

TECHNICALL®

ČTVRTLETNÍK ČESKÉHO VYSOKÉHO UČENÍ TECHNICKÉHO V PRAZE III 2015



TÉMA: JADERNÉ INŽENÝRSTVÍ

800 521 521
www.kb.cz



**REALIZUJTE
SVOJE VIZE**

**HLEDÁME ŠIKOVNÉ
ABSOLVENTY PRO
NAŠE IT ODDĚLENÍ**

NA PARTNERSTVÍ ZÁLEŽÍ



Komerční banka hledá pro své IT oddělení šikovné studenty a absolventy s kreativním myšlením a vlastním názorem. Hledáme IT analytiky, .NET developery, JAVA developery a Data analytiky. Pro více informací neváhejte navštívit naše stránky www.kb.cz – sekci Kariéra.

prof. Ing. PETR KONVALINKA, CSc.
petr.konvalinka@cvut.cz



Vážené čtenářky, vážení čtenáři,

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská si připomíná 60 let od svého vzniku. Již dávno o ní nelze hovořit jako o nové fakultě, i když v porovnání s více než 300 let trvající historií Českého vysokého učení technického v Praze, jehož je vynikající součástí, se to může takto zdát. FJFI se velmi rychle začlenila

do svazku fakult a svými vzdělávacími a hlavně vědeckými kvalitami získala prestiž a renomé nejen v rámci univerzity a ČR, ale také v mezinárodním měřítku. Účast FJFI na mezinárodním výzkumu je významná. Nelze nevzpomenout zapojení do elitních týmů v rámci CERNu, amerického FERMILABu a dalších významných aktivit. Je to fakulta, která vlastní ojedinělé zařízení, které jí dodává na výjimečnosti – školní jaderný reaktor. A také ten fúzní.

Na FJFI působí celá řada vynikajících odborníků. Fakulta se může pyšnit mnoha skvělými absolventy, kteří působí v důležitých pozicích českého průmyslu, zejména energetického.

Články v tomto čísle časopisu, které je zaměřeno především na aktivity FJFI, dokladují úroveň fakulty a představují výsledky, kterými se můžeme pyšnit všichni, kteří pod značkou ČVUT v Praze působíme.

Přeji Fakultě jaderná a fyzikálně inženýrská do budoucnosti mnoho úspěchů ve všech oblastech činnosti, hodně výtečných studentů, ještě více excelentních výsledků a nejvíce kolegiální, přátelské a vldné prostředí, ve kterém se bude všem pracovníkům dobře pracovat a studentům výborně studovat. Hodně štěstí!

Petr Konvalinka, rektor ČVUT v Praze

P. S. Velmi děkuji všem přispěvatelům tohoto vydání TecniCallu za úsilí, které věnovali tomu, aby bylo prezentováno to nejlepší. Kolektivu pracovníků, kteří se na realizaci tohoto čísla podíleli, vedenému PhDr. Vladkou Kučerovou a Mgr. Andreou Vondrákovou, moc děkuji za skvěle odvedenou práci.

Obsah

- > AIR House
- > Chytrá lavička
- > ČVUT na Mezinárodním strojírenském veletrhu
- > FOR ARCH 2015
- > IT holky
- > Vyšla kniha Masters of Innovation
- > „Diagramování“
- > Akustická zahrada a poušť /
Architektonický výzkum zvukového prostředí
- > Krásné (užitečné) sklo
- > Tvarovače signálu / Netradiční algoritmy
pro polohování flexibilních mechanických soustav
- > Síťová excelence
- > Slovo inženýr v sobě skrývá vynalézavost –
sílu myšlenky
- > Terapie onkologických onemocnění
- > Urychlování iontů laserem
- > Foton v roli časové značky /
Unikátní detektory „slouží“ na družicích
- > Sto tisíc datových kanálů / Experiment COMPASS

- 2 > Co je uvnitř? / Rentgenová fluorescenční analýza 19
- 2 > Rentgenové paprsky /
Využití ve fyzikálním a materiálovém inženýrství 20
- 3 > Iontové kapaliny / Nové trendy v dekontaminaci? 21
- 3 > AdMat / Multidisciplinární výzkumné centrum
moderních materiálů 22
- 4 > Progresivní detekční systémy 23
- 5 > Jak jsme na tom s radiací? /
Spektrometrie záření gama 24
- 6 > Svět mainframe / Spolupráce s CA Technologies 26
- 7 > Analýzy únavových poruch 27
- 8 > Interakce světla / Fotonické a plazmonické
(nano)struktury 28
- 10 > Termojaderná fúze 29
- 12 > Modernizace jádra / Vývoj neutronové instrumentace
pro výzkumné reaktory 30
- 14 > Když se podívám na jadernou elektrárnu,
vidím beton 32
- 16 > Hybridní solární kolektor 34
- 17 > Zaostřeno na odpor 36



TecniCall 3/2015

Časopis pro spolupráci vědy a praxe

Vydavatel:
Rektorát ČVUT
Žitná 4, 166 36 Praha 6
IČ: 68407700
www.tecnicall.cz / tecnicall@cvut.cz

Vydání: podzim 2015

Periodicita: čtvrtletník
Náklad: 6 000 ks / cena: zdarma
Evidenční číslo: MK ČR E 17564
ISSN 1805-1030

Šéfredaktorka
Mgr. Andrea Vondráková

Editorka
PhDr. Vladimíra Kučerová

Spolupracovníci z ČVUT
Fakulta stavební ČVUT
Ing. Eva Kokešová
eva.kokesova@fsv.cvut.cz

Fakulta strojní ČVUT
Ing. Marta Špačková
marta.spackova@fs.cvut.cz

Fakulta elektrotechnická ČVUT
Ing. Jan Sláma / slamajan@fel.cvut.cz

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT
Ing. Libor Škoda / Libor.Skoda@fjfi.cvut.cz

Fakulta architektury ČVUT
Ing. arch. Kateřina Rottová, Ph.D.
rotoakat@fa.cvut.cz

Fakulta dopravní ČVUT
Ing. Petra Skolilová / skolilova@fd.cvut.cz

Fakulta biomedicínského inženýrství ČVUT
Ing. Ida Škoplová
skopalova@fbmi.cvut.cz

Fakulta informačních technologií ČVUT
Mgr. MgA. Kamila Pětrašová
kamila.petrasova@fit.cvut.cz

Rektorát ČVUT
odbor pro vědecko-výzkumnou činnost
Ing. Karel Zebračkovský
karelzebrakovsky@rek.cvut.cz

Design
Michaela Kubátová Petrová, Lenka Klimtová,
Nakladatelství ČVUT

Inzerce
Ing. Ilona Prausová / prausova@vc.cvut.cz

Distribuce
ČVUT v Praze

Fotograf
Bc. Jiří Ryszawy, Výpočetní a informační
centrum ČVUT / jiri.ryszawy@cvut.cz

Tisk
Grafotechna Plus, s. r. o.

Titul
DRAWetc. – Daniel Danchez Korta
www.drawetc.cz

Toto číslo bylo připraveno ve spolupráci
s Nakladatelstvím ČVUT.
Přetisk článků je možný pouze se
soulasem redakce a s uvedením zdroje.

Ing. arch. KATEŘINA ROTOVÁ, Ph.D.
rottokat@fa.cvut.cz



AIR House vyhrál!

Jedním z vítězů letošního ročníku soutěže Stavba roku se stal AIR House – studentský energeticky soběstačný dům, v němž nyní v dejvickém kampusu sídlí informační centrum ČVUT. V hlasování na webu obdržel nejvyšší počet hlasů (56 922) a má tak Cenu veřejnosti Stavba roku 2015. Na slavnostním večeru 13. října v Betlémské kapli získal tento projekt i zvláštní ocenění soutěže – Cenu Nadace pro rozvoj architektury a stavitelství.

Experimentální dům, který tým studentů ČVUT (převážně Fakulty architektury) navrhl a postavil do mezinárodní soutěže Solar Decathlon 2013, získal ve finále v Kalifornii celkové 3. místo.

(red), foto: Jiří Ryszawy

> Více na <http://www.airhouse.cz/>

MIREK ČEPICKÝ
mirek.cepicky@fullcapacity.cz

JAN ROLNÍK
jan@fullcapacity.cz

Chytrá lavička

První česká chytrá a ekologická lavička byla 29. září představena v dejvickém areálu ČVUT a hned poté zamířila na EXPO 2015 v Miláně. Technologickým partnerem fotovoltaické lavičky bylo Univerzitní centrum energeticky efektivních budov ČVUT (UCEEB).

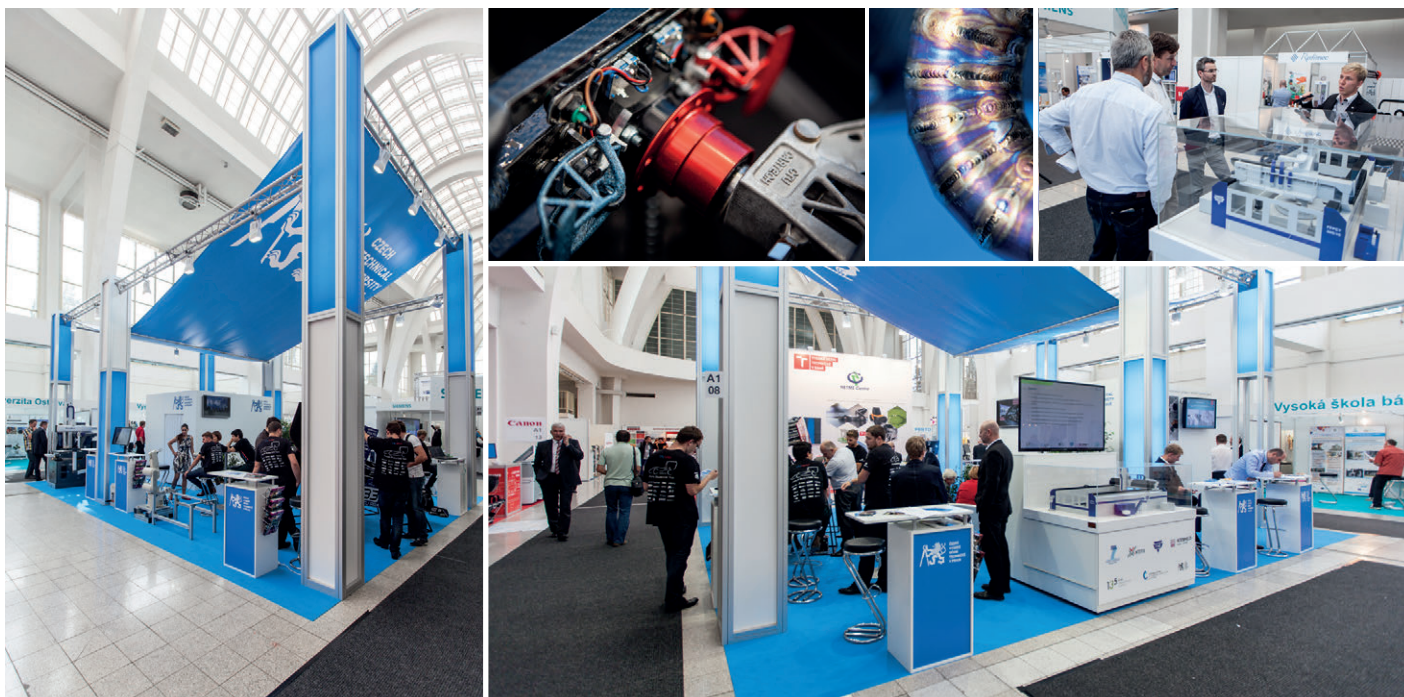
Solární lavička CapaSitty, kterou její tvůrci představili před Národní technickou knihovnou, kam by se po skončení EXPO měla natrvalo vrátit a sloužit studentům a dalším „obyvatelům“ zdejšího kampusu, představuje vítané využití obnovitelných zdrojů a ostrovních systémů. Betonový korpus (lavička váží zhruba 400 kilogramů) osadili experti z UCEEB nejmodernějším solárním panelem o výkonu 150 W. Do lavičky zabudovali baterii s kapacitou 110 Ah. Díky ní lavička nějaký čas funguje, i když zrovna nesvítí slunce. Z baterie je možné nabíjet mobilní zařízení přes dva USB konektory nebo bezdrátově pomocí indukce. Součástí lavičky je i vestavěný GSM LTE modem, který přijímá a dál přes wi-fi router zdarma šíří signál. V lavičce je i zařízení monitorující čistotu ovzduší, takzvaný „kanárek“, který vyvinuli studenti Fakulty elektrotechnické ČVUT.

autor: Vendulka Novotná

foto: Jan Hromádko

> Více na www.fullcapacity.cz





ČVUT na Mezinárodním strojírenském veletrhu

I letos se České vysoké učení technické v Praze aktivně zúčastnilo Mezinárodního strojírenského veletrhu v Brně (14. až 18. 9. 2015). Byla to již devatenáctá prezentace naší nejstarší a největší technické univerzity na tomto renomovaném veletrhu.

Návštěvníci mohli na zcela novém stánku ČVUT vidět novinky, kterými se zabývají kolegové z Fakulty strojní. Velký zájem byl zejména o funkční prototyp lisovacího nástroje Ústavu

technologie obrábění, projektování a metrologie. Nemalou pozornost – a to nejen díky svým rozměrům – poutal také model inteligentního upínání obrobků Ústavu výrobních strojů a zařízení. Další fakultní pracoviště, Ústav biomechaniky a mechatroniky, se zde prezentovalo inovativním přístupem k obrábění pomocí robotů a robotickým nastavením přísavky na rámech pro lisování karosérií. Nejvíce se však návštěvníci všech věkových kategorií zastavovali u formule,

jejíž sedmý model byl studenty ze CTU CarTech týmu na veletrhu představen úplně poprvé. A pokud náhodou začal zájem o exponáty polevovat, studenti nastartovali formuli a hned bylo opět plno. Zvuk formule si na vlastní uši první den veletrhu poslechl i premiér Bohuslav Sobotka a místopředseda vlády Pavel Bělobrádek.

autorka: Ilona Prausová
foto: Jiří Ryszawy

FOR ARCH 2015

Výstavní stánek – prezentace Fakulty stavební ČVUT na veletrhu FOR ARCH 2015 (15. až 19. 9., PVA EXPO Letňany) – byl od návrhu po realizaci dílem absolventů a studentů programu Architektura a stavitelství. Jeho hlavním motivem byly stavební materiály v jejich nejsurovější podobě – OSB desky, palety, stavební dřevo, cihly, tvárnice. Fakulta zde představila své unikátní projekty a výzkumná centra, např. Podzemní laboratoř Josef, Experimentální centrum, Vodohospodářské experimentální centrum, Centrum experimentální geotechniky nebo Centrum nanotechnologií ve stavebnictví, stejně jako Univerzitní centrum energeticky efektivních budov, společný projekt pěti fakult ČVUT.

(red) foto: Jiří Ryszawy



IT holky

Čtyřicátka děvčat z celé republiky se na konci prázdnin (24.–28. 8.) zúčastnila letního tábora, konaného na ČVUT v Praze. Většinu času IT Letní školy pro středoškolačky strávily dívky na Fakultě informačních technologií, navštívily i Fakultu elektrotechnickou. Od pondělí do pátku se studentky seznamovaly se základy programování, html jazykem a počítačovou grafikou. Podívaly se i do laboratoří, seznámily se s Institutem intermédií, SAGElabem a měly možnost vyzkoušet si roboty.

(red)

foto: Tereza Kadidlová



Inovační lídři jsou úspěšní /

Vyšla kniha Masters of Innovation

A.T. Kearney, mezinárodní poradenská společnost působící také v České republice, vydala knihu „Masters of Innovation – Building the Perpetually Innovative Company“. Publikace byla napsána poradci společnosti A.T. Kearney na základě zkušeností, které nasbírali během organizace soutěže Best Innovator a mapuje proces inovací včetně jejich uvádění do praxe.

Dobře nastavený inovační proces je klíčový pro úspěch firem napříč odvětvími. Soutěž Best Innovator, kterou organizuje poradenská společnost A.T. Kearney ve dvaceti zemích, hodnotí firmy právě podle toho, jak dokáží systematicky generovat nápady, pracovat s nimi, vybírat z nich jen ty nejlepší a přenášet je do praxe. Během třinácti let existence soutěže společnost A.T. Kearney posuzovala ve spolupráci s odborníky stovky firem. Nejúspěšnější z nich jsou představeny v knize Masters of Innovation, která přináší příběhy světových leaderů v inovacích, jako jsou Ferrari, Volkswagen nebo Henkel. Českou republiku zde reprezentují dvě společnosti – ČKD Group a Linet.

Inovační lídři jsou ve svém oboru vždy úspěšnější než jejich konkurenti. Dokáží velmi dobře provádět a propojit správné aktivity s efektivitou včetně excelentně řízeného procesu inovací, který je komplexní a důsledný. Klíčovým faktorem úspěchu je jasná inovační strategie, která se však odvíjí také od velmi dobře vedeného průzkumu trhu. Důležité je také generování inovačních podmětů, které mohou přicházet jak z interní firemní strany, tak i z pohledu externích stakeholderů. Do inovačního mixu a úspěchu též vstupuje dobré řízení dodavatelů a umění být nakloněn vytváření inovační sítě dodavatelů. Nicméně na druhou stranu není prokázáno, že by významné investice do výzkumu a vývoje zákonitě generovaly vyšší ziskovost. Ta je dosažena v případě, že dojde k aplikaci všech již zmíněných klíčových kroků, které jsou doplněny robustním řízením inovací napříč všemi firemními útvary a během celého inovačního cyklu a procesu.

Kniha Masters of Innovation byla pokřtěna ve čtvrtek 18. června 2015 na Britském velvyslanectví v Praze. Křtu se ujala Její Excellence paní Jan Thompson, velvyslankyně Spojeného království Velké Británie a Severního Irska v ČR, za spolupráce zástupců pražské kanceláře A.T. Kearney a partnerů soutěže Best Innovator, mezi které patří také České vysoké učení technické v Praze, jehož zástupci vždy zasedají v odborné porotě soutěže.



Knihu Masters of Innovation – Building the Perpetually Innovative Company napsali poradci A.T. Kearney Kai Engel, Violetka Dirlea, Stephen Dyer a Jochen Graff. Vydalo ji nakladatelství LID Publishing a čeští čtenáři ji mohou koupit v angličtině například v internetovém knihkupectví Amazon.

ATKearney

Společnost A.T. Kearney byla založena v Chicagu v roce 1926. Se svou více než osmdesátiletou historií je jedním z průkopníků a světových lídrů v oblasti poradenství pro vrcholový management. Na českém a slovenském trhu působí od roku 1992. Hlavním cílem A.T. Kearney je posílení konkurenční pozice jejich klientů a dlouhodobé hmatatelné zvýšení hodnoty pro jejich akcionáře. Poradenský přístup je zaměřen v první řadě na klienta, sekundárně míří ale i na všechny ostatní zúčastněné strany – od managementu a zaměstnanců přes akcionáře a dodavatele až po veřejný sektor.

„Diagramování“ / Víceoborové konceptuální modelování

Staré čínské přísloví praví, že „jeden obraz vydá za tisíc slov“. Dnes si řadu technických oborů vůbec nedovedeme představit bez názorných diagramů: architektonické výkresy, elektrická schémata, diagramy chemických sloučenin. Ale i v běžném životě jsou situace, kdy každý sáhne po diagramu: po mapě okolí či schématu metra.

Velkou výzvu pro diagramování ovšem představují obory a situace, kde se diagramy stávají prostředkem komunikace mezi lidmi s různými potřebami. Jde tu zejména o příslušný byznys svět versus ten technický. Příkladem může být inženýrství podniků, kde se potkávají manažeři s procesními analytiky a informatiky, či softwarové inženýrství, kde se zadavatel z byznysu setkává též s technicky orientovanými analytiky, návrháři a programátory. Zatímco byznys svět má k dispozici kýžené jednoduché kreslicí nástroje (např. v MS Office) a pro specializované technické modelování a diagramování existuje v každém oboru velmi dobrá nabídka pokročilých softwarových nástrojů, v „zemi nikoho“ na pomezí těchto přístupů je pomyslný kufřík s nástroji žalostně prázdný.

Problém začíná už u samotných diagramů a notací: notace musí být dostatečně přehledná pro byznys člověka a současně dostatečně přesná a detailní pro technika. Oba budou potřebovat nástroj, který každému z nich zobrazí diagram ve formě, která je pro ně optimální. Navíc mohou přijít další, kteří mají jiné vidění a požadavky. Najít nástroj, ve kterém by všichni mohli pracovat, je těžké. Co tedy s tím?

