

# ASOCIACE STROJNÍCH INŽENÝRŮ



**Bulletin Asociace strojních inženýrů vydává pro své členy  
Adresa: ASI, Technická 4, 166 07, Praha 6**

**Z jednání senátu A.S.I: v ÚJV Řež  
u Prahy, 19. září 2007**



**Představitelé řídící konferenci “Parní turbíny  
a jiné turbostroje”**



**Tisíciletá zkušenost učí, že skutečný úspěch a životní štěstí se nedá postavit na neserióznosti, chytračení, napalování druhých.**

**J. Kohout**

## OBSAH

*Olga Ubrá*

**Technické možnosti řešení vypouštění emisí CO<sub>2</sub>  
z elektráren na fosilní paliva . . . . . 5**

*Prof. Ing. J. Houša, DrSc.*

**Česká národní technologická platforma STROJÍRENSTVÍ ustavena. . . . . 15**

*Jan Melichar, Jaroslav Bláha*

**Význam Strouhalova kritéria pro návrh hydrodynamických strojů . . . . . 17**

*Jan Melichar, Jaroslav Bláha*

**BIONIKA - výzva soudobé polytechnické pedagogice . . . . . 21**

*Ing. Jiří Michele*

**Nová koncepce strojů TOS KUŘIM . . . . . 25**

### ZPRÁVY Z ČINNOSTI ASI

**Zápis z 29. zasedání Senátu Asociace strojních inženýrů . . . . . 27**

**Usnesení z 29. zasedání senátu ASI . . . . . 28**

**Konference Parní turbíny a jiné turbostroje 2007 . . . . . 28**

**Profesor Ing. Stanislav Holý - mezinárodní ocenění . . . . . 29**

### SPOLEČENSKÁ KRONIKA ČLENŮ ASI

**80 let Doc. Ing. Ferdinanda Neckáře, CSc. . . . . 30**

**Šedesátiny Doc. Ing. Václava Cyruse, DrSc. . . . . 31**

**Životní jubileum Ing. Františka VDOLEČKA, CSc. (50) . . . . . 32**

**Prof. Pištěk má sedmdesátiny . . . . . 33**

**Pozvánka na technické úterky . . . . . 34**

Asociace strojních inženýrů provozuje své vlastní webové stránky na adrese [www.asicr.cz](http://www.asicr.cz). Jsou zde uvedeny základní dokumenty A.S.I. – Stanovy a Programové prohlášení, složení hlavního výboru a Senátu A.S.I.. V odkazu Zprávy jsou publikovány zápisy ze schůzí výboru a ze zasedání Senátu. Připravované akce jsou uvedeny v odkazech Konference, semináře, na webu nalezneme i připomenutí životních jubileí významných členů a inženýrů. Důležitou částí stránek jsou odkazy na naše kluby včetně telefonního spojení a webového spojení, které lze navázat přímo. Podobně jsou uvedeny odkazy na organizace v nichž je A.S.I. členem.

Vedle Bulletinu A.S.I. jsou webové stránky dalším informačním prostředkem propojujícím naše členy, kluby a orgány a zároveň šířícím povědomost o naší organizaci ve světě. Těšíme se, že je budete také využívat.

Redakční rada Bulletinu a webových stránek.

Redakční rada

Toto číslo Bulletinu připravila redakční rada Praha ve složení:  
Ing. Václav Cyrus, DrSc., Ing. Václav Daněk, CSc., Prof. Ing. Jiří Nožička, CSc., Ing. Josef Vondráček.

# Technické možnosti řešení vypouštění emisí CO<sub>2</sub> z elektráren na fosilní paliva

Olga Ubrá  
Ústav jaderného výzkumu Řež a.s.

## Úvod

Návrh energetické politiky a strategie EU z ledna 2007 deklaruje požadavek snížení emisí skleníkových plynů do roku 2020 o 20% oproti roku 1990. Nutnou podmínkou pro splnění tohoto požadavku je ekologizace energetiky. Jedná se především o uhelnou energetiku, která je jedním z největších znečišťovatelů ovzduší a pravděpodobně si ještě v nejbližších desetiletích uchová nejvyšší podíl na výrobě elektrické energie ve světě. Předpokladem pro ekologizaci energetiky na fosilní paliva je masivní rozvoj nových ekologicky příznivějších technologií vč. technologií zachycování a ukládání CO<sub>2</sub>.

Ke snižování emisí v energetických výrobnách bude třeba přistupovat paralelně dvěma způsoby

- zvyšováním účinnosti přeměny primární energie paliva na elektřinu a teplo zařazením moderních pokročilých výrobních technologií jako jsou bloky s nadkritickými parametry páry, paroplynové elektrárny s integrovaným zplyňováním uhlí (IGCC) či s tlakovým fluidním spalováním,
- vývojem a postupným zařazováním technologií zachycování CO<sub>2</sub> do výrobního procesu elektráren a řešením dalšího nakládání s CO<sub>2</sub>.

Komplexní řešení problematiky vypouštění emisí CO<sub>2</sub> z elektráren znamená řešení celého řetězce od vlastního zachycení CO<sub>2</sub> přes transport zachyceného CO<sub>2</sub> až k jeho ukládání, případně dalšímu využití, tj. řešení CCS (Carbon Capture and Storage) technologií. Z hlediska technologického zvládnutí celého řetězce ekonomicky akceptovatelným způsobem je nejslabším článkem řešení zachycování CO<sub>2</sub>. Výzkum a vývoj zatím nedosáhl přijatelného zvládnutí technologie zachycování pro komerční využití v podmínkách elektrárenských provozů s uhelnými bloky běžných výkonů.

Problematika transportu a ukládání CO<sub>2</sub> je řešena souběžně i dalšími hospodářskými odvětvími, především těžebním průmyslem a to hlavně v souvislosti s využitím CO<sub>2</sub> k zvýšení výtěžnosti ropných ložisek. Technologie ukládání CO<sub>2</sub>, obdobně jako technologie zachycování CO<sub>2</sub>, budou muset projít před komerčním nasazením v energetice fází demonstračních zařízení a pilotních projektů, které prověří proveditelnost a funkčnost navržených řešení a poskytnou podklady pro reálnější zhodnocení ekonomických dopadů nasazení nových technologií. Problematiku transportu CO<sub>2</sub> lze považovat za technicky zvládnutou.

## Metody a technologie zachycování CO<sub>2</sub>

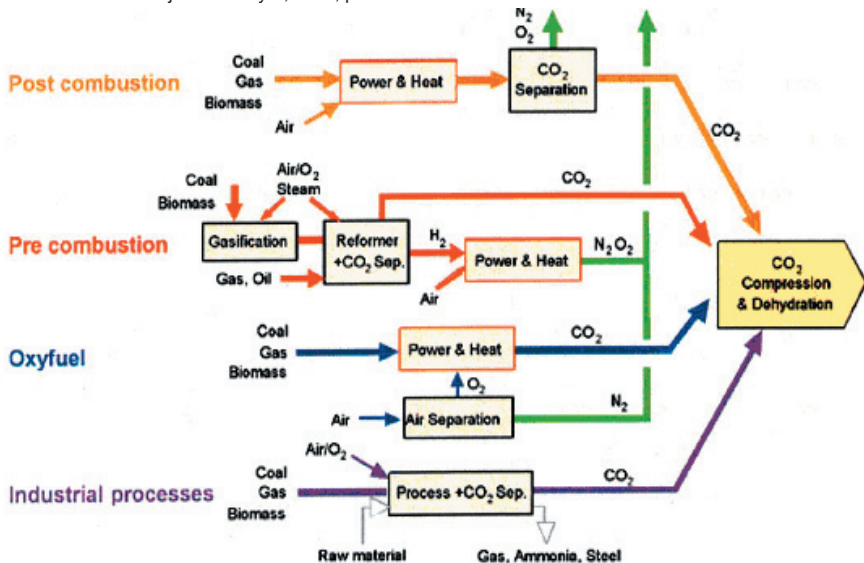
V současné době jsou energetickým výzkumem sledovány tři základní přístupy k zachycování CO<sub>2</sub> z elektrárenských provozů:

1. zachycování CO<sub>2</sub> po procesu spalování (post-combustion capture)
2. zachycování CO<sub>2</sub> před procesem spalování (pre-combustion capture)
3. technologie oxyfuel, kde spalovací proces probíhá pouze s O<sub>2</sub> bez přítomnosti dusíku.

Schématické znázornění je na následujícím obrázku.

## Zachycování CO<sub>2</sub> po procesu spalování

Výběr metod a technologií zachycování CO<sub>2</sub> se zpravidla odvíjí od vlastností spalin – teploty, tlaku a především koncentrace CO<sub>2</sub>. Koncentrace CO<sub>2</sub> ve spalinách je závislá na druhu paliva a typu energetické výroby. U elektráren s kotli na fosilní paliva se pohybuje v rozmezí od 10 obj.% u kotlů spalujících plyn až do 18 obj.% u kotlů spalujících hnědá uhlí. U kombinovaných paroplynových cyklů se obvykle koncentrace CO<sub>2</sub> ve výstupních plynech nachází v závislosti na vstupním pa-



livu v rozmezí 3-5 obj.%. Odstraňování CO<sub>2</sub> ze spalin je zpravidla založeno na separačních principech jako je chemická absorpce, adsorpce a technika membrán.

- Metoda chemické absorpce: využívá rozpouštědel na bázi aminů. Ze známých metod se jeví pro využití v uhelné energetice k vydělení CO<sub>2</sub> ze spalin jako nejvhodnější a vývojově nejdále dovedená. Oproti ostatním metodám je energeticky poněkud méně náročná. Komerčně dostupné sorbenty jsou dostatečně aktivní pro separaci při nízkých tlacích. Jedná se především o alkanolaminy, jako jsou monoetanolamin (MEA), dietanolamid (DEA) a metyletanolamin (MDEA). Zatím téměř výhradně je u demonstračních zařízení a v průmyslových aplikacích použita metoda MEA.
- Separace technikou membrán: princip založen na různé rychlosti jednotlivých složek plyné směsi při průchodu kaskádou několika membrán. Metoda je zatím ve stavu výzkumu a vývoje a nebyla dosud aplikována v provozním měřítku.

- Metoda adsorpce: využívá fyzikální vazby mezi plynem a aktivními body na pevné látce. Vhodné fyzikální látky pro adsorpční proces separace CO<sub>2</sub> ze spalin jsou např. zeolity a aktivovaný uhlík (velký specifický povrch). Metoda je energeticky značně náročná, ve větších provozech zatím nebyla aplikována.

### Zachycování CO<sub>2</sub> před procesem spalování

Odstranění CO<sub>2</sub> před spalováním znamená v případě pevných paliv před vlastní energetickou jednotku předřadit proces zplyňování a reformování. Syntetický plyn obsahující H<sub>2</sub> a CO prochází katalytickým reaktorem, kam je přiváděna pára. Dochází k exotermické reakci jejíž výsledkem je směs H<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub>. Následně je metodou fyzikální absorpce CO<sub>2</sub> zachycen a H<sub>2</sub> je zpravidla použit jako palivo pro spalovací turbínu paroplýnového cyklu. Odstraňování CO<sub>2</sub> zde probíhá z proudu plynu relativně bohatého na CO<sub>2</sub> při vysokém tlaku (parciální tlak CO<sub>2</sub> je 20- 30 barů), pro separaci je proto vhodná metoda fyzikální absorpce.

V podstatě všechny komponenty tvořící systém separace CO<sub>2</sub> před spalováním jsou již řadu let úspěšně využívány v jiných

průmyslových odvětvích. Jejich využití v energetice je zpravidla spojeno s provozováním kombinovaných paroplynových cyklů.

### Separace CO<sub>2</sub> při spalování s kyslíkem-oxyfuel

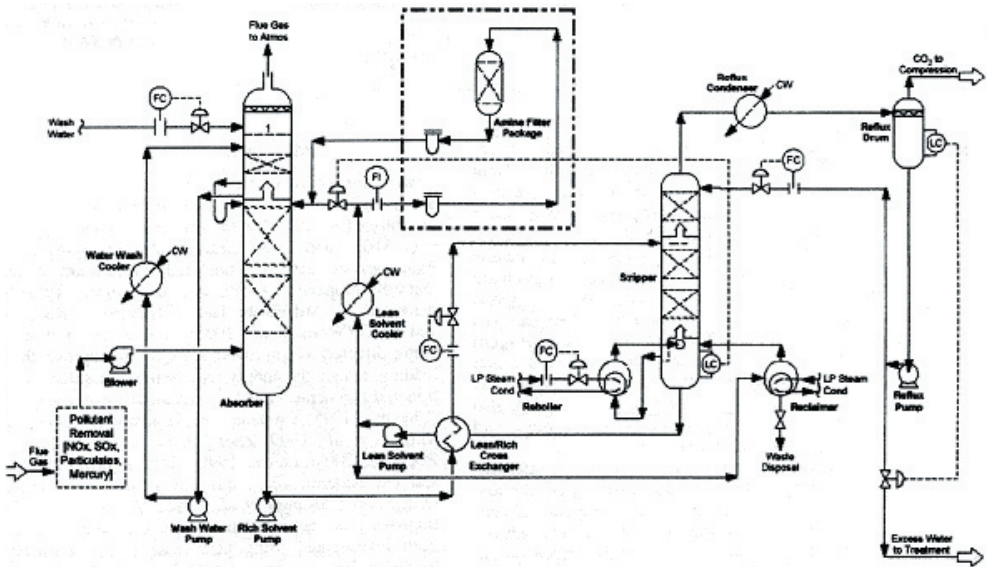
Technologie oxyfuel je založena na spalování s kyslíkem proudícím ve směsi s částí recirkulovaných spalin. Kyslík je použit jako oksyločivadlo místo vzduchu, který obsahuje 79% objemových dusíku a ředí spaliny. Spalování s téměř čistým O<sub>2</sub> probíhá za podmínek blízkých stochiometrickému spalování a vzniklé spaliny obsahují 90- 95% CO<sub>2</sub>, vodní páru a v závislosti na palivu malé objemy SOx a NOx. Jelikož teplota ve spalovací komoře by byla při spalování s čistým O<sub>2</sub> velmi vysoká, je pro snížení teploty část spalin recirkulována. Po kondenzaci páry obsažené ve spalinách a odloučení nečistot jako jsou NOx, SOx, O<sub>2</sub> a částice, se získá čistý CO<sub>2</sub>, který může být transportován mimo výrobu.

Technologie oxyfuel je použitelná jak pro uhelné bloky, tak pro nové paroplynové cykly. Doplnění této technologie k provozováním uhelným blokům je rovněž možné, avšak

přechod ze vzduchu na kyslík by si vyžádal poměrně rozsáhlou úpravu kotle, především nový návrh teplosměnných ploch a výměnu hořáků. Hlavní komponenty technologie „Oxyfuel“ jsou principiálně známé z použití v průmyslu, kde se zpravidla jedná o výkony o jeden až dva řády nižší než je třeba pro moderní elektrárenské bloky.

Separace O<sub>2</sub> ze vzduchu v objemech, které by odpovídaly potřebám elektrárenského bloku běžného výkonu, je v současné době realizovatelná kryogenní technologií, která je energeticky náročná. Proto jedním z úkolů výzkumu a vývoje v této oblasti je právě vývoj nových energeticky méně náročných metod získání O<sub>2</sub>.

Metodě oxyfuel je v poslední době věnována velká pozornost zejména v Německu. Společnost Vattenfall v rámci výzkumně vývojové přípravy nové generace uhelných bloků pro období po roce 2020 zpracovala studii, která vyhodnotila právě technologii oxyfuel jako optimální způsob řešení zachycování CO<sub>2</sub> v německých uhelných elektrárnách. Pro základní provozní ověření technologie oxyfuel



připravuje demonstrační zařízení o výkonu 30 MWt v lokalitě stávající elektrárny Schwarze Pumpe. V Anglii se problematice věnuje společnost E.ON, která uvedla do provozu malou demonstrační jednotku o výkonu 1 MW v Nottinghamu.

