

Aplikované výsledky finančně podpořené z projektů TAČR



- Gfunk **Zkušební sestava pro testování kondenzace par MM z komínkové a ucpávkové páry, VZTP1188**

(2024) Zkušební sestava pro testování kondenzace par MM (hexamethyldisiloxanu) z komínkové a ucpávkové páry ORC turbíny byla navržena jako klíčový prvek pro ověření a optimalizaci separačního procesu v rámci vývoje technologie organických Rankinových cyklů (ORC). Jejím hlavním účelem je simulace reálných provozních podmínek olejem zahlcených ucpávek ORC turbín a umožnění důkladné analýzy procesu separace směsi oleje a MM, která je z ucpávek turbín odsávána. Sestava mj. zahrnuje separátor oleje a MM, jehož cílem je zajištění dostatečné čistoty separovaných frakcí. Díky možnosti odběru vzorků jednotlivých frakcí je možné provádět podrobné analýzy jejich čistoty, optimalizovat provozní parametry a ověřovat účinnost separace.

Projekt podporovaný TAČR TN02000025, V20

- Gfunk **Turbínový stupeň pracující v mokré páře s vysokou účinností, TZTP 1145**

(2021) Zpráva popisuje turbínový stupeň, u kterého je tvar listu rozváděcích i oběžných lopatek modifikován na základě znalostí výstupní vlhkosti a změny entalpického spádu oproti stupni bez uvažování vlhkosti nebo stupni se snížením entalpického spádu zjištěném pomocí zastaralých vzorců. Ostatní části lopatek (bandáže, závěsy) zůstávají nezměněné.

Projekt podporovaný TAČR TK01020029

- Ztech **Technology of flutter measurement in UWB test rig, VZTP1166**

(2021) Ověřená technologie pro stanovení aerodynamické nestability lineární lopatkové kaskády. Tato metodika je nově platná i pro spodní hranici transonického proudění a dodává věrohodná experimentální data nezbytná nejen pro validaci CFD výsledků.

Projekt podporovaný TAČR v programu Národní centrum kompetence

TN01000007 - Národní centrum energetiky (2019 - 2021)

- SW **SW pro vyhodnocení vlivů pracovního média na účinnost**

(2021) SW pro vyhodnocení vlivů pracovního média na účinnost průtočné části PT pracující v podmínkách proudění mokré vodní páry.

Projekt podporovaný TAČR v programu Národní centrum kompetence

TN01000007 - Národní centrum energetiky (2019 - 2021)

- Gfunk **Svařované rotory pro USC parametry metodou Hot Wire**

(2014) Předmětem řešení projektu je výzkum, vývoj a uplatnění nových progresivních žárovevých materiálů a s nimi spojených technologií při výrobě parních turbín provozovaných v USC pracovních podmínkách. Zabývá se výrobou svařovaných rotorů parních turbín s použitím metody Hot Wire. V rámci projektu byly zavařeny a vyhodnoceny zkušební spoje nezbytné pro získání potřebné kvalifikace a bezpečné dimenzování rotorů.

Projekt podporovaný MPO v programu FR-TI2/080 - Nové technologie spojování komponent průtočné části turbín pro ultra super kritické parametry páry (2010 - 2012)

- O: **Srovnání teplotních cyklů s různými pracovními médii, VZTP1187**

(2024) Výzkumná zpráva porovnává různé varianty termodynamických cyklů. Byly porovnávány:

- Teplárenské teplotní cykly velkého výkonu a vysoké teploty s protitlakou turbínou SRC (Rankinův cyklus s vodní párou) a ORC (Rankinův cyklus s Hexametyldisiloxan).
- Teplárenské teplotní cykly malého výkonu a vysoké teploty s odběrovou kondenzační turbínou SRC (Rankinův cyklus s vodní párou) a ORC (Rankinův cyklus s R1233zdE).

Projekt podporovaný TAČR TN02000025, V13

- Gfunk **Radiální oběžné kolo se sníženou hmotností, EXTP0348**

(2021) Jedná se o 3D tištěný vzorek oběžného turbínového kola s dvěma řadami oběžných lopatek pro radiální průtok páry. Kolo má odlehčenou konstrukci obsahující vnitřní dutinu s výstužnými žebry a porézní výplní, která slouží jako technologické podpory pro tisk dutiny.

