



## **Okruh problémů k odborné rozpravě při SZZ**

### **Obor M-STL Stavba letadel**

#### **Povinné předměty odborné rozpravy:**

- 1. Aerodynamika a mechanika letu**
- 2. Konstrukce a pevnost letadel**
- 3. Technologie výroby letadel a letecké materiály**

#### **Volitelný předmět (diplomant vybírá jeden z následující nabídky předmětů):**

- 4.1. Aeroelasticita**
- 4.2. Letecké motory**
- 4.3. Palubní soustavy letadel (letecké palubní přístroje)**
- 4.4. Spolehlivost letadlové techniky**

#### **1. Aerodynamika a mechanika letu**

1. Základní zákony proudění, popis proudového pole – rovnice kontinuity, Bernoulliho rovnice.
2. Vznik aerodynamických sil, působiště výsledné aerodynamické síly, aerodynamický střed.
3. Aerodynamické součinitele.
4. Polára a momentová čára profilu.
5. Rovinné nadzvukové proudění stlačitelné tekutiny – rázové vlny, kolmé, šikmé, kritické
6. Machovo číslo.
7. Proudění na konvexní a konkávní hraně.
8. Laminární a turbulentní mezní vrstva.
9. Mechanismus odtržení proudění.
10. Geometrické a aerodynamické charakteristiky profilů křídel.
11. Rozložení tlaku po hloubce profilu křídla.
12. Křídlo konečného rozpětí, vznik indukovaného odporu.
13. Křídlo při velkém úhlu náběhu, vliv půdorysného tvaru a úhlu šípů na odtržení.
14. Aerodynamické charakteristiky letounu – druhy odporů, vzájemné ovlivňování částí letounu.
15. Prostředky pro zvýšení vztlaku a odporu, principy, vliv na aerodynamické charakteristiky – poláru, vztlakovou čáru.
16. Vliv blízkosti země na aerodynamické charakteristiky.
17. Charakteristické režimy ustáleného horizontálního letu.
18. Diagramy tahů a výkonů, vliv hmotnosti a výšky.
19. Obálka režimů letu - stanovení minimální a maximální rychlosti letu.
20. Stanovení stoupavosti a dostupu z diagramů tahů a výkonů.

21. Klouzavý let - rychlostní polára a její využití, vliv podmínek letu a parametrů letounu na rychlostní poláru.
22. Ustálená správná zatáčka.
23. Nesprávné zatáčky – skluzová a výkluzová.
24. Zatáčkové diagramy, omezení zatáček.
25. Základní parametry ovlivňující dolet a vytrvalost.
26. Vzlet a přistání letounu.
27. Kinematika pohybu letounu – souřadnicové soustavy, základní pohyby letounu a jejich vazby.
28. Momentová rovnováha letounu v přímočarém ustáleném letu.
29. Podélná statická stabilita letounu.
30. Stranová statická stabilita.
31. Dynamická stabilita - hlavní druhy podélného a stranového pohybu klasického letounu po poruše ustáleného režimu letu.
32. Ovladatelnost a obratnost - hlavní kritéria ovladatelnosti a obratnosti, jejich závislost na konstrukčních parametrech letounu.
33. Lety s vysazenou pohonnou jednotkou.
34. Stanovení minimální rychlosti říditelnosti.
35. Vyvažitelnost a tíživost letounu.
36. Chování letounu při přetažení – vznik autorotace, vývrtkové vlastnosti.

## 2. Konstrukce a pevnost letadel

1. Základní pojmy a koncepce pevnostních předpisů.
2. Letové a pozemní případy zatížení. Obratová a poryvová obálka zatížení.
3. Typy konstrukce křídla, zatížení křídla a koncepce pevnostních výpočtů křídla.
4. Tenkostěnné konstrukce s otevřeným a uzavřeným průřezem a jejich vlastnosti. Střed ohybového smyku.
5. Nosníkové konstrukce, zatížení a koncepce výpočtu.
6. Nosník s tenkou, stabilní i nestabilní stojinou, vliv lomení a zakřivení pásnic.
7. Nosníková poloskořepina. Charakteristika, výpočet únosnosti.
8. Konstrukce hlavních závěsů křídla, trupu a OP. Pevnostní výpočet závěsů.
9. Prostředky příčného řízení. Konstrukce a pevnostní výpočet křidélek.
10. Prostředky pro zvýšení vztlaku a odporu. Konstrukce a pevnostní výpočet.
11. Typy a koncepční uspořádání ocasních ploch. Konstrukce, zatížení a pevnostní výpočet OP.
12. Konstrukce řídicích ploch. Aerodynamické odlehčení, statické a dynamické vyvážení.
13. Trup, účel, koncepční uspořádání, zatížení. Typy konstrukce, pevnostní výpočet trupu.
14. Tenké desky, charakteristika, zatížení a stability.
15. Příhradové konstrukce. Stabilita prutů při zatížení v tlaku.
16. Moderní výpočtové metody – podstata MKP. Materiálová a geometrická nelinearita.
17. Nýtové a lepené spoje, výpočet zatížení.
18. Soustavy řízení letounu. Výpočet zatížení, servořízení
19. Přistávací zařízení, koncepční uspořádání, obecné požadavky. Zatížení a pevnostní výpočet.
20. Pohonné jednotky. Umístění, požadavky na zástavbu. Zatížení a pevnostní výpočet motorových loží.
21. Přetlakové kabiny.