### Metoda chemické absorpce

Vývoji metody chemické absorpce a jejímu technologickému zabezpečení byla v minulých letech v oblasti energetického výzkumu věnována mimořádná pozornost. Jak již bylo zmíněno, byla z metod použitelných pro vydělení  $\text{CO}_2$  ze spalin dovedena neblíže k realizacím.

Při použití metody chemické absorpce jsou spaliny o teplotě 40 - 50 °C zavedeny do absorberu, kde je  $\text{CO}_2$  absorbován aminovým sorbentem, a to včetně ve spalinách obsažených stopových příměsí  $\text{SO}_x$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{O}_2$  a nezachycených částic popílku. Sorbent obohacený  $\text{CO}_2$  je po ohřátí (na cca 110 °C) zaveden do destilační kolony, tzv. striperu, kde je za přívodu tepla  $\text{CO}_2$  v koncentrovaném stavu uvolněn a následně připraven pro transport. Ochuzený sorbent, zbažený  $\text{CO}_2$ , je vrácen zpět do absorberu.

Zjednodušené schéma toků pracovních látek je na následujícím obrázku

Pro realizaci procesu chemické absorpce musí být splněna řada podmínek:

- Teplota v absorberu pro udržení dostatečné intenzity absorpce musí být v rozsahu 40 až 60°C. Vyšší teplota působí degradaci sorbentu a zhoršuje průběh absorpčního procesu. Je tedy třeba zajistit odpovídající vstupní teplotu spalin, tj. pokud možno do 500C. Pokud teploty spalin na výstupu z kotle budou vyšší (např. u fluidních kotlů), bude třeba před vstup do absorberu zařadit chladič.
- Spaliny musí být před vstupem do absorberu v maximální možné míře zbaveny nežádoucích příměsí jako jsou kyselé plyny  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{HCl}$ , které reagují s aminy a vedou ke vzniku teplotně stálých neregenerovatelných aminových solí. Tyto soli znehodnocují sorbent, snižují jeho

schopnost absorbovat  $\text{CO}_2$  a často mají korozivní účinky. Zejména nežádoucí jsou  $\text{SO}_2$  a  $\text{NO}_2$ . Koncentrace  $\text{SO}_2$  ve spalinách by měla mít hodnotu blízkou 10 ppm, tj. přibližně 29 mg/m<sup>3</sup>. Koncentrace  $\text{NO}_2$  ve spalinách by neměla překročit hodnotu 20 ppm, tj. přibližně 41mg/m<sup>3</sup>. Dodržení koncentrace  $\text{NO}_2$  zpravidla nečiní problém, neboť cca 95% dusíku obsaženého ve spalinách je ve formě  $\text{NO}$  a pouze zbývajících 5% je ve formě  $\text{NO}_2$ . Problémem je  $\text{SO}_2$ , jehož obsah ve spalinách uhelných kotlů se zpravidla v závislosti na obsahu spalitelné síry v palivu a na výhřevnosti paliva pohybuje v rozmezí 700- 2 500 ppm (2 000 - 8 000 mg/m<sup>3</sup>). Při provozu průřkových kotlů s odsířením spalin se obvykle v průměru dosahuje zachycení 95%  $\text{SO}_2$ , v případě fluidních kotlů lze předpokládat zachycení  $\text{SO}_2$  do 90%. Z toho vyplývá, že při použití technologie zachycování  $\text{CO}_2$  na principu aminové separace bude pravděpodobně třeba zařadit na vstupu spalin další dodatečné odstraňování  $\text{SO}_2$ . Rozhodnout o jeho zařazení je záležitostí ekonomické optimalizace. Podle zahraničních studií je levnější instalovat dodatečný druhý stupeň odsíření než provozovat zařízení s vyšší koncentrací  $\text{SO}_2$  a s velkými ztrátami sorbentu.

Z hlediska vlastní dostupnosti základní technologie zachycování  $\text{CO}_2$  na bázi aminů typu MEA, existují 3 výrobci, jejichž zařízení je již v průmyslových aplikacích prověřeno.

- Fluor Daniel Inc - dodavatel technologie ECONAMINE FG. Používá MEA technologii s inhibitory proti korozi uhlíkové oceli a degradaci sorbentu. Koncentrace MEA v roztoku je 30%. Společnost dodala pro průmyslové aplikace více než 20 provozních zařízení o výkonech 4,8 až 360t/den. Největší dodaná zařízení zhruba odpovídají potřebám uhelného bloku cca 20 MWe.
- ABB- Lummus - dodavatel velkému počtu zařízení pro průmyslové aplikace o výkonech až do 800 t  $\text{CO}_2$ /den. Je rovněž dodavatelem dvou existujících pilotních projektů v energetice o výkonech 150



a 190 t CO<sub>2</sub>/den. Technologie pracuje s koncentrací roztoku MEA 15- 20%. Nižší koncentrace sorbentu umožňuje vypuštění inhibitorů, ale má za následek pro stejný výkon větší rozměry zařízení a vyšší energetickou náročnost.

- Mitsubishi Heavy Industries, Ltd - dodavatel zatím jediného provozovaného zařízení o výkonu zhruba 200 t CO<sub>2</sub>/den, instalovaného v závodě na výrobu močoviny v Malajsii. Použitím roztoku KS- 1, který je již komerčně k dispozici, se dosahuje oproti MEA nižší energetické náročnosti procesu a nižší degradace sorbentu, a to bez použití inhibitorů. V současné době MHI provádí demonstrační testy své separační technologie na uhelném kotli v Nagasaki v Japonsku.

### **Ekonomické aspekty zařazení technologie zachycování CO<sub>2</sub>**

Ekonomie celého řetězce CCS závisí na mnoha faktorech, z nichž k nejdůležitějším náleží

- použité palivo a jeho cena,
- technické a provozní charakteristiky elektrárny, parametry, účinnost, roční využití,
- použitá separační technologie a její energetická náročnost,
- rozsah a účinnost separace, roční využití,
- integrace do výrobní technologie elektrárny (nový blok, retrofity),
- způsob a vzdálenost transportu,
- způsob dalšího nakládání s CO<sub>2</sub> (ukládání příp. další využívání CO<sub>2</sub> )

Odhaduje se, že náklady na separaci a přípravu CO<sub>2</sub> pro transport činí 50-80% z nákladů celého řetězce technologie CCS. Dostatečně věrohodné stanovení těchto nákladů je obtížné, neboť zatím není v provozu žádný systém zachycování CO<sub>2</sub> odpovídající svou kapacitou a technickým řešením potřebám stávajících elektrárenských bloků.

Všechny dostupné ekonomické analýzy implementace technologie zachycování CO<sub>2</sub> vycházejí z porovnávacích studií prováděných

pro hypotetické energetické bloky řešené ve dvou variantách- se zachycováním CO<sub>2</sub> a bez zachycování CO<sub>2</sub>. Pro hypotetické bloky jsou formulovány ekonomické modely navazující zpravidla na modely provozní a vyhodnocované a porovnávány základní technicko-ekonomické ukazatele, především měrné náklady na výrobu elektrické energie, měrné investiční náklady a měrné náklady na zachycení 1 t CO<sub>2</sub>.

Na základě porovnání provedených pro větší počet případů jsou formulovány závěry s obecnější platností.

V publikaci IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage z roku 2005 byly uveřejněny vybrané výsledky z 9 technicko-ekonomických studií nových uhelných bloků o výkonech 400- 800 MW s vysokými parametry páry (7 bloků s nadkritickými parametry) a se zachycováním CO<sub>2</sub> ze spalin a výsledky z 12 technicko- ekonomických studií implementace systému zachycování v rámci retrofitů provozovaných elektrárenských bloků.

Z provedených studií pro nové bloky vyplývá:

- Měrné investiční náklady (USD/ kW) u bloku se zachycováním CO<sub>2</sub> se zvýší oproti referenčnímu bloku bez zachycování CO<sub>2</sub> o 44 až 87% (hodnota při vyšší hranici platí pro variantu s vysokým obsahem síry, podkritickými parametry, s relativně nízkou účinností).
- Měrné náklady na výrobu elektrické energie (USD/ MWh) se zvýší u bloku se zachycováním CO<sub>2</sub> oproti referenčnímu bloku o 42 až 81% při účinnosti zachycování 80 - 90%. V absolutních hodnotách to znamená zvýšení ceny elektrické energie v důsledku zachycování CO<sub>2</sub> o 18 až 38 USD/ MWh, tj. na hodnoty 62 až 87 USD/ MWh.
- Spotřeba paliva na vyrobenou MWh je u bloku se zachycováním CO<sub>2</sub> o 24 - 42% vyšší než u bloku referenčního. Palivem pro téměř všechny analyzované bloky bylo černé uhlí, pouze u jediného bylo uhlí hnědé.
- Měrné náklady na zachycení CO<sub>2</sub>, vyhodnocené pro jednotlivé případy se pohybují v rozsahu 29- 51 USD/ t CO<sub>2</sub>.

- Více než polovina z celkové energie pro systém zachycování CO<sub>2</sub> je spotřebována na regeneraci sorbentu a téměř jedna třetina je určena pro sušení a stlačení CO<sub>2</sub>.

Velké rozsahy uváděných intervalů, např. velký rozdíl mezi nejnižšími a nejvyššími náklady, jsou způsobeny především rozdílným palivem, rozdílnou účinností, různým ročním využitím instalovaného výkonu a různými odpisy. Je zřejmé, že čím bude účinnost bloku a využití instalovaného výkonu nižší, tím více systém zachycování CO<sub>2</sub> zdraží vyrobenou MWh. Důležitou roli má rovněž ta okolnost, zda se jedná o zcela nový blok s pokročilou technologií nebo o implementaci systému zachycování do existujících elektrárenských provozů v rámci jejich retrofitů. Ve druhém případě měrné náklady na zachycování CO<sub>2</sub> dosahují v průměru až o 30 % vyšších hodnot než u nových bloků. Vždy samozřejmě bude záležet na individuálních podmínkách té které elektrárny, na vhodném způsobu integrace systému zachycování do základní výrobní technologie elektrárny a rovněž na tom, zda v rámci retrofitu nebude prováděna významná modernizace základní výrobní technologie např. přechod na nadkritické parametry páry. Významnou roli bude mít rovněž prodejní cena CO<sub>2</sub>.

Z uvedeného lze soudit, že s instalací plno-výkonových systémů zachycování CO<sub>2</sub> bude účelné začít u moderních elektrárenských jednotek s nadkritickými parametry a vysokou účinností, které pracují v základním zatížení a to alespoň do té doby, než pokračující výzkum separačních procesů a využití postupně získávaných zkušeností z pilotních projektů nepřinesou levnější technické řešení.

### **Shrnutí k problematice zachycování CO<sub>2</sub>**

Souhrnně lze ke stavu vývoje metod a technologií zachycování konstatovat:

- Žádná z uvedených metod není technologicky dovedena do stavu potřebného pro uplatnění v energetice na komerční bázi. První vstupy technologií zachycování CO<sub>2</sub> do energetiky představují relativně malá demonstrační zařízení, případně pilotní jednotky poněkud většího výkonu. Největší

známá zařízení instalovaná v elektrárnách jsou separační jednotky o výkonu 190 t CO<sub>2</sub>/den na elektrárně Shady Point v Oklahomě (výkon bloku 320 MWe, fluidní kotel, uhlí z dané lokality) a separační jednotka o výkonu 150t CO<sub>2</sub>/den v elektrárně Warrior Run v Marylandu (výkon bloku 180 MWe, fluidní kotel, uhlí z dané lokality). V obou případech byl dodavatelem separačních jednotek ABB Lummus (MEA) a uvedení do provozu bylo v letech 1991 a 1999.

- Pro vydělení CO<sub>2</sub> ze spalin elektrárenských bloků s uhelnými kotli jsou aplikovatelné přístupy separace CO<sub>2</sub> po spalování a oxyfuel. Pro doplňování zachycování CO<sub>2</sub> k provozovaným energetickým výrobním v rámci retrofitů se na základě současných znalostí jeví jako vhodnější separace CO<sub>2</sub> ze spalin po spalovacím procesu, a to metodou chemické absorpce. Vyžaduje nejméně zásahů do existující technologie elektrárny.
- Zařazení kterékoliv technologie zachycování CO<sub>2</sub> do provozu elektrárny bude vždy spojeno s výraznými ekonomickými dopady. Kromě nezanedbatelných investičních nákladů všechny dosud známé technologie v důsledku své vysoké energetické náročnosti významně zvýší provozní náklady a sníží účinnost elektrárny. Dle provedených zahraničních studií celková účinnost uhelného elektrárenského bloku se zachycováním CO<sub>2</sub> po spalování se sníží přibližně o jednu třetinu oproti účinnosti bloku bez zachycování CO<sub>2</sub>. Nezanedbatelný vliv na ekonomii celého systému bude mít způsob integrace systému zachycování do vlastní technologie výrobního elektrárenského bloku. Schéma hmotnostních a energetických toků musí být navrženo tak, aby energetické ztráty v celém integrovaném systému byly minimální. Vzhledem k tomu, že výzkum a vývoj v oblasti separačních technologií ve světě intenzivně pokračuje a je připravována řada pilotních projektů, lze očekávat v nejbližších 10 až 15 letech významný posun vedoucí k snížení nákladů a k příznivějším ekonomickým výsledkům.

## Ukládání CO<sub>2</sub>

Obecně jsou 3 možnosti dalšího nakládání s odseparovaným CO<sub>2</sub>:

- Využívání CO<sub>2</sub> v průmyslu, především v chemickém a potravinářském. Jedná se o standardně zavedený segment obchodu, popřávka je plně kryta nabídkou. Zpravidla jde o zanedbatelnou část ve srovnání s objemy CO<sub>2</sub> potenciálně separovatelnými.
- Ukládání CO<sub>2</sub> bez jeho dalšího využívání. Ve světě jsou rozvíjeny koncepce ukládání do (ekonomicky) dotěžených ropo-plynových struktur a ukládání do terestrických (či v zahraničí marinních) hlubinných salinních zvodní. Hlavní ideou pro ukládání CO<sub>2</sub> do ložisek ropy a zemního plynu je náhrada vytěžených uhlovodíků vtláčeným CO<sub>2</sub>. Jedním ze základních předpokladů je hloubka ložiska větší než 800 m, umožňující uložení CO<sub>2</sub> v superkritickém stavu o hustotě až několik stovek kg/m<sup>3</sup>. Při vhodných parametrech ložiska může být vtláčení CO<sub>2</sub> současně metodou trvalého uložení CO<sub>2</sub> do geologických struktur i metodou zvyšující výtěžnost ložiska.
- Využívání CO<sub>2</sub> ke zvýšení výtěžnosti ložisek kapalných a plynných fosilních paliv. Jedná se o technologie zvyšování výtěžnosti ropy (EOR - enhanced oil recovery), plynu (EGR - enhanced gas recovery) a metanu (ECBM - enhanced coal bed methane).

EOR se aplikuje na mnoha místech na rozdíl od EGR, který je pouze ve fázi příprav pilotních projektů. Technologie EOR s přírodním CO<sub>2</sub> se využívá v USA, Brazílii, Chorvatsku a Maďarsku, EOR s průmyslově produkovaným CO<sub>2</sub> pak v USA a Kanadě (Weyburn). Naprostá většina produkce ropy z EOR pochází z USA (přes 90%), celosvětově tvoří však pouze několik desetin % z celkové těžby za rok.

