

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Višja dinamika
Course title:	Advanced Dynamics
Članica nosilka/UL Member:	UL FS

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri
Strojništvo - Razvojno raziskovalni program, druga stopnja, magistrski	Mehanika (smer)	1. letnik	1. semester

Univerzitetna koda predmeta/University course code: 0566893

Koda učne enote na članici/UL Member course code: 6035-M

Predavanja	Seminar	Vaje	Klinične vaje	Druge oblike študija	Samostojno delo	ECTS
30		30			65	5

Nosilec predmeta/Lecturer: Gregor Čepon, Janko Slavič, Miha Boltežar

Vrsta predmeta/Course type: Obvezni strokovni predmet na smeri Mehanika, ki je izbirni strokovni predmet na ostalih smereh./Compulsory specialised course in the study of Mechanics, which is an elective specialised course in other fields of study.

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

Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti: **Prerequisites:**

Izpolnjevanje pogojev za vpis v Magistrski študijski program II. stopnje Strojništvo - Razvojno raziskovalni program.	Meeting the enrollment conditions for the Master's study programme of Mechanical Engineering - Research and Development program.
---	--

Vsebina: **Content (Syllabus outline):**

1. predavanje - Uvod v predmet, pojasnitev sistema pri predmetu - Uvod v analitično mehaniko, pojem posplošene koordinate, princip virtualnega dela 2. predavanje - Dirichetev kriterij stabilnosti. Analitična dinamika: d'Alembertov princip	1. lecture - Introduction to the course - Introduction to analytical mechanics, the concept of generalized coordinates, the principle of virtual work 2. lecture - Dirichet's stability criterion. Analytical Dynamics: The D'Alembert Principle
--	--

3. predavanje - Lagrangeove enačbe 2. reda, zapis za konservativne sisteme 4. predavanje - Hamiltonov princip za konservativne sisteme, primeri iz analitične dinamike 5. predavanje - Nihanja sistema z 1. pr. st. zaradi udarne motnje, prehod v konvolucijo, grafični pristop 6. predavanje - Nihanje sistema z 1. pr. st. zaradi periodične motnje, Fourierjeva dekompozicija v realne vrste, pojem spektra 7. predavanje - Nihanja sistema z več pr. st., lastna - Metoda vplivnih koeficientov. Določitev lastnih frekvenc 8. predavanje - Določitev lastnih vektorjev ter modalne matrike, ortogonalnost ter normiranje lastnih vektorjev 9. predavanje - Modalna transformacija, zapis odziva v modalnem ter fizikalnem prostoru. 10. predavanje - Vsiljeno nihanje sistema več pr. st., odziv v fizikalnih ter modalnih koordinatah 11. predavanje - Nihanje zveznih sistemov, splošno. Lastna prečna nihanja strune 12. predavanje - Torzijska nihanja gredi, lastne frekvence ter lastne oblike. 13. predavanje - Obisk strokovnjaka iz industrije, primeri iz prakse 14. predavanje - Lastna ravninska nihanja nosilcev, Euler-Bernoullijeva teorija za nedušene primere 15. Predavanje - Aplikacije na realnih sistemih	3. lecture - Lagrange 2nd order equations, conservative systems 4. lecture - Hamiltonian principle for conservative systems, examples from analytical dynamics 5. lecture - Single degree of freedom systems at impact excitation, transition to convolution, graphical approach 6. lecture - Single degree of freedom systems at periodic excitation, Fourier decomposition, spectrum 7. lecture - Free vibrations of multi degree of freedom systems, stiffness influence coefficient method. Determination of natural frequencies. 8. lecture - Determination of eigenvectors and modal matrix, orthogonality and normalization of eigenvectors. 9. lecture - Modal transformation, response in modal and physical space. 10. lecture - Forced vibrations of multi degree of freedom systems, response in physical and modal coordinates 11. lecture - Vibrations of continuous systems, free vibrations of a string 12. lecture - Torsional vibrations of a shaft, natural frequencies and mode shapes. 13. lecture - Visit by an industry expert, case studies 14. lecture - Free vibrations of a beams, Euler-Bernoulli theory for undamped beams 15. Lecture - Applications to real systems
--	---

Temeljna literatura in viri/Readings:

