

# Popis předmětu

|                          |                                    |                  |                  |
|--------------------------|------------------------------------|------------------|------------------|
| <b>Zkratka předmětu:</b> | KKE/ZNTO                           | <b>Strana:</b>   | 1 / 4            |
| <b>Název předmětu:</b>   | Zásady navrhování tlakových obálek |                  |                  |
| <b>Akademický rok:</b>   | 2023/2024                          | <b>Tisknuto:</b> | 29.05.2024 09:55 |

|                                          |                                                           |          |          |                                 |               |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------|----------|---------------------------------|---------------|
| <b>Pracoviště / Zkratka</b>              | KKE / ZNTO                                                |          |          | <b>Akademický rok</b>           | 2023/2024     |
| <b>Název</b>                             | Zásady navrhování tlakových obálek                        |          |          | <b>Způsob zakončení</b>         | Zkouška       |
| <b>Název dlouhý</b>                      | Zásady navrhování tlakových obálek energetických zařízení |          |          |                                 |               |
| <b>Akreditováno/Kredity</b>              | Ano, 3 Kred.                                              |          |          | <b>Forma zakončení</b>          | Kombinovaná   |
| <b>Rozsah hodin</b>                      | Přednáška 2 [HOD/TYD] Cvičení 1 [HOD/TYD]                 |          |          |                                 |               |
| <b>Obs/max</b>                           | Statut A                                                  | Statut B | Statut C | <b>Zápočet před zkouškou</b>    | ANO           |
| <b>Letní semestr</b>                     | 0 / -                                                     | 0 / -    | 1 / -    | <b>Počítán do průměru</b>       | ANO           |
| <b>Zimní semestr</b>                     | 0 / -                                                     | 0 / -    | 0 / -    | <b>Min. (B+C) studentů</b>      | 10            |
| <b>Rozvrh</b>                            | Ano                                                       |          |          | <b>Opakovaný zápis</b>          | NE            |
| <b>Vyučovací jazyk</b>                   | Čeština                                                   |          |          | <b>Vyučovaný semestr</b>        | Letní semestr |
| <b>Volně zapisovatelný předmět</b>       | Ano                                                       |          |          | <b>Počet dnů praxe</b>          | 0             |
| <b>Hodnotící stupnice</b>                | 1 2 3 4                                                   |          |          | <b>Hodn. stup. zp. před zk.</b> | S N           |
| <b>Počet hodin kontaktní</b>             | Ne                                                        |          |          |                                 |               |
| <b>Automat. uzn. záp. před zk.</b>       | Ne                                                        |          |          |                                 |               |
| <b>Periodicita</b>                       | K                                                         |          |          |                                 |               |
| <b>Nahrazovaný předmět</b>               | Žádný                                                     |          |          |                                 |               |
| <b>Vyloučené předměty</b>                | Nejsou definovány                                         |          |          |                                 |               |
| <b>Podmiňující předměty</b>              | Nejsou definovány                                         |          |          |                                 |               |
| <b>Předměty informativně doporučené</b>  | Nejsou definovány                                         |          |          |                                 |               |
| <b>Předměty, které předmět podmiňuje</b> | Nejsou definovány                                         |          |          |                                 |               |

## Cíle předmětu (anotace):

Zvýšení znalostí a dovedností studentů pro návrh základních rozměrů komponent energetických zařízení a pro jejich kontrolní výpočet, a to především s důrazem na jaderná zařízení a jejich tlakové obálky.

## Požadavky na studenta

Aktivní účast na přednáškách a cvičeních, napsání zápočtového testu a ústní zkouška (okruh otázek je totožný s jednotlivými tématy přednášek).

## Obsah

Témata přednášek:

- Poznámky k historii pravidel návrhu energetických zařízení z hlediska jejich pevnosti, životnosti a utěsnění. Kódy ASME BPVC, NTD ASI, KTA. Všeobecné zásady a požadavky k výpočtu pevnosti.
- Názvosloví, klasifikace komponent. Výpočtové, provozní a zkušební zatížení. Mezní stavy a mechanismy poškození. Plastická analýza, mezní analýza, zatížení při kolapsu. Plastický kloub.
- Odolnost materiálu proti náhlému porušení. Kritická teplota křehkosti. Mezní stav únavy - napětíový přístup, deformační přístup, přístup lomové mechaniky. Přízpůsobení. Ratcheting.
- Mezní stav creepového porušení. Základní koncepce. Larsonovo-Millerův parametr. Vliv strukturálních nespojitostí a cyklického zatížení. Breeovo diagram.
- Dovolené napětí. Návrh základních rozměrů vybraných komponent.
- Přírubové spoje. Namáhání, utěsnění, třídy těsnosti.