Výtěžitelnost ropných ložisek konvenčním způsobem je 25- 35% a aplikací EOR lze výtěžnost zvýšit o dalších 5-15%. Využití CO<sub>2</sub> pro EOR spočívá v tzv. terciární fázi těžby, kdy aplikované médium, v tomto případě CO<sub>2</sub>, snižuje viskozitu ropy, zvyšuje

tak její migraci v porézni struktuře a tudíž i výtěžitelnost. V odborných publikacích se uvádí, že 1 t vtláčeného CO<sub>2</sub> zvýší výtěžnost o 2-3 barely ropy, V případě ložisek USA se uvádí rozmezí 1- 8 barelů.

Aplikace EOR musí vycházet ze zhodnocení lokálních geologických podmínek; přenositelnost dat mezi lokalitami a ložisky je problematická a nevěrohodná.

- V minulosti se zvažovalo rovněž přímé vtláčení spalin do podzemí. Byly provedeny i pilotní experimenty např. v Číně. Tato metoda se ukázala jako velmi problematická z důvodů korozních problémů, kolmatace vlivem obsahu partikulárních látek, atd..

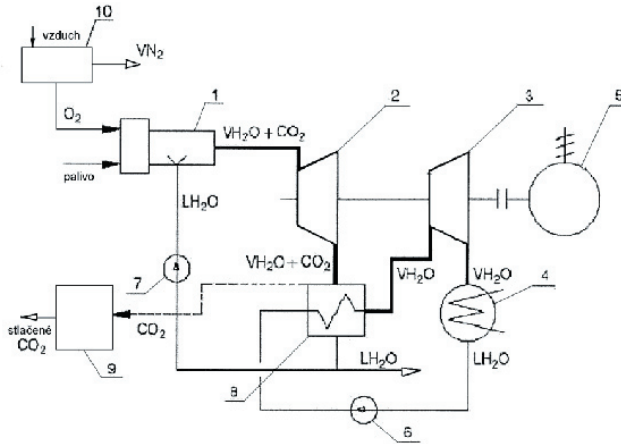
Proces ukládání CO<sub>2</sub> do podzemí patří celosvětově mezi problematiku novou a nerutinní, která vyžaduje řešení celé řady problémů

- v oblasti technické- geologický a hydrogeologický průzkum lokalit, posouzení stability geologické struktury, propustnosti pro kapaliny a plyny, interakce CO<sub>2</sub> s minerály; řešení transportu CO<sub>2</sub>, technologie vtláčení, výstroje vrtů, monitorování,
- v oblasti bezpečnostní- posouzení rizika úniku,
- v oblasti právní- příprava právního rámce vymezujícího povinnosti a odpovědnost zainteresovaných subjektů, zpřesnění existujících právních norem a formulace prováděcích návodů,
- v oblasti legislativní- příprava jednotného legislativního rámce pro aktivity v oblasti ukládání CO<sub>2</sub>, podmínky pro povolovací řízení.

Právním a legislativním aspektům je v posledních letech věnována velká pozornost v rámci mezinárodních aktivit OECD a IEA.

## Integrované bezemisní energetické systémy

Kromě již uvedených klasických přístupů k zachycování CO<sub>2</sub> jsou vyvíjeny celé nové komplexní technologické systémy využívající některých předností dříve zmíněných metod, zejména metody oxyfuel. Jsou to především



tzv. pokročilé bezemisní systémy principiálně vycházející z koncepce společnosti Clean Energy Systems (CES). Podstatou systému CES je spalování uhlíkovodíkového paliva v plynném nebo tekutém stavu s kyslíkem při současném vstřikování vody a výrobě paroplynové směsi. Směs vodní páry a oxidu uhličitého o relativně vysokých parametrech je z generátoru paroplynové směsi vedena do turbíny, kde expanduje. K separaci  $\text{CO}_2$  dochází při kondenzaci páry v kondenzátoru turbíny. Jednoduchou demonstrační jednotku pokročilého bezemisního cyklu o výkonu 5 MWe zprovoznila CES v roce 2005 na elektrárně Kimberlina v USA. Demonstrační jednotky větších výkonů s návazností na ukládání  $\text{CO}_2$  jsou předmětem výzkumu v Norsku a v Holandsku. Byly zpracovány studie proveditelnosti pro demonstrační jednotku s výkonem blízkým 50 MWe.

V ČR byl přístup CES využit v návrhu projektu „Pokročilý bezemisní integrovaný energetický systém se separací  $\text{CO}_2$  a ukládáním do geologických formací“, který byl v letošním roce předložen do soutěže MPO o získání účelové podpory v rámci programu Tempus. Předmětem projektu je výzkum a vývoj integrovaného bezemisního systému, který spojuje vlastní výrobní energetickou jednotku s paroplynovou turbínou a separací  $\text{CO}_2$  se systémem transportu a ukládání

$\text{CO}_2$  do geologických formací a s využitím významné části  $\text{CO}_2$  ke zvyšování výtěžnosti ekonomicky dotčených ropných struktur. Na návrhu projektu společně pracovalo 7 renomovaných pracovišť - ÚJV Řež a.s., ČVUT- fakulta strojní, VŠB- TU Ostrava, Universita Obrany v Brně, Siemens Industrial Turbomachinery, s.r.o., Ateko, a.s. a Moravské naftové doly, a.s.. Základní princip navrhovaného bezemisního systému je zřejmý z jednoduchého schéma tepelného oběhu na následujícím obrázku.

Systém je založen na spalování uhlovodíkových paliv v plynném nebo tekutém stavu. Spalovací komora je spojena s parogenerátorem do jedné komponenty - generátoru paroplynové směsi (1), ve kterém je spalováno uhlovodíkové palivo za vysokého tlaku s kyslíkem (10). Pracovní teplota je regulována vstřikováním vody ( $\text{LH}_2\text{O}$ ). Spalování probíhá za stechiometrických podmínek s vysokou účinností. Produkty spalování- voda a oxid uhličitý- spolu s odpařenou vstřikovanou vodou tvoří paroplynovou směs ( $\text{VH}_2\text{O} + \text{CO}_2$ ), která je pracovní látkou vysokotlaké části energetického cyklu s paroplynovou turbínou (2). Tepelný oběh je v podstatě rozdělen do dvou částí - vysokotlakého (primárního) okruhu pracujícího s paroplynovou směsí (1, 2, 8, 7) a nízkotlakého (sekundárního), v němž je pracovním médiem pára a který je obdobný jako u klasických parních bloků (3, 4, 5, 6, 8).

Spojujícím článkem obou okruhů je separační parogenerátor (8), kde dochází ke kondenzaci parní složky při tlaku vyšším než atmosférickém a oddělení obou složek paroplynové směsi a současně je vyráběna pára pro nízkotlaký parní okruh. Odloučený nezkondenzovaný CO<sub>2</sub> je ze separačního parogenerátoru odváděn, stlačen (9) a transportován na místo ukládání.

Zařazení separačního parogenerátoru (SPG) představuje, oproti přístupu CES se separací obou složek v turbínovém kondenzátoru, zcela nové efektivnější řešení cyklu. Separační parogenerátor významně usnadňuje odběr oxidu uhličitého, odstraňuje nebezpečí koroze průtočných částí turbíny a současně zajišťuje pracovní látku pro nízkotlaký okruh s klasickou parní turbínou.

Pro zajištění technické realizace navržené koncepce je součástí projektu výzkum a vývoj nových nekonvenčních komponent a subsystémů, především separačního parogenerátoru, paroplynové turbíny a generátoru paroplynové směsi.

Dle dosud provedených analýz je u psaného energetického systému předpoklad dosažení vysoké účinnosti přeměny energie a konkurenceschopnosti vůči paroplynovým cyklům. Mimoto propojením vlastního energetického systému s využíváním odseparovaného CO<sub>2</sub> ke zvýšení výtěžnosti ropy (EOR), případně plynu (EGR), se vytváří předpoklady pro dosažení příznivých eko-

nomických ukazatelů celého bezemisního integrovaného systému.

Hlavními výstupy projektu jsou technicko-ekonomická studie proveditelnosti navrženého systému a projektové a konstrukční návrhy komponent a subsystémů, které zatím nejsou komerčně k dispozici.

### CCS a evropský výzkum

Problematice zachycování a ukládání CO<sub>2</sub> z elektráren na fosilní paliva je věnována pozornost základního, aplikovaného a průmyslového výzkumu a vývoje ve všech průmyslově vyvinutých zemích. Pro ČR je pak relevantní především výzkum a vývoj organizovaný Evropskou komisí. V 5. rámcovém programu výzkumu a vývoje bylo řešeno celkem 9 projektů s příspěvkem EU více než 16 mil. EUR. Projekty řešené v rámci 6. rámcového programu (od r. 2002) jsou uvedeny v následující tabulce. Dokumentují šíři a význam řešení problematiky a zároveň tak představují důležitý informační zdroj.

V 7. Rámcovém programu EU pro výzkum, vývoj a demonstrace (2007-2013) je v tématické prioritě ENERGY (s celkovým rozpočtem 2,3 mld. EUR) věnována čistým uhelným technologiím a technologiím zachycování a ukládání CO<sub>2</sub> mimořádná pozornost. Představují 2 z celkem 10 tématických oblastí.

Akronym	Problematika	Příspěvek EU (mil. EUR)	Koordinátor
ENCAP	Pokročilé metody zachycování CO <sub>2</sub>	10,7	Vatenfall
CASTOR	Řešení problematiky CO <sub>2</sub> od zachycení až k uložení	8,5	IFP
CO <sub>2</sub> SINK	Experimentální výzkum pro potřeby zachycování a ukládání CO <sub>2</sub>	8,7	GFZ Potsdam
CO <sub>2</sub> GEONET	Mapování potenciálních geologických uložišť	6	BGS
ISSC	Zplyňování pevných paliv a zachycování CO <sub>2</sub>	2	University of Suttgart

ENERGY.5 - Technologie zachycování a ukládání CO<sub>2</sub> pro bezemisní výrobu elektrické energie

ENERGY.6 - Čisté uhelné technologie

ENERGY.5&6 - Aktivity na rozhraní tématických oblastí 5, 6

Na základě aktuální výzvy Rámcového programu byl pro vypsání téma „ Poly-generation concept for coal fired power plants“ mezinárodním kolektivem potenciálních řešitelů připraven a v červnu 2007 Evropské komisi předložen návrh projektu „ Poly-generation with Carbon Dioxide Recycling- Demonstration of Synergy Approach“. Na přípravě projektu se podílela výzkumná pracoviště z 10 zemí vč. Ústavu jaderného výzkumu Řež. Koordinátorem a předkladatelem projektu je AGH Universita Krakow.

Podstatou návrhu je synergické propojení jaderné technologie jako zdroje tepla s technologií uhelnou produkující elektrickou energii a CO<sub>2</sub> a následně s technologií chemické recyklace CO<sub>2</sub> na metanol. Vlastní výrobní jednotkou elektřiny je klasický uhelný elektrárenský blok s technologií zachycování CO<sub>2</sub> Oxyfuel. Kyslík potřebný pro spalování je vyráběn termochemickým štěpením vody, pro které je zdrojem energie vysokoteplotní reaktor. Oxid uhlíku zachycený v kotli spolu s vodíkem uvolněným štěpením vody jsou zavedeny do chemického reaktoru, kde procesem syntézy dochází k recyklaci CO<sub>2</sub> na methanol.

Cílem projektu je ověření takového integrovaného systému na pilotním zařízení.

### Závěr

Závěrem lze konstatovat, že žádná z technologií potenciálně využitelných pro zachycování CO<sub>2</sub> v energetických výrobnách a jeho ukládání není zatím dovedena do stavu uplatnění v energetice na komerční bázi. Výzkum a vývoj uvedených technologií pro potřeby energetiky je doveden do stadia výstavby demonstračních zařízení a přípravy pilotních projektů o výkonech výrazně nižších, než odpovídá kapacitním potřebám moder-

ních elektrárenských bloků. Mimoto potenciální zařazení dosud známých technologií zachycování významně zhorší ekonomické ukazatele bloku.

Dovedení technologií zachycování a dalšího nakládání s CO<sub>2</sub> k technické a ekonomické akceptovatelnosti v energetice si pravděpodobně vyžádá ještě několik let systematické intenzivní činnosti v oblasti základního, aplikovaného a průmyslového výzkumu ve všech průmyslově vyspělých zemích.



# Česká národní technologická platforma STROJÍRENSTVÍ ustavena

*Prof. Ing. J. Houša, DrSc.  
za přípravný výbor ČTPS*

Dne 25. září 2007 byla na Fakultě strojní ČVUT v Praze podepsána Deklarace o ustavení České národní technologické platformy STROJÍRENSTVÍ. Podepisující strany (celkem 31 subjektů) se dohodly na následujícím obsahu Deklarace :

Vycházejíce vstříc vědecko-technickým výzvám obsaženým v Lisabonské strategii a přijímajíce iniciativu EU vytvářet evropské technologické platformy, sloužící k dosažení významných efektů hospodářského růstu prostřednictvím iniciování inovačních činností a jejich zavádění do praxe na základě principů veřejně-soukromého partnerství, Strany přijaly Deklaraci o ustavení České národní technologické platformy STROJÍRENSTVÍ.

Strany ustavily Českou národní technologickou platformu STROJÍRENSTVÍ, dále nazývanou ČTP Strojírenství (zkratka ČTPS), v souladu s iniciativou uvedenou v dokumentech Evropské komise z 16. 6. 2004, týkající se vytvoření technologických platform (COM(2004) 353 final).

Úkolem ČTPS je podpora aktivit a iniciativ organizací působících ve prospěch rozvoje strojírenského průmyslu v České republice a s tím spojených vědeckých, výzkumných, technologických a inovačních aktivit.

V ČTPS se sdružují následující průmyslové strojírenské obory (výrobní podniky a výzkumná centra a ústavy včetně příslušných oborů vysokých škol) :

- Strojírenská výrobní technika
- Dopravní technika ( letecká, automobily a kolejová vozidla)
- Energetická technika
- Textilní výrobní technika
- Technika pro ekologii
- Jakost a spolehlivost výroby

Tyto obory v ČTPS vytvářejí tzv. oborová seskupení výrobních podniků, výzkumných center a ústavů, příslušných odborných

ústavů vysokých škol a vědecko-technických společností.

ČTPS má otevřený charakter. Do procesu ustavení platformy mohou vstoupit noví členové za podmínky podepsání Deklarace příslušným statutárním zástupcem a současného projevení souhlasu stávajících členů Deklarace. Mohou být vytvářena další strojírenská oborová seskupení.

## **Základní cíle ČTPS jsou:**

1. Zvyšování konkurenceschopnosti strojírenství v České republice.
2. Zapojení se do realizace hlavních činností Evropské technologické platformy Manufacture:
  - zpracování vize rozvoje jednotlivých oborů i celého sektoru,
  - spolupráce mezi oborovými seskupeními uvnitř ČTPS,
  - vypracování programu strategického výzkumu jednotlivých oborů i celého sektoru,
  - iniciování a provádění vědecko-technických výzkumů,
  - tvorba strategie pro rozvoj jednotlivých oborů i celého sektoru a moderních strojírenských technologií,
  - spolupráce při vytváření politiky a právních předpisů, sloužících k povzbuzení inovačních aktivit,
3. Vytváření mostu mezi vědou, výzkumem a průmyslem v oblasti strojírenství iniciováním a prováděním vědecko-technických výzkumů a komerčním využitím vědeckých řešení.
4. Propagace inovačních aktivit a vědeckotechnického rozvoje ve strojírenském průmyslu ČR .

Prvním úkolem platformy je zpracování struktury a stanov ČTPS, stanovení jejího složení a právní formy, registrace na

příslušném státní instituci a volba orgánů platformy. Strany deklarují, že vynaloží úsilí pro realizaci úkolů stanovených v tomto paragrafu tak, aby byly tyto úkoly realizovány do 31.3.2008.