Projekt podporovaný TAČR v programu Národní centrum kompetence

TN01000007 - Národní centrum energetiky (2019 - 2021)

- Gprot **Prototyp Návrhově přetíženého stupně, TZTP1139**

(2021) Výsledkem je prototyp návrhově přetíženého stupně. Výsledek je popsán ve zprávě. V úvodu jsou nastíněny souvislosti k probíhajícímu vývoji a motivace k řešení těchto typů stupňů. Připravený prototyp vznikl ve společnosti Doosan Škoda Power (DŠPW) a ve spolupráci s Výzkumným a zkušebním leteckým ústavem v Praze (VZLÚ) proběhne jeho experimentální testování na dvojstupňové vzduchové turbíně.

Projekt podporovaný TAČR TK03020061

- Gprot Prototyp axiálního NT výstupního tělesa nové koncepce

(2019) Design axiálního výstupního tělesa. Získané poznatky byly implementovány do Technické instrukce Tp0040J v platné revizi [1], která je uložena v řízené dokumentaci firmy a do návrhových výpočtů v podobě ztrátového modelu výstupních těles tak, aby se tyto znalosti mohly aplikovat při návrhu prototypového designu výstupního tělesa moderní konstrukce se zvýšenou účinností. Pozornost byla věnována různým prvkům schopným ovlivnit proudění ve výstupním tělese. Nejedná se tak pouze o vnější tvar tělesa nebo tvar a počet vnitřních vestaveb. Důležité bylo sledovat i vliv vefukování páry do mezní vrstvy na vnějším difuzoru, tvar a velikost vefukovací štěrbin a interakci vefukovaného proudu s nadbandážovým únikem páry.

Projekt podporovaný TA ČR v programu Zéta

TJ01000048 - Snižování výstupní ztráty v parních turbínách moderní konstrukce (2018-2019)

- Gfunk **Profil pro kompaktní lopatkování 2DHR18d, TZTP1270**

(2024) Jedná se o profil lopatky parní turbíny navržený, vyvinutý a vyrobený v DSPW označený 2DHR18d, Tento profil byl podroben detailnímu experimentálnímu testování v měřicím prostoru aerodynamického tunelu na VZLÚ Aerospace a.s.

Projekt podporovaný TAČR TS01020048

- Gfunk **Prismatická profilová mříž pro transsonická proudová pole s vyššími rychlostmi proudu, EXTP0345**

(2021) Prismatická profilová mříž pro transsonická proudová pole

Projekt podporovaný TAČR v programu Národní centrum kompetence

TN01000007 - Národní centrum energetiky (2019 - 2021)

- **Postup pro výpočet flutteru dlouhých lopatek, VZTP1152**

(2020) Výzkumná zpráva je popisem a rozbohem zatím nejpřesnějšího a nejefektivnějšího přístupu k numerické simulaci flutteru a to za použití řešiče ANSYS CFX 2019R1. Jsou popsány nové skutečnosti zjištěné během vývoje tohoto projektu včetně závěrečných doporučení pro výpočty.

Projekt podporovaný TAČR v programu Národní centrum kompetence

TN01000007 - Národní centrum energetiky (2019 - 2020)

- **O: Porovnání analytických a numerických přístupů stanovení součinitele přestupu tepla, VZTP1186**

(2024) Odborná zpráva se zabývá především porovnáním numerického řešení součinitele přestupu tepla pomocí komerčního výpočtového systému Ansys CFX s výstupy aktuálně používaných odhadových vztahů součinitele přestupu tepla ve společnosti DŠPW v konkrétních geometriích. Cílem je diskutovat míru shody mezi oběma přístupy, tj. CFD a odhadovými vztahy.

Projekt podporovaný TAČR v programu Théta 2

TS01020075 - Redukce příslušenství na ucpávkových okruzích parních turbín

- **O: Optimalizace axiálního výstupního tělesa, VZTP1147**

(2019) Výzkumná zpráva shrnuje průběh dvouletého projektu TJ01000048 „Snižování výstupní ztráty v parních turbínách moderní konstrukce.“ Cílem projektu bylo optimalizovat podobu axiálního výstupního traktu parní turbíny s ohledem na zlepšení účinnosti, spolehlivosti a konstrukční i výrobní náročnosti. V neposlední řadě bylo cílem výrazně zlepšit schopnost predikce energetických ztrát výstupních těles, což je důležité už při samotném návrhu parní turbíny a celého cyklu.

