do letového kruhu a koleso pomocného podvozku von z letového kruhu. Trecie sily kolies budú súhlasne model stáčať okolo hmotného ťažiska von z letového kruhu.

V pohľade zozadu sa bude so vzrastajúcou rýchlosťou modelu meniť statický uhol náklonu krídla γ_s na vzletový uhol náklonu γ_v .

Ak bude $\gamma_s = 0^\circ$, môžu pri zmene γ_s na γ_v nastať nasledovné prípady:

$\alpha_s < \alpha_0$ – bude aerodynamická sila na krídle pritláčať model k zemi a bude ho zároveň udržiavať v statickom uhle náklonu $\gamma_s = 0$ až do toho okamihu, keď model vzlietne po prudkom vychýlení výškovky. Vtedy sa γ_s zmení skokom na γ_v a model prekmitne okolo tejto rovnovážnej polohy o hodnotu γ_s .

$\alpha_0 \leq \alpha_s \leq \alpha_v$ – zmena β_s na β_v bude plynulá, keďže vzrastajúca odstredivá sila hmoty modelu (akcia) a ťah modelu do drôtov (reakcia) budú vytvárať moment, ktorý bude postupne zväčšovať uhol náklonu až na hodnotu γ_v . Pritom sa bude koleso hlavného podvozku umiestnené smerom do stredu letového kruhu – ľavé, odľahčovať rýchlejšie, ako koleso vonkajšie – pravé.

$\alpha_s > \alpha_v$ – zmena γ_s na γ_v bude plynulá, uhol náklonu sa bude meniť rýchlejšie ako v predchádzajúcom prípade, keďže vztlaková sila bude tiež narastať rýchlejšie so zmenou rýchlosti pohybu modelu a hodnotu γ_v dosiahne model ešte pred vzletom.

V prípade, že $\gamma_s = \gamma_v$ ($\gamma_v = 2^\circ - 3^\circ$), nebude model počas vzletu meniť uhol náklonu γ . Tento stav sa dá dosiahnuť tým, že nohy hlavného podvozku budú mať rozdielnu dĺžku. Takýto zásah však bude mať nepriaznivý estetický dopad. Ďalšou možnosťou je prispôbenie výšky ovládacej rukoväte od zeme vykonané tak, že pri štarte modelu je modelár v podrepe.

Predchádzajúca analýza priebehu uhlu náklonu modelu počas štartu je platná iba v prípade, že uhol rozchodu hlavného podvozku ξ_{Hs} je väčší, ako uhol trenia bočiacich kolies o štartovaciu plochu:

$$\xi_{Hs} > \arctan \mu$$

kde: μ je koeficient šmykového trenia materiálu
kolesa o štartovaciu plochu.

Príklad: ak koeficient trenia gumy a čistého asfaltu je $\mu = 1.0$, potom musí platiť:

$$\zeta_{Hs} > 45^\circ$$

Ak bude platiť, že $\zeta_{Hs} \leq \arctan \mu$, bude dvojica súčtov trecej sily kolies podvozkov (akcia) a ťah modelu do drôtov (reakcia) nakláňať model do kruhu, γ bude záporné a model sa preklopí. Preklopeniu sa dá zabrániť iba tak, že s modelom budeme štartovať a pristávať na ploche s malým koeficientom trenia (betón, zaprášený asfalt, škvara, antuka), alebo na plášte kolies použijeme materiál s menším koeficientom trenia.

2.1.6.2.2 Umiestnenie a pojazďová geometria pristávacieho zariadenia so zadným podvozkom

Na obr.2.30 sú znázornené statické vzletové polohy i pojazďová geometria pristávacieho zariadenia modelu s dvojkoľovým podvozkom a neutrálnou letovou polohou.