### **V Deklaraci jsou navrženy tyto prioritní oblasti činnosti ČTPS:**

#### **Hlavní aktivity:**

- tvorba dlouhodobého programu výzkumu, vyvoje a inovační strategie oborových skupení i celého segmentu strojírenství,
- aktivity spojené s oblastmi výzkumu, které jsou definovány v dokumentech zpracovaných Evropskou technologickou platformou Manufuture pro oblast strojírenství, překrývající se s oblastí působnosti ČTPS.

#### **Společenské otázky:**

- posílení „image“ českého strojírenství
- podpora veřejného dialogu o výzkumu, vývoji, produktech a technologiích strojírenství
- spolupráce s ostatními technologickými platformami na společných problémech

#### **Podpora vzdělávání:**

- motivace a vzdělávání mladých nadaných osob
- rozvoj dovedností potřebných pro české strojírenství

Hlavním cílem ČTP – Strojírenství je tedy i realizace jednoho ze sedmi dlouhodobých základních směrů výzkumu, schválených vládou ČR dne 1.června 2005 a to směru č.5 - Konkurenceschopné strojírenství.

Do zvolení orgánů ČTPS bude funkci koordinátora a sekretariátu ČTPS plnit Svaz strojírenské technologie se sídlem Politických vězňů 11, 113 42 Praha 1, zapsaný v registru zájmových sdružení právnických osob u Magistrátu hlavního města Prahy, pod č. reg. 4/92 dne 1.6.1992, reprezentovaný ředitelem Ing. Zdeňkem Holým, to vše při respektování závěrů z 1. schůze přípravného výboru pro založení ČTPS STROJÍRENSTVÍ.

K podpisu deklarace dne 25.9.2007 se sešlo celkem 32 subjektů :

- 5 průmyslových svazů + 12 dalších podniků
- 5 vysokých škol s 8-mi Výzkumnými centry (ČVUT, VUT, ZČU, TUL, VŠBO)
- 3 výzkumné ústavy
- 5 vědecko-technických společností
- Technologické centrum AV ČR
- Veletrhy Brno

Předpokládá se, že proces založení ČTPS jako právního subjektu bude ukončen do 31.3.2008.

V Praze dne 25.9.2007

Dne 14.11. byla druhá schůze přípravného výboru na FS ČVUT, kde kromě jiného byly projednány a schváleny stanovy ČTP Strojírenství a byl stanoven další postup zajišťující legalizaci této společnosti v Portu. Bylo též projednáno a schváleno umístění sídla ČTPS mimo Prahu a sice na Západocheské univerzitě v Plzni. Asociace strojních inženýrů je zde zastupována prezidentem Ing. Radomírem Zbožínkem.





# Význam Strouhalova kritéria pro návrh hydrodynamických strojů

Jan Melichar, Jaroslav Bláha

Strojní fakulta ČVUT v Praze

## Souhrn

Strouhalovo kritérium fyzikální podobnosti se významně podílí na utváření geometrie oběžných lopatek hydrodynamických strojů. Toto kritérium je možné formulovat ve třech variantách, které se uplatní následovně. Buď jako výchozí podmínka při definici modelových přepočtů parametrů hydrodynamických strojů nebo jako směrnice pro návrh počtu a délky oběžných lopatek těchto strojů, popř. jako kritérium definující frekvenci kmitů kapaliny buzených lopatkovými mřížemi hydrodynamických strojů. Strouhalovo kritérium, společně s Eulerovým kritériem se podílí na rychloběžnosti hydrodynamických strojů, což je v příspěvku doloženo příkladem jednolopatkového axiálního oběžného kola hydrodynamického stroje a šrouboodstředivého čerpadla.

Stokes-Navierova rovnice v bezrozměrovém vyjádření je zobecňující osnovou definující následující kritéria hydrodynamické podobnosti [1].

*Froudeho kritérium:*

$$Fr = \frac{c}{(g \cdot x)^{0,5}}$$

*Reynoldsovo kritérium:*

$$Re = \frac{c \cdot x}{\nu}$$

*Eulerova kritérium:*

$$Eu = \frac{\Delta p}{\rho c^2} \sim \frac{Y}{c^2}$$

*Strouhalovo kritérium:*

$$Sh = \frac{c \cdot t}{x}$$

Veličiny v uvedených vztazích:

$c$ ( $m \cdot s^{-1}$ )	- rychlost kapaliny
$g$ ( $m \cdot s^{-2}$ )	- tíhové zrychlení
$x$ (m)	- referenční rozměr (délka, průměr)
$\nu$ ( $m^2 \cdot s^{-1}$ )	- kinematická viskozita kapaliny
$\Delta p$ (Pa)	- tlakový spád kapaliny
$\rho$ ( $kg \cdot m^{-3}$ )	- hustota kapaliny
$Y$ ( $J \cdot kg^{-1}$ )	- měrná energie kapaliny
$t$ (s)	- časový faktor periodických změn.

Eulerovo kritérium zohledňuje vliv tlakových sil působících v kapalině a Strouhalovo kritérium vliv setrvačných účinků kapaliny. Tato dvě kritéria definují komplexní kritérium hydrodynamické podobnosti, kterým je *rychloběžnost*  $n_b$  (měrné otáčky) hydraulických strojů [1], [2]:

$$n_b = \frac{1}{Sh \cdot Eu^{0,75}} \quad (1) \quad (1)$$

V technicky využitelné formě je rychloběžnost  $n_b$  uváděna nejčastěji ve vazbě na hlavní parametry hydraulických strojů, tj. průtok  $Q$  ( $m^3 \cdot s^{-1}$ ) a měrnou energii  $Y$  ( $J \cdot kg^{-1}$ ) i parametr přidružený  $n$  ( $s^{-1}$ ), tj. otáčky stroje:

$$n_b = n \cdot \frac{Q^{0,5}}{Y^{0,75}} \quad (s^{-1}) \quad (2)$$

Vliv kritéria  $Sh$  na geometrii oběžných lopatek je možno posoudit následovně. Změnu pohybového stavu kapaliny v prostoru oběžného kola způsobují oběžné lopatky, čímž vyvolávají v kapalině setrvačnou odezvu, projevující se setrvačnou silou místní (*lokální*) a silou setrvačnou, působící podél proudnic kapaliny (*konvektivní*). Pozorovatel mimo oběžné kolo zaznamenává pohybovou změnu kapaliny ve formě změny absolutní rychlosti  $c$  podél proudnic, tj. změnu konvektivní. Změny lokální se projeví jako periodicky proměnné, vázané na počet oběžných lopatek prošlých místem prostoru oběžného kola, na něž se zaměřil po-

hled pozorovatele. Mírou vzájemného poměru setrvačných sil konvektivních a lokálních je bezrozměrové kritérium Strouhalovo, definované pro daný případ pomocí Stokes-Navierovy rovnice [1] následovně:

$$Sh = \frac{c \cdot t}{x} \quad (1) \quad (3)$$

Algebraické úpravy kritérií hydrodynamické podobnosti nemění jejich fyzikální podstatu [3]. Můžeme tedy v rovnici (3) sdružovat tři kinematické fyzikální veličiny  $c$ ,  $t$ ,  $x$  ve třech kombinacích, aniž by kritérium  $Sh$  ztratilo svůj smysl. Přitom formální změny definičního vztahu (3) nacházejí významné uplatnění v oboru hydrodynamických strojů. Rovnici (3) lze účelově upravovat zavedením významných délkových rozměrů, které charakterizují geometrii oběžného kola. Jsou to vnější průměr  $D$  (m), délka tětv profilů oběžných lopatek  $l$  (m) a rozteč lopatek  $T$  (m). Periodicitu vystihuje počet oběžných lopatek  $z$  a frekvence otáčení  $n$  ( $s^{-1}$ ).

S ohledem na uvedené veličiny vychází zmíněné tři kombinace veličin v rovnici (3) následovně.

1) Podíl charakteristické délky  $x$  ( $m$ ) =  $D$  ( $m$ ) a časového faktoru  $t$  ( $s$ ) =  $\frac{1}{n}$  ( $s^{-1}$ ) je úměrný obvodové rychlosti oběžného kola  $u$  ( $m \cdot s^{-1}$ )  $\sim n \cdot D$ . Strouhalovo číslo pak můžeme vyjádřit takto:

$$Sh = \frac{c \cdot t}{x} = \frac{c}{x} \sim \frac{c}{D \cdot n} \sim \frac{c}{u} \quad (1) \quad (4)$$

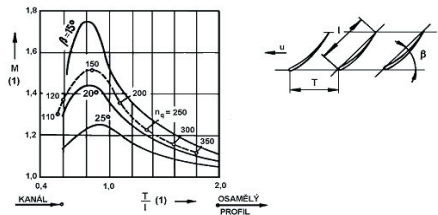
Definice  $Sh$  rovnicí (4) formuluje izogoálnosti rychlostních trojúhelníků, dané podmínkou  $Sh = \frac{c}{u} = konst$ , což je zároveň hlavním předpokladem platnosti afinních přepočtových vztahů, využívaných při přepočtech parametrů podobných hydrodynamických strojů v případech, kdy se mění obvodová rychlost oběžného kola. Hodnota  $Sh = \frac{c}{u} = konst$  je charakteristická pro nastavení profilů oběžných lopatek v mříži příslušné určitému typu hydrodynamického stroje, viz např. [1].

2) Součinem hodnot  $c$  ( $m \cdot s^{-1}$ ) a  $t$  ( $s$ ) dostáváme dráhu, např. délku tětvy profilu oběžných lopatek  $l$  (m), tedy  $c \cdot t \sim l$ . Když za referenční délku  $x$  ( $m$ ) volíme rozteč lopatek  $T$  (m), můžeme

Strouhalovo číslo vyjádřit takto:

$$Sh = \frac{c \cdot t}{x} \sim \frac{l}{T} = \left(\frac{T}{l}\right)^{-1} \quad (1) \quad (5)$$

Hodnota poměrné rozteče  $\frac{T}{l}$ , která charakterizuje hustotu lopatkové mříže oběžného kola, je významnou veličinou při určování dynamické interakce sousedních lopatek. Vliv velikosti poměrné rozteče  $\frac{T}{l}$ , tj. hustoty profilů v mříži, u oběžných lopatek axiálních hydrodynamických strojů na interakci dokládá obr.1. Společně s úhlem nastavení profilů lopatek v mříži  $\beta$  ovlivňuje hodnota  $\frac{T}{l}$  dynamický interakční účinek, vyjádřený činitelem  $M$ . Ten udává velikost interakčního účinku sousedících lopatek vůči silovým poměrům na profilu osamocené lopatky. Přímé mříže profilů oběžných lopatek se v praxi hydrodynamických hydraulických strojů uplatňují v rozsahu hodnot  $\frac{T}{l} = 0,6 \div 2,0$ , kdy se projevuje příznivý vliv interakce profilů ( $M > 1$ ). Uvedenému rozsahu odpovídá oblast konvenčních typů axiálních čerpadel  $n_q = 110 \div 350 \text{ min}^{-1}$  ( $n_q = 333 \cdot n_b$ ). V obr.1 jsou numerické hodnoty  $n_q$  vyneseny pro obvyklé velikosti  $\frac{T}{l}$  a  $\beta$  profilových mříží situovaných na vnějším průměru oběžných kol axiálních čerpadel. Nejpriznivější interakční účinek v přímé profilové mříži je při  $\frac{T}{l} \approx 0,8$ , popř. u typu čerpadla  $n_q = 150 \text{ min}^{-1}$ , kde vrchol křivky  $\beta = konst$  a také účinnost axiálních hydrodynamických strojů (bližší viz [1]). Průběh křivek  $\beta = konst$  je analogický s amplitudami kmitavého pohybu těles v rezonanční oblasti.



Obr.1 Korekční činitel  $M$  dynamických parametrů osamělého profilu na poměry v přímé mříži

Jelikož podmínka  $Sh = \left(\frac{T}{l}\right)^{-1} = konst$  odpovídá (při  $\beta = konst$ ) hydrodynamické rovnocennosti

přímých lopatkových mříží, využívá se této okolnosti při tvarování obrysu oběžných lopatek axiálních hydrodynamických strojů následovně. Cirkulárním posunutím profilů lopatky po příslušné válcové proudové ploše lze průběh vstupní a výstupní hrany oběžné lopatky účelově upravit, např. podle druhu čerpaného média, viz obr.2. Příklad účelového nahrazení oběžných lopatek obvyklé geometrie větším počtem kratších lopatek u axiálního čerpadla, je na obr.3.

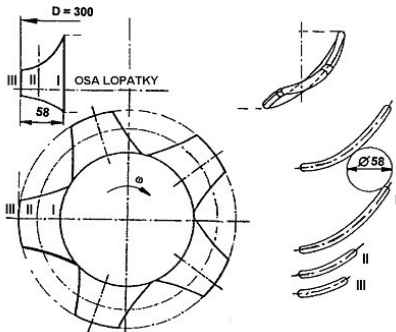
Zkušenost z tvarování oběžných lopatek ventilátorů u větším počtu lopatek s menšími délkami profilů  $l$  než je obvyklé u čerpadel, se využila za podmínek

$$Sh = \left(\frac{T}{l}\right)^{-1} = \left(\frac{\pi \cdot D}{z_1 \cdot l}\right)^{-1} = \text{konst}$$

při návrhu oběžných lopatek axiálního čerpadla určeného pro hydraulickou dopravu šterkopísků. Vzhledem k velké abrazi jsou oběžné lopatky zesíleny a mají profil konstantní tloušťky (obr.3 vpravo). Podmínku  $Sh = \text{konst}$  lze dodržet, jestliže při zkracování délky tětív profilů lopatek oběžného kola ( $l$  klesá) se zvětšuje jejich počet ( $z$ , roste).



Obr.2 Průběh vstupních a výstupních hran axiálních oběžných lopatek pro kapaliny (od leva) čisté, s vláknitými příměsami, s abrazivními částicemi



Obr.3 Oběžné kolo axiálního čerpadla s velkou průchodností pevných částic suspenze typu voda kamenivo

Případ jedné oběžné lopatky  $z_1 = 1$  (tzv. monoptéra) odpovídá maximálně možné hodnotě poměrné rozteče  $\left(\frac{T}{l}\right)_{\max} = \frac{\pi \cdot D}{l_{\min}}$ , tedy i maximálně dosažitelným měrným otáčkám axiálních hydrodynamických strojů, což vyplýne z následujícího postupu. Zavedením  $Sh = \left(\frac{\pi \cdot D}{z_1 \cdot l}\right)^{-1}$  a  $Eu = \frac{Y}{c^2}$  do (1) a náhradou rychlosti kapaliny  $c$  průtokem  $Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot c$  dostáváme kvalitativní vztah pro rychloběžnost:

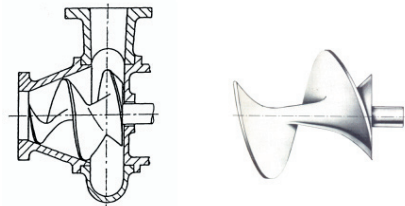
$$n_b \sim \frac{Q^{1,5}}{z_1 \cdot l \cdot Y^{0,75} \cdot D^2} \quad (1) \quad (6)$$

Podle (6) je pro velikost rychloběžnosti hydrodynamických strojů (při daných hodnotách  $Q, Y, D$ ) směrodatný součin  $(z_1 \cdot l)$ . Při  $z_1 = 1$  a malé délce tětivy profilu oběžné lopatky  $l$  dosahuje numerická hodnota  $n_b$  maxima. Příkladem je axiální oběžné kolo hydrodynamického stroje na obr.4.