Projekt podporovaný TA ČR v programu Zéta

TJ01000048 - Snížení výstupní ztráty v parních turbínách moderní konstrukce (2018-2019)

- **Fuzit Oběžné kolo turbíny**

(2016) Oběžné kolo, které je součástí rotoru turbíny, je tvořeno řadou radiálně uspořádaných lopatek, které přenášejí energii proudícího a expandujícího pracovního média na rotor, který roztáčí generátor elektrické energie nebo jiný stroj. Pro zvýšení účinnosti turbíny je výhodné, když poslední oběžné kolo poslední stupně turbíny se skládá z velmi dlouhých lopatek, takže plocha, skrze kterou pracovní médium expanduje do velmi nízkého tlaku, je co největší. Používání velmi dlouhých lopatek, které rotují velmi vysokou rychlostí, však naráží na pevnostní limity materiálu, ze kterého jsou tyto lopatky vyrobeny. Pro dosažení vyšší tuhosti lopatek poslední stupně a pro potlačení nežádoucích vibrací těchto lopatek se proto používají tlumící prvky, které za provozu turbíny zajišťují kontakt jednotlivých sousedících lopatek a tlumí nežádoucí vibrace jedné lopatky tak, že je přenášejí na ostatní lopatky oběžného kola.

Projekt podporovaný TA ČR v programu TA

TA03020277 - Aerodynamika extrémně zatížených profilových mříží (2013 - 2016)

- **O: Nestacionární měření na vzduchovém modelu středotlakého parního regulačního ventilu, EXTP0307**

(2020) Zpráva pojednává o aerodynamickém měření na modelu středotlakého regulačního ventilu. Cílem měření bylo zjistit tlakové poměry při provozu ventilu, tj. získat tzv. beta křivky, a dále zhodnotit míru nestacionarit proudu, ke kterým při provozu ventilu dochází. Měření byla provedena v

Laboratoři vnitřních proudění Ústavu termomechaniky Akademie věd České republiky v Novém Kníně.

Projekt podporovaný TAČR v programu Národní centrum kompetence

TN01000007 - Národní centrum energetiky (2019 - 2020)

- Gfunk **Model profilové mříže pro prizmatické rozváděcí lopatky s velkými výstupními úhly, VZTP1164**

(2021) Zpráva popisuje funkční vzorek prizmatických lopatkových profilu SxxB navržené pro velké výstupní úhly proudění, jejich základní údaje, využití a testování.

Tento profil představuje alternativu, k již testovaným profilům, které jsou určeny pro stupně s nominálním zatížením (PxxA) respektive pro stupně přetížené (PxxB) a k profilům pevnostně vylepšeným (RxxB).

Projekt podporovaný TAČR v programu Národní centrum kompetence

TN01000007 - Národní centrum energetiky (2019 - 2021)

- Gfunk **Lopatka s optimalizovanou geometrií anti-erozní ochrany náběžné hrany, TZTP1095**

(2020) Popisu funkčního vzorku lopatky s optimalizovanou geometrií anti-erozní ochrany náběžné hrany. Zpráva uvádí navržený předpis tvarování přechodu mezi návarem a původním tvarem profilů. Dle uvedeného předpisu byla vyrobena sada prizmatických lopatek, které po sestavení do přímé lopatkové mříže tvoří popisovaný funkční vzorek. Vytvořená lopatková mříž byla experimentálně testována v aerodynamickém tunelu ÚT AVČR v Novém Kníně.

Projekt podporovaný TAČR v programu Národní centrum kompetence

TN01000007 - Národní centrum energetiky (2019 - 2020)

- Gfunk **Lopatka parní turbíny s aplikací aktivní protierozní ochrany , TZTP1197**

(2022) V rámci vývoje nových protierozních ochrany bylo vyvinuto nové řešení protierozní ochrany, tzv. hydrofobní povlak. Jedná se o hydrofobní povlak na bázi teflonu PTFE. Tento povlak je aplikován na povrch rozváděcích lopatek, kde jsou obecně využity hydrofobní vlastnosti teflonu při usazování vodních kapek. Použitím povlaku lze dosáhnout intenzivnějšího tečení kapek po povrchu dřívě, než dojde k vzniku vodního filmu o velké tloušťce.

