

# STABILNOST

## UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

**Predmet:** STABILNOST

**Course title:** BUCKLING

**Članica nosilka/UL Member:** UL FS

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Strojništvo, tretja stopnja, doktorski	Konstrukcijsko mehanske inženirske znanosti (smer)	1. letnik, 2. letnik	Celoletni	izbirni

**Univerzitetna koda predmeta/University course code:** 0033438

**Koda učne enote na članici/UL Member course code:** 7114

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
90					160	10

**Nosilec predmeta/Lecturer:** Miha Brojan

**Izvajalci predavanj:** Miha Brojan

**Izvajalci seminarjev:**

**Izvajalci vaj:**

**Izvajalci kliničnih vaj:**

**Izvajalci drugih oblik:**

**Izvajalci praktičnega usposabljanja:**

**Vrsta predmeta/Course type:** Izbirni predmet /Elective course

**Jeziki/Languages:**

Predavanja/Lectures:

Angleščina, Slovenščina

Vaje/Tutorial:

Angleščina, Slovenščina

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

Veljajo splošni pogoji za doktorski študij.

General prerequisites for the third level studies.

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

- Ravnotežna in energijska metoda za eksaktno reševanje uklona palic in plošč v elastičnem in plastičnem območju.
- Posebni primeri preskoka sistema.
- Veljavnost klasičnih rešitev po teoriji II. reda in uporabnost rezultatov v elastičnem in elastoplastičnem območju.
- Stabilnost konstrukcijskih elementov iz viskoelastičnega gradiva.
- Posebni primeri zvrnitve nosilcev in sistemov.
- Vpliv sestavljenih zunanjih obremenitev na izbočitev.
- Nosilnost plošč v nadkritičnem območju.
- Lokalna stabilnost večslojnih plošč.
- Kinetična stabilnost.
- Teorija velikih deformacij.
- Splošni upogibno - torzijski problem vitkih palic.
- Eksperimentalne metode: Southwell-ova metoda, metoda dinamičnega kriterija stabilnosti, metoda prevojne točke.
- Metode modelne mehanike.

- Equilibrium and energy method for exact solution of buckling of beams and plates in elastic and plastic domain.
- Special cases of snap-through.
- Validity of classical solutions obtained via theory of the second and the third order and applicability of solutions in elastic and elasto-plastic domain.
- Stability of structural elements made from viscoelastic material.
- Special cases of lateral buckling of beams and systems.
- Influence of complex loading on buckling.
- Load carrying capacity of plates in post-critical domain.
- Local stability of multilayered plates.
- Kinetic stability.
- Theory of large deformations.
- General bending-torsional problem of slender beam.
- Experimental methods: Southwell method, method of dynamical stability, method of inflection point.
- Methods of model mechanics.

**Temeljna literatura in viri/Readings:**

- [1] Timošenko, S.: Theory of elastic stability.- New York: McGraw-Hill, 1961/1985 (COBISS.SI-ID - 10993925)
- [2] J.M.T. Thompson, G.W. Hunt: A general theory of elastic stability, Wiley & Sons, 1973 (COBISS.SI-ID - 280553)
- [3] Iyengar, N. G. R.: Structural stability of columns and plates.- New York: Ellis Horwood, 1988 (COBISS.SI-ID - 170501)

- [4] Z.P. Bažant, L. Cedolin: Stability of structures : elastic, inelastic, fracture and damage theories, Oxford University Press, 1991 (COBISS.SI-ID - 630043)
- [5] G.J. Simitses, D.H. Hodges: Fundamentals of structural stability, Elsevier/Butterworth-Heinemann, 2006 (COBISS.SI-ID - 11903771)

### **Cilji in kompetence:**

#### **Cilji:**

Glavni cilj tega predmeta je pokazati metode reševanja stabilnostnih problemov palic in plošč v elastičnem in plastičnem območju. Predstaviti ravnotežno in energijsko metodo za geometrijsko eksaktno reševanje uklona palic in plošč v elastičnem in plastičnem območju ter posebnimi primeri preskoka sistema. Podati znanja, s katerimi zna oceniti meje veljavnosti klasičnih rešitev po teoriji II in III reda in uporabnost rezultatov v elastičnem in elastoplastičnem območju. Spoznati študente s stabilnostnimi lastnostmi konstrukcijskih elementov iz viskoelastičnega gradiva, zvrnitvijo nosilcev in sistemov, s stabilnostjo večslojnih plošč ter s splošnim upogibno-torzijskim problemom vitkih palic. Poleg tega lahko študenti preverijo točnost predpostavk oziroma poenostavitve v računskih algoritmih s pomočjo eksperimentalnih metod na ustrezni laboratorijski opremi.