Obr.4 Jednolopátkové oběžné kolo axiálního hydrodynamického stroje

Zvětšování délky tětivy profilu  $l$  vede k jednolopátkovému kolu se šroubovitě vinutou oběžnou lopátkou. Tento typ podle (6) bude mít nízké měrné otáčky v okolí hranice pásma použití axiálních hydrodynamických strojů, kdy  $\frac{T}{l} < 0,6$ , viz obr.1. Praktické provedení je na obr.5.



Obr.5 Schéma šrouboodstředivého kalového čerpadla

Variantský způsob se aplikuje u axiálních hydrodynamických strojů tak, že tatáž oběžná lopatka ( $l = \text{konst}$ ,  $D = \text{konst}$ ) se vkládá do oběžného kola ( $D = \text{konst}$ ) v různém počtu ( $z_i \neq \text{konst}$ ). Tímto způsobem se mění

$$\text{Sh} = \left(\frac{r}{l}\right)^{-1} \neq \text{konst},$$

čímž se dosahuje změna měrných otáček stroje (6). Důsledkem je, že týmž tvarem oběžných lopatek se zvýší rozsah hlavních parametrů stroje, a to s výhodou zjednodušení hydraulického výpočtu stroje a zvýšení sériovosti výroby oběžných lopatek.

Do problematiky volby počtu lopatek  $z_i$  a délky jejich profilů  $l$  u axiálních strojů pracujících s kapalným, popřípadě plyným médiem, zasahuje i problematika pevnostní. Například odstředivá síla působící na oběžnou lopatku roste se čtvercem otáček. Snížením této síly u vysokoobrátkových axiálních strojů se dosáhne snížením hmotnosti jednotlivých oběžných lopatek, a to volbou většího počtu lopatek s kratšími profily (při  $\frac{r}{l} = \text{konst}$  a  $\frac{D}{D_h} = \text{konst}$ , kde  $D_h$  je průměr náboje oběžného kola).

Aby se zachovala rovnocennost lopatkových mříží uvedených strojů, je třeba dodržet totéž Strouhalovo číslo,  $\text{Sh} = \left(\frac{r}{l}\right)^{-1} = \left(\frac{\pi D}{z_i l}\right)^{-1} = \text{konst}$  tj. volí se (při  $D = \text{konst}$ ) velký počet oběžných lopatek s kratšími profily. Typickým případem jsou oběžné lopatky axiálních turbokompresorů. Obdobná tendence se projevuje u soudobých lodních propelerů, zejména ponorek, jejichž lodní šrouby mají větší počet lopatek s krátkými profily.

3) Podíl absolutní rychlosti kapaliny  $c$  a charakteristické délky  $x$  odpovídá frekvenci otáčení  $n(s^{-1}) = \frac{c (m \cdot s^{-1})}{x (m)}$ . Časový faktor  $t (s)$  závisí na počtu oběžných lopatek  $z_i$  (1), prošlých během jedné otáčky daným místem prostoru oběžného kola, tedy  $t(s) = \frac{z_i}{n (s^{-1})} = \frac{z_i}{1,0 (s^{-1})}$ .

Strouhalovo číslo pak můžeme vyjádřit takto:

$$\text{Sh} = \frac{c \cdot t}{x} = \frac{c}{x} \cdot t \sim n (s^{-1}) \cdot \frac{z_i}{1,0 (s^{-1})} = n \cdot z_i \quad (7)$$

Hodnota ( $n \cdot z_i$ ) je významnou frekvencí, uplatňující se při studiu pulsací tlaku kapaliny v hydrodynamických strojích. Při modální analýze těchto kmitů je důležitý i počet lopatek

statorových  $z_2$ , takže výsledné budící kmitů mají frekvenci ( $n \cdot z_1 \cdot z_2$ ). Rezonanční interakce kmitů obou lopatkových mříží se vylučuje volbou vhodného počtu lopatek oběžných a statorových tak, že počet lopatek jedné je číslo liché a druhé číslo sudé. Frekvence kmitů ( $n \cdot z_1 \cdot z_2$ ), emitovaných hydrodynamickým strojem, se nesmí shodovat s frekvencí vlastních kmitů potrubního řadu daného hydraulického systému.

Strouhalovo kritérium  $\text{Sh}$  je pojmenováno po českém fyzikovi Čeňku Strouhalovi (1850-1923), který poprvé v r. 1878 jím vytvořený bezrozměrový komplex veličin (1) použil při studiu třecích tónů (tzv. záznejů) telegrafních drátů [4]. Z předchozího výkladu je zřejmý zásadní význam kritéria  $\text{Sh}$  při navrhování profilových mříží lopatek hydrodynamických strojů. Formulace tohoto kritéria ve tvaru  $\text{Sh} = \frac{c}{u} \cdot \frac{1}{\beta}$  zahrnuje souvislost úhlů v rychlostních trojúhelnících, tedy i úhlů postavení profilů v mříži  $\beta$  u axiálních hydrodynamických strojů, viz obr.1. Úhel  $\beta$  odpovídá též stoupání šroubovice propelerových strojů [5]. Formulace  $\text{Sh} = \left(\frac{r}{l}\right)^{-1}$  společně s úhlem  $\beta$ , vystihují interakční účinek profilů v mříži, vyjádřený v obr.1 interakčním činitelem  $M$ . V uvedeném obrázku průběh hodnoty  $M$ , ve vazbě na  $\left(\frac{r}{l}\right)$  a  $\beta$ , má povahu amplitud kmitavého pohybu těles. Pro modální analýzu kmitů emitovaných mřížemi lopatek oběžných kol hydrodynamických strojů je významná formulace  $\text{Sh} = n \cdot z_1$ . Uvedené tři formulace Strouhalova čísla  $\text{Sh} = \frac{c}{u} \cdot \frac{1}{\beta} \sim n \cdot z_1$ , jsou tedy ve vzájemné vazbě na rezonančně interakční účinek lopatkových mříží hydrodynamických strojů. Ukazuje se, že původní aplikaci Strouhalova kritéria [4] lze rozšířit nejen na měrné otáčky  $n_b$  [2], ale i na problematiku pulsací tlaku média, vyvolaných lopatkovými mřížemi hydrodynamických strojů.

Definice  $\text{Sh} = \frac{c}{u}$  obsahuje v hodnotě  $u (m \cdot s^{-1})$  frekvenci otáčení  $n (s^{-1})$ . Rychlost šíření vln v hmotném prostředí se označuje jako rychlost zvuku  $c_{zv}$  ( $m \cdot s^{-1}$ ). Když se ve výrazu  $\text{Sh} = \frac{c}{u}$  zamění hodnota u hodnotou  $c_{zv}$ , dostáváme kritérium Machovo  $\text{Ma} = \frac{c}{c_{zv}}$ . Z tohoto úhlu pohledu je kritérium Strouhalovo rovnocenné s kritériem Machovým. Obecně možno konstatovat, že

Strouhalovo číslo je universálním kritériem pohybu; bližší viz [6]. To dokládá i využití Strouhalova kritéria v různorodých aplikacích fyzikální podobnosti.

### Použitá literatura

- [1] Bláha, J., Brada, K.: *Hydraulické stroje*, Technický průvodce sv. 70. SNTL, Praha, 1992
- [2] Melichar, J., Bláha, J., Brada, K.: *Hydraulické stroje, konstrukce a provoz*. 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002
- [3] Brada, K., Bláha, J.: *Metoda experimentů a modelování*. Skripta ČVUT v Praze, Fakulta strojní, vydavatelství ČVUT, Praha, 1995
- [4] Strouhal, V.: *Über eine besondere Art der Tonerregung*. Ann. Physik und Chemie, Neue Folge, Bd. 5, Wien, 1878
- [5] Brada, K., Bláha, J.: *Vybrané statě z čerpací techniky*. Skripta ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Vydavatelství ČVUT, Praha, 1994

- [6] Bednář, J.: *Měření tekutinových systémů*. Skripta VUT Brno, Fakulta strojní, Ediční středisko VUT Brno, Brno, 1982
- [7] Melichar, J., Bláha, J.: *Problematika soudobé čerpací techniky – Vybrané partie*. Česká technika – nakladatelství ČVUT v Praze, Praha, 2007

### Kontaktní adresa:

Prof. Ing. Jan Melichar, CSc.  
Ústav mechaniky tekutin a energetiky  
Strojní fakulta ČVUT v Praze  
Technická 4  
166 07 Praha 6  
Tel.: 224352593  
E-mail: Jan.Melichar@fs.cvut.cz

Prof. Ing. Jaroslav Bláha, DrSc.  
Strojní fakulta ČVUT v Praze  
Technická 4  
166 07 Praha 6

## BIONIKA - výzva soudobé polytechnické pedagogice

*Jan Melichar, Jaroslav Bláha*

*Strojní fakulta ČVUT v Praze*

### Souhrn

V příspěvku se uvádí postup při přenosu funkčně analogických procesů z přírody na řešení technických problémů. Postup je doložen dvěma příklady z výuky studentů na Strojní fakultě ČVUT v Praze. Upozorňuje se též, že cílevědomé uplatnění bioniky v technické tvorbě si vyžadá i příslušnou úpravu struktury školních studijních programů zohledňujících větší kreativitu studentů.

Bionika je hraniční vědní obor mezi biologií a technikou. Zaobírá se způsoby využití poznatků z živé přírody při řešení různorodých problémů lidské činnosti, týkajících se:

- 1) ekologie - např. harmonie v obnově odpadních produktů biosféry
- 2) sociologie - např. psychiky a společenského chování primátů
- 3) organizace - např. součinnosti různých živočišných, popř. rostlinných společenstev

- 4) technologie - např. struktury a vlastností pavoučích vláken
- 5) techniky - např. mobility živočichů.

Procesy probíhající v přírodě jsou inspirační pro činnost člověka od počátku jeho vyčlenění jako živočišného druhu. Význačným rysem interakce člověka s okolní přírodou se stalo stále intenzivnější využívání přírodních zdrojů surovin a energie technickými prostředky. Tyto prostředky však bývají do jisté míry přírodě odcizené. Interakce lidstva s okolní přírodou se stala jednostrannou, se strany člověka kořistnickou. Narušením harmonie v principu interakce, tj. akce a reakce, se tak dochází k hranicím stabilních stavů a k haváriím. Například současný stav interakce lidské činnosti a přírodní odezvy na ni upozorňuje na možný kolaps. Z toho vyplývá nutnost změny v přístupu člověka k přírodě, a to zejména ve způsobu myšlení, které se významně formuje během jeho školního vzdělávání. Proto sou-

časný vzdělávací proces zdůrazňuje ekologickou problematiku zaměřenou na omezení škodlivého vlivu technické činnosti lidstva na přírodu. Příroda totiž není pro lidstvo pouze produkčním činitelem, ale stále více globálním prostorem, v němž by měla být technika orientována na obecně prospěšnou činnost.

Jednou z příčin současného konfliktu techniky s přírodou je i nedostatečné využívání znalostí z oboru biologie v technické činnosti lidí. Nápravu v tomto směru může přinést i cílevědomé uplatnění biologických poznatků aplikovaných biotechnickými postupy při řešení konkrétních technických problémů.

Přírodní evoluční procesy jsou nedostupným vzorem komplexních optimálních vazeb, které skýtají obrovský inspirační potenciál pro lidskou činnost ve výše uvedených oblastech ad 1) až ad 5). Podstatou aplikace biotechniky je nalezení vhodného přírodního modelu, který by inspiroval k optimálnímu řešení daného problému. Vyžaduje to však schopnost kreativního myšlení při hledání vhodných analogií, interdisciplinární znalosti a smysl pro vystižení evolučního faktoru v přírodě.

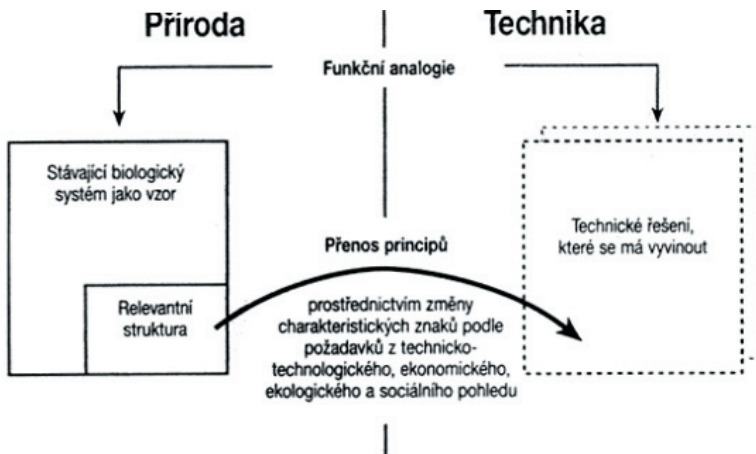
Cestou učení se od přírody je tedy schopnost propojování znalostí analogických oborů a vytváření přiměřených odpovídajících modelů. Přitom pro aplikaci bioniky je důležitější

princiální inspirace než kopírování detailů zvoleného přírodního analogického vzoru.

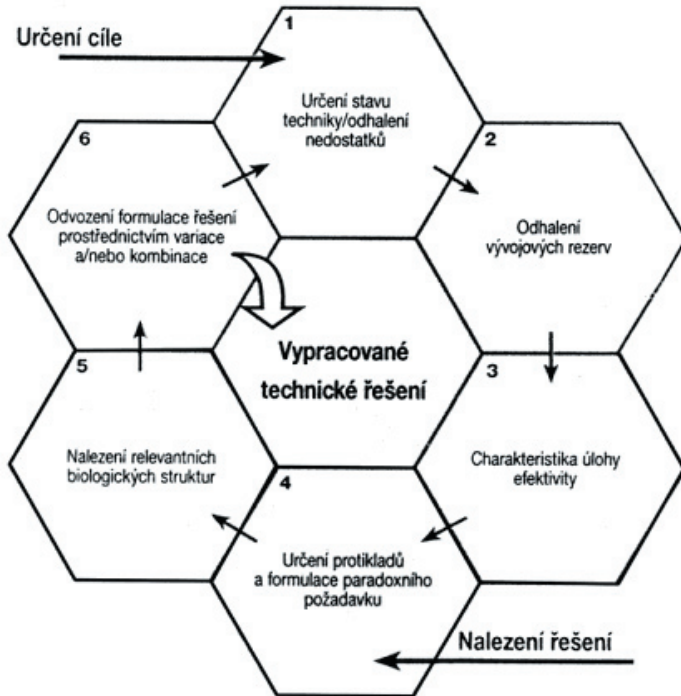
Na obr.1 je schéma přenosu funkčně analogických procesů z přírody na technické řešení. Cyklus biotechnického postupu je znázorněn šesti dílčími, na sebe navazujícími etapami v obr.2.

Za příklad biotechnického postupu je zvolen návrh rychloběžného oběžného kola čerpadla, popř. vodní turbíny, inspirovaný rotujícím plachtěním padajícího javorového semena s jednolístým křídélkem. Postup dle dílčích etap ad 1) až ad 6) uvedených v obr.2 byl následující:

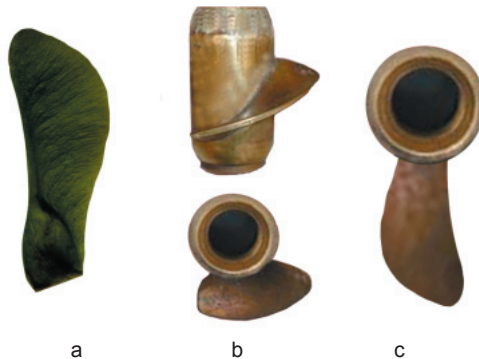
- 1) Současný stav (geometrie oběžných kol čerpadel, popř. vodních turbín).
- 2) Tendence vývoje (zvyšování rychloběžnosti oběžných kol).
- 3) Charakter úlohy (nalezení geometrie oběžného kola o maximální rychloběžnosti).
- 4) Formulace řešení (minimální plocha oběžných lopatek).
- 5) Odpovídající přírodní vzor (rotačně plachtící semeno javoru).
- 6) Syntéza přírodní předlohy a požadavků technického řešení (monoptéra, tj. axiální oběžné kolo s jednou lopatkou; obr.3).



