

BDA003 – STATIKA 1

Akademický rok 2022/2023, 2. ročník, letní semestr, 2 + 2 hodin, zápočet a zkouška

Harmonogram přednášek

1. Úvod, obsah předmětu. Pohyblivé zatížení. Příčinkové čáry statických veličin staticky určitých prutových konstrukcí.
2. Kinematická metoda řešení. Vyhodnocení příčinkových čar a určení extrémů. Kritéria.
3. Význam statiky, základní předpoklady řešení. Rozdělení nosných stavebních konstrukcí. Rovinné prutové konstrukce.
4. Virtuální práce vnějších a vnitřních sil. Lagrangeův princip virtuálních prací. Věty o vzájemnosti virtuálních prací. Maxwellův–Mohrův vztah, zjednodušení výpočtu.
5. Určení posunutí a pootočení přímých a lomených nosníků metodou jednotkových sil. Vereščaginovo pravidlo. Vliv změny teploty na deformaci plnostěnných nosníků. Výpočet posunutí uzlů příhradových nosníků.
6. Metody řešení staticky neurčitých prutových konstrukcí. Posouzení statické neurčitosti. Výklad silové metody.
7. Rovinný rám řešený silovou metodou. Volba staticky neurčitých veličin, kanonické rovnice. Účinky rovnoměrné a nerovnoměrné změny teploty rámu. Vliv daného popuštění podpor.
8. Jednoduchý staticky neurčitý nosník, vliv osového zatížení.
9. Spojitý plnostěnný nosník, obecný tvar třímomentové rovnice pro silové i deformační zatížení. Průběhy vnitřních sil.
10. Využití tvarové symetrie rámu, rozklad obecného zatížení, náhradní vazby.
11. Zakřivený prut. Rovinný staticky neurčitý oblouk řešený silovou metodou.
12. Staticky neurčitý příhradový nosník silovou metodou.
13. *Geodetické cvičení.*

Harmonogram cvičení

1. Opakování průběhů vnitřních sil na rovinných lomených staticky určitých prutových konstrukcích.
2. Pohyblivé zatížení. Aplikace kinematické metody na nosník s převislým koncem a Gerberův nosník. **První test** (průběhy vnitřních sil).
3. Určení účinků od zatížení staticky určitých konstrukcí vyhodnocením příčinkových čar.
4. Výpočet posunutí a pootočení metodou jednotkových sil na jednoduchých prutových konstrukcích jednoduše zatížených. Integrace a aplikace Vereščaginova pravidla. **Druhý test** (tvary příčinkových čar a jejich vyhodnocení).
5. Výpočet posunutí a pootočení metodou jednotkových sil na složitějších prutových konstrukcích se složitějším typem zatížení.
6. Vliv změny teploty na deformaci nosníků. Výpočet posunutí příhradových nosníků.
7. Stupeň statické neurčitosti. Volba základní staticky určité soustavy. **Třetí test** (výpočet posunutí či pootočení průřezu nosníku metodou jednotkových sil, aplikace Vereščaginova pravidla).
8. Řešení jednoduchého rovinného staticky neurčitého rámu se silovým zatížením.
9. Řešení složitějšího rovinného staticky neurčitého rámu se silovým a deformačním zatížením. **Čtvrtý test** (určení statické neurčitosti a volba základní soustavy rovinného rámu).
10. Jednoduchý staticky neurčitý nosník se silovým zatížením včetně vlivu osového zatížení.
11. Spojitý nosník se silovým i deformačním zatížením.
12. Řešení staticky neurčitého příhradového nosníku. Zápočty.
13. *Geodetické cvičení.*

Literatura

- Kadlčák, J., Kytýr, J.: STATIKA STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ I. Základy stavební mechaniky. Staticky určité prutové konstrukce. Učebnice. Nakladatelství VUTIUM v Brně, 1998, 2010. (kap. 17).
- Kadlčák, J., Kytýr, J.: STATIKA STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ II. Staticky neurčité prutové konstrukce. Učebnice. Nakladatelství VUTIUM v Brně, 2001, 2009.
- Kytýr, J., Frantík, P.: STATIKA I. Rozšířený průvodce. Studijní opora. FAST VUT v Brně, 2006.
- Kytýr, J., Gratza, R., Plášek, J., Ekr, J., Ridoško, T.: STATIKA I – ŘEŠENÉ PŘÍKLADY. Skriptum. Akademické nakladatelství CERM, Brno, 2014.