Shrňme si, že potřebujeme nástroj pro softwarové inženýrství (CASE) a inženýrství podniků (CABE), kde:

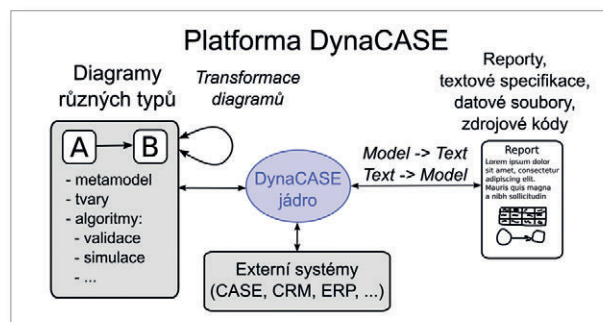
- jsou k dispozici různé typy diagramů pro byznys i technickou oblast
- lze relativně snadno přidávat další typy diagramů a upravovat stávající notace
- lze provádět kontroly správnosti diagramů
- lze nastavovat míru zobrazení detailu
- lze převádět různé diagramy mezi sebou
- lze diagramy transformovat na text a text na diagramy, generovat kód
- lze vizualizovat a simulovat chování specifikované diagramy

- nástroj lze propojit s dalšími firemními systémy (ERP, CRM apod)
- nástroj je uživatelsky jednoduchý na používání – obsahuje jen funkce a notace, které potřebuji a mluvím na mě „mým jazykem“.

Splnění vícero bodů předchozího seznamu je v zásadě nemožné pomocí unifikovaného nástroje. Proto vznikla v Centru pro konceptuální modelování a implementaci (CCMi) při Katedře softwarového inženýrství na Fakultě informačních technologií ČVUT myšlenka platformy DynaCASE, tedy dynamického Computer-Aided Software Engineering nástroje jakožto snadno rozšiřitelné a upravitelné platformy. V ní by se měla realizovat výuka a vědecko-výzkumné projekty zaměřené na konceptuální modelování. Měla by též nabídnout firmám z praxe možnost nechat si vyrobit modelovací nástroj na míru, snadno a levně. Využívá moderní čistě objektové technologie platformy Pharo (<http://pharo.org>), především vizualizační knihovnu Roassal (<http://objectprofile.com/Roassal.html>). Nyní je ve fázi dokončeného jádra a prototypu pro modelování a algoritmy nad několika notacemi, které využívá CCMi v projektech pro své průmyslové partnery (DEMO, BORM, UML). Peter Uhnák z CCMi pracuje na projektu pro fran-

couzské výzkumné středisko CIRAD zabývající se výzkumem a podporou udržitelného zemědělství v rozvojových zemích. Pro CIRAD je vyvíjen na platformě DynaCASE UML nástroj pro modelování multiagentních systémů.

Primárními uživateli tohoto nástroje budou výzkumníci různých oborů (kteří nejsou programátory). Námí vyvíjený pomocník jim umožní strukturu modelu nakreslit v podobě UML diagramu tříd, nástroj pak za ně automaticky vygeneruje potřebný zdrojový kód, který si následně doplní dle potřeby.



DynaCASE je vyvíjen jako open-source, platforma je zdarma ke stažení. CCMi vítá spolupráci vědců a programátorů na jejím rozvoji. Firmám nabízí možnost vývoje CASE/CABE nástroje na míru: od jednoduchého modelování firemních procesů, dat, znalostí, až po sofistikované kontroly, transformace, simulace a další algoritmy nad modely. Nejde ovšem jen o programování. Aby CASE/CABE nástroj byl skutečně efektivním přínosem ve firmě, je třeba aplikovat znalosti a zkušenosti z oblasti konceptuálního modelování, metodik a notací.

autoři: Robert Pergl,
Peter Uhnák,
Jan Blizničenko

DynaCASE je vyvíjen jako open-source, platforma je zdarma ke stažení. CCMi vítá spolupráci vědců a programátorů na jejím rozvoji. Firmám nabízí možnost vývoje CASE/CABE nástroje na míru.

> Více na
<http://ccmi.fit.cvut.cz>
<https://dynacase.github.io>

Akustická zahrada a poušť /

Architektonický výzkum zvukového prostředí

Architekt vytváří prostor, ve kterém člověk může naplňovat své životní potřeby. Zvuk ovlivňuje naše emoce a psychickou pohodu. Proto má vysoký podíl při utváření celkového dojmu z daného architektonického prostoru a architekt by s ním měl vědomě zacházet. Akustickým designem se zabývá výzkum realizovaný na Katedře urbanismu a územního plánování Fakulty stavební ČVUT.

Základním měřítkem je člověk se svým specifickým vnímáním světa, na což někteří architekti a stavební inženýři v mnoha případech zapomínají. Vizuální převaha v dnešním společensko-kulturním vývoji je reflektována i v architektonickém diskurzu. Při hodnocení se preferuje vzhled budov a prostoru, jeho vizuální artikulace oproti jeho fyzické podstatě a skutečnému prožívání.

Zvuk ovlivňuje naše emoce a psychickou pohodu. Proto má vysoký podíl při utváření celkového dojmu z daného architektonického prostoru a architekt by s ním měl vědomě zacházet. Zvuk má tři aspekty – fyzikální, fyziologický a psychologicko-sémantický. Chápání slyšení se v nich přesouvá od objektivní, univerzální roviny na subjektivní –

(musíme) také přisoudit nějaký význam a kvalitu.

Výzkum popsáný v tomto článku je součástí disertační práce, která zkoumá možnosti zahrnutí pojmu akustického designu a uvažování o dopadu architektonického návrhu na sonsosféru místa do architektonického paradigmatu se zaměřením na městská veřejná prostranství. Hlavním cílem je určit, do jaké míry lze sonsosféru považovat za relevantní element v utváření městských prostorů a jejich hodnocení ze strany uživatelů.

Dalším cílem je identifikace architektonických prvků, které přispívají k tvaru a charakteru sonsosféry prostředí. Zároveň se výzkum pokouší odhalit „zvukovou typologii“ – zda jsou typologické formy městského prostoru spo-

Splitu a Brisbane. V plánu je pokrýt vhodným reprezentantem i severní oblasti Evropy. Uvedená města představují kulturní a geograficky různé regiony v Evropské unii a Austrálii. Výzkum spočívá v tzv. triangulaci výsledků ze tří povahově odlišných zdrojů: hodnocení a analýzy nahrávek, dotazníků a objektivních měření.

Objektivní měření sestává ze sběru akustických parametrů zvukové situace daného prostoru, jako je frekvenční rozložení, akustický tlak apod. Zvukové prostředí se nahrává binaurálně, což je technika zabezpečující co nejvěrnější reprodukci tak, jak slyší člověk. Tyto nahrávky pak vybraná skupina hodnotí v kontrolovaném prostředí. Analýzy spočívají v identifikaci zdrojů zvuků, zvukových jevů a srovnávání prožitků. Očekává se, že do určité míry se vnímání kvality prostoru bude shodovat s posuzováním vhodnosti a kvality sonsosféry a při triangulaci se projeví řád poukazující na zvukovou typologii prostorů.

Z výsledků výzkumu bude pro každý veřejný prostor vytvořena mapa akustických deskriptorů a spektrální analýzy sonsosféry. Dále bude vytvořena kvalitativní mapa zvukových zdrojů a projevů zaznamenaných jevů. Rozpoznáme tak architektonicko-urbanistické prvky, které přímo ovlivňují prostředí místa.

Do popředí hodnocení kvality obytného prostředí se spolu se znečištěním světelným či vizuálním dostává i „znečištění zvukem“. Pokud se má zlepšovat celkové prostředí měst, musíme dbát i o to zvukové. A tomu musí odpovídat paradigma architektonicko-urbanistického navrhování veřejného prostoru. Architekti musí brát zvukové prostředí a akustiku ne jako hrozbu, ale jako příležitost aktivně vylepšovat, ne aktivně omezovat. Protože smysl architekta je právě v tvorbě prostoru se všemi jeho složkami.

autor: Matej Kamenický
foto: autor



Zvukové prostředí daného místa, vnímané lidmi, které je výsledkem aktivit a interakcí v daném místě se nazývá sonsosféra (Soundscape). Dělí se na Lo-fi (nízkoinformační) a Hi-fi (vysokoinformační).

Akustická měření
a nahrávání
v pražské
Celetné ulici.

osobní rovinu. Pokud chceme hodnotit zvuk celostně, musíme brát v úvahu všechny tři tyto stránky. V současné stavební praxi se zachází hlavně s fyzikální stránkou zvuku, která je redukována na údaje o jeho fyzikálních parametrech v prostoru a čase. Jenomže ke každému zvukovému signálu můžeme

jeny s očekáváním určité sonsosféry obsahující specifické zvuky, které vytvářejí předem stanovený „akustický scénář“.

Analýzy sonsosféry a vybraných regionálních faktorů jsou provedeny ve formě čtyř případových studií městských prostranství Prahy, Lublaně,

BcA. JANA VYCHYTILOVÁ
jana.vychytilova@email.cz



[1] [2] Ve sklárně
Ajeto ožily student-
ské návrhy i díky
umu renomovaného
designera a skláře
Petra Novotného
[foto: Jana Vychytilová]

[3] Výstava
klauzurních prací
v prostorách Fakulty
architektury [Foto: Jiří
Ryszawy]

[4] Šperk NYA Terezy
Drobné [Foto: Jiří
Ryszawy]

[5] Zesilovač Expaudia
Jany Vychytilové [Foto:
Marek Ondráček]

Krásné (užitečné) sklo

„Peču, pečeš, pečeme“, tak byl pojmenován první úkol zadání klauzurních prací, kdy měli studenti Průmyslového designu Fakulty architektury ČVUT vytvořit libovolný produkt z lisované skloviny Simax. Druhým úkolem bylo volné téma z laboratorního skla. Navržené studentské práce pak byly realizovány ve sklárně Kavalierglass a v dílnách dalších sklářů. Výsledky studentských klauzurních prací byly v červnu představeny na atraktivní fakultní expozici.



Hlavním tématem letního semestru bylo zpracování skla. Před prvním úkolem studenti absolvovali exkurzi ve sklárně Kavalierglass, kde mohli načerpat inspiraci a získat informace o různých omezeních a výhodách, které nabízí Simaxové sklo. Výsledkem tohoto úkolu je kolekce různorodého skleněného nádobí, které využívá odolnosti vůči teplotním rozdílům. Vznikly například návrhy na fondue, hot pot, tajine, pekáč, nebo parní lázeň na čokoládu.

Zadání druhého klauzurního úkolu bylo již znatelně volnější, což je patrné i na výsledných pracích, neboť jsou navzájem velmi odlišné. Je v nich vidět osobitý přístup každého studenta a radost ze samotného navrhování. Studenti se již nemuseli řídit pouze funkcí objektu, ale mohli se zaměřit i na estetiku, proto vytvořili téměř umělecké objekty. „Celé zadání pro nás bylo velmi přínosné. Nikdo z nás předtím se sklem nepracoval, a tak jsme opravdu mohli popustit uzdu vlastní fantazii,“ říká Anna Semancová, studentka druhého ročníku. „Naštěstí se nám risk vyplatil a většinu návrhů se podařilo realizovat.“

Vývoj projektů studenti pravidelně konzultovali s vedoucím ateliéru MgA. Janem Jarošem, jehož kontakty na sklárny a zkušenosti s designováním skleněných výrobků a výrobou skla velice pomohly dovést všechny práce do zdárného konce.

Při druhém zadání čerpali studenti ze získaných zkušeností, projekty se však vyvíjely individuálně a dle druhu projektu a technologie výroby designu si každý sám našel sklárnu/skláře, se kterým konzultoval a který mu pomohl projekt realizovat. Výroba projektů nakonec probíhala ve velkých i menších sklárnách či individuálně s vybranými skláři. Ne každému se povedlo dostat přímo do výroby – na sklářskou huť. Některé projekty vznikly na dálku na základě objednávky výroby, jiné byly ovlivněny přítomností autora při vytváření.

A jak probíhala spolupráce se sklárnami? „Design a možnosti výroby jsme konzultovali mailem a telefonicky, na základě toho jsme se domluvili na vzorovací hodině, kde nám byli k dispozici dva skláři, kteří realizovali naše projekty,“ popisuje výbornou spolupráci se sklárnou Ajeto studentka BcA. Jana Vychytilová. V této velké sklárně, kde i přes naplnění výrobních kapacit dokázali najít individuální přístup ke každému projektu a pomoci s realizací netypických zakázek, se zrodil nejen projekt Jany Vychytilové s názvem zesilovač Expaudia, ale i šperk NYA Terezy Drobné. „Domluva se sklárnou byla velice rychlá. Výroba probíhala přímo na sklářské huti a my jsme byly u zrodu projektu, kde jsme měly možnost ovlivnit samotnou výrobu. U výroby byl s námi přímo majitel sklárny pan Petr Novotný, který svými zkušenostmi z mezinárodních symposií i výroby netypických tvarových objektů velice pomohl při zrodu našich návrhů ve hmotě. Po vyfouknutí objektů jsme se domluvili na dalším zpracování zbrúšením a následných finálních úpravách po vychladnutí skla,“ dodává autorka šperku NYA Tereza Drobná.

(red)

Tvarovače signálu /

Netradiční algoritmy pro polohování flexibilních mechanických soustav

Tým ČVUT složený z pracovníků Ústavu přístrojové a řídicí techniky Fakulty strojní a Katedry řídicí techniky Fakulty elektrotechnické se úspěšně věnuje návrhu moderních algoritmů pro tlumení vibrací mechanických soustav s využitím teorie systémů s dopravním zpožděním. Výzkum, který zdárně probíhá ve spolupráci s předními zahraničními týmy v oboru, bude zastřešen univerzitním Českým institutem informatiky, robotiky a kybernetiky (CIIRC).

Primárním cílem mezifakultního výzkumu je návrh netradičních algoritmů s dopravními (časovými) zpožděními pro aplikace v systémech tlumení vibrací mechanických systémů. Typickou a v literatuře často zmiňovanou aplikací těchto algoritmů je tvarování trajektorie pohybu jeřábu se zavěšeným břemenem tak, aby po jeho zastavení nedocházelo ke kývání břemene. Tento požadavek je přirozeně motivován optimalizací produktivity práce při dopravě materiálu, ale i zvýšením bezpečnosti práce, kdy kývající těžké břemeno je výrazným rizikem pro osoby pohybující se na daném pracovišti. Navrhované algoritmy tlumení oscilací mechanických systémů, které se označují jako tvarovače signálu, mají široký potenciál pro úspěšnou aplikaci v celé řadě dalších odvětví, například v robotice, obrábění, dopravních systémech, kde dosažení robustnosti systémů vůči nežádoucím vibracím je často zajištěno za cenu tuhé a masivní konstrukce. Zdokonalení algoritmů řízení pohybu pro konstrukční soustavy s vyšší mírou flexibility (ohybnosti) umožní výraznou úsporu hmotnosti daných zařízení a tím i dosažení značných energetických úspor při jejich provozu.

Návaznost na ACFA 2020

Počátečním impulzem pro tento výzkum byla účast části týmu z Katedry řídicí techniky na řešení Evropského projektu ACFA 2020, jehož cílem byl návrh koncepce velkokapacitního letadla flexibilní konstrukce. Návrh systémů řízení letadla, který byl koordinován týmem ČVUT, vyžadoval implementaci zmiňovaných tvarovačů signálu za účelem dostatečného ztlumení kmitů flexibilního trupu a křídel letadla při jeho manévrech. Projekt na jedné straně demonstroval využitelnost daných algoritmů pro výrazně kom-

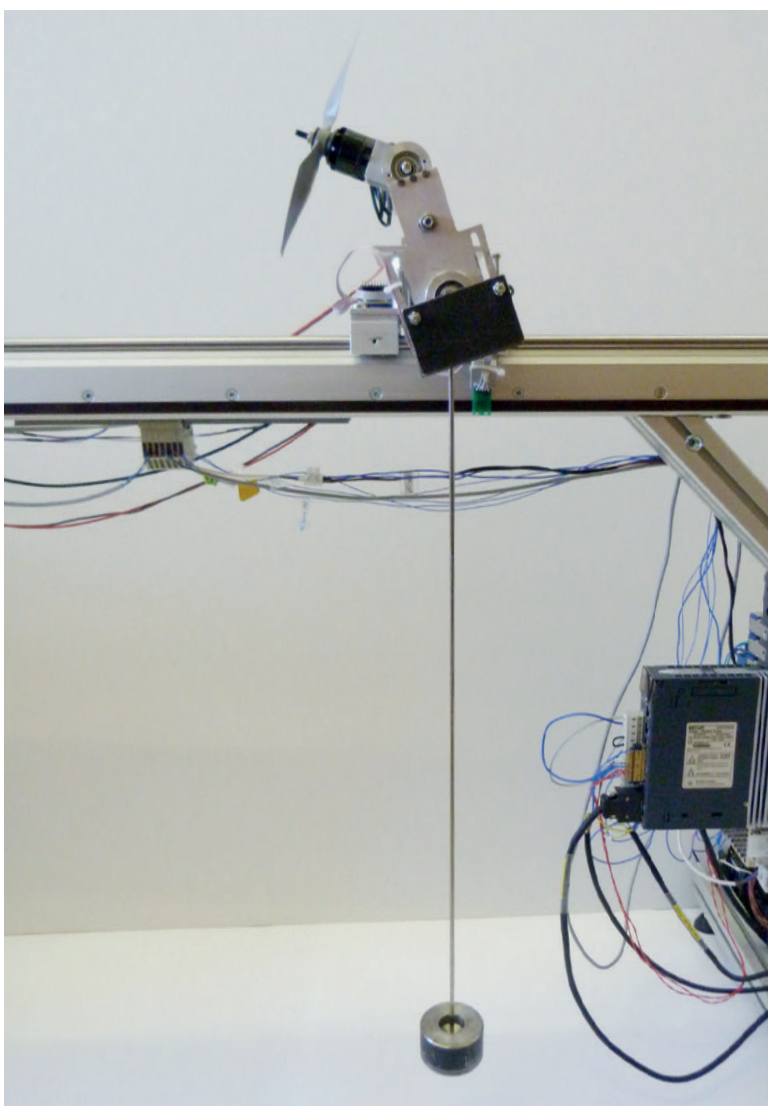
plexnější aplikaci, než je výše zmiňované přemísťování břemene jeřábem. Na druhou stranu, získané zkušenosti s problematikou aplikace tvarovačů signálu v rozvětveném systému řízení letadla vedly k řadě podnětů pro následný výzkum, který poté probíhal a stále probíhá zejména v projektech financovaných Grantovou agenturou ČR (projekt 13-06962S), programem

MŠTM Kontakt II (projekt LH12066) a na aplikační platformě Centra kompetence – Centrum aplikované kybernetiky 3 (projekt TE01020197).

Systémy s dopravním zpožděním

Za účelem dosažení plné funkčnosti signálových tvarovačů v kompenzaci nežádoucích kmitavých módů

Laboratorní soustava vytvořená pro testování původních algoritmů pro tlumení vibrací. V konfiguraci je použita pro validaci výsledků v aplikaci na tlumení oscilací zavěšeného těžkého břemene, které je nesené vrtulníkem. (Systém řízení navrhl a implementoval doktorand Ing. Milan Anderle.)





Vizualizace flexibilního vysokokapacitního letadla, jehož koncept včetně řídicích algoritmů byl navržen v 7. RP EU projektu ACFA 2020 (www.acfa2020.eu). Řešení problematiky aktivního tlumení kmitů flexibilního trupu a křídel bylo motivací pro zahájení výzkumu v oblasti pokročilých algoritmů tvarování signálu.

[Ilustrace: ACFA 2020]

flexibilních konstrukcí komplexního charakteru byly využity dlouhodobé zkušenosti části výzkumného týmu z Ústavu přístrojové a řídicí techniky s návrhem algoritmů pro systémy s dopravním zpožděním. (Více než třicetiletá tradice výzkumu v dané oblasti je reprezentovaná zejména zakladatelem této tradice prof. Pavlem Zítkem a nyní též prof. Tomášem Vyhliďalem. O kvalitě výzkumu svědčí udělení ceny rektora za vynikající výsledky v roce 2009 a ocenění vybraného výsledku prestižní třídou A dle Pilíře II. Metodiky hodnocení výsledků výzkumných organizací v letošním roce.)

K nejvýznamnějším výsledkům v oblasti aplikace teorie systémů se zpožděním pro návrh tvarovačů signálu, které byly publikovány týmem v prestižních časopisech oboru, patří zejména důkladná analýza dynamických vlastností systémů řízení s tvarovači signálu a návrh metodiky pro vhodné umístění tvarovačů v rámci regulačních smyček celkového systému řízení. Vraťme se k příkladu řízení flexibilního letadla: s využitím navržených algoritmů lze jeho trup a křídla udržet v nekmítavém stavu jak při manévrech způsobených příkazy pilota či autopilota (klasický problém pro aplikaci daných algoritmů pro tvarování tzv. řídicí veličiny regulačního obvodu), tak i během automatické stabilizace letu při působení externích sil – například vlivem porывů větru (tedy v odezvách na tzv. poruchové veličiny, což je zcela původní výsledek). Dalším řešeným příkladem je transport těžkých zavěšených břemen vrtulníkem s minimalizací kývání břemene. I přesto, že tato aplikace je typově podobná problematice jeřábů, z dynamického hlediska je vzhledem k většímu počtu stupňů volnosti soustavy výrazně složitější. Po návrhu původ-

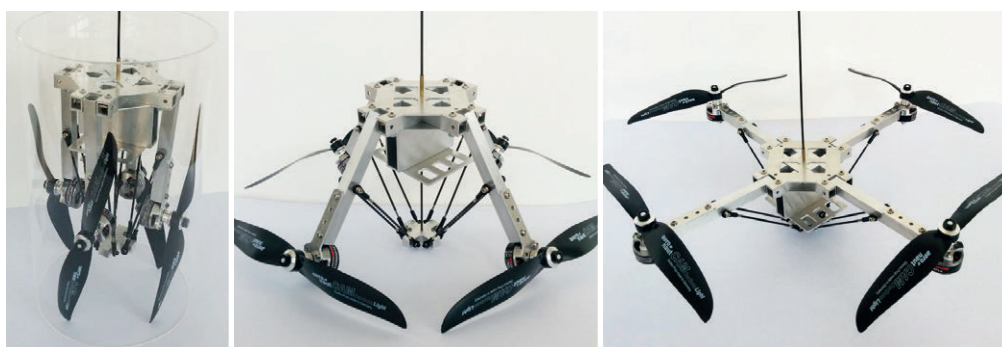
ního řešení a jeho simulačním ověřením probíhá v současné době validace dosažených výsledků na experimentálním modelu.