7. Elastická napěťová analýza a kategorie napětí. Kontrolní výpočet na statickou pevnost. Oblasti nespojitosti. Limity pro skupiny kategorií napětí.
8. Vruby. Součinitel tvaru, efektivní součinitel koncentrace. Skutečné a fiktivní napětí, postup Neubergera. Kontrolní výpočet pevnosti při cyklickém zatížení.
9. Závity šroubových spojů. Další skutečnosti vlivňující cyklickou únavu ocelí.
10. Kontrolní výpočet pevnosti při seizmických účincích.
11. Ochrana před vnitřními a vnějšími riziky. Účinek letících úlomků. Pád letadla. Teroristický útok.
12. Pádové zkoušky obalových souborů s vyhořelým jaderným palivem nebo jiným radioaktivním materiálem.
13. Různé. Výběr scénářů tlakově teplotního šoku a termohydraulických výpočtů. Schematizace necelistvostí a výpočtové hodnocení jejich přípustnosti.

Témata cvičení:

1. Opakování předpokládaných odborných znalostí a dovedností. Úvod do problematiky.
2. Příklady na plastické klouby. Příklady plastické a mezní analýzy užitím ANSYS Mechanical.
3. Příklady způsobů namáhání a lomů ocelí. Únavové poškození.
4. Příklady hodnocení namáhání při spolupůsobení creepu.
5. Příklady dimenzování válcového pláště tlakové nádoby, jejího víka a dna, hrdel, apod.
6. Procvičení výpočtu sil v přírubovém spoji, návrh výšku listu příruby, návrh předepínací síly pro konkrétní těsnění.
7. Příklady na jednotlivé skupiny kategorií napětí. Odlišnosti mezi ASME BPVC a NTD ASI.
8. Příklady výpočtu fiktivních napětí pro zadaný zátěžový blok a únavového poškození.
9. Výpočet únavového poškození závitů šroubů dle NTD ASI.
10. Příklady aplikace MKP pro stanovení namáhání zařízení od seizmických účinků.
11. Příklady na průrazy terčů letícími úlomky, model letadla jako měkké střely. Programy MKP a rázové zatěžování.
12. Příklady výpočetního modelování pádových zkoušek a jejich vyhodnocení.
13. Další příklady a opakování.

### Studijní opory

Přes účet gapps jsou studentům poskytovány následující opory:

- Skripty pro ANSYS Mechanical APDL pro vybrané příklady.
- Pomocné skripty pro hodnocení únavového poškození dle NTD ASI.
- Nevydaný učební text: Voldřich J.- Stručný úvod do pevnostní analýzy pro energetické strojírenství, Plzeň 2016.
- Prezentace probírané problematiky.

### Garanti a vyučující

- **Garanti:** Prof. RNDr. Josef Voldřich, CSc. (100%)
- **Přednášející:** Prof. RNDr. Josef Voldřich, CSc. (100%)
- **Cvičící:** Prof. RNDr. Josef Voldřich, CSc. (100%)

## Literatura

- **Rozšiřující:** Jawad M.H., Jetter R.I. *Design and Analysis of ASME Boiler and Pressure Vessel Components in the Creep range*. ASME Press 2009. ASME Press, 2009.
- **Rozšiřující:** Farr J.R., Jawad M.H. *Guidebook for the Design of ASME Section VIII Pressure Vessels. Third Edition*, ASME Press 2006. ASME Press, 2006.
- **Rozšiřující:** Pilkey W., Pilkey D. *Peterson's Stress Concentration factors. Third Edition*, John Wiley & Sons 2008. John Wiley & Sons, 2008.
- **Rozšiřující:** Jawad M.H. *Structural Analysis and Design of Process Equipment*. John Wiley & Sons 1984. John Wiley & Sons, 1984.
- **Doporučená:** Anderson T.L. *Fracture Mechanics - Fundamentals and Applications. Fourth Edition*, CRC Press, 2017. CRC Press, 2017.
- **Doporučená:** bannantine J.A., Commer J.J., Handrock J.L. *Fundamentals of Metal Fatigue Analysis*. Pearson Education, 1989. Pearson Education, 1989.
- **Doporučená:** *Normativní technická dokumentace A.S.I. - Hodnocení pevnosti zařízení a potrubí jaderných elektráren typu VVER, Sekce III.*
- **Doporučená:** Annaratone D. *Pressure Vessel Design*. Springer 2007. Springer, 2007.