Projekt podporovaný TAČR FW03010515 "FlexBlade "

- Gfunk **Funkční vzorek pneumatické sondy, TZTP 1115**

(2021) Při výzkumu proudění v oblasti studeného konce parních turbín je sondování pomocí víceotvorových pneumatických sond jednou z důležitých částí experimentálních aktivit. Pneumatická sonda se zasouvá a vysouvá za provozu turbíny do oblasti před nebo za posledním nízkotlakým stupněm pomocí předem připravených průchodů. Funkční vzorek sondy byl ověřen v náročných podmínkách při realizaci měření na turbíně 209 MW v Saúdské Arábii. Průběhy statických parametrů proudu po výšce lopatky získané novým typem sondy se nijak neodlišovaly od výsledků měření pomocí původních typů sondy. Funkční vzorek sondy tak jednoznačně splnil svůj účel.

Projekt podporovaný TAČR TK01020029

- Gfunk **Funkční vzorek nadbandážové ucpávky, VZTP1156**

(2020) Zpráva popisuje Funkční vzorek nadbandážové (rotorové) ucpávky, který byl navržen jako součást zkušebního turbínového stavu provozovaného ve VZLÚ. Ucpávka je geometricky navržena tak, aby co nejvíce odpovídala standardnímu provedení turbínových stupňů vysokotlakých a středotlakých dílů parních turbín používaných v DŠPW, tedy břitová ucpávka, která je doplněna usměrňujícími břitky. Základní rozměry a vůle byly voleny s ohledem na použití na skutečných dílech. Ucpávka je koncipována tak, aby bylo možno provést systematické měření parametrů průtoku.

Projekt podporovaný TAČR v programu Epsilon

TH02020086 Vliv interakce proudění z ucpávek na efektivitu práce stupňů parních turbín

- Gfunk **Experimentální model axiálního výstupního tělesa, TZTP 1026**

(2018) Funkční vzorek se věnuje popisu experimentálního modelu axiálního výstupního tělesa umístěného v laboratoři společnosti Doosan Škoda Power s.r.o. Koncepce výstupního tělesa byla, pokud možno, řešena modulovým systémem tak, aby bylo možné měnit jednotlivé komponenty, případně vkládat jiné, v návaznosti na požadavky výzkumných měření. Výsledek slouží k výzkumu proudění v axiálním výstupním tělese za účelem snížení energetických ztrát.

Projekt podporovaný TA ČR v programu Zéta

TJ01000048 - Snižování výstupní ztráty v parních turbínách moderní konstrukce (2018-2019)

- SW **Diagnostický systém pro sběr a vyhodnocení dat**

TZTP 1277 (2024)

Výsledek dosažený v rámci projektu je SW nazvaný DIAGNOSTICKÝ SYSTÉM PRO SBĚR A VYHODNOCENÍ DAT. Jedná se o návrh, implementaci, testování a validaci nových modulů diagnostického systému TLCS (Turbo Life Care System) dříve RMS (Remote Monitoring System). Konkrétně byly v projektu vyvinuty následující moduly:

- Modul pro komunikaci se systémy TCS a DCS
- Watchdog – dohledový a diagnostický SW modul

- Modul pro monitorování zadírání rotorů (rubbing)
 - Modul pro analýzu eroze lopatek
- Projekt podporovaný TAČR FW03010515 "FlexBlade"

- Gfunk **Complex valve model with the inlet turbine chamber VZTP1163**

(2021) Jedná se o model ventilové soustavy sestávající se s rychlozávěrného ventilu, regulačního ventilu s výměnnými difuzory a dále ze vstupní spirální skříně s anulární lopatkovou mříží. Model je vyroben z polyuretanu a plexiskla. Model umožňuje komplexní aerodynamická měření parametrů regulačních ventilů pro parní turbíny a poskytuje tak data pro konstrukci přesnějších ztrátových modelů těchto ventilových systémů.

Projekt podporovaný TAČR v programu Národní centrum kompetence

TN01000007 - Národní centrum energetiky (2019 - 2021)

- Gfunk, TS01020048-V1: **1. profil pro kompaktní lopatkování**

(2024) Profily 2DHR18d jsou určeny pro tvorbu prizmatických oběžných lopatek. Typická velikost tětiny originálních profilů je uvažována $c = 18$ mm. Velikost profilu funkčního vzorku byla upravena v měřítku k originálu tak, aby jeho tětina byla $c = 50$ mm, kvůli zachování stávající konfigurace testovacího zařízení a používané metodice. Vstupní návrhový úhel profilu je $\alpha_1 = 20^\circ$. Testovaný profil má půlkruhovou odtokovou hranu s poloměrem $R_{te} = 0,47$ mm. Vyhodnocení zatížení lopatky se provádí z měření odběrů statických tlaků na povrchu lopatky.