Mezinárodní výzkum

Výzkum v oblasti tlumení vibrací s využitím algoritmů s dopravním zpožděním probíhá s výrazným podílem studentů, zejména doktorských pro-

Georgia Tech Rescuebot, který je zaměřen na návrh autonomně naváděných minirobotů, s nimiž se zúčastňují soutěže ARLISS: A Rocket Launch for International Student Satellites, konané každoročně na poušti Black Rock Playa v Nevadě.

Obě části mezifakultního výzkumného týmu se nyní aktivně podílí na projektu Českého institutu informa-



gramů Fakulty strojní a Fakulty elektrotechnické, a to ve spolupráci s prestižními zahraničními pracovišti. Doktorand Ing. Dan Pilbauer se problematice návrhu optimálních systémů tlumení vibrací úspěšně věnuje v rámci double-degree programu mezi Fakultou strojní ČVUT a KU Leuven, kde je nyní na dvouletém studijním pobytu. Doktorand Ing. Vladimír Kučera absolvoval krátkodobé stáže na pracovištích při University of Connecticut (u prof. N. Olgace) a Northeastern University, Boston (u prof. R. Sipahiho), se kterými byla řešena problematika využití algoritmů se zpožděním v aktivním tlumení vibrací vyšších frekvencí. Zmiňovaná problematika návrhu efektivního řízení vrtulníků při přepravě břemen je průběžně konzultována s prof. W. Singhosem z Georgia Institute of Technology, který se danou problematikou dlouhodobě zabývá.

Studenti pod vedením Ing. Jaroslava Buška též participují na projektu

tiky, robotiky a kybernetiky ČVUT. Oba hlavní spoluřešitelé jsou vedoucími výzkumných skupin CIIRC, přičemž skupina doc. Hromčíka je přímo zaměřena na systémy řízení letu a flexibilních soustav. Cílem výzkumného týmu je s využitím potenciálu mezioborové spolupráce mezi tímto institutem a fakultami ČVUT vytvořit platformu s nadkritickou kapacitou pro zefektivnění výzkumných aktivit v dané oblasti, a to v celém spektru jejich životního cyklu: od základního/ aplikovaného výzkumu, experimentálního vývoje až ke komercializaci dosažených výsledků.

autoři: Tomáš Vyhliďal
a Martin Hromčík
foto: archiv pracoviště

Studenti výzkumného týmu jsou zapojeni do projektu Georgia Tech Rescuebot. Jejich cílem je návrh a implementace robotické kvadroptéry, která po vynesení raketou do cca 3 km autonomně doletí na zadanou pozici.

> Více na
<http://control.fs.cvut.cz/acfab/shapers>
<http://control.fs.cvut.cz/rescuebot>

Síťová excelence /

Huawei pomáhá univerzitnímu studiu i vědě

Jedním s výsledků úspěšné spolupráce firmy Huawei, technologického lídra oboru informačních a komunikačních technologií (ICT), a Fakulty elektrotechnické ČVUT je Laboratoř pokročilých síťových technologií, umístěná na Katedře telekomunikační techniky FEL. Toto pracoviště s patřičným technickým zázemím slouží primárně studentům, ale probíhají zde také školení, testování, laboratorní úlohy a simulace.



Zázemí specializovaného pracoviště a společné projekty s firmou Huawei Technologies byly 27. května 2015 představeny v rámci druhého ročníku akce Týden investic pořádaného agenturou CzechInvest. „Spolupráce Huawei a Českého vysokého učení technického v Praze je příkladem vzájemně prospěšné synergie, kterou podporujeme,“ řekl na setkání generální ředitel CzechInvest Karel Kučera. „Škola má díky ní přístup k lepšímu vybavení, technologiím, na které by ze svého rozpočtu jen těžko dosáhla. Studenti získají možnost otestovat si nabyté znalosti v praktickém prostředí a tudíž i šanci na lepší profesní uplatnění. A firma má možnost „vychovat si“ budoucí zaměstnance, zajistit, že noví pracovníci budou dostatečně prakticky vzdělaní, kvalifikovaní odborníci.“

Společnost Huawei Technologies vybavila pracoviště mimo jiné síťovými směrovači AR1220, prepínači 3700, 5700 nebo firewally Eudemon. I díky kvalitnímu technickému zázemí získalo pracoviště katedry od ledna 2015 statut Centra Excelence Mezinárodní telekomunikační unie (ITU). V roce 2014 byla firma Huawei generálním partnerem mezinárodní konference ITU akademii v Praze. S podporou odborníků z firmy Huawei se buduje technologické zázemí ve formě experimentální sítě pro výzkum, vývoj a výuku v oblasti kyberbezpečnosti.

Katedra telekomunikační techniky FEL ČVUT využívá vztahů s Huawei i na mezinárodním poli. V rámci spolupráce s Huawei akademií z Petrohradu proběhla letos v červenci na pražské fakultě mezinárodní letní škola zaměřená na kyberbezpečnost.

„Projekt podpory vzdělávání studentů ČVUT není ojedinělou aktivitou naší společnosti v univerzitní oblasti,“ komentuje spolupráci Zbyněk Pardubský, Vice President Public Relations Huawei Technologies. Z naší strany se jedná o koncepčně pojaté úsilí zprostředkovávat studentům přístup k nejnovějším technologiím v oboru ICT a umožnit jim tak rozvíjet jejich potenciál ruku v ruce s nejmodernějšími trendy. Spolupráci podnikatelských subjektů a univerzit považují za přínosnou pro obě strany a současně vedoucí ke zvyšování konkurenceschopnosti celé naší ekonomiky.“

Příkladem další aktivity s akademickou sférou vedle technologické podpory je i projekt Seeds for the future. V rámci něho se na začátku 4. čtvrtletí 2015 zúčastní vybraná skupina studentů z předních českých univerzit pobytu v Číně. Během dvoutýdenní návštěvy se seznámí se čínskou kulturou, místními pracovními zvyklostmi i se základy čínštiny, v praxi poznají a vyzkouší si práci v dynamickém prostředí společnosti Huawei a s nejmodernějšími technologiemi z oblasti ICT.

„Před podpisem je smlouva o další spolupráci s firmou Huawei, jejíž cílem je vybudovat certifikovanou laboratoř a prohloubit tak spolupráci i v oblasti vzdělávání a výzkumu. Bude tvořit i součást moderního technologického zázemí katedry pro nově koncipovanou výuku v rámci nově připravené akreditace v oblasti výuky v oboru telekomunikací,“ přibližuje další záměry prof. Boris Šimák, vedoucí Katedry telekomunikační techniky Fakulty elektrotechnické ČVUT.

(red) foto: archiv pracoviště

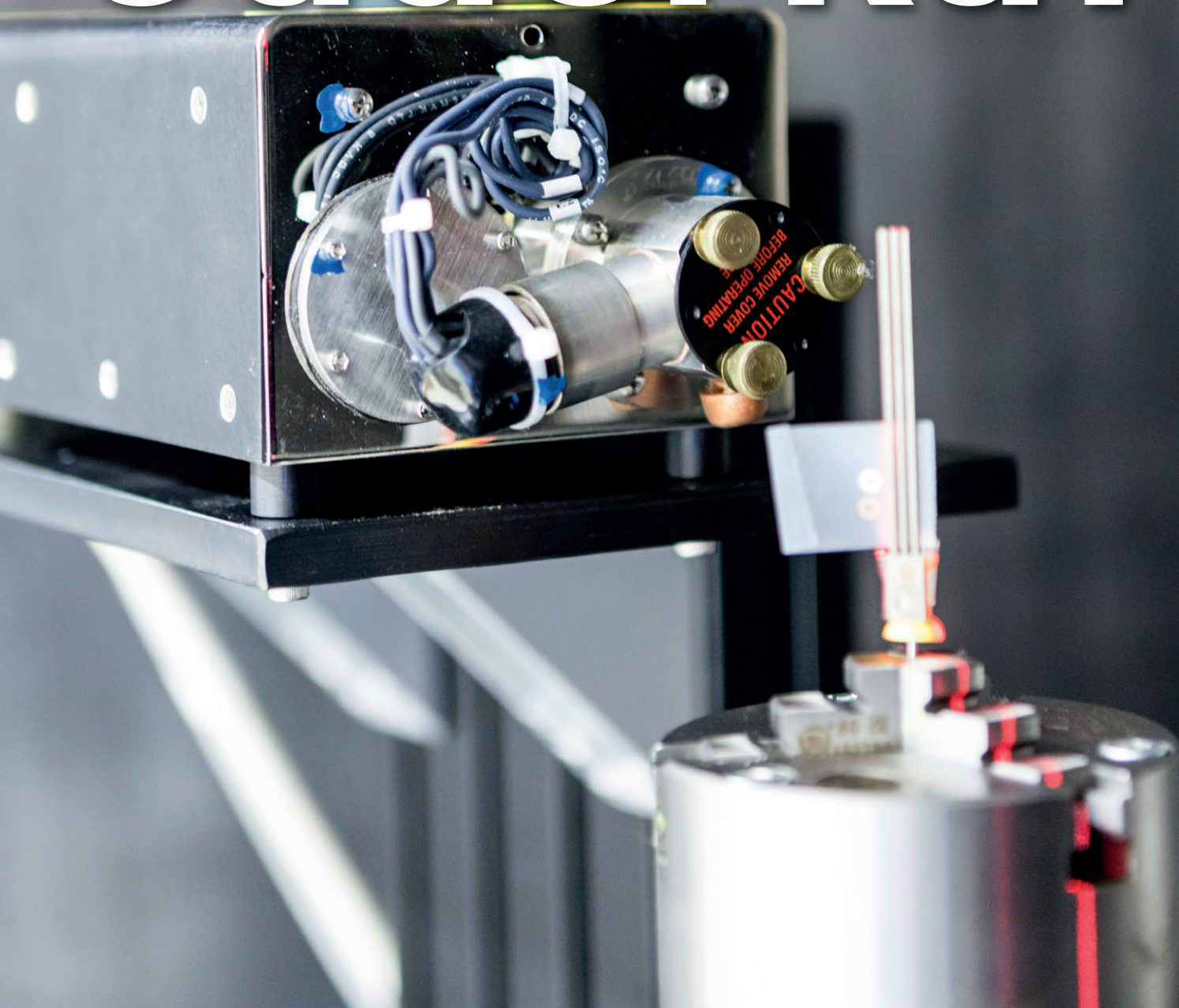
Společnost Huawei je předním světovým dodavatelem řešení v oblasti ICT. Cílem společnosti je budovat lépe propojený svět, působit jako zodpovědná společnost, inovátor informační společnosti a spoluprací přispívat k rozvoji celého průmyslu. Inovativní ICT řešení firmy Huawei, její produkty a služby se používají ve více než 170 zemích a regionech a slouží více než třetině světové populace. Firma v současné době zaměstnává 170 000 pracovníků, v Evropě má přes 9 900 zaměstnanců, ze kterých 1 200 pracuje v oblasti výzkumu a vývoje. Společnost má 18 výzkumných a vývojových center v osmi evropských zemích a provozuje řadu společných inovačních center ve spolupráci s telekomunikačními a ICT partnery. V ČR působí Huawei od roku 2004, zaměstnává zde 400 lidí, a za tu dobu se stala klíčovým partnerem operátorů O2, T-Mobile i Vodafone v oblastech mobilní infrastruktury, širokopásmových optických i přístupových sítí, inteligentních sítí nové generace i profesionálních služeb včetně outsourcingu provozu a výstavby sítě.



Příkladem dobré spolupráce firmy Huawei a ČVUT v Praze je vybudování Laboratoře pokročilých síťových technologií Katedry telekomunikační techniky Fakulty elektrotechnické.

Náročné studium a úspěšné vědecko-výzkumné počiny. Tyto dvě charakteristiky jsou spojeny s Fakultou jadernou a fyzikálně inženýrskou ČVUT v Praze. Zdejší věda je přitom úzce spjata s praxí. Přinášíme mozaiku projektů, které se na Jaderce, jak se už šedesát let říká této fakultě, nyní realizují.

Jaderka!



Slovo inženýr v sobě skrývá vynalézavost – sílu myšlenky

Excelentní věda i spojení s praxí, taková je současná Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT v Praze. Jaká jsou její pozitiva a negativa? Nejen o nich hovoříme s děkanem, profesorem Igorem Jexem.

Ačkoliv si hodně lidí Jaderku, jak se vaší fakultě říká, spojuje především s vrcholovou vědou, pro laiky většínou jen těžko srozumitelnou, mnohé její projekty jsou velmi úzce propojeny s běžným životem – s přírodou, památkami, se zdravím lidí... Dá se stručně charakterizovat, v čem nám vaši vědci pomáhají vylepšovat každodenní realitu?

Dát jednoduchou, kompaktní odpověď, je skoro nemožné. Mohl bych odpovědět, že nalézáme způsoby, jak manipulovat s energií a informací v širokém smyslu slova. Jednodušeji se dá říci, že pomáháme zlepšovat život. Naši kolegové hledají mimo jiné způsoby efektivního a šetrného využití zdrojů, které náš život prodlužují nebo ho dělají pohodlnějším.

Vaši lidé jsou členy vědeckých týmů nejvyšší kvality – jsou v evropském CERN, v mezinárodních projektech amerických výzkumů a dalších. Čím to je, že jsou tak dobří?

Osobně se myslím, že u všech je to vhodná kombinace talentu, pracovitosti a schopnosti využít nabídnutou příležitost. I když talentu není nutno „mnoho“, bez něj se nikdy nestanete mistrem oboru, ale zůstanete jenom učedníkem. Také je však třeba si uvědomit, že Jaderka je malá fakulta, kde se v ročníku na oboru sejde například jen pět studentů. My tak máme mnohem více prostoru a možností jejich talent a schopnosti objevit a postrčit studenty dál. To se na oborech, kde je v ročníku i padesát studentů dělá velice těžko.

Má fakulta pro vrcholovou vědu dostatečné a hlavně moderní zázemí? Nemám na mysli opravdu unikátní školní jaderný reaktor a tokamak, ale jde mi o další přístroje a laboratoře, které jsou zpravidla dost drahé...

V tomto směru je jednoznačná odpověď. Nemá. Vzhledem k politice státu v oblasti vědy celý pražský region výrazně pokulhává za vybavením, kterým se pyšní ostatní kraje v zemi. Je to škoda, protože máme velký lidský potenciál. Myslím, že podobné problémy má každá ze sesterských fakult. I tak se ale snažíme ze získaných projektů financovat stále nové vybavení, abychom zůstali relativně konkurenceschopní a mohli nabídnout naše služby i průmyslu. Na fakultě je například Laboratoř strukturní rentgenografie, která spolupracuje úzce s firmou MATEX PM s.r.o., jež se stala firmou roku 2014.

Které projekty jsou podle vás ty nejcennější, které fakultě získávají renomé a přitahují nejen celosvětovou vědeckou komunitu, ale i firmy, které mohou váš um také dobře prodat?

Tady vidím velký potenciál projektů spojených s velkými kolaboracemi jak v částicové fyzice, tak fyzice laserů. Kromě fascinujícího základního výzkumu je kontinuálně vyvíjena nejmodernější technika a technologie, měření, řízení, vyhodnocování, a to stimuluje aplikovaný výzkum. Ten láká firmy, které v rámci formalizovaných smluv naše výsledky využívají.

Zvyšuje se zájem firem o spolupráci?

Firmy nás postupně znovuobjevují. Pozitivní je, že jsou to naši absolventi v těchto firmách, kteří je k nám přivedou. Z druhé strany to ukazuje, že stále máme v propagaci v tomto směru rezervy.

Máte stále partnery a reálné projekty z praxe? Co může univerzita nabídnout komerční sféře?

Jak jsem již zmínil, v některých oborech je náš výzkum základem pro technologie a postupy, které se uplatňují

v praxi. Kdybych však měl být konkrétnější, pak máme celou řadu firem, s nimiž spolupracujeme. Jen v kostce jmenujme třeba Skupinu ČEZ, různé divize Škoda, Honeywell, Exova, Envinet, PTC. Dále je to společnost SVÚM, jejíž hlavní činností je výzkum a vývoj kovů, plastů, kompozitů a zkoušení jejich vlastností v akreditovaných laboratořích, a další.

Zapojujete se i do evropských, a tedy zpravidla dobře finančně dotovaných, projektů?

Zapojení do evropských projektů je důležité. Tento rok končí projekt OPVK, který nám umožnil výraznou internacionalizaci mezi asistenty. V přípravě je řada dalších projektů menšího nebo většího rozsahu. V tomto směru si hodně slibujeme od projektů Operačního programu Výzkum, vývoj a vzdělávání, ve zkratce OP VVV, pro období 2014 až 2020, jehož cílem je přispět k posunu České republiky směrem k ekonomice založené na vzdělané, motivované a kreativní pracovní síle, na produkci kvalitních výsledků výzkumu a jejich využití pro zvýšení naší konkurenceschopnosti.

Fakulta je velmi aktivní a úspěšná i v zapojování do projektů 6. a 7. rámcového programu Evropské unie a nyní i programu Horizont 2020. Příkladem může být již šestým rokem probíhající koordinace série mezinárodních evropských projektů zaměřených na rozvoj a modernizaci výuky jaderné chemie v Evropě – projektů CINCH a CINCH-II.

Vášim tradičním partnerem jsou instituce spjaté s jádrem, ostatně mnozí si dodnes myslí, že fakulta je zaměřena hlavně na jadernou energii, a to nejen vědou, ale i studiem. Které nové obory se nyní na fakultě nejvíce rozvíjejí?

Nejdynamičtější jsou stále obory spojené s jádrem, konečně jsou nejčtenější. Nesmíte si však pod pojmem



Prof. Ing. Igor Jex, DrSc.,
děkan Fakulty jaderné
a fyzikálně inženýrské
ČVUT v Praze,
člen kolegia rektora
a Vědecké rady ČVUT
[foto: Jiří Ryszawy]

jádro představit jen jaderný reaktor, ale i veškerou fyziku na atomové – jaderné – úrovni. Mezi nejadernými obory je hodně zájem o obory spojené s využitím laserů a dále překvapivě čistě teoretické obory jako matematické modelování, matematická statistika nebo matematická fyzika.

Jaderka se může pochlubit výbornými studenty, kteří sbírají ocenění nejen doma, ale i v zahraničí. Jejich výčet jen za poslední rok by zabral docela velký prostor... Jsou tyto výsledky dány i tím, že u vás na studiích vydrží opravdu jen ti nejlepší, zatímco slabší studenti brzy odpadnou?

Štěstím i prokletím fakulty je selektivita. Na jedné straně vydrží jenom ti hodně dobří, a tudíž schopní dosáhnout na výrazná ocenění. Na druhé straně malý počet studentů, kteří vůbec uvažují o studiu u nás, představuje nízký příspěvek od státu, protože je primárně určen celkovým počtem studentů. Nicméně tato selekce, jak se ukazuje, pomáhá i našim absolventům. V nové práci se rychleji zorientují a dostanou se tak k zajímavým projektům bez dlouhých let zaškolování. Jsme tedy i perspektivním dodavatelem pracovních sil pro firmy.

Nabízíte studium přírodovědných, informatických i chemických oborů.

Štěstím i prokletím fakulty je selektivita. Na jedné straně vydrží jenom ti hodně dobří, a tudíž schopní dosáhnout na výrazná ocenění. Na druhé straně malý počet studentů, kteří vůbec uvažují o studiu u nás, představuje nízký příspěvek od státu, protože je primárně určen celkovým počtem studentů. Nicméně tato selekce, jak se ukazuje, pomáhá i našim absolventům. V nové práci se rychleji zorientují a dostanou se tak k zajímavým projektům bez dlouhých let zaškolování. Jsme tedy i perspektivním dodavatelem pracovních sil pro firmy.

O které z nich je mezi středoškoly největší zájem?

Zájem se s časem přesouvá, osobně mám pocit, že momentálně jsou více v kurzu matematictější obory.

