UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Mehanika leta letala
Course title:	MECHANICS OF FLIGHT
Članica nosilka/UL Member:	UL FS

Študijski programi in stopnja	**Študijska smer**	**Letnik**	**Semestri**
Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni	Prometni pilot letala/helikopterja (smer)	2. letnik	2. semester
Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni	Snovanje in vzdrževanje letal (smer)	2. letnik	2. semester

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0563995
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	3081-V

Predavanja	**Seminar**	**Vaje**	**Klinične vaje**	**Druge oblike študija**	**Samostojno delo**	**ECTS**
30		30			40	4

Nosilec predmeta/Lecturer:	Miha Brojan
Vrsta predmeta/Course type:	Izbirni strokovni predmet /Elective specialised course

Jeziki/Languages:	Predavanja/Lectures:	Slovenščina
	Vaje/Tutorial:	Slovenščina

Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:	**Prerequisites:**
Izpolnjevanje pogojev za vpis v Visokošolski strokovni študijski program I. stopnje Strojništvo - Projektno aplikativni program.	Meeting the enrollment conditions for the MECHANICAL ENGINEERING - Project Oriented Applied Programme.

Vsebina:	**Content (Syllabus outline):**
1. Vsebina 1. Predavanja - Stabilnost in krmljivost - Statična stabilnost - Neutralna točka - Statična meja (static margin) 2. Vsebina 2. Predavanja - Uravnoteženje in krmljivost - Grafična predstavitev statične vzdolžne stabilnosti	1. Content of lecture 1 - Stability and control - Static stability - Neutral point - Static margin 2. Vsebina 2. Predavanja - Balance and control - Graphical presentation stability around longitudinal

- Vpliv delov letala na stabilnost 3. Vsebina 3. Predavanja - Stabilnost brez moči motorja - Vpliv težišča na stabilnost - Vpliv moči na stabilnost 4. Vsebina 4. Predavanja - Stabilnost v manevrih - Longitudinalna krmljivost - Zahteva krmljivosti pri vzletu - Zahteva krmljivosti pri pristanku 5. Vsebina 5. Predavanja - Dinamična stabilnost - Vzdolžna dinamična stabilnost - Dolgoperiodno nihanje (phugoid) - Kratkoperiodno nihanje 6. Vsebina 6. Predavanja - Smerna stabilnost in krmljivost - Bočna stabilnost in krmljivost - Kot bočnega drsenja - Vpliv delov letala na bočno in smerno stabilnost - Spiralna divergenca - “Dutch roll” nihanje 7. Vsebina 7. Predavanja - Nihanje povzročeno s strain pilota (Pilot induced oscillations - PIO) - Machovo trimanje - Stabilnost pri velikih machovih številih 8. Vsebina 8. Predavanja - Mehanika leta letala - Premo-enakomeren horizontalen let - Horizontalni rep in višinsko krmilo - Uravnoteženje sil - Premo-enakomerno vzpenjanje 9. Vsebina 9. Predavanja - Kot vzpenjanja - Hitrost vzpenjanja - Drsni let - Hitrost spuščanja v drsnem letu 10. Vsebina 10. Predavanja - Letalo v zavoju - Sile in hitrosti v zavoju - Let z neenakomerno močjo 11. Vsebina 11. Predavanja - Omejitev hitrost pri izvlečenem podvozju - Omejitev hitrosti pri izvlečenih zakrilcih - Frfotanje (flutter) krila - Frfotanje (flutter) krmilnih površin - Obrat krilc - Divergenca 12. Vsebina 12. Predavanja - Propelerji - Aerodinamična sila na propeller - Potisk propelerja - Centrifugalni moment zvijanja	axis - Influence of airplane parts on stability 3. Vsebina 3. Predavanja - Unpowered stability - Centre of gravity influence on stability - Engine power influence on stability 4. Vsebina 4. Predavanja - Aircraft stability in control - Longitudinal maneuvering - Demanded control during take off - Demanded control during landing 5. Vsebina 5. Predavanja - Dynamic stability - Longitudinal dynamic stability - Phugoid oscillations - Short period oscillations 6. Vsebina 6. Predavanja - Directional stability and control - Side stability and control - Angle of side slide - Influence of aircraft parts on side and directional stability - Spiral divergence - Dutch roll 7. Vsebina 7. Predavanja - Pilot induced oscillations - PIO - Mach trimming - Stabilnost pri velikih machovih številih 8. Vsebina 8. Predavanja - Mechanics of flight - Steady horizontal flight - Horizontal stabilizer and elevator - Force balancing - Constant rate strait flight climb 9. Vsebina 9. Predavanja - Angle of climb - Climb rate - Gliding - Decent rate at gliding 10. Vsebina 10. Predavanja - Aircraft in a turn - Velocity and forces in a turn - Flight with unsteady power 11. Vsebina 11. Predavanja - Gears down velocity limitations - Flaps down velocity limitations - Wing flutter - Flight control surfaces flutter - Ailerons inverse response (in stall regime) - Divergence 12. Vsebina 12. Predavanja - Propellers - Aerodynamic forces on propeller - Propeller trust