Projekt podporovaný TAČR v programu Théta 2

TS01020048 - Kompaktní lopatkování jako řešení pro účinný a flexibilní provoz turbín malých výkonů

- Gfunk, TS01020048-V2: **2. profil pro kompaktní lopatkování**

(2025) Profily RxxA jsou určeny pro tvorbu prizmatických rozváděcích lopatek. Typická velikost tětiny originálních profilů je uvažována $c = 16$ mm. Velikost profilu funkčního vzorku byla upravena v měřítku k originálu tak, aby jeho tětina byla $c = 50$ mm. Vstupní návrhový úhel profilu je $\alpha_1 = 5^\circ$. Testovaný profil má půlkruhovou odtokovou hranu a je připraven ve dvou variantách velikosti odtokové hrany - s poloměrem $R_{te} = 0,47$ mm a 0.80 mm. Vyhodnocení zatížení lopatky se provádí z měření odběrů statických tlaků na povrchu lopatky.

Daný profil byl testován pro dvě poměrné rozteče $t/c = 0,65; 0,95$ při dvou úhlech nastavení, $\Delta\gamma = \pm 3^\circ$ od nominálního nastavení. Celkem byly tedy testovány 4 varianty mříže. Experimentální proměření bylo provedeno pro návrhový vstupní úhlu $\alpha_1 = 5^\circ$, pro Machovo číslo v rozsahu $M_{2is} = 0,2 - 0,8$ a pro Reynoldsovo číslo $Re = 5 \times 10^5$.

Projekt podporovaný TAČR v programu Théta 2

TS01020048 - Kompaktní lopatkování jako řešení pro účinný a flexibilní provoz turbín malých výkonů

- Gprot, TS01020048-V3: **Základní geometrie stupně pro kompaktní lopatkování**, TZTP1308

(2025) Prototyp je realizován ve formě lopatkových kol určených k experimentům na dvojstupňové turbíně ve VZLU (obr. 1). První stupeň je osazen štíhlejšími lopatkami ($l/c \sim 2.9$) pro ověření nově používaných lopatek s menší třetivou ($c = 16$ mm). Druhý stupeň je pak osazen profily s větší třetivou pro ověření funkce méně štíhlého stupně ($l/c \sim 1.9$) a zároveň tyto profily umožní u rozváděcích lopatek vytažení tlaků po obvodu profilů. Lopatkování turbíny je navrženo jako přetlakové, mírně přetížené, simulující bubnové uspořádání průtočné části.

Projekt podporovaný TAČR v programu Théta 2

TS01020048 - Kompaktní lopatkování jako řešení pro účinný a flexibilní provoz turbín malých výkonů

- SW, TS01020075-V1: **HTCcalculator**, TZTP 1329

(2025) HTCcalculator je vlastní vyvinutý software pro rychlé stanovení součinitelů přestupu tepla v různých místech parní turbíny. Oproti časově neefektivním a složitým numerickým simulacím umožňuje z pohledu technické praxe velmi rychle stanovit hodnoty součinitelů přestupu tepla v komplexní geometrii ucpávek pouze na základě geometrických parametrů turbíny a vstupních parametrů páry bez nutnosti realizace nových časově náročných numerických simulací. Součinitele přestupu tepla je možné následně využít jako vstupní parametry pro řešení teplotně-deformačních úloh.

Projekt podporovaný TAČR v programu Théta 2

TS01020075 - Redukce příslušenství na ucpávkových okruzích parních turbín

- Gfunk, TN02000012/9-V21: **Zkušební vzorek materiálu Ti s vylepšenou vrstvou ochrany proti erozi**, TZTP 1197

(2025) Funkční vzorek je takový testovaný zkušební vzorek, jehož cílem je významně zvýšit erozní odolnost listu lopatky parní turbíny. Klíčové technické parametry

- Složení návaru: Titanová slitina Ti5553 + 2 % Zr, případně varianta s yttriem.
- Technologie aplikace: Laserové navařování na bázi ochranné atmosféry argonu

Projekt podporovaný TAČR v programu Národní centrum kompetence II.

TN02000012 – CANUT II