Ďalej sú uvedené iba doporučené hodnoty parametrov statického postoja modelu, nakoľko definície parametrov sú uvedené v predchádzajúcej kapitole.

$$\alpha_s = \alpha_0 + (2^\circ - 6^\circ),$$

$$\beta_s < 0 - \text{je daný polohou stredu koncových vedení voči osi } z' - \text{pozri obr.2.21,}$$

$$\gamma_s = 0^\circ,$$

h_{TS} – treba voliť minimálnu hodnotu s ohľadom na priemer vrtule a odpruženie podvozku pri vzletovom uhle nábehu α_v ,

$$\zeta_{HS} = 20^\circ - 30^\circ \text{ pre cvičné modely a trávnatú štartovaciu plochu,}$$

$$= 10^\circ - 20^\circ \text{ pre súťažné modely a rovnú štartovaciu plochu,}$$

ζ_{HS} – neudáva sa, volí sa výška chvostovej časti trupu nad zemou a zohľadňuje sa pri tom α_s ,

$$\xi_{HS} = 45^\circ - 60^\circ.$$

Hodnoty hlavných parametrov statickej pojazďovej geometrie kolies pristávacieho zariadenia:

$\varphi_{HS} < \beta_s < 0$ – v prípade, ak sú osi otáčania kolies rovnobežné s osou z' , budú kolesá hlavného podvozku bočiť von z letového kruhu, trecia sila bočiacich kolies bude model stláčať okolo hmotného ťažiska z letového kruhu,

$0 < \varphi_{PS}$ – v prípade, ak je os otáčania kolesa rovnobežná s osou z' , bude koleso pomocného podvozku bočiť vo väčšine prípadov von z letového kruhu, trecia sila bočiaceho kolesa bude model stáčať okolo hmotného ťažiska do letového kruhu.

Uvedené statické parametre sa budú v priebehu rozbehu modelu po zemi postupne meniť, až model dosiahne vzletové parametre. Aby bola táto zmena plynulá (bez skokov) musia byť splnené určité podmienky.

V bokorysnom pohľade sa zmení statický uhol nábehu α_s na vzletový uhol nábehu α_v . Pri tom môžu nastať nasledovné prípady:

$\alpha_s < \alpha_0$ – ak statický uhol nábehu bude menší ako uhol nábehu pri nulovom vztlaku α_0 , vtedy bude vzrastajúca aerodynamická sila na krídle pritláčať model k zemi a modelu nevzlietne ani po prudkom vychýlení výškovky (v prípade tuhého pomocného podvozku),

$\alpha_s = \alpha_0$ – ak statický uhol nábehu bude zhodný s uhlom nábehu pri nulovom vztlaku, vtedy bude aerodynamická sila na krídle nulová a vzlet modelu sa uskutoční iba po prudkom vychýlení výškovky (model „vystrelí“ zo zeme),

$\alpha_0 < \alpha_s < \alpha_v$ – ak statický uhol nábehu bude väčší ako uhol nábehu pri nulovom vztlaku, ale menší ako vzletový uhol nábehu, vtedy bude vzrastajúca aerodynamická sila na krídle nadľahčovať model a vzlet modelu sa uskutoční ľahšie, ako v prípade $\alpha_s = \alpha_0$,

$\alpha_s \geq \alpha_v$ – ak statický uhol nábehu bude zhodný alebo väčší ako vzletový uhol nábehu, vtedy vzrastajúca aerodynamická sila na krídle dosiahne vzletovú hodnotu pri menšej rýchlosti ako je vzletová rýchlosť a model bude mať snahu v posledných fázach rozbehu vzlietnuť sám, bez vychýlenia výškovky, pričom sa ako prvý odpúta od zeme pomocný podvozok, čím sa zmenší uhol nábehu krídla. Po vychýlení výškovky model plynulo vzlietne.

V pôdorysnom pohľade sa bude so vzrastajúcou rýchlosťou modelu meniť statický uhol bočenia β_s na vzletový uhol bočenia β_v .

Pri zmene β_s na β_v môžu nastať nasledovné prípady:

$\alpha_s < \alpha_0$ – budú trecie sily bočiacich kolies podvozkov udržiavať model trvale v statickom uhle bočenia β_s (model nevzlietne),

$\alpha_0 \leq \alpha_s \leq \alpha_v$ – zmena β_s na β_v bude plynulá,

$\alpha_s > \alpha_v$ – zmena β_s na β_v bude plynulá a uhol bočenia dosiahne vzletovú hodnotu skôr ako rýchlosťou modelu dosiahne hodnotu vzletovej rýchlosti.