- Izkoristek propelerja - Propeller s spremenljivim korakom 13. Vsebina 13. Predavanja - Upor celega letala - Vpliv mase letala na upor letala - Vpliv višine leta na upor letala - Stabilnost hitrosti 14. Vsebina 14. Predavanja - Potrebna moč - Vplivi na potrebno moč - Razpoložljiva moč - Vplivi na razpoložljivo moč 15. Vsebina 15. Predavanja - Prevlečen let in zvrt - Prepoznavanje približevanja prevlečenemu letu - Minimalna hitrost - Opozarjanje na približevanje minimalni hitrosti - Naprave za preprečevanje prevlečenega leta - Globak prevlečen let (deep stall)	- Propeller twist by centrifugal force - Propeller efficiency - Variable pitch propeller 13. Vsebina 13. Predavanja - Airplane drag - Mass influence on airplane drag - Flight level influence on airplane drag - Velocity stability 14. Vsebina 14. Predavanja - Required power - Influences on required power - Available power - Influences on available power 15. Vsebina 15. Predavanja - Stall and spin - Stall recognition - Minimal velocity - Minimal velocity warnings - Stall preventers - Deep stall

Temeljna literatura in viri/Readings:

1. PRINCIPLES OF FLIGHT, ATPL GROUND TRAINING SERIES, CAE Oxford Aviiation Academy, BOOK THIRTEEN, EASA FIRST EDITION, REVISED FOR NPA 29, 2016
2. J.D. Anderson Jr.: Introduction to flight 3rd Ed., McGraw-Hill Book Company, New York, 1989.

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Cilji: 1. Razumevanje mehanike leta letala 2. Povezovanje aerodinamike z mehaniko leta letala 3. Osnovni preračun letala v smislu mehanike leta Kompetence: 1. Sposobnost razumevanja mehanike leta letala (S1-PAP, S2-PAP, S4-PAP, S14-PAP, P1-PAP) 2. Sposobnost povezovanja aerodinamike in mehanike leta letala (S1-PAP, S2-PAP, S4-PAP, S14-PAP, P1-PAP) 3. Sposobnost izračunavanja osnovnih vrednosti iz mehanike leta letala (S1-PAP, S2-PAP, S4-PAP, S14-PAP, P1-PAP)	Goals: 1. Understanding of flight mechanicsa 2. Relating aerodynamics and flight mechanics 3. Learning basic flight mechanics calculations Competences: 1. Ability to understand flight mechanicsa (S1-PAP, S2-PAP, S4-PAP, S14-PAP, P1-PAP) 2. Ability to relate aerodynamics and flight mechanics (S1-PAP, S2-PAP, S4-PAP, S14-PAP, P1-PAP) 3. Ability to calculate basic flight mechanics parameters and variables (S1-PAP, S2-PAP, S4-PAP, S14-PAP, P1-PAP)