#### **Kompetence:**

Študent si pridobi sposobnost analiziranja stabilnostnih karakteristik številnih konstrukcijskih elementov in sistemov.

### **Objectives and competences:**

#### **Goals:**

The principal goal of this course is to demonstrate equilibrium and energy methods for solution of stability problems of beams and plates in elastic and plastic domain; to introduce equilibrium and energy methods for geometrical exact solution of beams and plates in elastic and plastic domain, and some special cases of snap-through phenomenon; to provide knowledge about the validity of the theory of the second and the third order and applicability of results in elastic and elasto-plastic domain; to show the stability analysis of structural elements made of viscoelastic material, lateral buckling of beams and systems, stability of multilayered plates and bending-torsional problem of slender beams. In addition, students can verify the exactness of assumptions and simplifications in calculation algorithms employing experimental methods on adequate laboratory equipment.

#### **Competences:**

The student acquires ability to analyze stability characteristics of various constructional elements and systems.

### **Predvideni študijski rezultati:**

Študent si pridobi sposobnost analiziranja stabilnostnih karakteristik številnih konstrukcijskih elementov in sistemov.

### **Intended learning outcomes:**

The student acquires ability to analyze stability characteristics of various constructional elements and systems.

### **Metode poučevanja in učenja:**

Študent si pridobi sposobnost analiziranja stabilnostnih karakteristik

### **Learning and teaching methods:**

The student acquires ability to analyze stability characteristics of various

številnih konstrukcijskih elementov in sistemov.	constructional elements and systems.
--	--------------------------------------

Načini ocenjevanja:	Delež/Weight	Assessment:
Način (pisni izpit, ustno izpraševanje, naloge, projekt) • naloge (30%) • projektni seminar (50%) • ustno izpraševanje (20%)		Method (written exam, oral examination, assignments, project): • assignments (30%) • project (seminar assignment) (50%) • oral examination (20%)

Ocenjevalna lestvica:	Grading system:
5 - 10, pri čemer velja, da je pozitivna ocena od 6 - 10	5 - 10, a student passes the exam if he is graded from 6 to 10

#### Reference nosilca/Lecturer's references:

**izr. prof. dr. Miha BROJAN**

ZAVODNIK, Jan, KOŠMRLJ, Andrej, BROJAN, Miha. *Rate-dependent evolution of wrinkling films due to growth on semi-infinite planar viscoelastic substrates*. Journal of the Mechanics and Physics of Solids. 2023, vol. 173, str. 1-18, ISSN 1873-4782. DOI: 10.1016/j.jmps.2023.105219. [COBISS.SI-ID 139863811]

VELDIN, Tomo, BRANK, Boštjan, BROJAN, Miha. *Discrete Kirchhoff-Love shell quadrilateral finite element designed from cubic Hermite edge curves and Coons surface patch*. Thin-walled structures. 2021, letn. 168, št. nov. 108268, str. 1-20, ISSN 0263-8231. DOI: 10.1016/j.tws.2021.108268. [COBISS.SI-ID 73890819]

LOLIĆ, Damjan, ZUPAN, Dejan, BROJAN, Miha. *A consistent strain-based beam element with quaternion representation of rotations*. Computational mechanics. 2020, vol. 65, iss. 5, str. 1397-1415, ilustr. ISSN 0178-7675. DOI: 10.1007/s00466-020-01826-0. [COBISS.SI-ID 9081185]

VELDIN, Tomo, BRANK, Boštjan, BROJAN, Miha. *Computational finite element model for surface wrinkling of shells on soft substrates*. Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation. 2019, 104863, letn. 78, str. 1-29, ISSN 1007-5704. DOI: 10.1016/j.cnsns.2019.104863. [COBISS.SI-ID 8813409]