22. Hmotnostní rozbor letounu. Výpočet polohy těžiště. Hmotnostní konfigurace.
23. Vrtulník, koncepční uspořádání. Principy řízení.
24. Hlavní etapy vývoje nového letounu, metody projektování, určení hlavních návrhových parametrů, vzájemné vazby.
25. Stanovení životnosti u konstrukce s bezpečnou životností (safe – life), Wöhlerova křivka, Smithův a Haighův diagram.
26. Únavové zkoušky letecké konstrukce. Rozdělení z hlediska zkoušené části a časového průběhu

### 3. Technologie výroby letadel a letecké materiály

1. Základní požadavky na letecké materiály.
2. Přehled a charakteristika tvářených hliníkových slitin.
3. Vysokopevnostní hliníkové slitiny a jejich tepelné zpracování.
4. Slitiny hliníku pro letecké odlitky.
5. Charakteristika konstrukčních hořčíkových slitin.
6. Charakteristika slitin titanu.
7. Oceli a jejich použití na leteckých konstrukcích.
8. Slitiny pro vysokoteplotní aplikace.
9. Kompozitní materiály s kontinuálními vlákny a polymerní matricí – vlákna, matrice, prepregy, výsledné vlastnosti.
10. Kompozitní materiály s kovovou a keramickou matricí.
11. Vlákno-kovové lamináty.
12. Nanokompozity a „smart“ materiály.
13. Porovnání kovových a kompozitních materiálů.
14. Zušlechťování dílů z vysokopevnostních ocelí.
15. Volba oceli na základě prokalitelnosti.
16. Precipitační vytvrzování hliníkových slitin.
17. Tvařitelnost leteckých materiálů.
18. Příprava polotovarů pro tváření – metody stříhání a řezání.
19. Ohýbání a zakružování plechů z hliníkových slitin.
20. Tváření plechů nepevnými nástroji.
21. Ohýbání a zakružování profilů, tvarování trubek.
22. Zápustkové kování hliníku, izotermické kování.
23. Válčované a průtlačně lisované polotovary.
24. Výroba přesných forem na odlitky, metalurgické úpravy a odlévání slitin pro přesné odlitky.
25. Nýtování leteckých konstrukcí – druhy a materiály nýtů, způsoby nýtování.
26. Nýtování trnovými nýty.
27. Svařitelnost slitin hliníku, slitin titanu, vysokopevnostních ocelí.
28. Bodové a švové svařování hliníku.
29. Difúzní svařování, svařování třením – FSW a lineární.
30. Princip a aplikace tavného svařování – v ochranné atmosféře, svazkem elektronů, laserem, hybridní svařování.
31. Obrobitelnost leteckých materiálů, vysokorychlostní obrábění, obrábění integrálních panelů, chemické frézování.
32. Aditivní metody výroby.
33. Lepení kovů a kompozitních materiálů – základní lepidla, technologie lepení.
34. Výroba dílů z kompozitních materiálů.

35. Výroba sendvičových materiálů – potahy, voštinová a pěnová jádra.
36. Mechanické, chemické a elektrochemické povrchové úpravy.
37. Nátěry leteckých konstrukcí. Metody montáže a oprav.

#### 4.1. Aeroelasticita

1. Definice a rozdělení aeroelastických jevů.
2. Statické aeroelastické jevy, přehled a stručná charakteristika, základní rovnice rovnováhy (elastomechaniky).
3. Dynamické aeroelastické jevy, přehled a stručná charakteristika.
4. Torzní divergence křídla a metody výpočtu kritické rychlosti torzní divergence.
5. Vliv poddajnosti konstrukce na říditelnost letounu, reverze řízení.
6. Reverze křidélek a metody výpočtu kritické rychlosti reverze křidélek.
7. Elastomechanické kmitání, kmitání křídel a ocasních ploch, metody stanovení vlastních frekvencí.
8. Aerodynamické síly a momenty na harmonicky kmitajícím tenkém profilu křídla. Podstata ohybově-torzního třepetání (flutteru) křídla.
9. Stanovení kritické rychlosti ohybově-torzního třepetání (flutteru) křídla.
10. Průkaz odolnosti letounu proti aeroelastickým jevům.
11. Základní konstrukční zásady při návrhu letounu z hlediska aeroelastických jevů.
12. Vliv konstrukčních parametrů letounu na aeroelastické jevy.