Obr.1 Schéma přenosu funkčně analogických procesů z přírody na technické řešení



Obr.2 Cyklus biotechnického postupu při řešení technických problémů



Obr.3 Jednolopátkové oběžné kolo axiálního hydrodynamického stroje;

- a - přírodní inspirace,
- b - technická realizace (podle [1]),
- c - výhledová varianta

Dalším příkladem biotechnického řešení je aplikace funkce rybí ploutve na pohon a manévrování oceánografické ponorky, a to ve formě tzv. aktivního křídla (s integrovaným propelerem) uloženého kloubově v trupu plavidla, obr.4.

Uvedme některé další příklady biotechnicky využitelných přírodních struktur.

*Mraveniště* - stavby odolné proti povodním, požárům a zemětřesení, systémy větrání a klimatizace budov.

*Nesmáčivé povrchy listů rostlin* - samočištění povrchů (např. oken, textilií), snížení třecího odporu těles pohybujících se v tekutinách.

*Přísavky chapadel chobotnic* - transport plochých předmětů, protiskluzové rohože.

*Kleštinová chapadla mravkolvů* - kombinované kleště.

*Povrch kůže žraloků* - snížení odporu dopravních prostředků.

*Mýdlové bubliny* - optimalizace tvarů odlehčených strojních a stavebních konstrukcí.

*Želví ploutve* - pohybové ústrojí bagrů pracujících v bažinách.

Pro cílevědomé a efektivní uplatnění biotechniky je potřebné vytvoření příslušných podmínek informačních a výchovně vzdělávacích. K těm prvním patří vypracování souborů biotechnických struktur seřazených podle kategorií látka, energie, informace, a to nejlépe v katalogích uložených v počítači, což usnadní nalézt pro požadovanou technickou funkci analogickou biologickou strukturu. Systematická katalogizace biotechnických struktur by byla

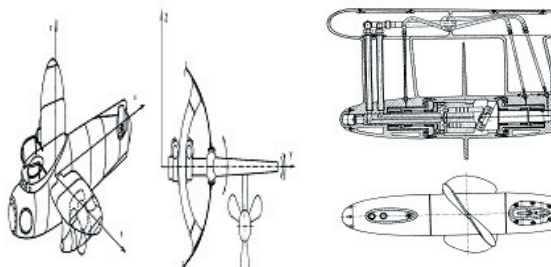
současně didaktickou pomůckou pro biotechnickou výuku studentů. Tím by se povzbudilo myšlení zohledňující souvislosti přílehlých oborů, fantazii a kreativitu studentů.

Příkladem uplatnění bioniky ve výuce jsou práce studentů strojního inženýrství na ČVUT v Praze uvedené v obr.3 a obr.4. Tyto práce jsou výsledkem týmové práce učitelů a studentů, v nichž se optimálně spojila zkušenost učitelů s fantazií studentů.

Kreativita, společně s novými způsoby myšlení, bude v blízké budoucnosti určovat kvalifikační potenciál lidí, a to zejména v územně malých státech chudých na zdroje surovin [3]. Proto výchova k interdisciplinárnímu myšlení vyžaduje novou strategii studijních programů orientovaných na aplikaci biotechniky, která se stala výzvou soudobé polytechnické pedagogice [4].

#### Použitá literatura

- [1] Andreovský, J: Výzkum aeračního zařízení s axiálním oběžným kolem. Disertace ČVUT v Praze, Praha, 2006
- [2] Bláha, J., Brada, K.: Vollhydraulisches Aktivrueder. Ölhydraulik und Pneumatik 2, Nr.3, Vogel Verlag, Würzburg, 1968
- [3] Melichar, J., Bláha, J.: Problematika soudobé čerpací techniky - Vybrané partie. Česká technika - nakladatelství ČVUT, Praha, 2007
- [4] Hill, B.: Jiné učení v budoucnosti. High efficiency, magazin fy. Wilo, Praha, 1. srpen 2002



Obr.4 Aktivní křídlo ponorky imitující funkci rybí ploutve; podle [2]



# Nová koncepce strojů TOS KUŘIM

Ing. Jiří Michele

školicí středisko TOS KUŘIM – OS, a.s.

Člen skupiny ALTA, TOS KUŘIM - OS, a.s., je tradiční výrobce obráběcích strojů na kovy. Přináší na vyspělé trhy zkušenosti z výzkumu, vývoje, konstrukce, výroby a provozu univerzálních obráběcích center, seřizovaných a jednoúčelových strojů. Zaměřuje se na kompletní dodávky řešení obrábění pro zákazníky, na světovém trhu výrobců a dodavatelů nabízí perspektivní řešení s využitím nejmodernějších komponentů, nových technologií a progresivních nástrojů. Zajišťuje servis a služby pro zákazníky, včetně školení obsluh a provozních pracovníků, velkou pozornost věnuje investicím a vlastním zaměstnancům, jejich vzdělávání, pracovnímu prostředí, ekologii, rozvoji oboru a firmy.

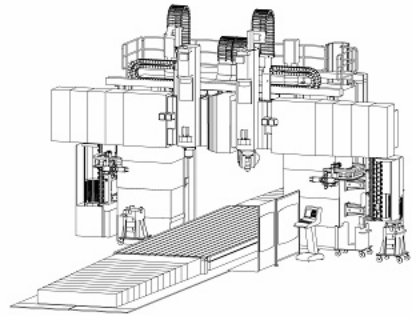
TOS KUŘIM – OS, a.s. připravuje do výroby novou koncepci obráběcích strojů, má již vyhotovené nové prototypy. Realizovaná technická řešení znamenají významný technologický předěl ve výrobním programu TOS KUŘIM.

Přicházíme na trh ze zcela novými stroji s 60 kW vřeteníkem a tedy i 60 kW vřetenovými hlavami. S vývojem výkonných vřetenových hlav se naší firmě otevřely dveře do zcela nových průmyslových odvětví. Doposud jsme například vyráběli centrum FU (Q) s maximálním výkonem na vřetenou 30 kW. V současnosti jsme prakticky schopni vyrábět FU(Q) s frézovací hlavou o max. výkonu 60kW. Silnější vřeteník rozšiřuje technologické možnosti stroje.

Rozšířili jsme řadu portálových frézek FRP, když z původní varianty FRP 30 kW je odvozena silnější varianta FRPQ 60 kW. Tzv. šedesátka (FRPQ s pohonem vřetená 60 kW) vzniká za grantové podpory ministerstva průmyslu ČR, což znamená, že celý projekt je pod přísným termínovým dohledem. V loňském roce byla dokončena konstrukční dokumentace, letos započne sériová výroba. Na první prototyp FRPQ 60 jsou již obrobeny v TOS KUŘIM první odlitky. FRPQ má pevný rám a přesuvný příčník, přičemž po příčníku jezdí saně. V základní výbavě jsou dva svislé vřeteníky. Je možná kombinace s jedním nebo

dvěma vodorovnými. Tzn., že maximální obsazení FRPQ budou čtyři vřeteníky.

Obráběcí centrum FRPQ vzniká za pomoci MPO ČR, pod programem Impuls. V loňském roce byl ukončen vývoj stroje, letos vznikají prototypy. Do doby zahájení oponentního řízení musí proběhnout také veškeré zkoušky.



Technický vývoj ve světě postupuje ještě rychleji. V dnešní době náš zákazník podle průzkumu trhu potřebuje smykadlo s cca 100 kW příkonem.. Celá stavba stroje TOS je tedy už dopředu dimenzována na skutečnost, aby zvládala 100 kW. To znamená, že TOS KUŘIM – OS, a.s. bude v průběhu dalších let nabízet centra a realizovat zakázky (nebude to jistě sériová výroba pro každý den) na stroje se dvěma bočními vřeteníky po 100 kW. Nahoře bude mít toto silné centrum hlavu pro tvarové frézování, 30 kW nebo 60 kW vřeteník. Veškeré vřeteníky budou zaměnitelné mezi všemi nabízenými stroji.

Hlavy z produkce TOS KUŘIM znamenají naše největší know-how a prakticky by jakýkoliv prodej těchto komponentů mohl rozšiřovat obchodní možnosti jiných firem a mohl by tím mít vliv na naše obchodní ztráty. I když se všichni pohybujeme ve stejné oblasti zákazníků, Německo, Rusko, Británie, Kanada, naši konkurenční výhodou je skutečnost, že máme víceosé hlavy a můžeme efektivněji obrábět prostorově (ve 3D). Prakticky tak konkurujeme výrobcům, kteří stále pracují ve třech lineálních osách spolu s jednou rotační osou realizovanou pohybem stolu. TOS KUŘIM

má dnes vyvinuté moduly, kdy tři osy jsou na vřetenu, plus další dvě osy jsou rotační. Tzn. že jde o 5osý modul, kde stojí obrobek a 5osý stroj je schopen ho opracovat.

V současné době se celá řada strojů vyrobených v TOS KUŘIM – OS, a.s. nabízí a realizuje tzv. v technologii. To znamená, že neprodáváme jen holé stroje, ale dodáváme celé výrobní technologie: tedy stroj se speciálním způsobem upnutí, se specifickým nástrojovým vybavením a SW. Je zde tedy nutná těsná spolupráce s dodavatelem nástrojů. U nástrojů vždy rozhoduje, jaké má odběratel center s dodavatelem nástrojů zkušenosti, jak je v jeho firmě zařízeno hospodaření s nářadím atd. Prakticky je celý nápor na technologii dán tím, že zákazník pro začátek nemá třeba programátory, nemá na všech postech fundované lidi. Proto si nechá udělat několik programů našimi techniky, jeden program pak společně na novém stroji odladíme a necháme naběhnout do zákaznickovy sériové výroby.

Sériové stroje jsou pro nás v současnosti velký boom. TOS KUŘIM – OS, a.s. s pouhými 18 lidmi v univerzální konstrukci dokázala rozšířit výrobní sortiment o portálky FRP, dále o portálky s pojezdovým příčnickem nebo rámem po samostatných ložích FRU, přičemž zachovala stabilní program frézek FRF. Navíc ještě vznikl program FU (Q) s hlavami o výkonu 60 kW. To znamená, že v průběhu třech let jsme vyprodukovali čtyři zcela nové typy strojů.

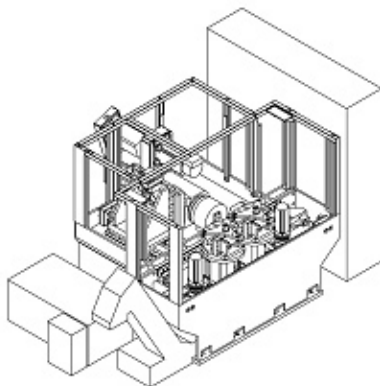
U strojů o výkonu 60 kW, tedy u řady FRP, FRU a FU, je velký podíl kustomizace. Praktic-

ky: co vyrobený kus, to zákaznické provedení. Jelikož jsou uvedené frézky schopné obrábět v 5 osách (a zákazník si u FRU nebo FU určuje, zda se bude otáčet stůl pro obrobek nebo jestli tam bude deska, příp. dva stoly), je každý vyrobený stroj postaven přesně podle konfigurace požadovaná zákazníkem. To znamená, že namísto jakési sériovosti dílů a prvků hovoříme o dědičnosti prvků. Díky uvedené dědičnosti prvků, kdy můžeme 30 kW vřeteník namontovat na 60 kW stroj nebo můžeme obráběcí hlavu z horizontálního provedení přenést na vertikální, dosahujeme výrazné optimalizace celého vlastního výrobního a montážního procesu.

Podobný princip stavby strojů můžeme nazývat zákaznickým řešením - sestavení stroje z předem připravených modulů a dílů, aniž bychom jakoukoli součást (např. lože nebo portál atd.) přizpůsobovali na míru zákazníkům.

Zcela samostatnou kapitolou ve výrobním programu naší akciové společnosti jsou technologická pracoviště využívající vysoce efektivní technologie pro velkosériovou a hromadnou výrobu známé spíše jako jednocelové stroje a pracoviště pro opracování unikátních dílů. Teritoria, referenční seznamy, nabídky, parametry obráběcích center a fotogalerii najdete na [www.tos-kurim.cz](http://www.tos-kurim.cz).

Firma TOS KUŘIM - OS, a.s. má dobré perspektivy, před sebou řadu příležitostí, ale i závazků. Nenabízí zaměstnání, hledá však odborníky, kteří budou chtít na společných firemních cílech pracovat. V TOS KUŘIM najdete příležitosti, ohodnocení a budoucnost.



## ZPRÁVY Z ČINNOSTI ASI

### Zápis z 29. zasedání Senátu Asociace strojních inženýrů, konaného 19. září 2007 v Ústavu jaderného výzkumu Řež u Prahy

#### Členové senátu přítomní:

Havelka, Bartoň Jiří, Caha, Campr, Dršťák, Chytka, Kameš, Kulovaný, Kundera (vz. Macholána), Pešlová, Pištěk, Rada, Rus, Sviták, Tengler, Vdoleček, Vejvoda, Veverková

#### Zástupci výboru ASI:

Daněk, Dvořák, Maštovský, Lacko, Řezani-  
na, Vondráček, Generální ředitel ÚJV a.s.  
Pazdera

#### Program zasedání:

1. Představení ústavu – GR Ing. František Pazdera, CSc.
2. Exkurze do laboratoří a na experimentální reaktor LVR – 15
3. Oběd (hotel Vltava)
4. Jednání senátu v konferenčním sálu hotelu

#### Představení ústavu:

Ing. Pazdera seznámil přítomné v konferenčním centru ústavu s historií ÚJV, s činností jeho 5 divizí, s mezinárodními styky ústavu i s výhledem energetiky u nás a ve světě. Divize ÚJV: Jaderná bezpečnost a energetika, Integrita a technický inženýring, Energoprojekt Praha, Reaktorové služby a Radiofarmaka. Přednášky se zúčastnil i vedoucí vědecký pracovník ÚJV prof. Ing. František Klik, CSc.

#### Jednání senátu:

V odpoledních hodinách zahájil a řídil jeho předseda Ing. Jan Havelka. Úvodní slovo k činnosti ASI a senátu přednesl tajemník výboru ASI Ing. Václav Daněk, CSc. Připomněl dopis senátorům z vedení ASI a Senátu, kterým byl nastolen hlavní program jednání – nedostatek kvalifikovaných odborníků ve strojírenství a možnosti jejich přípravy. Na dopis odpovědělo minimum senátorů. Informace o spolupráci ASI s výrobcí obráběcích strojů – zapojení ASI do Svazu strojírenské

technologie a o připravovaném vzniku České národní technologické platformy strojírenství, navazující na dokumenty Evropské komise. Této aktivity se ASI chce rovněž zúčastnit. Dále zdůraznil důležitost prezentace a vyznamenávání techniků v celostátní soutěži Česká hlava. ASI se připojila k návrhu na člena ASI prof. Ing. Stanislava Holého. Další možnost prezentace – Asociace inovačního podnikání (v níž jsme členy), organizuje každoroční soutěž o nové výrobky – Cena inovace roku. Možnost přihlášek do 30.10. (viz [www.aip.cz](http://www.aip.cz)). Ing. Daněk také připomněl, jak je důležité získávat mládež pro technické obory, a to, že ministerstvo školství by mělo podporovat studium na technických školách. Připomněl zasedání Svazu průmyslu 1.10. na veletrhu v Brně, kde by strojaři měli vystoupit se svými podněty.