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Znanja: Z1: Poglobljeno strokovno teoretično in praktično znanje na določenem področju, podprto s širšo teoretično in metodološko osnovo. • Poglobljeno poznavanje mehanike leta, pojmov pri mehaniki leta in integracija znanja z ostalimi letalskimi	Knowledge: Z1: Thorough professional theoretical and practical knowledge in a selected field of expertise that is supported with a broad theoretical and methodological basis. • In-depth understanding of flight mechanics, the

predmeti v celoto Spretnosti: S1.2 Obvladovanje zahtevnih, kompleksnih delovnih procesov ob samostojni uporabi znanja v novih delovnih situacijah. • Sposobnost razumevanja in preračunavanja osnovnih veličin v mehaniki leta	related terminology and knowledge integration with other related courses Skills: S1.2 Mastering demanding and complex work processes by independent usage of knowledge in new working situations • Ability to understand and calculate basic quantities in flight mechanics

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Klasične oblike poučevanja: 1. P1 Avditorna predavanja z reševanjem izbranih - za področje značilnih - teoretičnih in praktično uporabnih primerov. 2. P2 Obravnava snovi po urejeni in vnaprej razloženi sistematiki. 3. P3 Avditorne vaje, kjer se teoretično znanje s predavanj podkrepi z računskimi primeri	*Conventional teaching methods:* 1. P1 Auditorial lectures with solving selected field-specific theoretical and applied use cases. 2. P2 Presenting the content according to the explained system. 3. P3 Auditorial exrecises, in which theoretical content from the lectures is supplemented with practical examples.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Izpit (predavanja – teorija).	40,00 %	Examination (lectures - theory).
Izpit (vaje – naloge, prepračuni).	40,00 %	Examination (exercises – design calculations).
Domača naloga.	20,00 %	Homework.

Reference nosilca/Lecturer's references:

Miha Brojan

1. TERWAGNE, Denis, **BROJAN, Miha**, REIS, Pedro. Smart morphable surfaces for aerodynamic drag control. Advanced materials, ISSN 0935-9648, Oct. 2014, vol. 26, iss. 38, str. 6608-6611, ilustr., doi: 10.1002/adma.201401403. [COBISS.SI-ID 13725211], [JCR, SNIP, WoS do 13. 10. 2019: št. citatov (TC): 48, čistih citatov (CI): 46, Scopus do 27. 9. 2019: št. citatov (TC): 50, čistih citatov (CI): 47]
2. **BROJAN, Miha**, SITAR, Matej, KOSEL, Franc. On static stability of nonlinearly elastic Euler's columns obeying the modified Ludwick's law. International journal of structural stability and dynamics, ISSN 0219-4554, 2012, vol. 12, no. 6, str. 1-19, ilustr., doi: 10.1142/S0219455412500770. [COBISS.SI-ID 11996699], [JCR, SNIP, WoS do 15. 9. 2019: št. citatov (TC): 4, čistih citatov (CI): 1, Scopus do 25. 1. 2018: št. citatov (TC): 5, čistih citatov (CI): 2]
3. SITAR, Matej, KOSEL, Franc, **BROJAN, Miha**. A simple method for determining large deflection states of arbitrarily curved planar elastica. Archive of applied mechanics, ISSN 0939-1533, 2014, vol. 84, issue 2, str. 263-275, doi: 10.1007/s00419-013-0798-6. [COBISS.SI-ID 13194779], [JCR, SNIP, WoS do 14. 4. 2019: št. citatov (TC): 3, čistih citatov (CI): 3, Scopus do 27. 5. 2019: št. citatov (TC): 4, čistih citatov (CI): 4]
4. TERWAGNE, Denis, **BROJAN, Miha**, REIS, Pedro. Drag control through wrinkling on curved surfaces. V: Condensed matter in Paris 2014 : CMD 25 - JMC 14, August 24th - 29th 2014 : mini-colloquium. Paris: Université Paris Descartes. 2014, f. [1]. http://cmd25jmc1sciencesconf.org/36290/document. [COBISS.SI-ID 13647131]
5. ČEBRON, Matjaž, **BROJAN, Miha**. CFD analiza segmentiranega ustja D630. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo, Laboratorij za nelinearno mehaniko, 2016. 2 f., graf. prikazi. [COBISS.SI-ID 14613787]