Přednášející: prof. Ing. Zbyněk Keršner, CSc. (garant)

Požadavky ke zkoušce z předmětu

BDA003 – Statika 1

(2. ročník, akademický rok 2022/2023)

Písemná část zkoušky trvá maximálně dvě hodiny a dělí se na část numerickou (1 až 1,5 hodiny) a část teoretickou (20 až 30 minut). Zvládnutí písemné části je podmínkou k absolvování ústní části. Hodnocení dosažené v písemné části zkoušky je podkladem ke stanovení výsledného hodnocení.

Celá zkouška probíhá **bez použití literatury**. Student dostane k numerické části zapůjčeny příslušné tabulky, které jsou publikovány ve skriptu. Povolena je pouze klasická kalkulačka. Komunikace je možná jen se zkoušejícím.

V **numerické části** se řeší dva číselné příklady. Pro **první příklad** se vybírá z těchto témat:

- výpočet posunutí či pootočení v zadaném průřezu staticky určité rovinné prutové konstrukce aplikací principu virtuálních prací (metodou jednotkových sil),
- řešení staticky neurčité rovinné prutové soustavy se silovým zatížením silovou metodou.

Student přitom musí zvládnout řešení šikmého prutu pro obě varianty zadávání spojitého rovnoměrného zatížení, řešení složených nosníkových soustav a určování průběhů ohybových momentů.

Druhý příklad je na řešení spojitého nosníku metodou třímomentových rovnic se silovým i deformačním zatížením.

V **teoretické části** vypracuje student čtyři teoretické otázky.

První otázka je vždy na **posouzení** složitějšího případu rovinné prutové soustavy z hlediska určení stupně **statické neurčitosti**, včetně naznačení volby základní soustavy.

Druhá otázka se týká **pohyblivého zatížení**. Jde o nakreslení tvaru příčinkové čáry Gerberova nosníku, umístění částečného spojitého zatížení na prostém nosníku pro vyvození největšího ohybového momentu v průřezu či vyhodnocení příčinkové čáry pro dané zatížení.

Další **dvě otázky** jsou z ostatní probrané látky. Součástí teoretických otázek může být i jednoduché obecné odvození. Otázky se týkají principu virtuálních prací, řešení různých typů rovinných prutových konstrukcí silovou metodou, vlivu osového zatížení prutů, deformačního zatížení, využití tvarové symetrie či řešení zakřiveného prutu.

Každá teoretická otázka je hodnocena samostatně. K úspěšnému absolvování teoretické části je potřebné správně zodpovědět **nadpoloviční počet** otázek.

BDA003 – Pokyny k vedení cvičení (letní semestr 2022/2023)