## Časová náročnost

## Všechny formy studia

| Aktivita                         | Časová náročnost aktivity [h] |
|----------------------------------|-------------------------------|
| Příprava na souhrnný test [6-30] | 10                            |
| Příprava na zkoušku [10-60]      | 30                            |
| Kontaktní výuka                  | 39                            |
| <b>Celkem:</b>                   | <b>79</b>                     |

## Hodnotící metody

**Odborné znalosti - odborné znalosti dosažené studiem předmětu jsou ověřovány hodnotícími metodami:**

Kombinovaná zkouška,

**Odborné dovednosti - odborné dovednosti dosažené studiem předmětu jsou ověřovány hodnotícími metodami:**

Test,

**Obecné způsobilosti - obecné způsobilosti dosažené studiem předmětu jsou ověřovány hodnotícími metodami:**

Kombinovaná zkouška,

## Předpoklady

**Odborné znalosti - pro úspěšné zvládnutí předmětu se předpokládá, že je student před zahájením výuky schopen:**

využívat základní znalosti infinitesimálního počtu a lineární algebry

využívat základní znalosti z Bc. kursů týkající se nauky o materiálu, mechaniky, pružnosti a pevnosti

**Odborné dovednosti - pro úspěšné zvládnutí předmětu se předpokládá, že student před zahájením výuky dokáže:**

využívat dovednosti absolventa Bc. studia z oblasti Strojírenství, technologie a materiály

**Obecné způsobilosti - před zahájením studia předmětu je student schopen:**

mgr. studium: samostatně získávají další odborné znalosti, dovednosti a způsobilosti na základě především praktické zkušenosti a jejího vyhodnocení, ale také samostatným studiem teoretických poznatků oboru.,

Základní práce s osobním počítačem.

## Vyučovací metody

**Odborné znalosti - pro dosažení odborných znalostí jsou užívány vyučovací metody:**

Přednáška založená na výkladu,

Cvičení (praktické činnosti),

**Odborné dovednosti - pro dosažení odborných dovedností jsou užívány vyučovací metody:**

Cvičení (praktické činnosti),

**Obecné způsobilosti - pro dosažení obecných způsobilostí jsou užívány vyučovací metody:**

Samostatná práce studentů,

Diskuse,

Řešení problémů,

**Výsledky učení****Odborné znalosti - po absolvování předmětu prokazuje student znalosti:**

týkající se pevnostního dimenzování, a to především v oboru energetických zařízení, zvláště jaderných  
metod stanovení životnosti a únavového poškození

**Odborné dovednosti - po absolvování předmětu prokazuje student dovednosti:**

navrhnout základní rozměry vybraných komponent, aplikovat kategorizaci napětí, počítat únavové poškození a provádět jednoduché kontrolní výpočty  
rozpoznat a formulovat problém týkající se problematiky integrity a únavového poškození energetických zařízení z hlediska jejich návrhu

**Obecné způsobilosti - po absolvování předmětu je student schopen:**

mgr. studium: srozumitelně a přesvědčivě sděluji odborníkům i širší veřejnosti vlastní odborné názory,  
si své učení a pracovní činnost sám plánovat a organizovat,  
kriticky přistupovat ke zdrojům informací z daného oboru a využívat je při svém studiu

**Předmět je zařazen do studijních programů:**

| Studijní program                       | Typ stud.  | Forma stud. | Obor                                   | Etapa | V.st.pl. | Rok  | Blok                         | Statut | D.roč. | D.sem. |
|----------------------------------------|------------|-------------|----------------------------------------|-------|----------|------|------------------------------|--------|--------|--------|
| Stavba energetických strojů a zařízení | Navazující | Prezenční   | Stavba energetických strojů a zařízení | 1     | 2020     | 2023 | Doporučené výběrové předměty | C      | 1      | LS     |
| Stavba energetických strojů a zařízení | Navazující | Prezenční   | Stavba jaderně energetických zařízení  | 1     | 2020     | 2023 | Doporučené výběrové předměty | C      | 1      | LS     |