#### Diskuze :

- Ing. Kulovaný: situace na trhu práce je špatná, trvá nedostatek pracovníků manuálních i technických – konstruktérů, technologů, vývojářů, manažerů. Pro rychlé řešení je třeba dovést pracovní síly z ciziny a urychlit vydávání pracovních povolení. Nové požadavky na inženýry: znalost výpočetní techniky + znalost evropského jazyka + špičková odbornost.
- Prof. Pešlová: na vysokých školách je malý zájem o vlastní strojařské obory, studenti přecházející z bakalářského studia na magisterské upřednostňují obor životní prostředí, nabídky strojařům absolventům jsou podstatně nižší, než ekonomům. VŠ nemají prostředky na vybavení laboratoří, ohrožuje to kvalitu výroby.
- Prof. Caha: noví absolventi nemají praxi, která dříve na VŠ byla, u mladých lidí dochází k odklonu zájmu od technické práce a od manuální práce.
- Prof. Rus: Firmy musí přijít na školu za studentem, -dotovat programy, nabídnout stipendia a slušný plat, ukázat výhodnost strojařiny.
- Ing. Daněk: některé firmy získávají studenty hned po absolvování, nebo i během studia; ale jsou to většinou cizí firmy.

- Ing. Vdoleček: humanitní obory mají lepší ohodnocení, nabízejí studentům dvojnásobné platy než má učitel na technice, VŠ chybí laboratorní vybavení
- Ing. Chytka: pokles zájmu mladých lidí o techniku je chybou celé společnosti, na Mostecku se zrušila PŠ strojní; chybí technologové.
- Ing. Daněk: školská komise SP řeší problém VŠ, ukazuje se, že nejméně nezaměstnaných vysokoškoláků je mezi strojaři a elektrikáři.
- Ing. Veverková: chybí větší propagace strojařiny, ve Švýcarsku mají pro mládež technický park – technorama, dnešním studentům chybí praxe, nedostatečná motivace, třeba nastavit podmínky.
- Ing. Dvořák: příklad výchovy dětí v USA – národní hrdost + odpovědnost vůči společnosti.
- Ing. Bartoň: ASI by měla lobovat za zájem strojařů, i na MŠ, MPO, pracovat v příslušných komisích.
- Prof. Pištěk: senát by měl zpracovat memorandum – upozornění na situaci, přes ASI na MŠ, MPO aj.
- Ing. Havelka: závěry z diskuze – dočasné řešení nedostatku pracovníků – dovoz, více zelených karet, - hledat cesty, jak probudit v mladých lidech zájem o techniku.
- Ing. Maštovský: prof. Holý s ASI organizuje v září r. 2008 v Českých Budějovicích 25. mezinárodní konferenci Danubia – Adria, Experimentální mechanika tuhé fáze a tekutin. Lze již zasílat příspěvky.
- Ing. Daněk: Klub ASI Pardubice pořádá technickou konferenci Techmat v Pardubicích 15.11.2007.
- Ing. Vondráček: ASI má od letoška vlastní webové stránky na adrese [www.asicr.cz](http://www.asicr.cz). Budou tam publikovány i zápisy ze Senátu a pozvánky na konferenci a další zasedání.

#### **Závěr:**

V závěru jednání bylo přijato usnesení (viz samostatný dokument) a navržen termín příštího zasedání senátu 23. dubna 2008 v Brně.

*V Praze dne 19.9.2007  
Zapsal: Vondráček*

## **Usnesení z 29. zasedání senátu ASI, konaného 19. září 2007 v Ústavu jaderného výzkumu Rež u Prahy**

1. Senát, jako poradní orgán ASI, doporučuje vedení Asociace strojních inženýrů, aby o nedobré situaci v přípravě zabezpečování a výchově odborníků pro strojírenství informoval formou dopisu – memoranda příslušné státní orgány – ministerstva aj. Doporučuje svým členům, aby k tomuto problému poskytli vedení ASI své poznatky a názory. Termín: 30.10.2007
2. Senát doporučuje vedení ASI, aby upozornilo státní orgány na nutnost urychlit souhlas k dovozu chybějících odborníků a dalších pracovníků ze zahraničí.

*V Praze dne 19.9.2007*

*Ing. Jan Havelka*

*Předseda senátu ASI*

## **Konference Parní turbíny a jiné turbostroje 2007**

Klub ASI-Turbostroje-Plzeň uspořádal ve spolupráci se ŠKODA POWER a.s. a Západočeskou univerzitou v Plzni 6.-7. září 2007 v přednáškovém sále Západočeského muzea konferenci „Parní turbíny a jiné turbostroje 2007“.

Cílem konference bylo ukázat a prodiskutovat poslední výsledky řešení aktuálních problémů parních turbín a jiných turbostrojů v České republice. Konference se zúčastnili odborníci z výzkumných pracovišť, z vysokých škol, z výrobních závodů a z energetických provozů.

K prezentaci byly přijaty příspěvky, týkající se následujících tématických okruhů zaměřených na parní turbíny a jiné turbostroje:

1. koncepce parních turbín a jiných turbostrojů a jejich aplikace
2. aerodynamika a termodynamika
3. provoz a spolehlivost
4. výsledky výzkumných úkolů financovaných z grantů MPO:
  - „Parní turbína s vysokou účinností“
  - „Parní turbína pro energetické bloky s vysokými parametry páry“

## 5. vibrace a dynamická namáhání.

Konference proběhla jako dvoudenní v šesti zasedáních. První dvě zasedání byla vedena v anglickém jazyce, ostatní v češtině. Konferenci zahájil předseda klubu Prof. Miroslav Šťastný. Prof. Dieter Bohn z RWTH univerzity v Aachen-Německo pak v první pozvané přednášce seznámil přítomné s projektem nových technologií pro parní a spalovací turbíny určené pro budoucí generaci elektráren.

Semináře se zúčastnilo 73 účastníků, kteří přednesli a prodiskutovali 24 odborných příspěvků na různá témata, jako aerodynamika posledních stupňů parních turbín a optimalizace turbínových stupňů. Zajímavé příspěvky o optimalizaci turbínových stupňů přednesli zástupci společností Numeca-Německo, PCA Engineers-Velká Británie a TechSoft Engineering-Praha. Byly publikovány poznatky z ekologické modernizace spalovacích turbín, z konstrukce významných částí turbín, současné aplikace a moderní přístupy zvyšování účinnosti parních turbín apod. Samostatná pozornost byla věnována problematice dynamiky rotorů, lopatek, disků a jejich vzájemné vazbě, jakož i ventilům pro parní turbíny.

Autoři českých příspěvků byli z ČVUT Praha, ZČU Plzeň, VÚT Brno, ÚT AVČR Praha, VAMET Praha, TechSoft Engineering Praha, EKOL Brno, Siemens Brno a několik příspěvků prezentovala ŠKODA POWER Plzeň.

Témata příspěvků vyvolala věcné diskuse a účastníci semináře navázali užitečné osobní kontakty. Konferenci zakončil ředitel pro rozvoj ŠKODA POWER Ing. Karel Duchek.

Referáty byly publikovány ve sborníku a na CD. CD je možné ještě získat prostřednictvím sekretariátu semináře (e-mail: [jaroslav.synac@skoda.cz](mailto:jaroslav.synac@skoda.cz)). Fotografie ze semináře najdete na stránkách Bulletinu.

Další ročník semináře „Parní turbíny a jiné turbostroje 2008“ chceme uspořádat zase v září příštího roku. Informace budou k dispozici na adrese: [www.asi-turbostroje.cz](http://www.asi-turbostroje.cz).

výbor klubu  
ASI-Turbostroje-Plzeň

## Profesor Ing. Stanislav Holý - mezinárodní ocenění, je i oceněním asociace



Mezi osmi významnými pracovníky v oblasti experimentální mechaniky, kteří v červenci v řecké Alexandropoli obdrželi zvláštní uznání EURASEM (European Association of Experimental Mechanics), byl i profesor Stanislav Holý z Fakulty strojní ČVUT v Praze. Významné ocenění mu bylo předáno v průběhu International Conference on Experimental Mechanics ICEM 13, které se zúčastnilo více než 250 odborníků z celého světa.

Z přehledu jmen (viz tabulka) je zřejmé, že prakticky všichni ocenění měli či mají určitý vztah k naší zemi i samotnému ČVUT. Většina z nich se opakovaně účastnila – počínaje rokem 1965 až do dneška – řady národních a mezinárodních konferencí pořádaných pod hlavičkou ČVUT či některé jeho části. Ocenění prof. Holého z Fakulty strojní, stejně jako kontakty s pracovišti ČVUT v oblasti experimentální mechaniky svědčí o vysokém renomé naší Alma mater.

Mezinárodní konference ICEM, věnované experimentální mechanice, se pořádají již od roku 1959 zpravidla každé čtyři roky v různých evropských městech. ICEM 14 se bude konat v červenci 2010 ve francouzském Poitiers.

Award of Merit for his outstanding contribution to the field of experimental mechanics and for his work devoted to the advancement of the European Association for Experimental Mechanics obdrželi:

- Prof. Hillar Aben, Tallin University of Technology, Estonsko
- Prof. Alessandro Freddi, University of Bologna, Itálie

- Prof. Stanislav Holý, ČVUT, Fakulta strojní, Praha
- Prof. Karl-Hans Laermann, Bergische Universität, Německo
- Prof. Carmine Pappalettere, Politecnico di Bari, Itálie
- Prof. Peter Stanley, University of Manchester, Anglie

Robert Hooke award for outstanding achievement in experimental mechanics obdržela:

- Prof. Janice Dulieu-Barton, University of Southampton, Anglie

Pericles Theocaris award for outstanding achievement in optical methods obdržel:

- Prof. Pierre Jacquot, Swiss Federal Institute of Technology Lausanne, Švýcarsko

*(Přetištěno z časopisu Pražská technika.)*

## SPOLEČENSKÁ KRONIKA ČLENŮ ASI

### 80 let Doc.Ing. Ferdinanda Neckáře, CSc.

24.8. oslavil Doc.Ing. Ferdinand Neckář, CSc., člen výboru ASI, významné životní jubileum – 80 let.

Po celou dobu svého působení na Strojní fakultě ČVUT, na kterou nastoupil v roce 1949, se věnoval studiu a prosazování progresivních technologických metod, zejména technologii obrábění v našem průmyslu. Zpočátku jako výzkumný pracovník ve Vědecko-výzkumné laboratoři obrábění a dílenského měření, později jako vedoucí tohoto pracoviště pracoval i v odborných komisích, které přesahovaly rámec fakulty.

Stal se členem redakční rady časopisů „Strojírenství“, a „Brusivo a broušení“ a členem a předsedou komisí ve „Státním zkušebním ústavu“ v Jablonci nad Nisou, členem podnikové rady v podniku „Karborundum“ v Benátkách nad Jizerou.

Pravidelně se zúčastňoval celostátních a mezinárodních odborných konferencí, kde měl vždy referát o výsledcích výzkumné činnosti své a svých spolupracovníků a na řadě z nich se podílel jako spoluorganizátor.

Je spoluautorem celostátní učebnice „Technologie obrábění a montáže“ a Technického průvodce „Obrábění“. Výsledky výzkumné činnosti uvedl v několika desítkách výzkumných zpráv a publikoval je v řadě sborníků z vědeckých konferencí.

V oblasti pedagogické činnosti přednášel „Vybrané statě z teorie úběru“ pro specializaci „Strojírenská technologie“, z této problematiky byla vydána skripta. Do této oblasti patří jeho

činnost v komisích pro obhajoby diplomových, kandidátských a habilitačních prací, kterou vykonával na strojních fakultách v Čechách i na Slovensku.

V roce 1964 podal habilitační práci „Zbytková pnutí a jejich vliv na kontaktní únavu“ a téhož roku byl jmenován docentem.

Rozsáhlá byla jeho spolupráce s průmyslem, např.: s ČKD, podniky leteckého průmyslu (Motorlet, Let Kunovice, LOM) a s výzkumnými ústavy jako SVÚM Praha, VUVL Brno, VÚOSO Praha a řadou dalších. S využitím svých kontaktů dokázal ustavit neformální pracovní týmy, složené z vývojových pracovníků těchto organizací, absolventů fakulty strojní, které se významným způsobem podílely na úspěšném řešení výrobně technologických problémů řady exportních zakázek našeho průmyslu v oblasti letecké techniky a kosmického výzkumu.

Podle požadavků průmyslu se věnoval zejména problematice:

- broušení
- vlivu technologických procesů na kvalitu povrchové vrstvy
- zbytkových pnutí v povrchové vrstvě obrobenech ploch (vyvinul původní metodiku měření zbytkových pnutí v povrchové vrstvě součástí a navrhl nový způsob zjišťování kontaktní únavy součástí)
- obrobitelnosti těžko obrobitelných materiálů (žárupevné materiály a korozivzdorné oceli na výrobu lopatek spalovacích turbin a turbokompresorů).

V těchto oborech se stal uznávaným odborníkem Při řešení těchto odborných problémů

vznikaly některé originální výsledky, z nichž pět bylo patentováno. Za nejvýznamnější je považováno využití návrhu zařízení a způsob měření zbytkových napětí v povrchové vrstvě obrobků.

Doc. Neckář je nositelem mnoha čestných uznání, pamětních medailí strojních fakult, výzkumných ústavů a některých našich předních závodů. Lze uvést bronzovou a stříbrnou Felberovu medaili, pamětní Hasovu medaili, medaili prof. Hýbla, prof. Rysky. Čestných uznání se mu dostalo např. Od: ČKD, VÚVL, SVÚM, některých strojních fakult v Čechách i na Slovensku, Naposled (v roce 2004) byl za významné zásluhy pro rozvoj FS ČVUT poctěn Medailí FS ČVUT.

V listopadu 1989 byl spoluzakladatelem OF na fakultě a jedním z jeho mluvčích. Byl zvolen do Akademických senátů FS a ČVUT, kde byly oceňovány jeho aktivity. Byl v té době rovněž jmenován členem Vědecké rady fakulty strojní TU Liberec, na základě jejího návrhu byl ustanoven členem Akreditační komise MŠMTV, hodnotící úroveň a perspektivy všech strojních fakult v ČR.

Do důchodu odcházel v roce 1994 jako vedoucí vědecký pracovník a už jako důchodce se podílel v roce 1998 na založení Klubu seniorů FS a dosud je jeho předsedou.

Výbor ASI (MAP) přeje doc. Neckářovi do dalších let hodně zdraví a těší se na další aktivity s ním.

### **Šedesátiny Doc. Ing. Václava Cyruse, DrSc.**

Náš jubilant nám svojí angažovaností pořád připomíná, že máme stále ještě schopné lidi, ochotné pracovat jak pro rozvoj samotných inženýrských věd, tak i pro výuku inženýrských kádru, nebo v profesních organizacích pro zvýšení prestiže inženýrského stavu. Za toto optimistické zjištění jsme mu upřímně vděční. Pro něj osobně neznamena šedesátka žádný mezník, pro nás ostatní je však dobrou příležitostí k tomu, abychom si připomenuli, co všechno dokázal.

Václav Cyrus se narodil 11.9.1947 v Nymburce. V roce 1971 ukončil s vyznamenáním studium na Fakultě strojní ČVUT v Praze a nastoupil do odboru Mechanika tekutin tehdejšího Státního výzkumného ústavu pro

stavbu strojů (SVÚSS) v Praze-Běchovicích, kde se v roce 1987 stal vedoucím oddělení „Turbokompresory a ventilátory“, v roce 1990 pak zástupcem vedoucího odboru „Mechanika tekutin“. Zabýval se vnitřní aerodynamikou, především teoretickým i experimentálním výzkumem osových kompresorů, většinou pro potřeby závodu ČKD Kompresory. Výsledky jeho systematických původních prací v tomto oboru byly natolik významné, že se staly předmětem jak jeho kandidátské práce (obhájené v roce 1980), tak i práce doktorské (obhájené v roce 1990 s názvem „Třírozměrné proudění v osovém kompresoru a jeho modelování při stanovení aerodynamických charakteristik“).