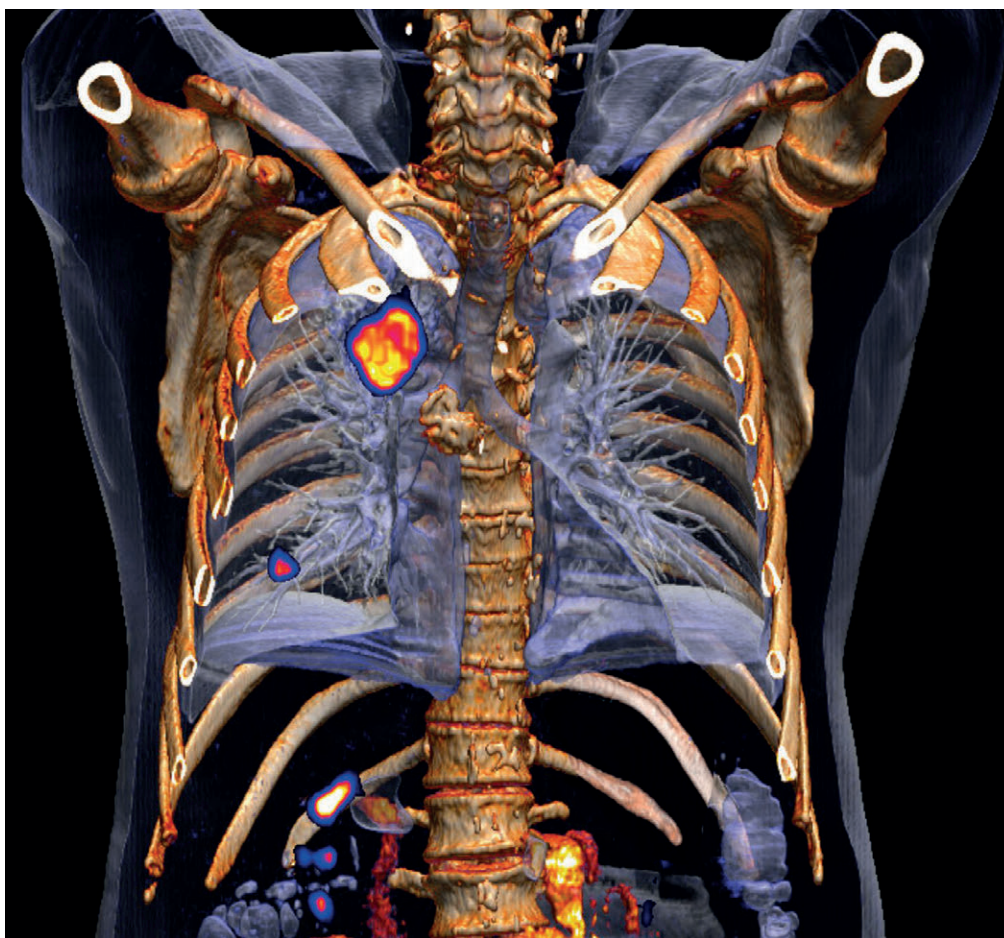
Jaké uplatnění by měli mít vaši absolventi? Měli by najít seberealizaci spíše ve vědě a oblastech s ní spojených, nebo by víc inženýrů s vaším titulem mělo mířit do praxe – do firem a organizací?

V tomto směru jsem velice idealistický. Náš absolvent, ale doufám, že i absolvent ostatních fakult, by měl realizovat své životní sny a tužby. Titul z ČVUT mu k tomu má „jenom“ dopomoci. Slovo inženýr v sobě skrývá vynalézavost – sílu myšlenky. Ta je potřeba jak ve vědě, tak v inženýrství nebo při řízení firmy.

Už nastala doba, kdy se firmy přetahují o vaše absolventy? Po technících je nyní velká poptávka, po těch s kvalitními vědomostmi především...

Poptávku po našich absolventech nejsme schopni plně uspokojit. Problémem jsou paradoxně i rodiče. Při dnech otevřených dveří se jim naše prezentace líbí, nevěří však, že jejich děti se po absolvování budou schopny na trhu práce uplatnit. Když slyší „slušné“ nástupní platy našich absolventů, velice rychle otočí. Bohužel se ale mnoho z nich do této fáze diskuze nedostane...

Vladimíra Kučerová



3D PET/CT fúzovaná rekonstrukce
oblasti hrudníku [© Siemens AG]

alespoň zkvalitnění a prodloužení života nemocného.

Zdokonalování diagnostických metod

Přístupů k terapii onkologických onemocnění je celá řada, nejdůležitějším aspektem úspěšné léčby však je a nadále zůstává pravidelná prevence a včasná diagnostika. K diagnostice nejenom onkologických onemocnění se v nukleární medicíně používá metod jednofotonové a pozitronové emisní tomografie (SPECT, PET). Pokud je to potřeba, tyto metody se kombinují s počítačovou tomografií (CT) nebo magnetickou rezonancí (MRI). Pomocí CT/MRI získáme obraz podobný RTG, jedná se tedy o strukturní informaci, naopak pomocí radiofarmak zobrazovaných pomocí PET/SPECT technik získáme funkční obraz metabolismu jednotlivých tkání, včetně patologických změn. Obě informace lze spojit do tzv. fúzních zobrazení. Tyto diagnostické metody jsou neustále zdokonalovány jak na straně přístrojové techniky a software, tak používaných radiofarmak, které se pokud možno selektivně hromadí v zájmové tkáni, díky čemuž ji lze zobrazit. Zpracováním dat dostane lékař velmi kvalitní soubor jednotlivých řezů nebo rekonstruovaný 3D obraz situace uvnitř těla pacienta. Díky tomu můžeme včas objevit nádorová ložiska, která nejsou jinými metodami zjištělná. Kromě prvotního zjištění patologie lze tyto metody použít při vedení chirurgického zákroku (chirurg přesně vidí rozsah a lokalizaci nádorové tkáně) i při následném monitorování úspěšnosti terapie. Zjistíme tak případnou recidivu nádorové tkáně, i rozsah metastáz.

Výzkum a využití nanomateriálů

Pro léčbu onkologických onemocnění máme k dispozici řadu léčebných postupů a metod, např. od chirurgického odstranění nádoru (ne vždy je to ale možné), přes celotělově podávaná cytostatika, ozáření s následnou transplantací kostní dřeně od dárce, protonovou terapii fokusovanou přímo na nádor, radionuklidovou terapii, či moderní léčbu protilátkami nebo geno-

Terapie onkologických onemocnění

Kdy se dočkáme úspěšného vyléčení všech onkologických pacientů? Jakými metodami toho dosáhneme? Ačkoliv cesta k úspěchu bude ještě dlouhá a komplikovaná, můžeme odvážně tvrdit, že je jen otázkou času. Na Katedře jaderné chemie JFJI ČVUT se kromě jiných oblastí zabýváme výzkumem využití nanomateriálů jako perspektivních nosičů radionuklidů pro nukleární medicínu.

Onkologická onemocnění se žel týkají čím dál většího počtu pacientů a v současné době jsou druhou nejčastější příčinou úmrtí. Podle informací Státního zdravotního ústavu umírá v důsledku onkologických onemocnění v ČR ročně více než 27 tisíc osob, což představuje 23 % z celkové úmrtnosti.

Ač zatím neumíme úspěšně vyléčit všechna onkologická onemocnění, u některých je úspěšnost léčby a celková prognóza příznivá (např. u některých typů leukémie). U agresivních typů onkologických onemocnění a těžkých případů v pokročilých stádiích, zejména pozdě diagnostikovaných, lze dosáhnout podpůrnou a paliativní léčbou

**Cílem našeho
výzkumu je pomocí
ozáření nádorové
tkáně in situ vhodným
radionuklidem zabít
rakovinné buňky
tak, abychom naučili
imunitní systém
organismu tyto buňky
rozpoznávat
a likvidovat.**

vou terapii. Ačkoliv je variabilita léčebných metod značná, jejich úspěšnost je podmíněna včasnou diagnostikou.

Pod onkologickým onemocněním si řada lidí představí jeden typ nemoci, avšak v bližším náhledu zjistíme, že jak spouštěče, tak i podstata a samotný průběh onemocnění jsou značně variabilní a dosud nejsou zcela známy (např. i samotný tumor není v průběhu onemocnění geneticky homogenní). Rovněž individualita a predispozice každého pacienta mají vliv na průběh nemoci, tzn. dva pacienti se stejným typem nádoru tak mohou na stejnou léčbu reagovat jinak, a ne každé onemocnění reaguje na podanou léčbu příznivě. Musíme brát v úvahu také to, že i nádorové buňky „chtějí žít“ a často se terapii brání, např. aktivním vypuzováním cytostatik, nebo dokonce vysíláním varovných signálů okolním rakovinným buňkám. Všechna tato fakta komplikují léčbu a predikují komplexní a skutečně personalizovaný přístup k pacientovi.

Na Katedře jaderné chemie JFJI ČVUT se kromě jiných oblastí zabýváme výzkumem využití nanomateriálů jako perspektivních nosičů radionuklidů pro nukleární medicínu. S přenosem poznatků výzkumu a vývoje do praxe pak aktivně spolupracujeme s Inovacentrem ČVUT. Náš výzkum je aktuálně zaměřen na přípravu biologicky kompa-

tibilních nanočástic označených diagnostickými nuklidy, jako je ^{99m}Tc , i na radionuklidy dezintegrující krátce žijící kaskádou rychlých rozpadů při současné emisi několika alfa-částic, především ^{223}Ra . Nanočástice v našem případě plní funkci nosiče radionuklidů a zajišťují, aby se radioaktivní nuklidy nešířily necíleně po organismu. Díky tomu je energie uvolněná při kaskádě rozpadů terapeutického radionuklidu deponována ve velmi malém objemu tkáně a dochází tak k ozáření jen velmi blízkého okolí místa aplikace (řádově desítky mikrometrů v případě ^{223}Ra). Snažíme se tímto způsobem zabít alespoň část rakovinných buněk. Ačkoliv by se to mohlo zdát jako nepřilíživě účinné, naším cílem není zabít všechny rakovinné buňky. Naopak, chceme ozáření alespoň části rakovinných buněk vyvolat jejich imunogenní buněčnou smrt, tzn. smrt a rozpad buněk na elementy – antigeny, které aktivují imunitní systém organismu.

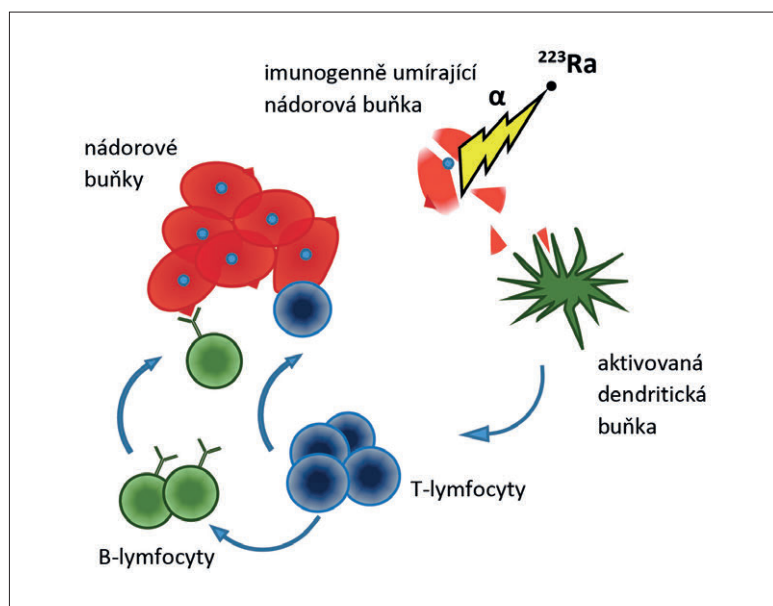
Rovněž v tomto případě lze s výhodou použít kombinaci více terapeutických metod a tím vytvoření synergického efektu (např. ozáření v kombinaci s terapeutickou vakcínou dendritických buněk pro aktivaci imunitního systému či cytostatika). Ačkoliv jsou námi vyvíjené nanočástice zamýšleny pro lokální aplikaci přímo do detekovaného nádorového ložiska, další rozšíření tohoto systému, např. pro terapii metastáz, je možné doplněním nanočástic o cílicí skupiny, které by zaručily jejich přednostní akumulaci rakovinnými buňkami.

Výhled do budoucna

Budoucnost léčebných postupů bude vést ve včasné diagnostice a zahájení vysoce cílené, multioborové a personalizované terapie. Léčba připravená na míru umožní zasáhnout s adekvátní intenzitou a způsobem tam, kde je to potřeba, ideálně bez nežádoucích vedlejších účinků. Dostupnost takovéto péče pro všechny onkologické pacienty bude důležitým faktorem v další prognóze onemocnění. Nové systémy na bázi virových vektorů, nukleových kyselin, protilátek či peptidů, dendritických buněk, moderní radionuklidové terapie aj. jsou již dnes v pokročilých fázích klinického zkoušení. Pokud jejich testování dopadne dobře, lze v dohledné době očekávat jejich klinické nasazení. Podpora zavádění nových výsledků výzkumu a vývoje do klinické praxe by však měla mít vyšší prioritu než dosud a měla by se dít ve veřejném zájmu. Zavádění nových registrovaných léčiv či léčebných postupů je v současné době značně nákladné a zdlouhavé. V některých případech, např. u radiofarmak, bude potřeba upravit legislativu (Zákon o léčivech č. 37/2007 Sb.) tak, aby umožnila přípravu a podání neregistrovaných, ovšem kvalitních a bezpečných přípravků, jak je to v mnoha státech EU již běžné. Další důležitou podmínkou je, aby tato péče byla plně hrazena zdravotními pojišťovnami. Doufáme, že i v této oblasti nastane brzy posun. Cesta k úspěšné terapii onkologických onemocnění sice není jednoduchá, ale můžeme odvážně tvrdit, že je jen otázkou času. Mějme však na paměti, že čas je pro těžce nemocné onkologické pacienty tou nejcennější veličinou.

autor: Ján Kozempel

Velmi zjednodušené schéma stimulace T a následně B lymfocytů dendritickými buňkami organismu aktivovanými imunogenní smrtí nádorových buněk v důsledku ozáření



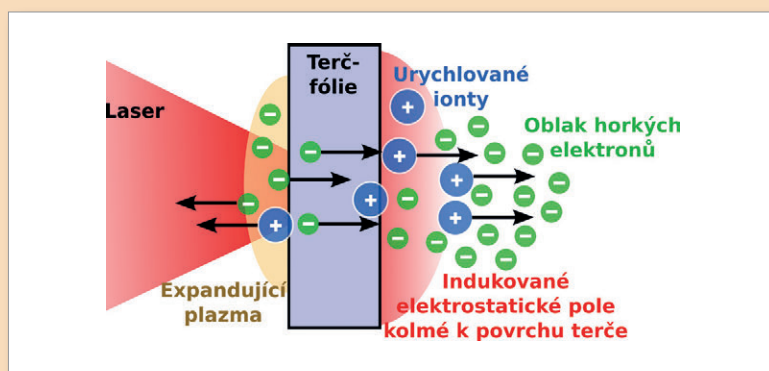
Urychlování iontů laserem

Vývoj v laserové technice, který se odehrál během několika posledních desetiletí, umožnil vytváření velmi krátkých impulsů záření s obrovským výkonem. Na Katedře fyzikální elektroniky Fakulty jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT se mj. zabýváme urychlováním iontů a metodami, které mají využití v termojaderné fúzi či při ničení hluboko uložených nádorů.

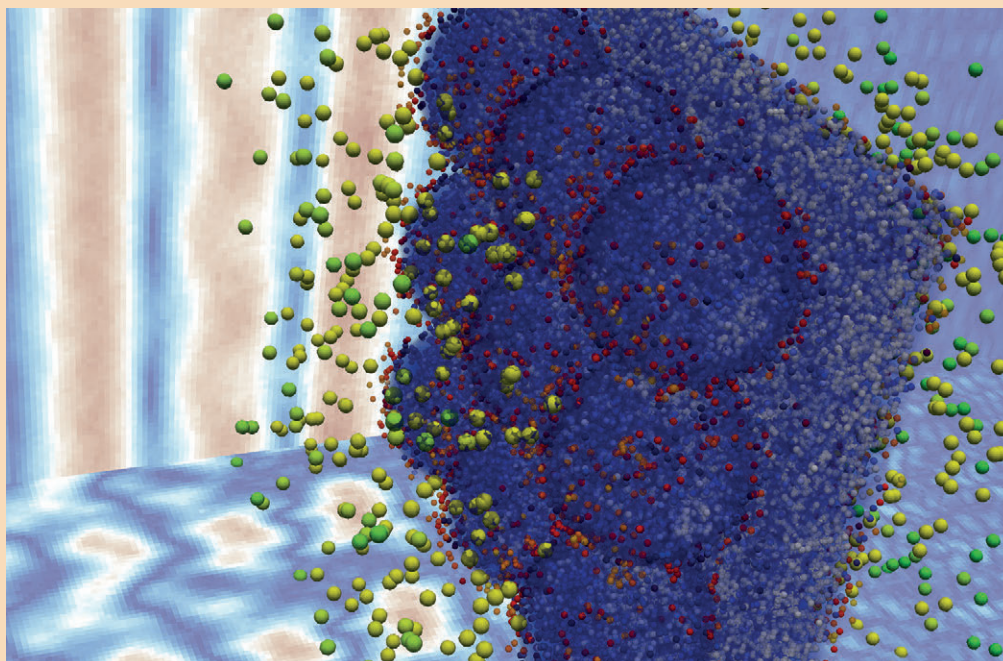
Pokud je laserový impuls zaostřen do malé oblasti na povrchu pevného terče, dochází zde vlivem vysoké koncentrace energie k ionizaci materiálu a vzniku horkého hustého plazmatu. Absorpce laserového impulsu bývá doprovázena také vznikem velmi

rychlých elektronů, které mají rychlost blízkou rychlosti světla. Tyto elektrony prostupují terčem a v případě, že je terčem tenká fólie, vylétují ze zadní strany. Expanzí oblaku horkých elektronů z povrchu terče dochází k porušení neutrality náboje a vzniku velmi

První úspěšné experimenty již proběhly v laserových laboratořích v Jižní Koreji a ve Francii a prokázaly výhodnost navrhovaných terčů i pravdivost výsledků našich výpočtů.



Schématické znázornění urychlování iontů z povrchu laserem ozařovaného terče.



silného elektrického pole. Toto pole dokáže ionizovat atomy na povrchu terče a urychlovat vzniklé ionty na energii řádu jednotek až desítek MeV.

Urychlování iontů při ozařování terče laserovým zářením může být potenciálně zajímavé pro některé aplikace. Urychlené protony již byly použity ke snímkování materiálu i silných indukovaných polí s výborným časovým a prostorovým rozlišením. Urychlené ionty jsou také v principu vhodné pro dobře lokalizovaný ohřev materiálu uvnitř hustých objektů (například pro rychlé zapálení inerciální termojaderné fúze) a v neposlední řadě také pro hadronovou terapii k ničení hluboko uložených nádorů. Pro tyto aplikace je však nejdříve nutné zlepšit vlastnosti urychlovaných iontů a zvýšit efektivitu procesu urychlování.

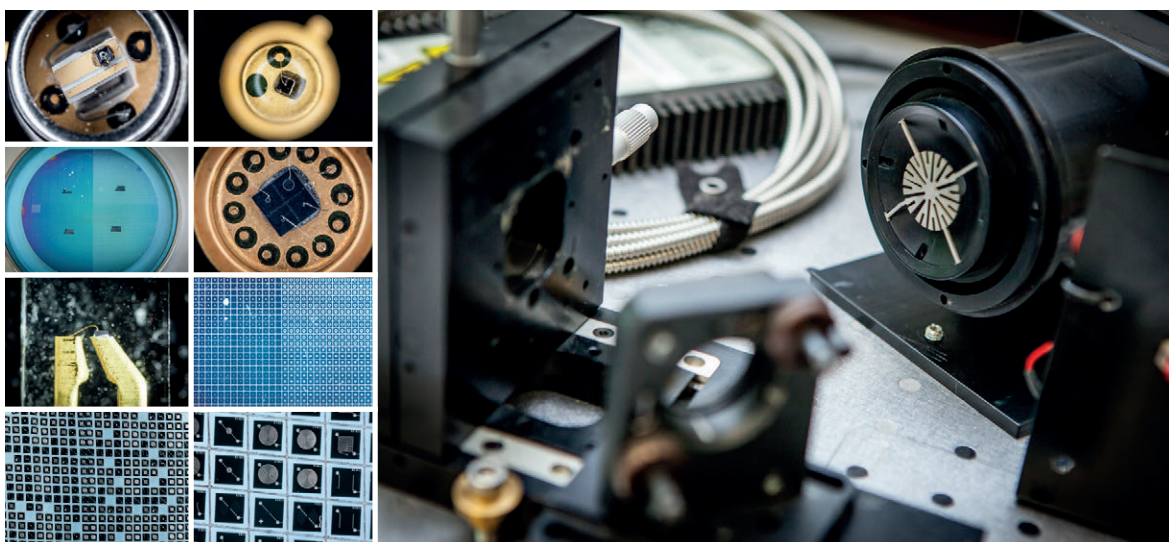
Naše skupina se zabývá možností zlepšení efektivitu procesu urychlování iontů použitím speciálních terčů s mikroskopickou strukturou na povrchu. Tato struktura slouží ke zvýšení absorpce laserového záření a efektivitu urychlování iontů zvyšuje i několikanásobně. Tvar a rozměry mikrostruktury optimalizujeme pomocí velmi náročných počítačových simulací prováděných na superpočítačích v České republice i v zahraničí.