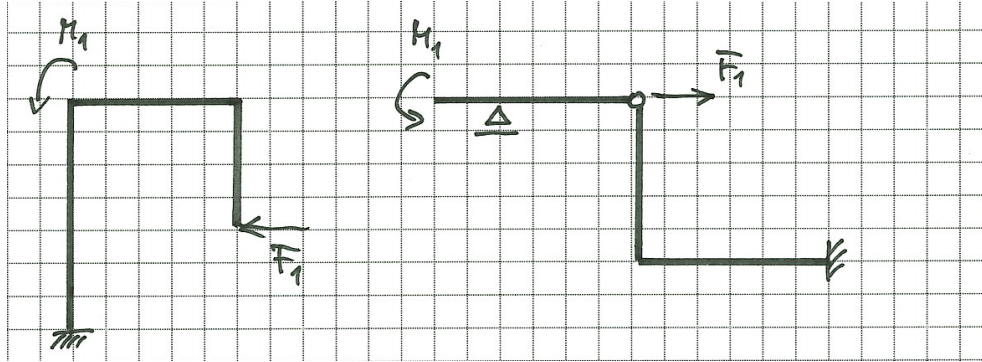
- Na začátku cvičení je nutno studentům vysvětlit, že způsob kontroly znalostí je vyvolán nízkou úrovní základních vědomostí ve vyšších ročnících v navazujících předmětech. Studenti by měli být jednoznačně informováni, za jakých podmínek získají zápočet. Veškerý způsob kontroly by měl být motivační, nikoli likvidační. Proto je možné studentům doporučit individuální on-line či prezenční konzultace se svým cvičícím v případě, že mají mezery ve vědomostech. **Druhý cvičící** je do rozvrhové jednotky přidělen **pouze formálně**.
- Probírané příklady ve cvičení jsou stejné pro všechny studenty ve studijní skupině. Inspiraci pro tyto příklady je možné čerpat ze skript řešených příkladů – viz Literatura.
- Látku ve cvičení vést tak, aby studenti uměli vyřešit jednoduché příklady (spojité nosníky, rámy apod.) na papíře s nejnütnějšími pomůckami (tabulkami), jak se to požaduje u zkoušky. Aplikace složitějších příkladů (např. pomocí Excelu apod.) volit jako doplňkové.
- K prověření průběžných znalostí studentů v návaznosti na opakování již probrané látky (zejména ze Základů stavební mechaniky) slouží **čtyři** krátké jednoduché testy:
 - **Test 1 (10 minut)** – Vykreslení průběhů ohybových momentů na jednoduchém lomeném nosníku s klouby i bez kloubů a s jednoduchým zatížením.
 - **Test 2 (15 minut)** – Vykreslení tvaru tří příčinkových čár – reakce, posouvající síly a ohybového momentu v různých průřezech na Gerberově nosníku s alespoň dvěma klouby, včetně vyhodnocení.
 - **Test 3 (15 minut)** – Výpočet posunutí nebo pootočení průřezu jednoduchého nosníku metodou jednotkových sil s aplikací Vereščaginova pravidla.
 - **Test 4 (10 minut)** – Určení statické neurčitosti a volba základní soustavy rovinného rámu.
- Zadání testů bude vytvářet a opravy testů bude provádět vždy první cvičící. Řádné termíny testů budou probíhat v rámci **cvičení**.
- Opravné termíny budou probíhat **mimo cvičení**. Opravné termíny bude mít plně v režii opět první cvičící – bude vypisovat termíny, zadávat testy i opravovat je. Opravné termíny může vypsát i pro více skupin současně, podle kapacitních možností komunikace.
- Hodnocení všech testů by mělo být buď „vyhověl“ (téměř vše správně – odpovídá hodnocení A nebo B), anebo „nevyhověl“. Čím jednodušší zadání testů, tím jednoznačnější hodnocení.
- Po opravení oznámí cvičící zvolenou formou studentům výsledek.
- Každý student musí mít pro udělení zápočtu správně napsané všechny čtyři testy. K dispozici bude mít celkem 8 termínů – 4 řádné a 4 opravné. Může tedy jeden příklad opravovat vícekrát, pokud ostatní testy zvládl v řádných termínech.
- Konzultace k látce předmětu i ohledně testů poskytuje výhradně první cvičící po individuální domluvě se studenty. Pokud bude student kontaktovat druhého formálně připsaného cvičícího, je možné mu poskytnout konzultaci, nebo odkázat na prvního cvičícího.
- Zadání kontrolních testů se **průběžně předávají garantovi** předmětu osobně nebo do schránky na chodbě ústavu.

BDA003 – poznámky do cvičení (k jednotlivým tématům, ne k týdnům semestru)