1. Boltežar M: Mehanska nihanja – 1.del, druga izdaja, Fakulteta za strojništvo, 2010
2. Rao SS: Mechanical vibration, 6th Ed, 2018
3. Tomson WT, Dahleh MD: Theory of Vibration with Applications, 5th Ed, 1997

Cilji in kompetence:

Objectives and competences:

Cilji: 1. Pravilen popis dinamike diskretnih in zveznih sistemov (znanstveni/strokovni nivo).	Objectives: 1. Correct description of the dynamics of discrete and continuous systems (scientific / professional
--	---

2. Samostojni popis harmonskih, naključnih in impulznih dinamskih obremenitev. 3. Razumeti osnovne pospešenih vibracijskih testov. Kompetence: 1. Sposobnost pravilne razčlenitve diskretnih in zveznih dinamskih sistemov (S1-MAG, S2-MAG, S3-MAG, S4-MAG, S5-MAG, S6-MAG, P1-MAG, P2-MAG) 2. Sposobnost samostojnega popisa harmonskih, naključnih in impulznih dinamskih obremenitev (S8-MAG, S10-MAG, P2-MAG, P4-MAG) 3. Sposobnost razumevanja in priprave pospešenih vibracijskih testov (P6-MAG, P7-MAG)	level). 2. Independent evaluation of harmonic, random and impulse loads. 3. Basical understanding of accelerated vibration tests. Competencies: 1. Ability to correctly use discrete and continuous dynamical systems (S1-MAG, S2-MAG, S3-MAG, S4-MAG, S5-MAG, S6-MAG, P1-MAG, P2-MAG) 2. Ability of independent description of harmonic, random and impulse loads (S8-MAG, S10-MAG, P2-MAG, P4-MAG) 3. Ability to understand and prepare accelerated vibration tests (P6-MAG, P7-MAG)
--	--

Predvideni študijski rezultati:

Znanja: Z2: Poglobljeno teoretično in analitično znanje na področju dinamike diskretnih in zveznih sistemov, ki je osnova za zahtevno strokovno ali znanstveno delo. Spretnosti: 1. S2.1: Sistematični pristop modeliranja diskretnih sistemov z več prostostnimi stopnjami. Pravilen pristop k modeliranju zveznih sistemov. Razčlenitve različnih vzbujevalnih mehanizmov v dinamiki. 2. S1.2: Prehoda iz fizikalnih v modalne koordinate. Razumevanje posplošitev v diskretni in zvezni dinamiki. 3. S1.3: Izvajanja osnovnih pospešenih vibracijskih testov in vibracijske poškodovanosti	Knowledge: Z2: In-depth theoretical and analytical knowledge of the dynamics of discrete and continuous systems, which is the basis for demanding professional or scientific work. Skills: 1. S2.1: A systematic approach to modeling discrete systems with multiple degrees of freedom. The correct approach to modeling continuous systems. Decomposition of different excitatory mechanisms in dynamics. 2. S1.2: Transitions from physical to modal coordinates. Understanding generalizations in discrete and continuous dynamics. 3. S1.3: Performing basic accelerated vibration tests and vibration fatigue
--	--

Metode poučevanja in učenja:

P1 Avditorna predavanja z reševanjem izbranih za področje značilnih teoretičnih in praktično uporabnih primerov. P3 Avditorne vaje, kjer se teoretično znanje spredavanj podkrepi z računskimi primeri. P4 Laboratorijske vaje z namenskimi didaktičnimi pripomočki: sistem z več prostostnimi stopnjami, pospešeni vibracijski preizkus, zvezni sistem. P6 Interaktivna predavanja P10 Uporaba anket v realnem času	P1 Lectures with solving of selected theoretical and practical examples. P3 Practical classes where theoretical knowledge of the lessons is supported by computational examples. P4 Laboratory exercises with dedicated teaching aids: multi degree of freedom system, accelerated vibration test, continuous system. P6 Interactive Lectures P10 Use of instant real-time surveys P14 Virtual Experiments
--	---

P14 Virtualni eksperimenti	P15 Use video content
P15 Uporaba video vsebin kot priprava na predavanja in vaje	

Načini ocenjevanja:

Delež/Weight

Assessment:

sodelovanje pri laboratorijskih vajah (vsaj 80%)	5,00 %	laboratory work (at least 80%)
preizkus iz vaj / seminarsko delo (vsaj 50%) preizkus iz teorije (vsaj 50%)	45,00 %	exam / seminar work (at least 50%) theory exam (at least 50%)
Ustni zagovor predloga ocene.	50,00 %	Oral defense of the proposed grade.