Kolegové pak zkoumají možnosti výroby takových terčů a speciálními postupy připravují vzorky pro experimenty. První úspěšné experimenty již proběhly v laserových laboratořích v Jižní Koreji a ve Francii a prokázaly výhodnost navrhovaných terčů i pravdivost výsledků našich výpočtů. Další výpočty a experimenty budou probíhat v následujících letech. Jejich výsledky se uplatní i při budování laserového centra ELI-Beamlines v Dolních Břežanech, kde jsou zamýšleny experimenty využívající urychlené protony k ničení rakovinných buněk.

autoři: Ondřej Klíma a Jiří Limpouch
ilustrace: archiv pracoviště

> Více na <http://pi.jfifi.cvut.cz>

Počítačová 3D simulace procesu absorpce laserového záření a urychlování iontů. Na vodorovné a svislé ploše jsou průměty elektrického a magnetického pole laserového záření, energie urychlených iontů je znázorněna barvou kuliček.



Křemíkové detekční čipy. Vpravo pohled na optický tlumicí prvek na vstupu detektoru pro ISS.
[foto: Jiří Ryszawy]

Ing. JOSEF BLAŽEJ, Ph.D.
josef.blazej@fjfi.cvut.cz

Unikátní optické detektory z Katedry fyzikální elektroniky FJFI nacházejí uplatnění v přenosu časové informace na kosmické i pozemské vzdálenosti.

Foton v roli časové značky /

Unikátní detektory „slouží“ na družicích

Od dnes již rutinně provozovaných na milimetry přesných laserových družicových dálkoměrů v celosvětové síti je jen krůček k dlouho známé metodě, jak využít této techniky nejen k měření vzdálenosti mezi dvěma kosmickými objekty, ale i k přesnému porovnání časových stupnic na velmi vzdálených místech. Proč to dělat opticky? Jestliže totiž takové srovnání proběhne s pomocí signálu ve viditelné oblasti spektra, odpadne zásadní problém mikrovlnných spojů – obtížně předvídatelné zpoždění signálu při průchodu ionosférou, která je významně ovlivňována sluneční aktivitou. Atmosféra je, co do průchozího zpoždění v optické oblasti, mnohem lépe předvídatelná a modelovatelná na základě lokálních meteorologických měření. Užití čítání jednotlivých fotonů, tedy přirozeného kvantování slabých optických signálů, pak navíc eliminuje problémy s proměnným zpožděním uvnitř detektoru a odpadá tak další možný zdroj chyb.

Vědecký tým Laboratoře pokročilých kosmických technologií, vedený profesorem Ivanem Procházkou, na Katedře fyzikální elektroniky FJFI využívá své bohaté zkušenosti s vývojem detektorů jednotlivých fotonů a s elektronickými měřiči časových intervalů. Oba typy přístrojů jsou schopny pracovat

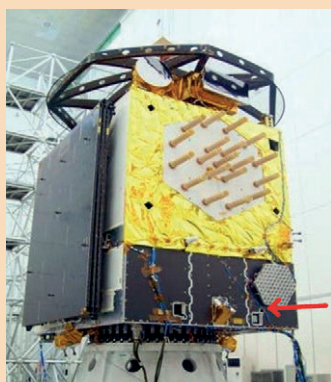
s pikosekundovou přesností a odpovídající stabilitou. Unikátní radiační odolnost detektoru umožňuje jeho dlouhodobé provozování i v rámci kosmických misí.

Princip porovnání časových stupnic neboli laserového přenosu času je jednoduchý. V případě porovnání mezi stanicí na Zemi a na družici proběhne měření laserovým dálkoměrem. Směrem ke družici je vyslán pikosekundový laserový impuls, ten se od ní (pomocí koutových odrazečů pro zvýšení účinného průřezu) odrazí a v blízkosti pozemního vysílače je detekován odražený signál. Z doby uplynulé mezi vysláním a přijetím optického signálu lze usuzovat

na vzdálenost družice. Na družici je umístěn další detektor jednotlivých fotonů, část příchozího signálu zachytí a získá časový údaj, kdy měla nastat „polovina“ na Zemi měřeného celkového intervalu. Jestliže je tento časový údaj běžnou datovou linkou přenesen na Zem, je už jen otázkou jednoduché aritmetiky spočítat, jaký je rozdíl mezi časovou stupnicí na Zemi a na družici, protože měření času na družici probíhá samozřejmě vůči tamním hodinám.

Laserový přenos času s našimi detektory našel uplatnění na čtyřech družicích budovaného čínského globálního družicového navigačního systému Beidou. V současnosti vyvíjíme variantu detektoru pro kalibraci časové stupnice atomových hodin v prostředí mikrogravitace, kterou financuje Evropská kosmická agentura v rámci mise ACES k Mezinárodní vesmírné stanici. Tyto excelentní výsledky aplikované fotoniky naleznou uplatnění také při pozemním použití k porovnávání časových stupnic anebo k opačné úloze, k monitorování proměnného zpoždění optické komunikační trasy. Potenciál budoucího využití mají i jedinečné měřiče časových intervalů, elektronické přístroje s femtosekundovou stabilitou a nelinearitou.

autor: Josef Blažej



Družice IGSO1 systému Beidou s naším detektorem pro laserový přenos času. [foto: archiv pracoviště]

300 tisíc datových kanálů... /

Fyzikální experiment COMPASS

Zajímavými otázkami struktury a spekter jistých druhů elementárních částic se zabývá fyzikální experiment COMPASS, jenž běží na částicovém urychlovači SPS v Evropské laboratoři pro jaderný výzkum (CERN) v Ženevě. Zaměstnanci a studenti Katedry softwarového inženýrství FJFI ČVUT se významnou měrou podílejí na vývoji a provozu systému sběru dat tohoto experimentu (DAQ – Data Acquisition System).

COMPASS je experiment s pevným terčem. To znamená, že v experimentální hale je umístěn terč s vybraným složením, na který dopadá svazek urychlených částic. Při interakci svazku s terčem vznikají sekundární částice, které jsou detekovány systémem detektorů, které měří energii (kalorimetry), sledují dráhy částic (drátové komory) a identifikují částice (Čerenkovy detektory). Data popisující průlet jedné částice systémem detektorů se označují jako událost. Jedna událost představuje až 50 kB dat.

Svazek dopadá na terč v takzvaných úsecích (spill), během kterých je každou sekundu vybráno a zaznamenáno až 30 000 událostí, což představuje datový tok přibližně 1,5 GB/s. Mezi úseky ovšem na terč nedopadají žádné částice, takže nejsou detekovány žádné události; průměrný (setrvalý) datový tok je tedy přibližně 500 MB/s.

DAQ je založen na softwarovém sestavování událostí. Jako vstup do systému slouží primární elektronika detektorů, která odpovídá za digitalizaci a předzpracování signálů pocházejících

z detektorů. V experimentu COMPASS vede z detektorů přibližně 300 000 datových kanálů. Data jsou multiplexována ve shromažďovacích modulech, které z nich vytváří podudálosti. Ty jsou následně posílány do sítě serverů, které slouží jako vyrovnávací paměť a pro sestavování úplných událostí.

Během let se postupně zvyšovala frekvence událostí i jejich velikost a tím i datové toky, které DAQ přestal být schopen zpracovávat. Navíc s rostoucím věkem hardwaru rostla i jeho poruchovost. Experimentální tým se proto rozhodl využít dvouletou odstávku urychlovače k aktualizaci systému DAQ. Ve spolupráci s Technickou univerzitou Mnichov provedli odborníci z Katedry softwarového inženýrství analýzu požadavků na nový systém, připravili návrh a ten implementovali.

Základní myšlenka nového systému spočívá v nahrazení počítačové sítě pro sestavování událostí specializovanými programovatelnými FPGA kartami. To ovšem znamenalo vyvinout od základu nový systém sběru dat.

Karty pracují ve dvou vrstvách. První vrstva složená z osmi karet získává data ze shromažďujících modulů a dále je multiplexuje a předává do druhé vrstvy. Tu tvoří jediná karta, která slouží jako přepínač, jenž vytváří úplné události a ty předává odečítacím počítačům vybavených speciálními PCI-e kartami s FPGA čipem.

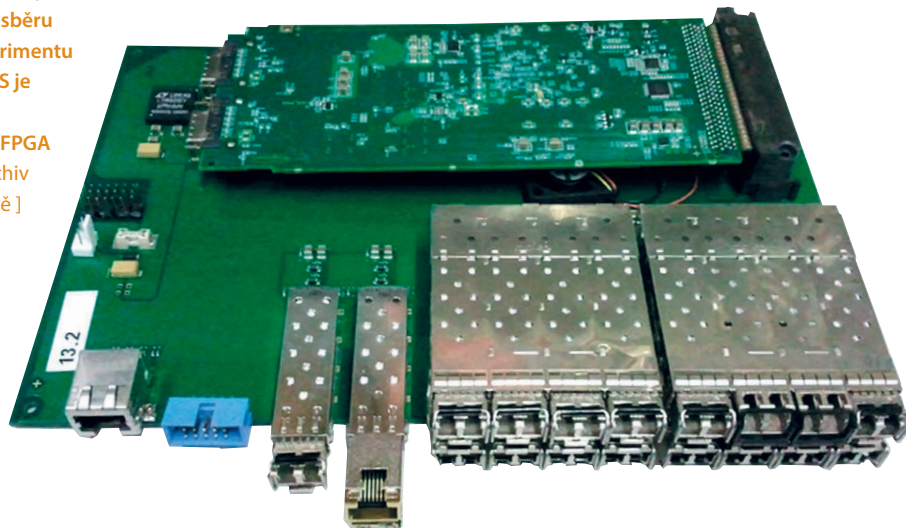
Odborníci z naší katedry pro tento systém navrhli a implementovali řídicí a dohledový systém. Software se skládá z několika typů procesů, které jsou nasazeny v heterogenním síťovém prostředí. Hlavní roli hraje nadřízený proces, který posílá příkazy podřízeným procesům a získává od nich informace o stavu systému. Podřízené procesy slouží pro komunikaci s FPGA kartami, odečítání dat a jejich kontrolu. Systém na všech úrovních kontroluje konzistenci v hlavičkách dat. Chování všech procesů v systému je popsáno pomocí konečných automatů.

Z druhé strany nadřízený proces komunikuje s operátorským rozhraním experimentu. Nadřízený proces také zprostředkovává správu nastavení. Nezávisle na ostatních procesech běží zapsávač a prohlížeč záznamů. Stav všech serverů v experimentu dále monitoruje systém Zabbix, který jsme integrovali do operátorského rozhraní. Pro nastavení systému je také možné použít webové rozhraní. V rámci nasazování nového systému jsme také zařídili a nainstalovali vzdálené řízení experimentu.

Navržený systém byl koncem roku 2014 nasazen do ostrého provozu. Odborníci z Katedry softwarového inženýrství FJFI – včetně studentů – nyní tento systém spravují a pracují na implementaci nových požadavků.

autoři: Vladimír Jarý, Josef Nový
a Miroslav Virius

Základní součást střední vrstvy systému sběru dat experimentu COMPASS je založena na kartě FPGA
[foto: archiv pracoviště]



Ing. RADEK PROKEŠ
radek.prokes@jfji.cvut.cz

V současnosti existuje velké množství dobře zavedených analytických metod výzkumu složení látek. Avšak často je pro jejich provedení nutné poškození či úplné zničení zkoumaného objektu (roztužení v roztoku, spálení apod.). V mnoha aplikacích je však požadována taková analytická metoda, která není pro vzorek destruktivní, např. při zkoumání vzácných historických nálezů a uměleckých děl, při kontrole průmyslově vyráběných materiálů atd.

Jednou z velmi užitečných metod se ukázala být rentgenová fluorescenční analýza (RFA), která umožňuje provádět nedestruktivní kvalitativní i kvantitativní prvkovou analýzu zkoumaných předmětů. Jejich princip spočívá v buzení a detekci tzv. charakteristického záření X. Pokud je povrch měřeného objektu vystaven působení ionizujícího záření, dochází v ozařované oblasti k produkci charakteristického záření X. energii tohoto záření lze jednoznačně přiřadit konkrétnímu protonovému číslu daného prvku, což umožňuje zjišťovat prvkové složení analyzovaného objektu. Při RFA není nutné odebírat vzorek a analýza může být dokonce provedena bezdotykově ze vzdálenosti několika milimetrů až centimetrů od povrchu vzorku.

V dnešní době je tato metoda široce využívána nejen díky své nedestruktivnosti, ale i dalším přednostem. Je to rychlá metoda, prvotní informaci o složení vzorku dokáže podat během několika vteřin, navíc stačí provést jen jedno měření pro současnou detekci všech zájmových prvků. Díky své nedestruktivnosti umožňuje měření stejného vzorku opakovaně. Navíc je tato metoda univerzální – stejnou aparaturou lze měřit mnoho zcela odlišných předmětů. Díky moderním přenosným přístrojům je aplikovatelná v terénu, což je velmi užitečné v případech, že nelze zkoumaný objekt přemístit do laboratoře. RFA umožňuje ve vzorcích detekovat různé

Co je uvnitř? /

Rentgenová fluorescenční analýza

prvky v širokém rozsahu. Zjistí nejen to, jaké prvky se ve vzorcích nachází (kvalitativní analýza), ale na základě množství detekovaného charakteristického záření X dokáže podat informaci o koncentracích přítomných prvků (kvantitativní analýza). Jistým omezením je však analýza lehkých prvků, které emitují charakteristické záření s příliš nízkou energií. Prakticky lze tedy většinou analyzovat prvky v rozsahu od Al po U.

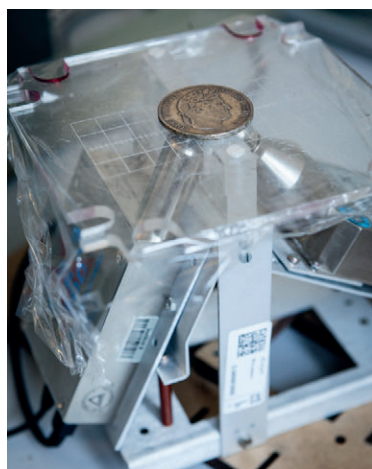
Instrumentace pro rentgenovou fluorescenční analýzu sestává ze dvou hlavních částí. První je zdroj ionizujícího záření produkující primární záření, kterým je měřený vzorek ozařován. Velmi často je pro tento účel použita miniaturní rentgenová trubice s maximálním urychlovacím napětím do 50 kV. Druhou podstatnou součástí aparatury

i k analýze pigmentů v nástěnných malbách, obrazech, keramice nebo starých iluminovaných rukopisích. Identifikace použitých pigmentů například umožňuje rozlišit původní malby od pozdějších přemalů, a tím poskytnout cenné informace historikům i restaurátorům. Navíc je takto možné odhalit případné falzifikáty uměleckých děl. Další využití této metody na našem pracovišti představuje studium geologických vzorků nebo vzorků životního prostředí.

Naše pracoviště disponuje také aparaturou pro μ -RFA, která slouží pro zkoumání prvkového složení daných objektů s výborným rozlišením (20–30 μ m). Kromě této „bodové“ μ -RFA se u nás provádí i tzv. 2D μ -RFA – vybraná oblast povrchu vzorku je skenována s krokem o velikosti řádu desítek μ m postupně v osách X a Y a vzniká tak 2D mapa prvkové distribuce dané oblasti povrchu vzorku.

V současnosti je rozvíjena nejmodernější modifikace RFA, tzv. konfokální RFA. Tato metoda umožňuje analyzovat vzorek hloubkově. Rozdíl oproti konvenční RFA spočívá v umístění sekundární polykapilární optiky před vstupní okénko detektoru. Primární záření z rentgenky je fokusováno primární optikou na povrch vzorku, charakteristické záření X pak prochází do detektoru přes tuto sekundární optiku. Ohniska primární a sekundární optiky jsou nastavena tak, aby se překrývala. V prostoru pak překryv ohnisek obou optik vytvoří miniaturní konfokální objem. Pak lze takto vytvořený objem nasouvat do hloubky vzorku kolmo na jeho povrch, což umožní získat informaci o hloubkové distribuci přítomných prvků ve vzorku. Tato metoda se dobře uplatní při zkoumání vícevrstvých vzorků, např. při analýzách obrazů a maleb, kdy je možné nedestruktivně rozlišit jednotlivé povrchové vrstvy pigmentů a barviv.

autor: Radek Prokeš
foto: Jiří Ryszawy



je spektrometrický polovodičový detektor, který měří spektrum emitovaného charakteristického záření X.

Katedra dozimetrie a aplikace ionizujícího záření JFJI využívá RFA díky své nedestruktivní povaze k analýzám vzácných předmětů a historických nálezů. Výborných výsledků dosahuje tato metoda při průzkumu kovových předmětů, nástrojů, mincí, šperků apod. RFA byla například použita během výzkumu přilby sv. Václava nebo relikviáře svatého Maura při jeho restaurování. Slouží

Při rentgenové fluorescenční analýze není nutné odebírat vzorek. Může být dokonce provedena bezdotykově ze vzdálenosti několika milimetrů až centimetrů od povrchu vzorku.

Rentgenové paprsky /

Využití ve fyzikálním a materiálovém inženýrství

Samotná metoda rentgenové difrakční analýzy není nijak nová. To ovšem nikterak nesnižuje její aktuálnost pro současný výzkum, což deklarují dvanáct Nobelových cen s tou nejnovější z roku 2009. V Laboratoři strukturní rentgenografie Katedry inženýrství pevných látek JFIFI ČVUT využívají její pracovníci difrakci rentgenových paprsků nejen k základnímu, ale i aplikovanému výzkumu. Konkrétně k popisu reálné krystalografické struktury, což je zásadní při vývoji nových materiálů, k optimalizaci stávajících technologických postupů, na jejichž základě jsou aplikovány technologie nové.

Díky specifickým vlastnostem používaného rentgenového záření (jako je vlnová délka řádově 0,1 nm, jež je srovnatelná se vzdáleností mezi atomy v pevných látkách) je možné rentgenografickými difrakčními metodami nepřímo sledovat polohy atomů v krystalové mřížce, a to nedestruktivně. Tato vlastnost rentgenového záření nám umožňuje popsat a odlišit jednotlivé modifikace té samé látky.

Chihy pro víc než tisíc stupňů

Protože vlastnosti (mechanické, chemické, magnetické apod.) jsou odlišné pro každou modifikaci, je znalost krystalografické struktury klíčová. Příkladem jsou momentálně řešené problematiky zavádění nových postupů při výrobě speciálních cihel do vysokých pecí tak, aby odolávaly teplotám vysoko přes tisíc stupňů Celsia, či sledování nežádoucích křehkých fází vznikajících v tenkých funkčních vrstvách a povlacích při jejich depozici na speciálních strojních součástech, kde slouží jako ochrana proti nežádoucí abrazi a korozi.

Zvyšování meze únavy

Další významnou aplikací je tenzometrická analýza, která je založena na měření relativní deformace krystalové mřížky a následném přepočtu na zbytková napětí, což jsou mechanická napětí existující v pevné látce bez působení vnějších sil nebo momentů. Právě úroveň zbytkových napětí je velmi důle-



žitá nejen pro jaderný průmysl, ale i výrobce automobilových částí či leteckých dílů. Cílem průmyslových partnerů je dosáhnout ve výrobku takového stavu napjatosti, aby se ani při superpozici s vnějším namáháním nepřekročilo v žádném místě součásti kritické maximum, případně aby se očekávaná maxima vnějších sil (provozních napětí) přítomností zbytkových napětí snížila. V místě, kde lze očekávat vysoké tahy, vytvoříme umělá tlaková předpětí, která zvyšují významně mez únavy při cyklickém namáhání, a díky nim bude vznik nežádoucích trhlin, vedoucích k selhání daného dílu a tím pádem i k možnému zničení celé konstrukce, potlačen.

Zacíleno na laserové svařování

Na zkoumání vlivu laserového svařování a kalení na distribuci zbytkových napětí je zaměřena spolupráce se společností MATEX PM s.r.o., jež se stala firmou roku 2014, a společností SVÚM, která je mimo jiné podpořena Ministerstvem průmyslu a obchodu a Technologickou agenturou České republiky. Pokročilé technologie laserového svařování umožňují svařovat i tlusté plechy díky převzetí vyplnění úkosu přidávaným drátem z klasických obloukových metod. Tím dochází k dalším dosud plně nepopsaným změnám mechanických vlastností takto vzniklých svarů.