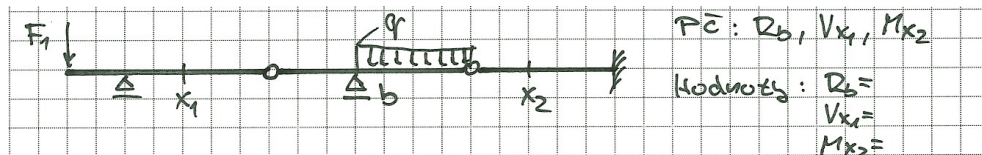
1. Opakování průběhů vnitřních sil – hlavně jednoduché úlohy pro jednoduché typy zatížení (jedna síla, osamělý zatěžovací moment) s využitím symetrie, dvojice sil či superpozice účinků (např. prostý nosník s převislým koncem, spojitým zatížením v poli a momentem na konci). Řešit pouze průběh ohybových momentů (bez určování posouvajících sil) rozepsáním funkce momentů.
2. Pohyblivé zatížení – ve cvičení **neodvozovat** tvary příčinkových čar analytickou metodou, ale aplikovat kinematickou metodu. **Nedělat** příklady na **Winklerovo, břemenové a Šolínovo kritérium**. Soustředit se více na příklady na umístění spojitého rovnoměrného zatížení pro vyvození veličiny určitého namáhání a výpočet hodnot statických veličin od daného zatížení vyhodnocením příčinkových čar u Gerberova nosníku. Dále umístění částečného spojitého rovnoměrného zatížení s danou délkou pro vyvození největšího momentu u prostého nosníku.
3. Výpočet posunutí a pootočení – začít s jednoduchými případy prostého a konzolového nosníku zatíženého jako ve statických tabulkách pro porovnání výsledků získaných dosazením do vzorců. Použít integraci i Vereščaginovo pravidlo.
4. Výpočet posunutí a pootočení na složitějších prutových soustavách (lomený nosník, složená nosníková soustava s vnitřními klouby) s důrazem na volbu požadované deformace s ohledem na obrazce ohybových momentů od reálného a jednotkového stavu. U tohoto tématu je možné si připravit některé dílčí stavy pro řešení staticky neurčitých prutových konstrukcí (např. odstraněním statické neurčitosti vložením kloubů).
5. Výpočet posunutí a pootočení od změny teploty – zdůraznit rozdílný vliv nerovnoměrné a rovnoměrné změny teploty na výslednou deformaci konstrukce.
6. Výpočet posunutí styčníků příhradových soustav – volit rozsahově menší příhradové konstrukce. Pro řešení volit styčnickovou i průsečnou metodu (resp. jejich kombinaci) a do řešení osových sil zapojit event. celou studijní skupinu. U tohoto tématu je možné si připravit některé dílčí stavy pro řešení staticky neurčitých příhradových konstrukcí.
7. Určování stupně statické neurčitosti prutové soustavy – zadat řadu různě komplikovaných případů prutových soustav s uzavřenými částmi, vnitřními (i vícenásobnými) klouby a různými vazbami (jednonásobné až trojnásobné). Preferovat posouzení statické neurčitosti **zjednodušením** staticky neurčité prutové soustavy **na základní staticky určitou soustavu** (včetně zkontrolování výjimkovosti) před mechanickým dosazováním do vzorečku.
8. Jednoduchý staticky neurčitý rovinný rám se silovým zatížením – nácvik metodiky řešení, důraz na efektivní co nejjednodušší postup při určování složek reakcí u jednotlivých stavů.
9. Složitější (2–3× staticky neurčitý) rovinný rám – se silovým i deformačním zatížením, event. s uzavřenou částí.
10. Jednoduchý staticky neurčitý nosník konstantního průřezu – volit obecné silové zatížení a podrobně analyzovat jednotlivé stavy. Pro příčné složky zatížení porovnat se statickými tabulkami. Metodiku řešení volit s ohledem na řešení spojitého nosníku.
11. Spojitý nosník konstantního průřezu (2–3× staticky neurčitý) – pro silové i deformační zatížení (změnu teploty a pokles podpory) řešit metodou třímomentových rovnic. Po vyřešení vynést průběh ohybových momentů a posouvající síly analyzovat **po jednotlivých polích** s daným silovým zatížením a koncovými momenty. Pomocí koncových posouvajících sil vyřešit reakce a **zkontrolovat** globální **rovnováhu**.
12. Při řešení staticky neurčitého příhradového nosníku lze využít již připravené stavy podle výše uvedeného bodu 6.

Poznámky k zadáním jednotlivých testů

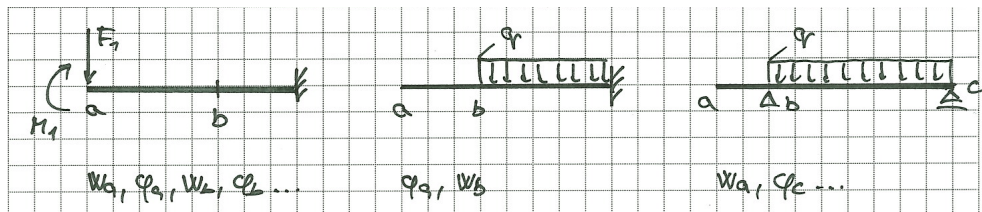
- **Test 1 (10 minut)** – Vykreslení průběhů ohybových momentů na jednoduchém lomeném nosníku s klouby i bez kloubů a s jednoduchým zatížením. Volit raději více prutů (minimálně 3) a méně zatížení (např. jedna osamělá síla a moment, dvě osamělé síly apod.).



- **Test 2 (15 minut)** – Vykreslení tvaru tří příčinkových čar – reakce, posouvající síly a ohybového momentu v různých průřezích na Gerberově nosníku s alespoň dvěma klouby, vč. vyhodnocení.



- **Test 3 (15 minut)** – Výpočet posunutí nebo pootočení průřezu na jednoduchém nosníku metodou jednotkových sil. Volit nejlépe konzoly nebo přímé nosníky s triviálním zatížením a průřezy pro požadované posunutí či pootočení tak, aby výsledná integrace (aplikace Vereščaginova pravidla) byla nenulová ideálně pouze na jednom intervalu (úseku konstrukce).



- **Test 4 (10 minut)** – Určení stupně statické neurčitosti a volba základní soustavy rovinného rámu. Rám volit s uzavřenými částmi, s jedno i vícenásobnými klouby a různými vazbami.

Obtížnost všech testů by měla být nastavena tak, aby studenti **byli opravdu schopni test napsat během 10 (resp. 15) minut**. Veškerý způsob kontroly by měl být motivační, nikoli likvidační.