Reference nosilca/Lecturer's references:

Miha Boltežar

- BRUMAT, Matija, SLAVIČ, Janko, **BOLTEŽAR, Miha**. Spatial damping identification in the frequency domain : a theoretical and experimental comparison. *Journal of sound and vibration*, ISSN 0022-460X. [Print ed.], Aug. 2016, vol. 376, str. 182-193.
- KRANJC, Tadej, SLAVIČ, Janko, **BOLTEŽAR, Miha**. A comparison of strain and classic experimental modal analysis. *Journal of vibration and control : JVC*, ISSN 1077-5463. [Tiskana izd.], Feb. 2016, vol. 22, nr. 2, str. 371-381, ilustr.
- RAZPOTNIK, Matej, BISCHOF, T., **BOLTEŽAR, Miha**. The influence of bearing stiffness on the vibration properties of statically overdetermined gearboxes. *Journal of sound and vibration*, ISSN 0022-460X. [Print ed.], Sep. 2015, vol. 351, str. 221-235, ilustr.

Gregor Čepon

- BREGAR, Tomaž, EL MAHMOUDI, Ahmed, **ČEPON, Gregor**, RIXEN, Daniel J., BOLTEŽAR, Miha. *Performance of the expanded virtual point transformation on a complex test structure*. Experimental techniques, ISSN 0732-8818. [Print ed.], Feb. 2021, vol. 45, iss. 1, str. 83-93, ilustr.
<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs40799-020-00398-1#>, doi: [10.1007/s40799-020-00398-1](https://doi.org/10.1007/s40799-020-00398-1).
[COBISS.SI-ID [28063747](#)], [JCR, SNIP, WoS do 25. 9. 2020: št. citatov (TC): 0, čistih citatov (CI): 0, čistih citatov na avtorja (CIAu): 0, Scopus do 26. 9. 2020: št. citatov (TC): 0, čistih citatov (CI): 0, čistih citatov na avtorja (CIAu): 0], kategorija: 1A3 (Z); uvrstitev: SCI, Scopus, MBP; tip dela še ni verificiran, točke: 13.4, št. avtorjev: 5
- DROZG, Armin, ROGELJ, Jakob, **ČEPON, Gregor**, BOLTEŽAR, Miha. *On the performance of direct piezoelectric rotational accelerometers in experimental structural dynamics*. Measurement : journal of the International Measurement Confederation, ISSN 0263-2241. [Print ed.], Oct. 2018, vol. 127, str. 292-298, ilustr.
<https://reader.elsevier.com/reader/sd/B28E22E5972D215221D9A597D883BE04B10E907D7451102D498644D812331AD7B71655B9FCC92A69672B0D3ABE553520>, doi: [10.1016/j.measurement.2018.05.081](https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.05.081).
[COBISS.SI-ID [16120091](#)], [JCR, SNIP, WoS do 11. 10. 2020: št. citatov (TC): 2, čistih citatov (CI): 0, čistih citatov na avtorja (CIAu): 0, Scopus do 29. 12. 2020: št. citatov (TC): 5, čistih citatov (CI): 2, čistih citatov na avtorja (CIAu): 0.50], kategorija: 1A2 (Z, A1/2); uvrstitev: SCI, Scopus, MBP; tip dela je verificiral OSICT, točke: 25, št. avtorjev: 4
- STARC, Blaž, **ČEPON, Gregor**, BOLTEŽAR, Miha. *A mixed-contact formulation for a dynamics simulation of flexible systems : an integration with model-reduction techniques*. Journal of sound and vibration, ISSN 0022-460X. [Print ed.], Apr. 2017, vol. 393, str. 145-156, ilustr.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022460X17300494>, doi: [10.1016/j.jsv.2017.01.026](https://doi.org/10.1016/j.jsv.2017.01.026).
[COBISS.SI-ID [15398939](#)], [JCR, SNIP, WoS do 15. 10. 2018: št. citatov (TC): 1, čistih citatov (CI): 1, čistih citatov na avtorja (CIAu): 0.33, Scopus do 29. 11. 2019: št. citatov (TC): 2, čistih citatov (CI): 2, čistih citatov na avtorja (CIAu): 0.67], kategorija: 1A1 (Z, A', A1/2); uvrstitev: SCI, Scopus, MBP; tip dela je verificiral OSICN, točke: 35.55, št. avtorjev: 3
- PIRNAT, Miha, **ČEPON, Gregor**, BOLTEŽAR, Miha. *Structural-acoustic model of a rectangular plate-cavity*