Zároveň sa so zmenou β_s na β_v zmenia i statické uhly bočenia kolies φ_{HS} a φ_{PS} na vzletové uhly bočenia φ_{Hv} a φ_{Pv} , o hodnotu $\beta_s - \beta_v$. Kolesá hlavného podvozku budú bočiť von z letového kruhu a koleso pomocného podvozku do letového kruhu. Trecie sily kolies budú súčasne model stáčať okolo hmotného ťažiska von z letového kruhu (zhodne ako u trojkoľového podvozku).

V pohľade zozadu sa bude so vzrastajúcou rýchlosťou modelu meniť statický uhol náklonu krídla γ_s na vzletový uhol náklonu γ_v .

Ak bude $\gamma_s = 0^\circ$, môžu pri zmene γ_s na γ_v nastať nasledovné prípady:

$\alpha_s < \alpha_0$ – bude aerodynamická sila na krídle pritláčať model k zemi a bude ho zároveň udržiavať v statickom uhle náklonu $\gamma_s = 0$ (model nevzlietne),

$\alpha_0 \leq \alpha_s \leq \alpha_v$ – zmena γ_s na γ_v bude plynulá, keďže vzrastajúca odstredivá sila hmoty modelu (akcia) a ťah modelu do drôtov (reakcia) budú vytvárať moment, ktorý bude postupne zväčšovať uhol náklonu krídla. Pritom sa bude koleso hlavného podvozku umiestnené smerom do stredu letového kruhu – ľavé, odľahčovať rýchlejšie, ako koleso vonkajšie – pravé,

$\alpha_s > \alpha_v$ – zmena γ_s na γ_v bude plynulá, uhol náklonu sa však bude meniť rýchlejšie ako v predchádzajúcom prípade a hodnotu γ_v dosiahne model ešte pred vzletom.

V prípade, že $\gamma_s = \gamma_v$ ($\gamma_v = 2^\circ - 3^\circ$), nebude model počas vzletu meniť uhol náklonu γ . Tento stav sa dá dosiahnuť tým, že nohy hlavného podvozku budú mať rozdielnu dĺžku. Takýto zásah však bude mať nepriaznivý estetický dopad. Ďalšou možnosťou je prispôbenie výšky ovládacej rukoväte od zeme vykonané tak, že pri štarte modelu je modelár v podrepe.

Predchádzajúca analýza priebehu uhlu náklonu modelu počas štartu je platná iba v prípade, že uhol rozchodu hlavného podvozku ζ_{Hs} je väčší, ako uhol trenia bočiacich kolies o štartovaciu plochu:

Zhodnotenie

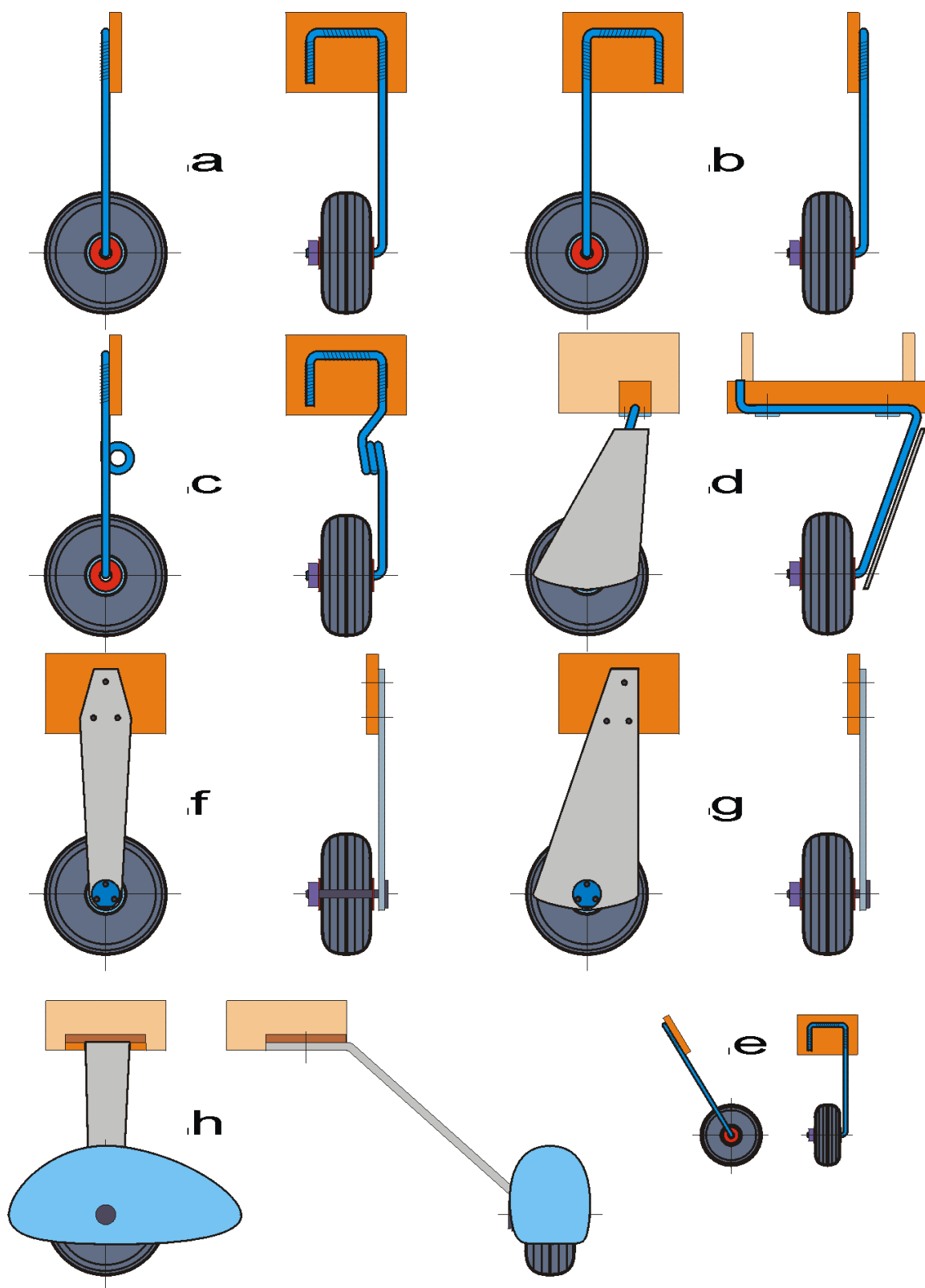
Porovnaním rozdielov v intervaloch okrajových podmienok, nutných pre zabezpečenie plynulého rozbehu a vzletu upútaného modelu je zrejmé, že pristávacie zariadenie so zadným podvozkom je voči pristávaciemu zariadeniu s predným podvozkom výhodnejšie. Výhodnosť vyplýva zo skutočnosti, že optimálne hodnoty statického postoja môžu mať väčší rozsah a sú preto ľahšie dosiahnuteľné.

Nevýhodou pristávacieho zariadenia so zadným podvozkom je v prípade malého uhlu ζ_{Hs} náchylnosť modelu na preklopenie v prvej fáze rozbehu. V prípade veľkého uhlu ζ_{Hs} je zas model náchylný na odskočenie po prvom dotyku podvozku so zemou.

2.1.6.3 Konštrukcia a dielenské vyhotovenie pristávacieho zariadenia s trvale zabudovaným podvozkom

Ako už bolo povedané v kapitole 2.1.6.1, pristávacie zariadenie s trvale zabudovaným podvozkom sa skladá z hlavného a pomocného podvozku. Základné typy konštrukcií hlavného i pomocného podvozku sú znázornené na **obr.2.31**.

Obr.2.31



Hlavné typy konštrukcií podvozkov upútaných modelov lietadiel

Hlavné podvozky - a, b, c, d, f, g, h; pomocné podvozky - a, b, c, f; podvozky s pevnými nohami - a, b, f, g; podvozky s pružnými nohami - c, d, e, h

Hlavnými konštrukčnými prvkami sú nohy a kolesá, vzájomne otočne spojené čapmi.