Samotný svařenec obsahuje nejen transformační zbytková napětí, jež vznikají fázovými přechody při svařování, ale i zbytková napětí tepelná, vznikající při chladnutí vlastního svaru, kdy v jeho okolí materiál není prohřátý díky značné rychlosti aplikace laserové technologie. Z důvodu vzniku odlišné mikrostruktury vlastního svaru a jeho okolí je materiál citlivý na namáhání. Pokud jsou hodnoty zbytkových napětí nepřipustné, je nutné je redukovat. V případě menších dílů se dá problém řešit žháním, v ostatních případech např. vibracemi okolí svaru či změnou technologie a pracovních podmínek během laserového svařování.

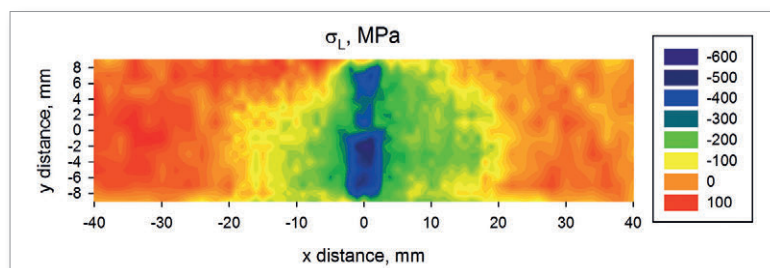
Za účelem kontroly a předpovědi únavových vlastností laserového spoje je nezbytně nutné určit reálnou krystalografickou strukturu materiálu a rozložení zbytkových napětí. Je třeba zjistit, kdy jsou tlaková zbytková napětí příznivější. Materiál má totiž tendenci se smršťovat, takže je nutné zabránit šíření a inicializaci případných trhlin v oblasti svaru v porovnání s odpovídajícími charakteristikami svaru klasickou technologií obloukového svařování.

autoři: Jiří Čapek, Kamil Kolařík
a Nikolaj Ganev

ilustrace: archiv pracoviště

Difraktometr X'Pert PRO MPD speciálně modifikovaný na analýzu reálných vzorků.

S rozvojem vysoce výkonných diodových laserů, které jsou schopny docílit vysoké produktivity svařování při nízkém tepelném zatížení materiálu lze docílit příznivých tlakových napětí oL uvnitř samotného svaru.



Ing. KATEŘINA ČUBOVÁ, Ph.D.
katerina.cubova@jfifi.cvut.cz



Iontové kapaliny /

Nové trendy v dekontaminaci?

Iontové kapaliny mají použití v syntetické chemii, mohou sloužit k separaci plyných i kapalných směsí, jako elektrolyty v bateriích, lubrikanty a teplosměrná média. Využitím iontových kapalin pro separační aplikace se zabývá výzkumný tým na Katedře jaderné chemie Fakulty jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT ve spolupráci s ÚJV Řež.

V současné době jsou termínem iontové kapaliny nejčastěji nazývány sloučeniny, které se skládají z velkého organického kationtu (pyridinové, imidazolové, thiazolové, amoniové, pyrrolidinové a fosfoniové či sulfoniové soli) a anorganického či organického aniontu (tetrachloroaluminát, tetrafluoroborát, hexafluorofosfát atd.) a mají bod tání nižší než 100 °C, přičemž některé jsou kapalné již za laboratorní teploty.

Vhodnou volbou páru kation–anion lze zásadně ovlivnit vlastnosti výsledné iontové kapaliny jako je hustota, viskozita, povrchové napětí, bod tání, hydrofobní a hydrofilní vlastnosti, rozpouštěcí vlastnosti i jejich fázové chování. Jejich vlastnosti lze tedy nastavit přímo na míru pro plánované využití a proto bývají označovány jako tzv. „designer solvents“. Vyznačují se i dalšími specifickými vlastnostmi – nízkou toxicitou, nehořlavostí, nízkou tenzí par, relativně vysokou teplotní (podle složení 250–450 °C), chemi-

kou a elektrochemickou stabilitou. Jsou kapalné v širokém teplotním rozmezí (až do 300 °C) a jsou dobrými rozpouštědly pro početné organické a anorganické sloučeniny.

V 70. letech minulého století byl iniciován výzkum organických iontových sloučenin, které by mohly nahradit do té doby používané anorganické soli a jejich eutektické směsi s nízkými body tání a u kterých by se neprojevovaly negativní vlastnosti anorganických eutektik. Tyto parametry obecně splňují soli, v nichž nemůže docházet ke koordinaci mezi kationtem a aniontem – tzn. takové soli, v nichž jsou ionty objemné a jejichž náboj je delokalizován.

V průběhu vývoje iontových kapalin byly detailně studovány elektrochemické, rozpouštěcí a katalytické vlastnosti různých tetrachloroaluminátů, dnes označovaných jako iontové kapaliny první generace. Byly však citlivé na vlhkost a nestály na vzduchu, což podnítilo přípravu tzv. iontových kapalin druhé generace, které byly založeny na využití nekoordinujících aniontů odolných vůči hydrolýze a oxidaci.

Paralelní výzkum se zaměřil na studium a vývoj iontových kapalin s takovým složením a funkčními skupinami, které mohly plnit úlohu nejen rozpouštědla, ale i například katalyzátoru nebo chelatačního činidla. Tento typ látek bývá označován jako iontové kapaliny třetí generace.

Jejich unikátní vlastnosti a možnost syntézy „na míru“ umožňují široké pole nejrůznějších aplikací – iontové kapaliny mají použití v syntetické chemii, mohou

sloužit k separaci plyných i kapalných směsí, jako elektrolyty v bateriích, lubrikanty a teplosměrná média – prvním významným průmyslovým procesem využívajícím vlastnosti iontových kapalin se stal v roce 2002 proces BASIL (Biphasic Acid Scavenging utilizing Ionic Liquids) firmy BASF.

S postupným rozšířením iontových kapalin a jejich pronikáním do dalších odvětví výzkumu a technologií jsou využívány jejich další specifické vlastnosti. Iontové kapaliny prokázaly své výhody, jako jsou například vysoká selektivita a relativně rychlá kinetika při studiu kapalinové extrakce různých radionuklidů; specifické rozdíly v chemii trojmocných lanthanidů a aktinidů jsou studovány a testovány v oblastech nakládání s radioaktivními odpady i při přepracování ozařeného jaderného paliva.

V současné době se výzkumný tým na Katedře jaderné chemie JFIFI ČVUT ve spolupráci s ÚJV Řež zabývá výzkumem v oblasti využití iontových kapalin pro separační aplikace. Výzkum probíhá v rámci projektu TAČR Epsilon a je zaměřený na procesy dekontaminace různých typů materiálů pocházejících z jaderných elektráren, provozů palivového cyklu včetně těžby uranu a výroby paliva i výzkumných či zdravotnických zařízení, které jsou povrchově kontaminovány radionuklidy. Cílem projektu je vyvinout technologický postup pro dekontaminaci pevných povrchů a materiálů založený na použití iontových kapalin a to včetně jejich regenerace a recyklace.

autorka: Kateřina Čubová
ilustrační foto: archiv pracoviště

> Více o iontových kapalinách na <https://www.youtube.com/watch?v=CWz4LChYHfU> (Bendová M.: Iontové kapaliny, víc než jen rozpouštědla)

AdMat / Multidisciplinární výzkumné centrum moderních materiálů

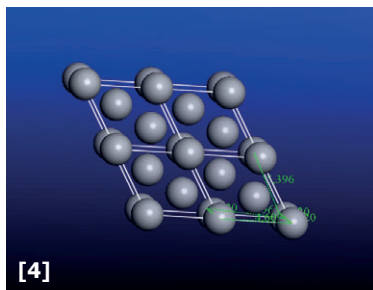
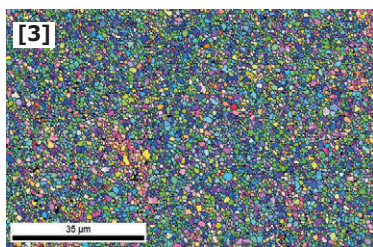
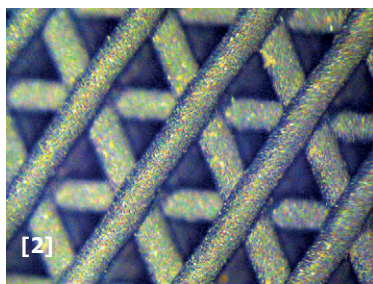
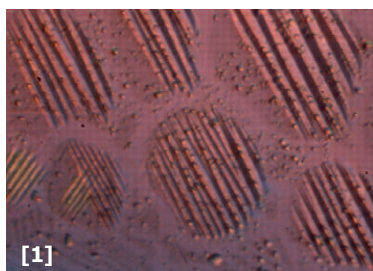
Šest špičkových týmů materiálového výzkumu ze dvou předních českých univerzit (ČVUT a Univerzity Karlovy) a čtyř výzkumných ústavů Akademie věd ČR (Fyzikálního ústavu, Ústavu fyziky plazmatu, Ústavu jaderné fyziky a Ústavu termomechaniky) se pod vedením koordinátora prof. Miloše Janečka z Matematicko-fyzikální fakulty UK spojilo a vytvořilo multidisciplinární výzkumné centrum pokročilých materiálů AdMat.

Výzkumná činnost centra se zaměřuje především (avšak ne pouze) na čtyři hlavní skupiny v současné době intenzivně zkoumaných materiálů: ultra-jemnozrnné polykrystalické materiály a kompozity (připravované pokročilými technikami, jako jsou například různé metody aplikace extrémní plastické deformace, postupy práškové metalurgie či přesné lisování), funkčně gradované vrstvy (plasmové a iontové nástríky), kompozity na bázi slitin lehkých kovů a funkční materiály s martenzitickou transformací. Pozornost je věnována též návrhu a přípravě nových funkčních materiálů založených například na kompozitech kombinujících slitiny lehkých kovů s vybranými materiály s tvarovou pamětí.

Mezi hlavní zkoumané vlastnosti a materiálové charakteristiky náleží kupříkladu studium strukturní stability, výzkum strukturní podstaty fázových transformací a jejich ovlivnění procesy plastické deformace, rozbor mechanismů zpevnění pozorovaných v kompozitních materiálech či analýza vlivů mikrostruktury na efekt magnetické tvarové paměti.

Metodika výzkumné činnosti koncentrované v centru AdMat vychází z intenzivního sdílení poznatků participujících týmů prostřednictvím pravidelných odborných workshopů, společných datových a informačních zdrojů umístěných na webových stránkách AdMatu (<https://admat.fjfi.cvut.cz/admatwiki/doku.php>) a otevřeného přístupu spolupracovníků centra k experimentálnímu a výpočetnímu kapacitám zúčastněných pracovišť. Významná pozornost je věnována všestranné podpoře účasti studentů a mladých vědeckých pracovníků na této výzkumné činnosti.

Díky tomu lze každou ze studovaných materiálových problematik



[1] Mikrostruktura magnetické slitiny s tvarovou pamětí Co-Ni-Al

[2] Keramická mikroarchitektura připravená technologií Spark plasma sintering

[3] Mapa krystalografických orientací v ultrajemnozrnné hořčíkové slitině

[4] Hexagonální uspořádání atomů v krystalické struktuře omega fáze Ti

pojmout poměrně komplexně, s využitím všech experimentálních metodik, teoretických znalostí a prostředků počítačového modelování, kterými jednotlivé týmy centra disponují. Jedním z názorných příkladů takové synergie je výzkum fázových transformací v metastabilních titanových slitinách; to jsou materiály mající velký potenciál v technologických aplikacích, od biomechanických implantátů až po komponenty leteckých motorů. Jejich plnému využití v praxi však brání nedostatečné teoretické pochopení mikrostrukturních procesů probíhajících v těchto slitinách, jako je například formování tzv. omega-částic, objektů o velikosti řádově několik nanometrů, vznikajících lokálním přeuspořádáním atomů v krystalové mřížce slitiny. Omega-částice výrazně ovlivňují všechny užité vlastnosti slitiny stejně jako její vhodnost pro další tepelně-mechanické zpracování. Široká platforma centra AdMat umožňuje materiály s těmito částicemi zkoumat různými prostředky elektronové a optické mikroskopie i rentgenovou a neutronovou difrakcí, studovat interakce omega-částic s ultrazvukovými vlnami nebo analyzovat mechanismy jejich vzniku pomocí krystalografické teorie a počítačového modelování.

Stejně komplexně je však studována i řada dalších pokročilých materiálů. Například slitiny na bázi niklu, manganu a galia, které vykazují takzvaný jev magnetické tvarové paměti, tedy schopnost výrazně měnit svůj tvar pod účinkem vnějšího magnetického pole, nebo extrémně tvrdé slitiny wolframu připravené spékáním mechanicky legovaných prášků pomocí technologie Spark plasma sintering.

Na všech zmíněných tématech spolupracuje AdMat rovněž s řadou zahraničních univerzit a výzkumných institucí. Na workshopy jsou pravidelně zváni přednášející z prestižních zahraničních pracovišť a studenti pracující v rámci centra využívají těchto kontaktů pro získávání cenných zkušeností na zahraničních stážích.

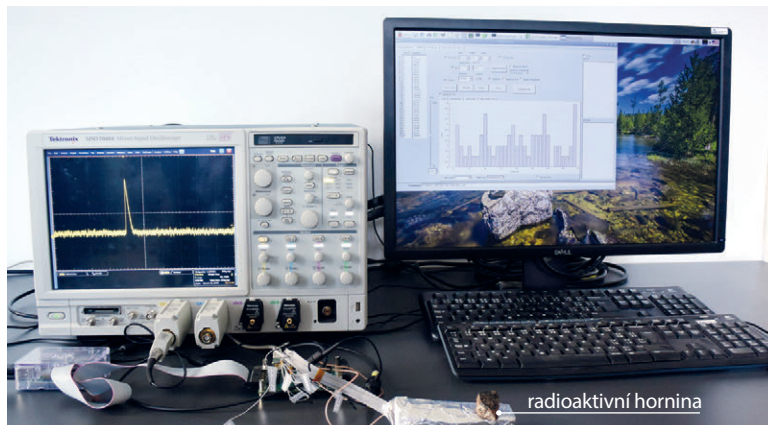
Projekt je realizován s finanční podporou Grantové agentury ČR v rámci veřejné soutěže na podporu center excelence v základním výzkumu.

**autoři: Hanuš Seiner, Ladislav Kalvoda
ilustrace: archiv pracoviště**

Ing. MIROSLAV HAVRÁNEK, MSc., Ph.D.
miroslav.havranek@jfifi.cvut.cz

Progresivní detekční systémy

ČVUT má mnohaleté zkušenosti s vývojem polovodičových detektorů. Detekční systémy vyvinuté primárně pro experimenty v laboratoři CERN (Evropské centrum pro jaderný výzkum) mají ohromný potenciál také v praktických aplikacích.



Pracoviště pro vývoj a testování detektorů ionizujícího záření v univerzitním Centru kompetence.

V roce 2012 vzniklo na ČVUT Centrum kompetence zaměřené na vývoj detekčních systémů ionizujícího záření podporované Technologickou agenturou České republiky (TAČR). Centrum navázalo na dlouhodobou spolupráci JFIFI ČVUT na vývoji pixelových detektorů pro experiment ATLAS v mezinárodním centru pro výzkum ve fyzice částic CERN, který zaujímá vedoucí místo v tomto oboru a koordinuje aktivitu dalších laboratoří. JFIFI ČVUT se v posledních letech podařilo získat v této společnosti velmi respektovanou a viditelnou pozici.

Ve světě existuje relativně málo pracovišť, která se zabývají přenosem těchto technologií do aplikační sféry. Nicméně situace se za posledních několik let začíná výrazně měnit a díky podpoře TAČR vstoupilo ČVUT do aplikačně velmi perspektivní tematiky. Centrum kompetence je spin-off pracoviště, které je unikátní nejen u nás, ale i v mezinárodním měřítku. Ve spolupráci s průmyslovými partnery, kteří v ČR představují špičku v tomto oboru, probíhá na ČVUT vývoj detekčních systémů pro konkrétní aplikace.

Vývoj polovodičových detektorů vyžaduje zvládnutí několika různých technologických kroků. Klíčovou součástí detekčního systému je vyčítací integrovaný obvod (elektronický čip), který zpracovává signál ze senzoru. Tyto čipy jsou navrhovány na ČVUT a vyráběny ve 180nanometrové CMOS technologii.

Radiační odolnost vyčítacích čipů je testována ve spolupráci s průmyslovými partnery a dále také ve spolupráci s ÚJV Řež. Výrobu citlivých křemíkových sen-

zorů zajišťuje společnost ON-Semiconductor ve výrobě v Rožnově pod Radhoštěm. Tato společnost má dlouholeté zkušenosti s výrobou polovodičových senzorů, byla klíčovým dodavatelem senzorů pro pixelový detektor v experimentu ATLAS. Kromě vývoje detektorů s křemíkovými senzory probíhá také výzkum nových materiálů pro senzory – konkrétně Cadmium-Teluridu (CdTe). Senzory založené na CdTe mají podstatně větší detekční účinnost pro tvrdé

detekční modul s křemíkovým senzorem



Jedním z dlouhodobých cílů Centra kompetence je vývoj velkorozměrových detekčních systémů pro radiační zobrazování, které jsou založeny na polovodičových senzorech. Navrhovaná řešení na bázi polovodičových detektorů mají podstatně vyšší užité parametry, jako

Řešení na bázi polovodičových detektorů mají podstatně vyšší užité parametry, jako je rozlišení, kompaktnost, možnost vysoké míry miniaturizace, přenosu extrémně velkého objemu dat, online zobrazení nebo interaktivní práce s obrazem. Navíc díky vysoké radiační odolnosti má výsledný detektor značný potenciál nahradit stávající nákladná průmyslová řešení.

rentgenové záření než klasické křemíkové senzory. Při vývoji detekčních modulů je navíc kladen důraz na jejich snadnou aplikovatelnost a kompatibilitu s moderními průmyslovými standardy. Široké portfolio typů senzorů a vyčítacích čipů umožňuje uspokojit požadavky širokého spektra uživatelů.

Za dobu existence Centra kompetence byl vyvinut celý detekční řetězec – senzor, vyčítací čip a nezbytná elektronika pro ovládání detektoru a sběr dat. Na tomto základě již nyní vznikají první detekční moduly. Podpora od Technologické agentury ČR umožňuje soustředit se hned na několik témat, ale potenciál je výrazně větší. Proto je nezbytně důležité sledovat vývoj nejmodernějších technologií (a také schopnosti konkurence) a zaměřit se na nejperspektivnější oblasti vývoje.

je rozlišení, kompaktnost, možnost vysoké míry miniaturizace, přenosu extrémně velkého objemu dat, online zobrazení nebo interaktivní práce s obrazem. Navíc díky vysoké radiační odolnosti má výsledný detektor značný potenciál nahradit stávající nákladná průmyslová řešení, jejichž radiační odolnost je často limitovaná.

Výzkumná skupina na ČVUT se také výrazně podílí na vývoji vyčítacího čipu nové generace pro upgrade pixelového detektoru experimentu ATLAS prostřednictvím projektu RD53 v CERN. V jeho rámci vznikl testovací čip navržený v pokročilé 65nanometrové CMOS technologii obsahující funkční bloky, které budou součástí rozsáhlejšího designu o komplexitě až 500 milionů tranzistorů.

autor: Miroslav Havránek

foto: archiv Katedry fyziky JFIFI

Jak jsme na tom s radiací?

Spektrometrie záření gama

Je naše území ještě kontaminováno spadem z havárie Jaderné elektrárny Černobyl v roce 1986?

Zajímá vás radioaktivita stavebních materiálů, a to nejen těch, které mají původ na Ukrajině?

Odpověď na tyto otázky mohou dát měření, jež se realizují na Katedře dozimetrie a aplikace ionizujícího záření Fakulty jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT. Gama spektrometrická metoda je spolehlivým a poměrně rychlým pomocníkem při řešení řady úkolů z oblasti geologie i radiační ochrany.

Stanovení obsahu radioaktivních látek v měřeném materiálu je vždy doprovázeno komentářem ohledně bezpečnosti jeho konzumace či používání. Nejvíce pozornosti věnují obyvatelé konzumaci hub, které ve zvýšené míře kumulují prvek cesium a tedy i jeho radioaktivní izotop ^{137}Cs , který je jedním z posledních radionuklidů, které od černobylské havárie v našem životním prostředí stále ještě přetrvávají. Přestože tento spád v dnešní době činí méně než 0,2% celkového ozáření obyvatel, které je způsobeno převážně radonem (více než 50%), kosmickým zářením, zářením hornin a lékařským ozářením, může být zajímavé zjistit, jaká je přetrvávající kontaminace hub, půdy, či jiných materiálů v konkrétních oblastech ČR (http://www.sujb.cz/monras/aplikace/monras_cz.html).

Gama spektrometrie

Spektrometrie záření gama je jedním z odvětví, kterým se dlouhodobě

věnujeme na Katedře dozimetrie a aplikace ionizujícího záření. Tato neustále se rozvíjející analytická metoda je schopná nejen kvalitativně, ale i kvantitativně určit množství radioaktivních látek, jejichž samovolná přeměna je doprovázena emisí záření gama, tedy fotonů. Toto záření může mít negativní dopad na naše zdraví, informace o obsahu radionuklidů v různých prostředích je nutná pro posouzení této skutečnosti z hlediska radiační ochrany obyvatel i pracovníků. Tzv. gama spektrometrie v dnešní době nachází uplatnění v mnoha vědeckých i technických oborech, jen namátkou jmenujme monitorování životního prostředí (a to nejen v případě havárií jaderných zařízení), geologické studie, studium mineralizací či při kontrole stavebních materiálů. Výzkum v této oblasti je neustále rozvíjen díky vývoji nových detekčních materiálů pro ionizující záření a díky pokročilým metodám počítačového zpracování naměřených dat.