#### 4.2. Letecké motory

1. Rozdělení a uspořádání leteckých pístových motorů.
2. Ideální oběh zážehového motoru.
3. Skutečné pracovní oběhy čtyřdobého a dvoudobého motoru.
4. Porovnání čtyřdobých a dvoudobých motorů.
5. Oběhy vznětových motorů.
6. Porovnání zážehových a vznětových motorů.
7. Uspořádání hlavních částí pístového motoru.
8. Palivová, mazací a chladičová soustava pístového motoru.
9. Porovnání vzduchového a kapalinového chlazení.
10. Charakteristiky leteckého pístového motoru – vnější, vrtulová, výšková.
11. Lopatkové motory, rozdělení, princip činnosti.
12. Vstupní soustava – podzvuková, nadzvuková, regulace.
13. Kompresory - rozdělení, parametry.
14. Odstředivé kompresory, osově kompresory – konstrukční uspořádání, lopatkové mříže, rychlostní trojúhelníky, charakteristiky.
15. Spalovací komory – druhy, porovnání.
16. Plynové turbíny – druhy, konstrukční uspořádání, parametry, lopatkové mříže.
17. Výstupní soustava, obraceče tahu.
18. Základní uspořádání, oběhy, výkonové parametry, charakteristiky a oblasti použití jednoproudových, dvouproudových, turbovrtulových a vrtulníkových motorů.

### 4.3. Palubní soustavy letadel

1. Používané přístroje a typické uspořádání palubní desky - dle typu letadel.
2. Snímače a vysílače aerometrických veličin – principy a jejich použití.
3. Rychloměry a machmetry.
4. Výškoměry.
5. Variometry.
6. Zatáčkoměry a umělé horizonty.
7. Magnetické kompasy.
8. Přehled používaných radiotechnických navigačních soustav, jejich princip a použití.
9. Elektronický systém letových přístrojů (EFIS).
10. Software v přístrojovém vybavení.
11. Antikolizní systém (TCAS/ACAS).
12. Systém signalizace blízkosti země (GPWS).
13. Přehled přístrojů pro kontrolu pohonné soustavy, princip jejich funkce.
14. Záznam letových dat a hovorů.
15. Zkoušení přístrojového vybavení.
16. Přenos tlakové energie, hydraulické tlakové systémy s regulací tlaku a průtoku.
17. Pracovní tlakové okruhy, nouzové okruhy.
18. Základní hydraulické prvky, činnost a charakteristiky.
19. Pneumatické soustavy, brzdové systémy a jejich prvky.
20. Hydraulické servořízení letadel, požadavky předpisů.
21. Činnost jedno a dvoukomorových hydraulických zesilovačů.
22. Zavádění a úprava sil do řízení, zatěžovací mechanismy, zákony řízení letu.
23. Palivové soustavy letadel, rozmístění a přečerpávání paliva, tlakové plnění.
24. Protipožární soustavy. Soustavy klimatizace a odmrazování.

### 4.4. Spolehlivost letadlové techniky

1. Základní pojmy, definice, standardizace ve spolehlivosti.
2. Matematické nástroje ve spolehlivosti (pravděpodobnost, distribuční funkce, funkce hustoty pravděpodobnosti).
3. Charakteristiky (střední hodnota, rozptyl, kvantily).
4. Rozdělení pravděpodobnosti (normální, exponenciální, Weibullovo, binomické, Poissonovo).
5. Základní typy systémů (paralelní, sériové, smíšené).
6. Základní metody výpočtu bezporuchovosti/ pravděpodobnosti selhání systému (metoda dekompozice, inspekční metoda, pravdivostní tabulka, metoda úplné pravděpodobnosti, systém „m dobrých z n“).
7. FMEA – Analýza způsobů a důsledků poruch (charakteristika, možnosti a cíle metody, omezení a nedostatky metody).
8. FTA – Analýza stromu poruchových stavů (charakteristika metody, tvorba stromu poruchových stavů, kvalitativní analýza, kvantitativní analýza).
9. Požadavky na spolehlivost letadlové techniky (obsažené v předpisech FAR/CS).
10. Zkoušky spolehlivosti: typy zkoušek spolehlivosti, plány zkoušek spolehlivosti, určovací zkoušky (odhad ukazatelů spolehlivosti u souborů s exponenciálním rozdělením pomocí rozdělení  $\chi^2$ ).