

OBJEDNÁVKA SLUŽEB

zn. 001_24_SMR/OBJ_008_24

Objednatel:

Czechatom a.s.

Václavské náměstí 772/2, Nové Město, 110 00 Praha 1, Česká republika

IČO: 09065865

DIČ: CZ09065865

Zhotovitel:

Ústav termomechaniky AV ČR, v. v. i.

Dolejškova 1402/5, 182 00 Praha 8, Česká republika

IČ: 61388998

DIČ: CZ61388998

Projekt Objednatel: DAVID SMR

Předmět Objednávky:

Na základě Rámcové smlouvy a vaší nabídky ze dne 26.09.2024 objednáváme „*Výpočty výměníku SMR David*“

Specifikace Objednávky: detailně viz. Příloha 1

- Fáze 0 – Analýza vstupů a příprava komunikačních kanálů
- Fáze 1 – Simulace výměníku mezi Primárním okruhem a meziokruhem (proudění + 1D model
- Fáze 2 – Simulace výměníku mezi Primárním okruhem a meziokruhem (přestup tepla)

Cena díla:

1. Celková cena za Fázi 0, Fázi 1 a Fázi 2: 840 480 Kč bez DPH
2. Fakturace prací: na základě schválených výkazů práce Zhotovitele Objednatel

Termín předání objednaných prací: 12/2024

Forma předání díla:

- Dílo bude předáno v elektronické podobě (formát dle vzájemné dohody, zprávy ve formátu .docx a .pdf)

Kontaktní osoba: [REDACTED]

Příloha: Příloha č. 1 – Nabídka Zhotovitele ze dne 26.09.2024

V Praze dne: 30.9.2024

[REDACTED]

Za Objednatele:

[REDACTED]

[REDACTED]

Za Zhotovitele:

Ústav termomechaniky
AV ČR, v.v.i.
Dolejškova 5, 182 00 Praha 8
IČO: 613 88 998

Nabídka pro výpočty výměníku SMR David (říjen-prosinec 2024)

výstupy:

- CFD model proudění (RANS) v mezitrubkovém prostoru výměníku (viz plán prací-**tyrkysová barva**)
- zjednodušený model výměníku, jehož výstupem bude tlaková ztráta v mezitrubkovém prostoru pro verifikaci CFD modelu (viz plán prací-**zelená barva**)

1. Celková spolupráce [64 h -> 76,800 CZK bez DPH]:

Fáze 0 (analýza vstupů a příprava komunikačních kanálů)

A. detailní analýza geometrie SMR David

- příprava strategie dělení výpočtů na zóny (např. horní, spodní komora, výměník,..., diskutováno na schůzce 28.08.2024 v ÚT)
- příprava obecné modelovací strategie pro jednotlivé zóny (minimální náklady na přípravu a vyhodnocení modelu vs. relevantní výstupy)
- extrakce rozměrů, geometrických a jiných parametrů potřebných pro termohydraulické 1D výpočty z 3D modelu a další dokumentace

B. nastavení systému sdílení geometrií

- převod CAD (?step? či podobný formát) do .stl/.obj formátu, specifikace požadavků na kvalitu výsledných souborů

C. příprava na řešení projektu

- rešerše literatury, zejména kritériální rovnice pro tlakové ztráty a součinitele přestupu tepla pro dané geometrie kanálů
- příprava detailní modelovací strategie pro výměník mezi primárním okruhem a mezikruhem (vnitřní prostor/mezitrubkový prostor a jejich spřažení)

Výstupy:

- obecná strategie pro CFD výpočty
- postup sdílení geometrií a dat obecně mezi zapojenými řešitelskými týmy
- seznam dostupných kritériálních rovnic pro výměník mezi primárním okruhem a meziokruhem
- detailní modelovací strategie pro výměník (CFD i 1D výpočty)

Náklady: 76 800,- Kč (64 h)

2. Simulace výměníku mezi primárním okruhem a meziokruhem

Popis činností:

V rámci prací na simulaci výměníku mezi primárním okruhem a meziokruhem SMR David bude v první fázi prací vyvinut CFD model proudění v mezitrubkovém prostoru výměníku. Dále bude CFD model doplněn o zjednodušený 1D termohydraulický model výměníku, který bude využit pro kontrolu jeho výchozí geometrie a pokud to bude nutné, budou na základě tohoto modelu navrženy úpravy některých jeho rozměrů. Tím bude získána finální geometrie, na které budou provedeny detailní CFD výpočty. Ve druhé fázi prací bude CFD model proudění rozšířen o možnost simulovat také sdílení tepla ve výměníku. V průběhu první fáze bude možné vzájemně porovnávat a ověřovat hydraulické výsledky získané ze CFD a 1D termohydraulického modelu. Ve druhé fázi bude možné nejdříve pomocí 1D modelu ověřit CFD ve zjednodušených podmínkách a pak následně 1D model pomocí CFD kalibrovat a zvýšit tak jeho relevanci pro konkrétní řešenou úlohu.