Radioaktivní látky, přesněji radionuklidy, tedy nuklidy jednotlivých prvků, které nejsou v čase stabilní a po jisté době se samovolně přeměňují na nuklidy jiné (jiných i stejných prvků), se nejčastěji dělí do dvou velkých skupin. Tou první jsou radionuklidy přírodní, které vznikly a vznikají bez činnosti člověka. Ty nejznámější jsou ^{40}K a prvky uranové (mezi nimi je i známý plyn radon ^{222}Rn) a thoriové přeměnové řady, které jsou tzv. primordiální (jejichž počátek je spojen s počátkem vzniku Země).

Jako přírodní jsou dále označovány radionuklidy vznikající působením kosmického záření, mezi nejtypičtější zástupce patří ^3H a ^{14}C , který nachází velké uplatnění při datování archeologických nálezů. Druhou skupinou jsou pak radionuklidy umělé, jejichž výroba probíhá v reaktorech, urychlovačích apod. Kromě výzkumných účelů mají velký význam v technice, vědě a lékařství.

Při in situ měření charakteristik fotonových polí jsou nejčastěji využívány scintilační detektory různých velikostí – NaI(Tl), BGO apod. či detektory polovodičové, které je však nutno během měření chladit.





Přírodní radionuklidy jsou téměř všude

Možnosti aplikace gama spektrometrie sahají daleko za hranice vědy a výzkumu. Tato metoda dokáže být velmi praktickým pomocníkem při řešení otázek souvisejících s možným ozářením občanů a lze ji využít jak v laboratoři (zkoumání vzorků různých materiálů), tak při měřeních venku v přírodě či budovách (tzv. in-situ gama spektrometrie).

Jistý obsah přírodních radionuklidů se nachází téměř všude – ve vodě, vzduchu, půdě a tedy i potravinách, najdeme je samozřejmě také v uhlí. V případě využití popílku k výrobě stavebních materiálů je zpracování uhlí doprovázeno kontrolními měřeními obsahu radia, thoria a draslíku, ke kterým je vhodná právě metoda spektrometrie záření gama. V posledních desítkách let minulého století byla velmi aktuální problematika využití takovýchto materiálů při stavbách domů (např. tzv. domy Start), které pak byly v důsledku vysokých koncentrací radia a radonu označeny za neobyvatelné. Tento problém přetrvává u některých starých staveb dodnes.

Jak se měří stavební materiály

Zdravotní nezávadnost nových staveb z hlediska radioaktivity stavebních materiálů je zajištěna měřením obsahu přírodních radionuklidů podle Atomového zákona a Vyhlášky Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 307/2002 Sb., které je povinností kaž-

dého dovozce a prodejce stavebních materiálů. Na základě výsledků měření je stanovena povolená oblast využití, některé materiály mohou být využívány pro interiéry, jiné jsou pak určeny pouze pro venkovní části staveb anebo je nelze použít vůbec. Pro „svěpomocně“ vyrobený materiál mezní hodnoty stanovit nelze, je nicméně v zájmu každého stavebníka, aby radioaktivita použitých materiálů nezpůsobovala zbytečné ozáření obyvatel domu po celý jejich život v něm. Určení obsahu radionuklidů ve stavebních materiálech je hodnoceno jako významné z hlediska radiační ochrany, a proto ho mohou provádět pouze firmy, které jsou držiteli oprávnění udělovaného Státním úřadem pro jadernou bezpečnost. Naše katedra tato měření běžně nabízí.

Postup zpracování vzorku dodaného k laboratornímu gama spektrometrickému měření závisí na jeho typu. Nejběžnější jsou vzorky půdy, stavebních materiálů či biomasy. Takovýto materiál je usušen, nadržten a naplněn do speciálních polypropylenových měřících nádob, které jsou těsné proti úniku plynů. Jiné vzorky mohou procházet speciálními chemickými či fyzickými úpravami, aby byla zajištěna co největší přesnost měření. Ve většině případů přírodních materiálů je zájmovým prvkem radium; zde je třeba počkat minimálně 20 dní pro ustálení tzv. radioaktivní rovnováhy, než může být vzorek změřen a stanoveny koncentrace radionuklidů.

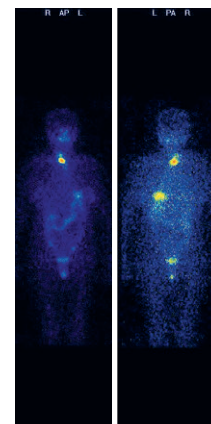
Samotné laboratorní měření probíhá s využitím polovodičového detek-

toru HPGe (velmi čisté germanium), na který se nádoba se vzorkem postaví a který s danou účinností registruje do něho přicházející fotony. Výstupem z měření je závislost počtu impulzů na tzv. kanále, který reprezentuje jistý energetický rozsah fotonů. Z kvantové teorie je pak známo, že každý radionuklid (tj. radioaktivní nuklid daného prvku) emituje fotony přesně dané energie (může mít i více různých energií). Díky databázi těchto energií, které přísluší různým radionuklidům, pak lze bezpečně určit, který radionuklid je ve vzorku přítomen, a ze znalosti účinnosti, s jakou je detekována jednotková aktivita dané energie, lze určit jeho množství.

Gama spektrometrické měření in-situ umožňuje rychlou analýzu větších území z hlediska úrovně přírodního pozadí anebo kontaminace území jak přírodními, tak i umělými radionuklidy. Je možné nejen identifikovat jednotlivé radionuklidy, ale také stanovit jejich koncentrace a celkové ozáření osob, které na daném území žijí nebo pracují. Sledování kontaminace životního prostředí v okolí jaderných zařízení může být příkladem uplatnění této metody.

Je zřejmé, že gama spektrometrická metoda je spolehlivým a poměrně rychlým pomocníkem při řešení řady úkolů z oblasti geologie i radiační ochrany.

Výměna vzorků ve stínění polovodičového detektoru gama ve spektrometrické laboratoři a zpracování naměřených spekter studenty Katedry dozimetrie a aplikace ionizujícího záření FJFI.



Využití umělých radionuklidů v diagnostice k lokalizaci nádorových onemocnění – metoda PET

autorky: Kamila Johnová,
Lenka Thinová
foto: Jiří Ryszawy
a archiv pracoviště



Ing. TOMÁŠ OBERHUBER, Ph.D.
tomas.oberhuber@fffi.cvut.cz

Svět mainframe / Spolupráce s firmou CA Technologies

CA Technologies (dříve Computer Associates) je velká americká firma, která se zabývá vývojem informačních systémů a aplikací zejména pro počítače typu mainframe. Okamžitě se svým příchodem do Prahy oslovila většinu českých technických univerzit včetně ČVUT. FJFI viděla v možné spolupráci s CA jedinečnou příležitost, jak nabídnout svým studentům přístup k velice zajímavé technologii mainframe a na druhou stranu alespoň trochu pomoci s výchovou nových a mladých odborníků v tomto oboru.

Svou pobočku v Praze otevřela společnost CA v roce 2005. Vedení firmy chtělo využít faktu, že ve střední Evropě, Českou republiku nevyjímaje, je relativně hodně zkušených odborníků na práci s mainframe. Tyto počítače jsou specializované na zpracování velkého objemu dat a transakcí. Ač jsou běžnému člověku téměř neznámé, obstarávají celosvětově většinu bankovních transakcí, jsou nasazeny na velkých burzách a ve většině velkých mezinárodních společností jsou páteří nejdůležitější IT infrastruktury.

Přestože se v průběhu devadesátých let dvacátého století zdálo, že tyto počítače budou nahrazeny distribuovanými systémy, založenými na počítačích typu PC, po roce 2000, kdy firma IBM uvedla na trh nový 64-bitový model řady zSeries, nastala opětovná renesance počítačů mainframe. Svět mainframe byl v té době ovšem poznamenán výrazným odlivem lidí do oblasti PC. Díky tomu bylo celosvětově po roce 2000 jen velice málo odborníků na mainframe ve věku do třiceti nebo čtyřiceti let. Oboustranně výhodná spolupráce mezi CA a ČVUT letos v září „oslavila“ deset let, kdy se na Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské mohou studenti vzdělávat v práci s operačním systémem z/OS, ve vývoji programů pro mainframe nebo ve fungování velkých databázových, transakčních, virtualizačních či bezpečnostních systémů. Ve spolupráci s firmou CA již vznikla na Katedře matematiky FJFI řada kvalitních bakalářských a diplomových prací. Jako první dobré téma se ukázalo vytváření konfigurací. Téměř všechny mainframové aplikace jsou velmi komplexní a jejich konfigurace vyžaduje zdatného odborníka na daný produkt. Částečně je to způsobeno i tím, že komunita lidí kolem mainframe dlouhou dobu stavěla uživatelské rozhraní až na druhé, ne-li třetí místo. To se začalo měnit s projektem Mainframe 2.0 firmy CA Technologies. Naším cílem se tak stalo napomoci vyvinout systém, který by byl uživatelsky přívětivý a výrazně zjednodušil konfigurování složitých informačních systémů. Druhým tématem pro studenty, vedeným ve spolupráci s Fakultou elektrotechnickou ČVUT, je porozumění zdrojovým kódům aplikací psaných v Assembleru. Firma nabízí stáže nejen pro studenty FJFI. Nemálo těch, kteří tyto stáže absolvovali, se nakonec rozhodlo pro práci v této firmě. S vedením CA Technologies jsme stále v úzkém kontaktu a spolupráci hodláme i nadále rozvíjet a obohacovat o další aktivity.

> Více na <https://www.youtube.com/watch?v=DMnvwSunS2Y>

autor: Tomáš Oberhuber, ilustrační foto: CA Technologies

Analýzy únavových poruch

Jedním z dlouhodobých zájmů Katedry materiálů Fakulty jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT je studium a analýza únavového porušování vysoce namáhaných komponent v leteckém, automobilovém či energetickém průmyslu.

Typickým příkladem jsou lopatky parní turbíny, jejichž porušení by vedlo ke značným ekonomickým ztrátám. Ty jsou dány nejenom náklady na nezbytnou opravu zničené části turbíny, ale i ušlým ziskem z nevyrobené elektrické energie během vynucené několikátýdenní odstávky celé elektrárny.

Jak vznikají a rostou trhliny v parní turbíně

Jedním z řešených projektů byla komplexní analýza konkrétní únavově poškozené lopatky umístěné v parní turbíně elektrárny provozované firmou ČEZ, a.s.

Při běžném provozu je typická lopatka na posledním oběžném kole nízkotlakého stupně parní turbíny vystavena odstředivé síle několika set tun. Z pohledu únavového poškození je ale důležité, že se k této síle přičítá i střídavé ohybové namáhání dané kmitáním konce lopatky. Tyto stále se opakující drobné vibrace mohou časem vést ke vzniku a rozvoji trhliny. Kritickým místem pro její prvotní iniciaci bývá zpravidla zámek, ve kterém je lopatka uchycena na disk oběžného kola. Pokud se tak stane, je nutné při pravidelné odstávce únavovou trhlínu nalézt, poškozenou lopatku vyjmout a podrobit následné, tzv. fraktografické analýze. Jejím cílem je nalézt místo vzniku únavové trhliny, popsat její rozvoj a porozumět celému průběhu postupného poškození. Za tím účelem se lopatka

dolomí, aby se obnažila plocha vytvořená postupným růstem trhliny. Následně se vyřízne část obklopující únavový lom, která se umístí do relativně malé vakuové komory řádkovacího elektronového mikroskopu. Zkušený operátor pak ze zvětšeného obrázku lomu lokalizuje místo iniciace defektu a přiřadí jednotlivým postupujícím čarám rostoucí trhliny jednoznačný časový okamžik. Vychází z provozního záznamu chodu turbíny a z toho, že změna výchylky kmitu lopatky způsobená změnou režimu chodu turbíny zanechává na povrchu lomu jednoznačný otisk v podobě změny rozteče striací (striace jsou fraktografickým znakem typickým pro únavové poškození). S jejich pomocí lze stanovit, jaká byla délka trhliny při jednotlivých náběžích turbíny, při kterých je kmitání lopatek intenzivnější v porovnání s normálním provozním zatížením.

Simulace zbytkové životnosti

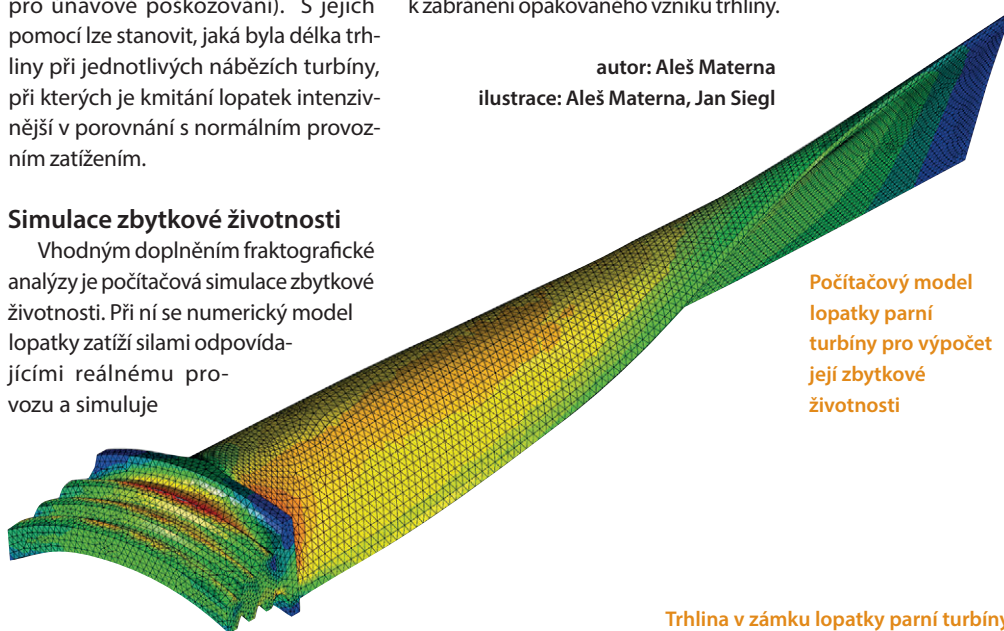
Vhodným doplněním fraktografické analýzy je počítačová simulace zbytkové životnosti. Při ní se numerický model lopatky zatíží silami odpovídajícími reálnému provozu a simuluje

se doba nutná k dolomení lopatky z předepsané malé velikosti počáteční trhliny. Nezbytným vstupem pro simulaci je rychlost šíření trhliny pozorovaná na laboratorním tělese vyrobeném ze stejného materiálu. Výsledkem je odpověď na otázku, zda bude možné bezpečně provozovat turbínu až do plánované odstávky i s případným defektem lopatky vzniklým až po předchozí kontrole.

Kromě podrobného rozboru rozvoje trhliny v lopatce do okamžiku její výměny a odhadu provozního času, který by jí zbýval do úplného dolomení, je závěrem analýz i soubor doporučení na vhodná technologická opatření k zabránění opakovanému vzniku trhliny.

autor: Aleš Materna

ilustrace: Aleš Materna, Jan Siegl



Počítačový model lopatky parní turbíny pro výpočet její zbytkové životnosti

Trhlina v zámku lopatky parní turbíny



Spolu s bouřlivým rozvojem fotonických a plazmonických nanostruktur s detaily srovnatelnými či menšími než je vlnová délka viditelného světla se významně rozvinuly možnosti vzájemné interakce světla s těmito strukturami využitelné pro jeho užitečné ovládání a řízení. Těto oblasti se věnujeme na Katedře fyzikální elektroniky JFIFI ČVUT v Praze.

Interakce světla / Fotonické a plazmonické (nano)struktury

Jak se dnes celosvětově intenzivně rozvíjí technologické možnosti přípravy takových nanostruktur a spolu s rozvojem výpočetní techniky umožňující intenzivní numerické simulace, objevují se nové třídy struktur, které přinášejí nejen novou fyziku, ale také poskytují anebo jsou předzvěstí nových aplikací v oblasti vlnovodné techniky a integrované optiky, modulace světla, či senzory.

Inspirací křídla motýlů

Na rozdíl od běžných prostředí, která mají svou atomovou strukturu o několik řádů menší vůči vlnové délce světla, můžeme pro řízení světelné interakce využít optické struktury s detaily výrazně většími vůči původní atomové struktuře, přitom však zároveň stále menšími než vlnová délka světla. Hovoříme pak o subvlnových strukturách, s dostatečně jemným strukturováním povrchů, vytvářením „hustých“ periodických struktur a využitím nových materiálů a jejich kombinací. Pro technologické možnosti přípravy se kromě přímých metod vytváření takovýchto struktur, založených na rozličných litografických či epitaxních technikách (optická litografie, litografie elektronového či iontového svazku), stávají velice zajímavé i přístupy obrácené, které využívají metod syntézy výsledného elementu z dílčích elementárních součástí. Při hledání nových možností funkcionalit těchto umělých struktur, vyplývajících z morfologie elementárních stavebních bloků a jejich uspořádání, nacházíme také inspirace přímo v přírodě, u tzv. iridiscentních struktur (například na křídlech vybraných motýlů).

Ovládání světla světlem

Bohatost těchto fyzikálních dějů může být při dalším zmenšování charakteristických detailů doplněna uplatněním efektů nelokálních či dokonce kvantových, podobně jako platí kvantové zákony na atomární úrovni. Hovoříme

pak o kvantové fotonice či kvantové plazmonice. Velmi zajímavé je také využití nelineárně optických jevů, které mohou interakci světla zesílit či umožnit nové způsoby ovládání světla světlem. Pro přenos světelné informace lze mimo běžných vedených vln, např. ve vlnovodu, využít také vln šířících se podél rozhraní dvou rozdílných prostředí, například mezi běžným optickým prostředím a kovem. Takováto vlna, takzvaný povrchový plazmon, může být velice silně lokalizována, navíc je velmi citlivá na změny optických parametrů okolního prostředí. V poslední době se proto začaly tyto unikátní vlastnosti povrchových plazmonů cíleně využívat

pro řadu zajímavých aplikací, ať již jako nové vlnovodné struktury, či zejména jako prostředníci pro zesílení jiných fyzikálních mechanismů, v optických senzorech či optických spektroskopích.

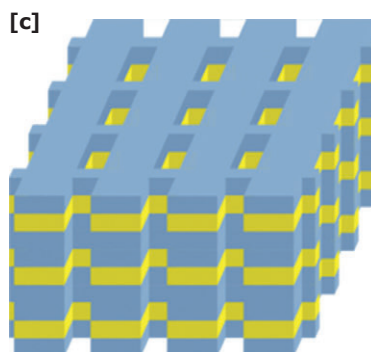
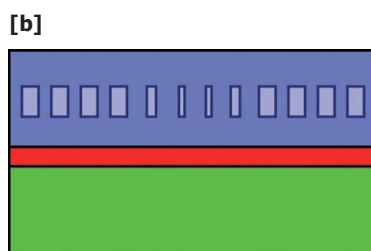
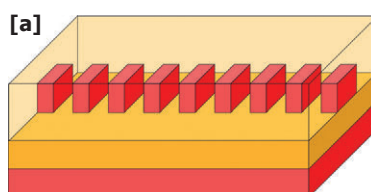
„Optická neviditelnost“

Další zajímavou oblast představují umělé kompozitní materiály, tzv. metamateriály, vytvořené z elementárních stavebních prvků (meta-atomů), navržených tak, aby se dílčí optické vlastnosti vhodně kombinovaly a vytvářely vlastnosti nové, díky cílenému návrhu za pomoci vhodného ovlivnění elektrických i magnetických vlastností prostředí. V této oblasti se dnes začínají intenzivně navrhovat aplikační uplatnění (např. možnosti realizace „optické neviditelnosti“ pomocí metamateriálů), perspektivní jsou tzv. metapovrchy, využitelné např. v senzorech.

Mezi perspektivní fotonické nanostruktury, kterými se zabýváme, patří zejména pokročilé vlnovodné a rezonanční plazmonické struktury, rezonanční plazmonické nanostruktury a metapovrchy pro senzory, plazmonické struktury se zvýšenou transmisí, struktury využívající pro ovládání světla přiložené magnetické pole, nové vlnovodné struktury, založené na prostorových periodických modulacích, rezonanční nanostruktury s vysokými činiteli jakosti rezonančních dutin, vlnovodné struktury využívající vhodné kompenzace zisku a ztrát prostředí, metamateriály se záporným indexem lomu, struktury na bázi fotonických krystalů a struktury inspirované přírodou. Naše další teoretická zkoumání a návrhy struktur budou pokračovat v úzké součinnosti s experimentálními aktivitami kolegů z katedry a dalších laboratoří, zejména z ústavů Akademie věd ČR. Při našem výzkumu také intenzivně spolupracujeme s předními zahraničními pracovišti.

autor: Ivan Richter

ilustrace: archiv pracoviště



Ukázky tvarů zkoumaných subvlnových fotonických a plazmonických struktur:
[a] subvlnově strukturovaný vlnovod založený na přenosu blochových módů
[b] rezonanční braggovská dutina vysoké kvality pro efektivní navázání světla s křemíkovým vlnovodem
[c] subvlnová metamateriálová struktura typu fishnet vykazující záporný index lomu
[d] plazmonický směrový vazební člen využívající hybridních vlnovodů.