Ak noha podvozku prakticky nemení so zaťažením svoje rozmery a tvar, hovoríme o podvozku s pevnými nohami (a, b, f, g). U tohto typu konštrukcie musí všetku energiu zvislej zložky rýchlosti pristávajúceho modelu akumulovať pružná časť kolesa – pneumatika. Konštrukcia modelu je zaťažovaná veľkými silami a preto sa tento typ konštrukcie používa iba u ľahkých modelov a pri lietaní na rovnej ploche. Zvlášť nebezpečné je ukotvenie takýchto nôh v krídle modelu, čo pri tvrdšom pristátí alebo nabehnutí kolesa na väčšiu terénnu nerovnosť môže spôsobiť vážne poškodenie modelu.

Ak noha podvozku mení so zaťažením svoje rozmery a tvar, hovoríme o podvozku s pružnými nohami (c, d, h, e). U tohto typu konštrukcie musí prevažnú časť energie zvislej zložky rýchlosti pristávajúceho modelu akumulovať pružná časť podvozkového nohy svojou pružnou deformáciou. Tvar podvozkových nôh musí byť v tomto prípade navrhnutý tak, aby mohli zaťažujúce sily deformovať podvozkové nohy ohybom (c, h, e), alebo krutom (d).

U modelov kat.**F4B** sa bežne používajú teleskopické podvozkové nohy, ktorých pružnosť zabezpečujú teleskopické členy. Ich funkcia zväčša zodpovedá funkcii podvozkov skutočných lietadiel vrátane mechanizmu brzdenia a zaklápania do krídla alebo trupu modelu.

Výrobne najjednoduchšie a hmotnostne najľahšie sú podvozky s nohami z ocelového pružinového drôtu, **obr.2.31 a – e**. Priemer drôtu sa volí s ohľadom na zaťaženie a požadovanú tuhosť, resp. pružnosť nohy, v rozsahu 1,5 – 3,5 mm. Jeden koniec nohy tvorí súčasne čap kolesa, ktoré je na ňom zabezpečené proti vypadnutiu prispájkovanými podložkami alebo kovovými krúžkami s poistnými skrutkami („červíkmi“). Druhý koniec nohy je upevnený na preglejkovej výztuže trupu alebo krídla pridrôtovaním mäkkým ocelovým viazacím drôtom ϕ 0,2 – 0,4 mm a zalepením dvojzložkovým epoxydovým lepidlom (a, b, c, e). V prípade, ak časť nohy tvorí pružnú tyč deformovateľnú krutom (d), je noha uložená v drážke hranolu z tvrdého dreva (buk, hrab,...) a proti vypadnutiu zabezpečená priskrutkovanými príložkami. Krútiaci moment ja v tomto prípade zachytávaný zahnutým koncom nohy, zasunutým do diery v hranole. Estetické vlastnosti takéhoto podvozku je možné zlepšiť prídavnými krytmi upevnenými na nohách (d).

Druhou najpoužívanejšou konštrukciou sú podvozky s nohami vyhotovenými z duralového plechu (f, g, h). Používajú sa výhradne pre hlavný podvozok. Nohy sú síce výrobne zložitejšie a o niečo ťažšie ako nohy z drôtu, majú však i niektoré výhody:

- jednoduchší spôsob spojenia s konštrukciou draku a menšie špecifické zaťaženie tohto spoja,
- možnosť plynulej zmeny pevnosti a tuhosti zmenou prierezu nohy,
- možnosť jednoduchého riešenia deformácie podvozku (h),
- možnosť jednoduchého riešenia estetického vzhľadu (g).

Otočné spojenie kolesa a nohy zabezpečuje ocelový čap, ktorého príruha je prinitovaná k plechovej nohe. Poistenie kolesa je riešené obdobným spôsobom ako u nohy z drôtu, resp. maticou alebo závlačkou. V niektorých prípadoch sa pre zlepšenie aerodynamických vlastností a estetiky krytuje koleso aerodynamickým krytom z laminátu alebo balzy (h). Upevnenie krytu na nohe podvozku je nutné riešiť tak, aby bola umožnená montáž i demontáž kolesa. Zároveň musí byť zabezpečená dostatočná vôľa medzi pneumatikou a krytom i nohou, umožňujúca voľné otáčanie kolesa i pri extrémnych deformáciách radiálnymi (zvislými) a axiálnymi (terčími) silami, vznikajúcimi trením bočiaceho kolesa o rozbehovú plochu.

Pokračovanie kapitoly „2.2 Pohonná sústava“ v časti II.