system with an attached distributed mass and internal sound source : theory and experiment. *Journal of sound and vibration*, ISSN 0022-460X. [Print ed.], 2014, vol. 333, str. 2003-2018, ilustr., doi: [10.1016/j.jsv.2013.11.044](https://doi.org/10.1016/j.jsv.2013.11.044). [COBISS.SI-ID [13289499](#)], [JCR, SNIP, WoS do 23. 1. 2021: št. citatov (TC): 11, čistih citatov (CI): 11, čistih citatov na avtorja (CIAu): 3.67, Scopus do 27. 3. 2020: št. citatov (TC): 13, čistih citatov (CI): 13, čistih citatov na avtorja (CIAu): 4.33], kategorija: 1A1 (Z, A', A1/2); uvrstitev: SCl, Scopus, MBP; tip dela je verificiral OSICN, točke: 36.43, št. avtorjev: 3

5. DROZG, Armin, **ČEPON, Gregor**, BOLTEŽAR, Miha. *Full-degrees-of-freedom frequency based substructuring*. *Mechanical systems and signal processing*, ISSN 1096-1216. [Online ed.], jan. 2018, vol. 98, str. 570-579, ilustr. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S088832701730273X>, doi: [10.1016/j.ymssp.2017.04.051](https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2017.04.051). [COBISS.SI-ID [15565339](#)], [JCR, SNIP, WoS do 15. 2. 2021: št. citatov (TC): 23, čistih citatov (CI): 19, čistih citatov na avtorja (CIAu): 6.33, Scopus do 1. 3. 2021: št. citatov (TC): 35, čistih citatov (CI): 29, čistih citatov na avtorja (CIAu): 9.67], kategorija: 1A1 (Z, A', A1/2); uvrstitev: SCl, Scopus, MBP; tip dela je verificiral OSICT, točke: 48.37, št. avtorjev: 3

Janko Slavič

1. ZALETELJ, Klemen, **SLAVIČ, Janko**, BOLTEŽAR, Miha. Full-field DIC-based model updating for localized parameter identification. *Mechanical systems and signal processing*, ISSN 0888-3270, 1. Feb. 2022, vol. 164, str. 1-14. [COBISS.SI-ID [72574211](#)]
2. ZORMAN, Aleš, **SLAVIČ, Janko**, BOLTEŽAR, Miha. Short-time fatigue-life estimation for non-stationary processes considering structural dynamics. *International journal of fatigue*, ISSN 0142-1123, Jun. 2021, vol. 147, str. 1-14. [COBISS.SI-ID [52238083](#)]
3. GORJUP, Domen, **SLAVIČ, Janko**, BABNIK, Aleš, BOLTEŽAR, Miha. Still-camera multiview spectral optical flow imaging for 3D operating-deflection-shape identification. *Mechanical systems and signal processing*, ISSN 0888-3270, May 2021, vol. 152, str. 1-14. [COBISS.SI-ID [40694019](#)]
4. ARH, Matic, **SLAVIČ, Janko**, BOLTEŽAR, Miha. Design principles for a single-process 3d-printed accelerometer - theory and experiment. *Mechanical systems and signal processing*, ISSN 0888-3270, May 2021, vol. 152, str. 1-15. [COBISS.SI-ID [41594371](#)]
5. ZALETELJ, Klemen, AGREŽ, Vid, **SLAVIČ, Janko**, PETKOVŠEK, Rok, BOLTEŽAR, Miha. Laser-light speckle formation for deflection-shape identification using digital image correlation. *Mechanical systems and signal processing*, ISSN 0888-3270, Dec. 2021, vol. 161, str. 1-15. [COBISS.SI-ID [61853187](#)]