Po rozpadu SVÚSS, v roce 1995, založil se svými spolupracovníky inženýrskou firmu AHT Energetika s.r.o., kde pracuje jako jednatel. I tady pokračuje v aplikovaném výzkumu aerodynamiky lopatkových strojů pro potřeby českých strojírenských podniků. V poslední době se věnuje především problematice aerodynamického návrhu osových i radiálních ventilátorů s progresivními parametry pro energetiku, větrání dopravních tunelů a aerodynamické tunely automobilek na základě hospodářských smluv se ZVVZ Milevsko. Návrhy ověřuje se svými kolegy na modelových experimentálních zařízeních v laboratořích v Běchovicích a na zkušebně Milevsku. Desítky navržených ventilátorů, jež byly vyrobeny v ZVVZ, pracují na elektrárnách a v tunelech doma i v zahraničí. Kromě hlavního oboru je ještě aktivní i v oblasti chlazení spalovacích motorů pro podnik Škoda Auto a.s. Rovněž se věnuje řešení různých provozních problémů v uhelných elektrárnách. Také se zabývá řešením havárií ventilátorů a poškození lopatek kompresoru spalovací turbíny v důsledku nestacionárního proudění. Získal několik grantů GAČR a MPO, v rámci nichž se zabývá vědeckým řešením problémů vnitřní aerodynamiky lopatkových strojů.

Václav Cyrus je autorem a spoluautorem cca 150 výzkumných zpráv a 60 článků publikovaných v různých prestižních časopisech (např. TASME) a sbornících. Nejdůležitější výsledky své vědecké práce prezentoval zejména na konferencích a kongresech americké společnosti strojních inženýrů ASME. Jedná se o 14 publikací. Některé práce zabývající

se provozem turbostrojů byly uveřejněny na konferencích britských (IME) a německých (VDI) inženýrů. V americké a německé literatuře lze nalézt několik desítek odkazů na jeho práce. Je autorem monografie věnované sekundárnímu proudění v axiálních kompresorech. Externě přednáší na ČVUT v Praze, kde se v roce 2006 habilitoval, a kde vedl a vede i několik doktorandů. Zde je členem komisí pro obhajoby doktorských disertačních prací a v oborové radě. Řadu let pracoval v komisích České grantové agentury (GAČR). V letech 1991 až 1998 byl dopisujícím členem Evropské společnosti pro proudění, turbulenci a spalování (ERCOFTAC). Je členem výboru Asociace strojních inženýrů, kde se angažuje nejen v organizaci odborných seminářů, ale i jako člen redakční rady Bulletinu ASI.

Václav Cyrus má i doma své pokračovatele, jeho oba synové pokračují v rodinné tradici jako inženýři.

Koníčkem jubilantovým je chalupaření, turistika a studium historické literatury. My všichni mu přejeme, aby si toho i při svém ohromném pracovním nasazení dokázal ve zdraví a dobré pohodě pěkně užít. A protože si vážíme výsledků jeho práce i přátelské spolupráce doufáme, že se z ní budeme společně těšit ještě po mnoho dalších let.

*Výbor Asociace strojních inženýrů*

## **Životní jubileum Ing. Františka Vdolečka, CSc. (50)**



V roce 2007 oslavil své padesáté narozeniny jeden ze zakládajících členů brněnského klubu a jeho dlouholetý pokladník – Ing. František Vdoleček, CSc. Narodil se 22. března 1957 v Kroměříži. Aktivně se podílí na činnosti brněnského klubu a po celou dobu jeho existence je nejen členem jeho výboru, ale rovněž zástupcem brněnského klubu ve výboru celorepublikovém.

Ing. Vdoleček je absolventem Fakulty strojní VUT v Brně v oboru přístrojová, regulační a automatizační technika, interní aspiranturu absolvoval rovněž na této fakultě v oboru strojírenská technologie. Většina jeho odborného působení je spjata s Fakultou strojního inženýrství (dříve strojní) VUT v Brně, kde působí od roku 1986 jako odborný asistent. V současné době je již řadu let také tajemníkem Ústavu automatizace a informatiky. Na tomto pracovišti garantuje výuku předmětů: Automatická diagnostika, Měřicí technika, Spolehlivost a diagnostika, Technická měření, Základy teorie měření..

Ve své pedagogické, vědecké i odborné činnosti se věnuje rovněž především následujícím oblastem:

- obecná metrologie,
- technická měření,
- chyby a nejistoty měření,
- technická diagnostika.

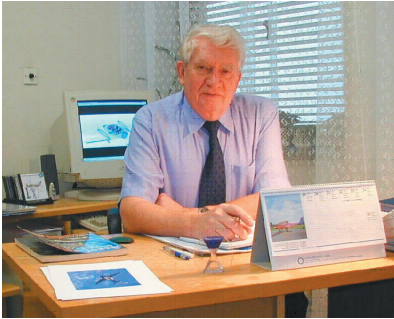
Kromě své aktivní činnosti v naší Asociaci strojních inženýrů je dále členem:

- Asociace technických diagnostiků, ČR,
- Českomoravské společnosti pro automatizaci,
- České metrologické společnosti,
- Českého národního komitétu IMEKO,
- České matice technické.

Výbor klubu A.S.I. Brno i celorepublikový výbor mu k jeho významnému životnímu jubileu přejí i jménem všech členů A.S.I. do mnoha dalších let pevně zdraví hodně elánu a úspěchů v tvůrčí práci i osobním životě.



## Prof. Píštěk má sedmdesátiny



Řekne-li se prof. Píštěk, vybaví se většině pedagogů, studentů i zaměstnanců leteckého průmyslu člověk plný nápadů a energie spojený snad nejvíce s letounem VUT 100. Ale není to jen známá Cobra, ale i celá řada letadel, která nesou rukopis tohoto šéfkonstruktéra, pedagoga a ředitele Leteckého ústavu, který již 15 let předává své znalosti a zkušenosti studentům Vysokého učení technického v Brně.

Dne 1.6.2007 se pan prof. Ing. Antonín Píštěk, CSc. dožil při plném pracovním nasazení rovných sedmdesáti let. Proto si dovoluujeme popřát mu k tomuto životnímu jubileu stále mnoho sil a životního elánu.

Životní dráha pana profesora spojená s letectvím začala absolvováním Střední průmyslové školy strojnické se zaměřením na letectví v Uherském Hradišti (1957) a následným dálkovým vysokoškolským vzděláním na Vojenské akademii Brno v oboru stavba letadel. Od roku 1957 byl Prof. Píštěk zaměstnancem LETu Kunovice v oddělení pevnostních výpočtů, kde se mimo jiné podílel na vzniku významných letounů jako L-200 Morava, Z-37 Čmelák a L-410. Postupně díky svým znalostem a zkušenostem se stal vedoucím oddělení a nakonec i hlavním konstruktérem letounu L-610 (1990). Pro svůj zájem o vše nové se významně zapojil do rozvoje numerických metod v podniku, absolvoval postgraduální studium „Numerické metody a programování“ na VUT Brno a na Vojenské akademii externí aspiranturu na téma „Optimalizace leteckých konstrukcí s využitím MKP“ (1981). Od roku

1991 pracoval jako vedoucí projekce letadel v Moravanu a.s, ale již v roce 1991 habilitoval na FS VUT v Brně a v roce 1992 se stává vedoucím tehdejší katedry letadel na FS VUT v Brně.

Tímto krokem začala pedagogická dráha života pana profesora, ale nejenom ona. Vývoj v letectví v polistopadové době umožnil realizovat myšlenky pana profesora v dalších velmi významných projektech. Nejprve se jednalo o tehdy nadčasový ultralehký letoun KP- 2 U Sova (1995), následně VUT 100 Cobra (2000 – 2006) a nyní již běží vývoj dalšího letounu VUT 001 Marabu.

Schopnosti pana profesora mu umožnily stát se členem Advisory Group pro letectví v 6RP při Evropské komisi a mnoho dalších významných národních i mezinárodních funkcí. Mezinárodní renomé pak napomohlo při zapojení Leteckého ústavu do mnoha zahraničních projektů, v některých ve velmi významných pozicích. Jako příklad lze uvést projekt ENFICA-FC, zaměřený na užití palivových článků pro pohon letadel.

Profesor Píštěk je jedním ze zakládajících členů Asociace strojních inženýrů, od jejího počátku v roce 1991 se aktivně zapojil především do činnosti brněnského klubu a je rovněž dlouhodobým aktivním členem poradního orgánu A.S.I. – senátu.

Přejeme Vám tedy pane profesore, mnoho životního temperamentu, zdraví a tvůrčích úspěchů do dalších let.

*Za kolektiv LÚ FSI VUT i brněnského klubu A.S.I. doc. Juračka*

**ASI - Asociace strojních inženýrů**  
**Senior-klub Strojní fakulty ČVUT**

Vážená kolegyně, vážený kolego,

zveme Vás na technické úterky v letním semestru 2007/2008, které zajišťují obě naše organizace společně. Všechny přednášky jsou volně přístupné bez vstupného a konají se

**vždy první úterý v měsíci (jindy jen vyjimečně) v 15 hodin v kongresovém sále Strojní fakulty ČVUT**

podle tohoto rozvrhu:

1. 5.2.08 Ing. Václav Cyrus, DrSc., Moderní ventilátory
2. 4.3.08 Ing. Jaroslav Červený, Střední odborné školy strojnické, výuka a praxe
3. 1.4.08 Ing. František Hezoučký, MBA, Jaderné elektrárny ve Finsku
4. 6.5.08 Ing. Olga Ubrá, DrSc., Jaderné reaktory 4. generace
5. 3.6.08 Prof. Ivan Uhlíř, Náhradní energetické zdroje

S pozdravem

Doc. Ing. Daniel Hanus, CSc, Eur.Ing.  
předseda výboru ASI

Doc.Ing. Ferdinand Neckář, CSc.  
předseda S-klubu

14.11.2007

# RECENZE

## Problematika soudobé čerpací techniky. Vybrané partie.

Prof. Ing. Jan Melichar, CSc.

Prof. Ing. Jaroslav Bláha, DrSc.

Publikace je koncipována jako nástavbová vysokoškolská učebnice určená zejména studentům magisterského a doktorského studijního programu strojních fakult. Obsah navazuje na předchozí titul autorů “Hydraulické stroje, konstrukce a provoz” (Vydavatelství ČVUT, Praha, 2002). Způsob podání látky v jednotlivých partiích pak do jisté míry předpokládá znalost základů oboru čerpací techniky a hydraulických strojů. Učebnice tak může být využívána i na doplnění a rozšíření znalostí v rámci odborných kurzů celoživotního vzdělávání. V publikaci je výběr aktuální problematiky z oboru čerpací techniky volený tak, aby učebnice byla pomůckou nejen ve výuce, ale i průvodcem technikům a inženýrům, kteří projektují nebo provozují strojní zařízení obsahující čerpadla. Autoři díky své dlouholeté pedagogické činnosti a spolupráci s průmyslem zvolili osvědčený způsob zpracování. Výklad problémů je vhodně doplněn ukázkovými příklady.

Knih je rozčleněna do šestnácti relativně samostatných kapitol. V úvodních kapitolách je zařazeno pojednání o úloze strojního inženýra a metodách práce užívaných v technické tvorbě v oboru čerpací techniky. Důvodem zařazení těchto statí je zkušenost, že některá hlediska mezilidských vztahů ve vazbě na technickou tvorbu nebývají ve výuce strojních inženýrů příliš zdůrazňována, přestože jsou pro začínající techniky významná.

Problematika provozu čerpacích zařízení, navazující na kapitolu o charakteristikách čerpacího systému, obsahuje spouštění čerpacích agregátů a jejich soudobého řízení v různých pracovních podmínkách. Následuje úvod do hydrodynamické podobnosti hydraulických strojů, problematiky zkoušení čerpadel a potrubních armatur a principu typizace čerpadel. Dále je pojednána problematika tvarování a členění lopatkových mříží hydrodynamických čerpadel, zohledňující vliv Coriolisovy síly a fyzikálně chemických vlastností čerpaného média. Z hledisek projekčně-konstrukčních jsou pojednány důležité otázky kavitačního ohrožení čerpadla a hydrodynamického rázu v čerpacím systému.

Odborná veřejnost rovněž ocení podrobněji zpracované metody přepočtu parametrů čerpadel pro dopravu kapalin o vyšší viskozitě a čerpadel dopravujících heterogenní suspenze.

Následně jsou zmíněny možnosti a specifika perspektivních aplikací nekovových materiálů při návrzích potrubních řadů, podrobněji je rozvedena problematika použití potrubních plastů.

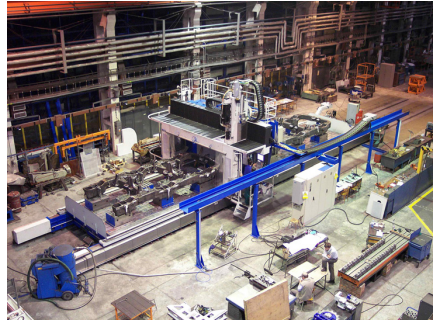
Vzhledem k nutnosti častějšího odčerpávání vody ze zaplaveného území je zařazena kapitola o sacích jímkách čerpacích stanic.

V závěru publikace uvedený výčet typických závad, vznikajících při projekci, montáži a provozu čerpacích zařízení, má upozornit na možné příčiny poruch. Je zdůrazněn též význam monitorování provozu čerpacích zařízení.

Kladem publikace je bohatý seznam s látkou související literatury a řada příloh, které vhodně danou problematiku doplňují.

V současnosti se projevuje naléhavá potřeba publikace tohoto druhu, která je využitelná nejen ve výuce, ale i v praxi konstrukce a projektování zařízení čerpací techniky. Díky komplexnímu pojetí problematiky vybraných oblastí širokého oboru čerpací techniky poskytované informace přispívají ke zvýšení efektivnosti návrhu a provozu zařízení čerpací techniky pro konkrétní průmyslové aplikace.

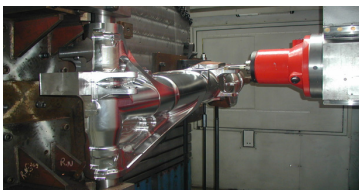
Doc. Ing. Vladimír Havlík, CSc.  
Hydroprojekt CZ, a.s.



**TOS KUŘIM - OS, a.s.**, je tradiční výrobce obráběcích strojů. Na vyspělé trhy přináší zkušenosti z výzkumu, vývoje, konstrukce, výroby a provozu univerzálních obráběcích center, seřizovaných a jednocelových strojů. Zaměřuje se na kompletní dodávky řešení obrábění pro zákazníky, na světovém trhu výrobců a dodavatelů nabízí perspektivní řešení s využitím nejmodernějších komponentů, nových technologií a progresivních nástrojů. Zajišťuje servis a služby pro zákazníky, včetně školení obsluh a provozních pracovníků, velkou pozornost věnuje kromě rozvoje oboru a firmy, vlastním zaměstnancům, jejich vzdělávání a pracovnímu prostředí.

**TOS KUŘIM – OS, a.s.** realizoval vzdělávací aktivity zaměřené na specifické výrobky firmy, projekt **PROFESE**. Zařazeno bylo 152 celkem pracovníků, odučeno 1126 výukových hodin. Celkové náklady na projekt dosáhly 3,4 mil. Kč.

**TENTO PROJEKT JE SPOLUFINANCOVÁN EVROPSKÝM SOCIÁLNÍM FONDEM A STÁTNÍM ROZPOČTEM ČR PROSTŘEDNICTVÍM MINISTERSTVA PRŮMYSLU A OBCHODU**



**TOS KUŘIM**

Člen skupiny ALTA