Fáze 1 (proudění + 1D model, dokončení 12/2024) [556 h -> 667,200 CZK za přípravu modelů + 8 h -> 9,600 CZK za každou další variantu]

A. síťování [60 h -> 72,000 CZK bez DPH]

- příprava geometrie, definice okrajových podmínek, automatizovaná generace sítě
- iterace za účelem získu geometricky relevantní sítě
- dělba geometrie výměníku na zóny pro sekvenční řešení (diskutováno na schůzce 28.08.2024 v ÚT)
- příprava automatizovaného sdílení dat mezi zónami výpočtu

B. příprava simulace (pro vybranou zónu, nejspíš nátok/výtok do/z mezitrubkového prostoru výměníku) [160 h -> 192,000 CZK bez DPH]

- optimalizace výpočetní sítě (geometrická věrnost, stabilita výpočtu, rozlišení nutné pro získání výsledků nezávislých na diskretizaci)
- optimalizace výpočetní domény (nejmenší dostatečná pro relevantní výsledky)
- výběr modelu turbulence (testování dostupných modelů turbulence, identifikace citlivosti)

výpočtu na výběr modelu, volba vhodného modelu)

- optimalizace numerického nastavení modelu (je provázáno s výpočetní sítí a výběrem modelu turbulence, cílíme na co nejpřesnější, ale stále ještě stabilní numerické nastavení - převážně 2. řád přesnosti)
- příprava postprocessingu simulací (specifikace získatelných a požadovaných výstupů z modelu)

C. příprava produkčního výpočtu [120 h -> 144,000 CZK bez DPH]

- příprava zónového výpočtu
- automatizace výpočtu (síťování, vyhodnocení, postprocessing)

D. modifikace výpočtu pro případ s vestavbou ~ distanční mřížkou [40 h -> 48,000 CZK bez DPH]

- úprava sítě + ověření platnosti studie nezávislosti výsledků na diskretizaci

E. vyhodnocení obdobné simulace [8 h -> 9,600 CZK]

- jiná rychlost proudění, jiná vestavba (typově podobná již analyzované)
- jiná geometrie trubek - šestiúhelníkový vs. kruhový průřez

F. vývoj 1D termohydraulického modelu výměníku [88 h -> 105,600 CZK]

- vývoj matematického modelu výměníku mezi primárním okruhem a meziokruhem
- výpočet tlakové ztráty a součinitele přestupu tepla na straně primárního okruhu - implementace v MATLABu
- výpočet tlakové ztráty a součinitele přestupu tepla na straně meziokruhu - implementace v MATLABu
- implementace modelu výměníku mezi primárním okruhem a meziokruhem
- ověření modelů na základě provedených výpočtů, porovnání hydraulických výsledků z 1D termohydraulického modelu a CFD, odstranění případných nedostatků

F. příprava a prezentace výsledků [12 h -> 14,400 CZK]

- shrnutí výsledků do prezentace, prezentace a diskuze výsledků

G. příprava výzkumné zprávy z CFD výpočtů [76 h -> 91,200 CZK]

- detailní popis výpočtu a výsledků pro potřeby recenze externím posuzovatelem
- včetně porovnání hydraulických výsledků mezi CFD a 1D modelem

Výstupy:

- pseudo-ustálený CFD model proudění v mezitrubkovém prostoru výměníku s modelovanou turbulencí (RANS)
- výpočetní prostředí pro automatizované analýzy proudění v mezitrubkovém prostoru výměníku v závislosti na změně geometrii či fyzikálních parametrů výpočtu
- 1D termohydraulický model výměníku
- porovnání tlakových ztrát v mezitrubkovém prostoru výměníku mezi 1D termohydraulickým modelem a CFD modelem
- výzkumná zpráva s popisem a shrnutím výsledků CFD modelu

Náklady (pro 1 variant): 667 200,- Kč (556 h)

Fáze 2 (přestup tepla - do konce roku lze rozpracovat, ne dokončit) [204 h -> 244,800 CZK za přípravu modelů + 8 h -> 9,600 CZK za každou další variantu]

Pozn: začátek práce na Fázi 2 vyžaduje dosažení bodu D. Fáze 1.

A. rozšíření modelu o bilanci energie pro konstantní hustotu kapaliny a konstantní teplotu trubek [20 h -> 24,000 CZK]

B. vyhodnocení simulace [8 h -> 9,600 CZK bez DPH]

- jiná geometrie trubek, jiná vestavba

C. rozšíření modelu o nekonstantní teplotu trubek [160 h -> 192,000 CZK bez DPH]

- zahrnutí vnitřního prostoru trubek do výpočtu (multiRegion výpočet)
- redefinice zón výpočtu (výměník je protiproudý, sekvenční výpočet bude muset iterovat, delší zóny budou vyžadovat méně iterací, bude nutné najít optimum)

D. vyhodnocení simulace [8 h -> 9,600 CZK bez DPH]

- jiná geometrie trubek, jiná vestavba

E. ověření CFD modelu pomocí 1D modelu [8 h -> 9,600 CZK bez DPH]

- na zjednodušené geometrii budou porovnány výsledky z CFD a 1D termohydraulického modelu

F. kalibrace 1D termohydraulického modelu pomocí CFD [16 h -> 19,200 CZK bez DPH]
- na základě CFD výsledků budou kalibrovány parametry kritériálních rovnic využitých v 1D modelu tak, aby popisoval skutečnou geometrii výměníku

Výstupy (do konce 2024):

- CFD model poskytující výsledky porovnatelné s 1D termohydraulickým modelem

Náklady (pro 1 variantu): 244 800,- Kč (204 h)

Celkové náklady-fáze „0“+ fáze „1“+fáze „2“: 988 800,- (824 h)

Celkové náklady-fáze „0“+ fáze „1“+fáze „2“ (15% sleva): 840 480,- Kč, tj. celkem s DPH (21%): 1 016 980,8 Kč