Termojaderná fúze / Experimenty i výuka na tokamaku

Na rychle rostoucí zájem o kvalitní odborníky fyziky plazmatu a souvisejících technologií zareagovala Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská v roce 2005 založením nového studijního oboru Fyzika a technika termojaderné fúze. Studenti se učí i na dvou tokamacích – jednom přímo na fakultě a druhém v Ústavu fyziky plazmatu Akademie věd ČR.

Zvýšená poptávka po specialistech v oboru termojaderné fúze souvisela především s přípravou realizace mezinárodního projektu pokusného termojaderného reaktoru ITER ve Francii, s výzkumem inerciální fúze a s provozem tokamaku COMPASS v České republice. Studium má typicky mezioborový charakter zahrnující prakticky všechny oblasti fyziky, v níž v první řadě reaguje na inženýrské požadavky moderních fúzních experimentů, ale i sofistikovaných průmyslových, ekologických, materiálových a medicínských aplikací.

Fakultní GOLEM: reálný tokamakový provoz

V rámci podpory experimentální části výuky byl unikátním způsobem rekonstruován malý tokamak GOLEM, který nyní slouží jako centrum vzdělávání v oblasti fyziky, techniky a řízení experimentálního zařízení pro ovládnutí termojaderné fúze v pozemských podmínkách. Na tomto zařízení probíhá mnoho typů praktických cvičení, workshopů a letních škol fyziky plazmatu na objednávku institucí v rámci konsorcia evropských univerzit a výzkumných ústavů FUSENET (Fusion Education Network). Na tomto tokamaku se kromě vzdělávání věnujeme problematice aplikací vysokoteplotních supravodičů v reálném tokamakovém provozu, zkoumání doby udržení radiofrekvenčního plazmatu vybuzeného elektromagnetickou vlnou v magnetickém poli a mapujeme poloidální asymetrie toku plazmatu měřeného polem Machových sond. Unikátní konfigurace silových cívek a želez-

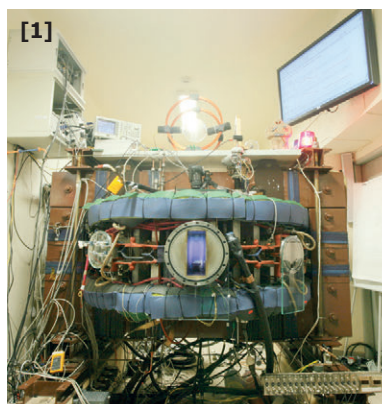
ného jádra tokamaku GOLEM se využívá pro vývoj a testování 3D modelu feromagnetika za účelem charakterizace změny rozložení vnějšího magnetického pole v blízkosti nenasyčených (nebo částečně nasycených) feromagnetických materiálů.

COMPASS: studenti se podílejí na výzkumu

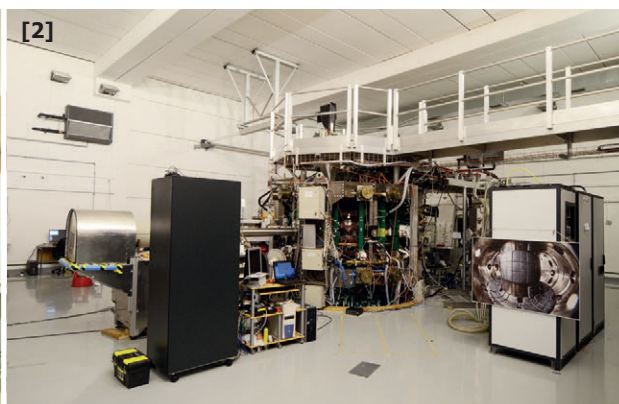
Druhým centrem realizace studentů tohoto zaměření se stal tokamak COMPASS v Ústavu fyziky plazmatu AV ČR, kde se studenti podílejí na řešení celé řady sofistikovaných témat počínaje technickým řešením řízení integrovaného experimentu, přes vývoj diagnostických metod nebo studium a interpretaci experimentálních dat z tzv. L-H přechodu (skokového zlepšení udržení plazmatu v magnetickém poli) až po fyzikální modelování procesů ve vysokoteplotním plazmatu. Vědečtí

tví srážek. Pokud je ale počáteční rychlost dostatečně velká, nebo pokud je silné elektrické pole, jsou částice urychlovány až k relativistickým rychlostem a představují s takto získanou energií vážný problém, který zaměstnává vědce a techniky prakticky všech současně provozovaných tokamaků.

Kromě experimentální a teoretické práce na těchto dvou stěžejních pracovištích se studenti věnují mj. problematice doplňování paliva metodou vstřelování speciálních palivových peletů do plazmatu na společném evropském tokamaku JET či studiu dějů v okrajovém plazmatu zaměřených na ITER. Zabývají se vývojem provozního scénáře na tokamaku Tore Supra ve Francii, interakcí Jupiterova magnetosférického plazmatu s jeho vlastním měsícem Io, interakcí laserového plazmatu s materiálem stěny komory prostřednictvím



[1]



[2]

pracovníci z tokamaku COMPASS se podílí i na výuce našich studentů ve vyšších ročnících, zejména v rámci seminářů a výběrových přednášek. Společně pořádáme také dnes již tradiční zimní studentské konference v Mariánské v Krušných horách.

Mezinárodní experimenty

Spojovacím prvkem dvou rozdílných tokamaků je výzkum tzv. ubíhajících (runaway) nabitých částic. Tyto částice nejen že odnášejí energii ze systému, ale také mohou poškodit vnitřní povrch tokamaku. Relativně známý mechanismus jejich vzniku je v homogenním elektrostatickém poli. Proti urychlující síle působí brzdění částic prostřednic-

tvorby syntetických spekter pro simulaci laserem ozářené hliníkové fólie. Atraktivní je také studium procesů urychlování iontových svazků laserem pro hadronovou terapii v rámci projektu ELIMED na prestižním projektu Extreme Light Infrastructure v České republice.

Na základě povzbudivých výsledků studentů a zároveň rostoucího zájmu našich i zahraničních partnerů o vysoce kvalifikované odborníky jsme se rozhodli od tohoto akademického roku rozšířit nabídku výuky fúze i o doktorské studium, jehož akreditaci jsme získali v rámci oboru Jaderné inženýrství.

autoři: Vojtěch Svoboda, Jan Mlynář
ilustrace: archiv pracoviště

[1] Tokamak GOLEM

[2] Tokamak COMPASS

Modernizace jádra /

Vývoj neutronové instrumentace pro výzkumné reaktory

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT v Praze již 25 let provozuje školní jaderný reaktor VR-1. Přestože hlavním účelem tohoto unikátního zařízení je výchova nových odborníků pro českou jadernou energetiku a jaderný průmysl či výzkum, snaží se jej fakulta využívat také pro výzkum a vývoj. Úspěšným příkladem tohoto snažení je spolupráce se společností dataPartner, s.r.o., jež se dlouhodobě věnuje dodávkám a realizacím informačních a řídicích technologií pro průmyslové provozy.

Přestože společné řešení projektu zaměřeného na vývoj neutronové instrumentace pro výzkumné jaderné reaktory ještě neskončilo, dočkaly se vybrané výstupy již komerční realizace.

Měření neutronového toku

Aparatury neutronové instrumentace jsou významnou součástí jaderného reaktoru, která slouží k zajišťování informací o neutronovém toku v aktivní zóně reaktoru a jeho změnách. Tyto aparatury zpracovávají elektrické signály z detektorů neutronů a na jejich základě poskytují údaje o velikosti a rychlosti změn neutronového toku, které jsou nezbytné pro řízení jaderného reaktoru. Aparatury získané údaje nejen vyhodnocují, ale i porovnávají s nastavenými ochrannými úrovněmi reaktoru a poskytují příslušnou výstražnou a bezpečnostní signalizaci, čímž plní také ochrannou funkci.

Zavedení výrobci instrumentace pro měření neutronového toku v jaderných reaktorech se zaměřují především na dodávky takovýchto systémů pro jaderné elektrárny. Jejich řešení je však pro výzkumné reaktory často zbytečně robustní, málo flexibilní specifickým podmínkám provozu těchto reaktorů a především velmi finančně náročné pro jejich provozovatele.

Modernizace výzkumných reaktorů

V současnosti je ve světě v provozu 248 výzkumných jaderných reaktorů, jejichž využití je nejen v oblasti vědy a výzkumu, ale i v průmyslových a medicínských aplikacích (produkce široké škály radioizotopů) a jsou v těchto oblastech nenahraditelné. Téměř 65 % výzkumných jaderných reaktorů je však

starších 40 let a u řady z nich je nutná rozsáhlá modernizace (především systémů řízení a ochrany). Problém modernizace výzkumných reaktorů spočívá především v její finanční náročnosti, jelikož provozovateli jsou obvykle veřejné výzkumné instituce nebo univerzity, které nemají na zajištění modernizace zavedenými dodavateli dostatek finančních prostředků. Tyto skutečnosti byly impulsem pro společnost dataPartner a Fakultu jadernou a fyzikálně inženýrskou (JFIFI) připravit výzkumně vývojový projekt, jehož cílem je vyvinout kvalitní systémy neutronové instrumentace, jejichž řešení a cena budou atraktivní pro provozovatele výzkumných

jaderných reaktorů. Řešení projektu bylo zahájeno v roce 2012 a zapojila se do něj, kromě společnosti dataPartner a JFIFI, také výzkumná organizace Centrum výzkumu Řež s.r.o. Projekt byl finančně podpořen Ministerstvem průmyslu a obchodu ČR v rámci programu aplikovaného výzkumu a experimentálního vývoje „TIP“.

Tři aparatury pro vyhodnocení stavu reaktoru

V průběhu řešení projektu byly vyvinuty, vyrobeny a odzkoušeny tři typy širokopásmových aparatur, které jsou schopné pokrýt celý rozsah provozních stavů výzkumného jaderného reaktoru. Aparatury se liší typem vyhodnocování bezpečnostních signálů a výkonovými pásmy reaktoru, pro něž jsou určeny. Jsou to:

- aparatura spouštěcího měření výkonu (SMV), vyhodnocuje stav reaktoru při spouštění
- aparatura provozního měření výkonu (PMV), vyhodnocuje stav reaktoru v provozním režimu výkonu
- aparatura nezávislé výkonové ochrany (NVO), nezávisle vyhodnocuje stav reaktoru v provozním režimu výkonu.

Aparatury zajišťují měření neutronového toku a rychlosti jeho relativní změny při všech provozních i mimořádných stavech reaktoru, vyhodnocují přípustnost naměřených hodnot a vytvářejí signál pro bezpečnostní obvody a řízení reaktoru. Jsou připraveny zpracovávat signály z různých typů detektorů neutronů (kompenzovaných i nekompenzovaných) v impulsním, proudovém nebo Campbell režimu, požadovaný rozsah měření je přizpůsoben danému reaktoru.



Jednotky neutronové instrumentace pro TRIGA reaktor ve Vídni
[foto: dataPartner, s.r.o.]



Reaktor VR-1
provozovaný FJFI
[foto: Jiří Ryszawy]

Každá aparatura se skládá ze vstupních obvodů předzpracování signálu z komor (měřicí jednotky N711A pro SMV nebo N712A pro PMV a NVO) a vyhodnocovacích a komunikačních obvodů (vyhodnocovací jednotky N801 – pro SMV, PMV a NVO se liší programovým vybavením). Jednotky N711A a N712A zpracovávají a digitalizují měřené veličiny z detekčních komor reaktoru a zajišťují řízení napěťových zdrojů pro napájení komor. Zjištěné údaje jsou odesílány optickou komunikací do jednotek N801 pomocí CPU se dvěma synchronizovanými jádry, s kontinuálním porovnáváním výsledků a s ECC kontrolou pamětí. Jednotka N801 provádí číslíkové zpracování údajů na hodnotu výkonu a rychlosti změny výkonu, porovnání změřených hodnot a vyhodnocení varovné a kritické úrovně. V případě překročení pak vydává povel k rozpojení bezpečnostního relé. Hodnoty jsou každých 100 ms aktualizovány. Do vyhodnocení se zahrnuje signál pro korekci vlivu rozložení aktivní zóny, nastavují se úrovně napájecích napětí komor, případně úrovně diskriminace. Druhé CPU pak vyhodnocená data přeposílá do vyšších subsystémů (displeje, řídicí počítač, rozhraní člověk stroj). Aparatury byly navrženy v souladu s českými právními předpisy pro jaderná zařízení (vyhláškami SÚJB) a pokyny, resp. doporučeními MAAE. Všechny aparatury úspěšně prošly potřebnými testy a funkčními a kvalifikačními zkouškami, byla provedena jejich verifikace a validace, a to jak hardware, tak i software, zkoušky EMC, zkoušky zrychleného tepelného stárnutí a seizmické odolnosti. Úkolem fakulty bylo vytvoření požadavků kladených na aparatury a především zajištění jejich

verifikace a validace. Aparatury byly na Katedře jaderných reaktorů FJFI ověřeny jak v rámci neaktivních, tak i aktivních zkoušek. Neaktivní zkoušky probíhaly ve specializované laboratoři, která je určena pro vývoj a testování řídicích systémů (tzv. I&C laboratoř). Neaktivní zkoušky byly založeny na simulaci vstupních signálů z neutronových komor pomocí generátorů impulzů, stejnosměrných a střídavých proudů a vyhodnocování odezvy systému na simulační podněty. Generátory produkují signály simulující časově proměnnou hustotu neutronového toku, na jejímž základě lze testovat vyhodnocování výkonu i rychlosti změny výkonu. Aktivní zkoušky

proběhly na školním reaktoru VR-1. Aparatury byly testovány s různými typy kompenzovaných i nekompenzovaných detektorů (bórové a štěpné detektory), které pracují v pulsním nebo proudovém režimu. Detektory byly umístěny ve vertikálních kanálech aktivní zóny, přičemž byla postupně testována odezva aparatur na změny výkonu reaktoru v plném výkonovém rozsahu, dosažení varovných a ochranných úrovní a odstavení reaktoru. Hodnoty získané z testovaných aparatur byly porovnány jak s daty z ovládacího zařízení reaktoru VR-1, tak i z nezávislého lineárního detekčního systému, který pracuje s kompenzovanou bórovou ionizující komorou. Všechny zkoušky prokázaly schopnost testovaných zařízení plnit bezpečně jejich funkce stanovené projektem.

V současnosti je ve světě v provozu 248 výzkumných jaderných reaktorů, jejichž využití je nejen v oblasti vědy a výzkumu, ale i v průmyslových a medicínských aplikacích (produkce široké škály radioizotopů) a jsou v těchto oblastech nenahraditelné.

Realizace v Řeži

Úspěšnost celého projektu lze doložit již konkrétními komerčními realizacemi. Společnost dataPartner se jako subdávatel podílela na obnově systému ochrany a řízení reaktoru LVR-15 provozovaného Centrem výzkumu Řež s.r.o. V rámci této realizace byly do ochranného systému reaktoru instalovány výše zmíněné aparatury neutronové instrumentace. Inovované zařízení bylo uvedeno do provozu letos v lednu. V současnosti probíhá inovace systému ochrany a řízení reaktoru TRIGA, jehož provozovatelem je Technische Universität – Atominstitut ve Vídni. Součástí inovovaného systému ochrany a řízení budou opět aparatury vyvinuté v rámci projektu. Dalším zájemcem o modernizaci neutronové instrumentace je institut „Jožef Stefan“ ve Slovinsku, který provozuje také reaktor TRIGA.

autor: Jan Rataj

Když se podívám na jadernou elektrárnu, vidím beton

Přistáváme na betonových drahách. Metro jezdí v betonových tunelech. Uháníme po betonových dálnicích. Železnice staví na betonových pražcích. Mnoho lidí bydlí v betonových panelácích. Pod každým nově postaveným domem jsou betonové základy. Betonu se prostě důvěřuje. Je pevný. Neustoupí. Dokonce přirovnáváme, že je jak z betonu. Ale i beton může mít svá slabá místa. A ta je třeba, zvláště v případě jaderných zařízení, důkladně prověřovat.

První dokumentovaná výroba elektřiny pomocí jaderného štěpení proběhla v Národní laboratoři Oak Ridge (ORNL) ve státě Tennessee v srpnu roku 1948, kdy do jednoho otvoru zkušebního grafitového reaktoru byla vložena utěsněná plechovka s palivem a vodou a přes provizorní parovodní potrubí k ní byl připojen malý parní stroj, který tak rozzářil malou žárovku. Přesně tři roky předtím však byla světu na dvou místech v Japonsku demonstrována síla neřízeného jaderného štěpení, k čemuž dochází v případě jaderných zařízení při vymknutí kontroly nad štěpnou reakcí. Svět v souvislosti s jadernými elektrárnami zažil tři takové nehody (Three Mile Island v 1979, Černobyl v 1986 a Fukushima I ve 2011), které dlouhodobě ovlivnily jednak své bezprostřední okolí, jednak mínění o bezpečnosti jaderných elektráren. Právě bezpečnost je klíčovým parametrem v procesu prodlužování

všechny projektové a nadprojektové události. A poněvadž beton tvoří zhruba 80 % veškerého použitého stavebního materiálu v jaderných elektrárnách, a který navíc hraje klíčovou roli v přímé ochraně při ztrátě kontroly nad štěpnou reakcí, je třeba analyzovat a dokladovat dostatečnou odolnost betonových konstrukcí při těchto extrémních událostech.

Zkoumání vlivu ionizujícího záření

Členové Katedry betonových a zděných konstrukcí Fakulty stavební ČVUT v Praze spolupracují s několika institucemi při ověřování stavu betonových konstrukcí a při výzkumu vlivu ionizujícího záření na strukturu betonu. Za významnou je považována skutečnost, že těchto spoluprací se účastní i naši studenti, někteří již od třetího ročníku bakalářského studia. Příkladem

doporučení kolegů z ÚJV Řež, a. s., strávila tři měsíce. Vliv ionizujícího záření na beton je sice zkoumán již půl století, nicméně dostupné soubory dat jsou velmi nesourodé a tedy nedostatečné pro odvozování vzorců chování při různých režimech zatížení jak neutronovým, tak gama zářením. Situaci dále komplikuje zvýšená teplota, kterou je třeba při odhadu dlouhodobého vývoje poškození struktury betonu také uvažovat.

Proto na základě zkušebních protokolů z ozařování různých druhů betonu dostupných v laboratoři ORNL je ve spolupráci s ČVUT v Praze vyvíjen specializovaný software pro odhadování mechanického poškození betonu, jehož struktura se při ozařování postupně rozpadá. Toto je způsobeno nabýváním objemu kameniva a smršťováním cementové malty použité v betonu, což způsobuje v betonu pnutí a následně trhliny. Z hlediska bezpečnosti je tento způsob poškození velmi významný pro beton v konstrukci kontejnmentů například typu Mark I, kdy je kombinována jeho funkce stínící a nosná, tedy kdy též slouží jako podpora reaktoru. Postupným rozpadem struktury betonu, a tedy jeho měknutím, hrozí nesymetrické geometrické změny v uložení reaktoru, které mohou ovlivnit pohyb mechanizace reaktoru, a tak zapříčinit ztrátu kontroly nad štěpnou reakcí. V případě kontejnmentů typu VVER používaných v České republice je funkce stínící oddělena od nosné funkce, čímž je toto riziko sníženo. Nicméně je nutné prokázat dostatečnou schopnost betonu dlouhodobě pohlcovat ionizující záření ve stínícím prstenci a únosnost stěny betonové šachty, která nese více jak tisíc tun

Výzkumný tým ORNL a Fakulty stavební ČVUT v Praze



Segment betonového prstence reaktorové šachty vyrobený na fakultě pro Centrum výzkumu Řež

vání licencí k provozování stávajících jaderných elektráren.

Tento proces trvá několik let a obvykle se jej účastní obyvatelé blízkého i vzdáleného okolí. Tato publicita pak klade ještě větší důraz na jednoznačné prokazování dostatečného zabezpečení jaderných elektráren pro



je Ing. Michaela Vaitová, která v rámci svého doktorského studia zkoumá změny struktury betonu způsobené ionizujícím zářením ve spolupráci s laboratoří ORNL (Národní laboratoř Oak Ridge v Tennessee). V ní po získání stipendia od Mezinárodní agentury pro atomovou energii (IAEA) na základě

těžkou reaktorovou nádobu, a to po celé její výšce. K tomu se pojí další oblast výzkumu, na které se členové naší katedry, jako například doktorandi Ing. Jakub Žák a Ing. Petr Bílý, podílejí.

Segmenty pro reaktorovou šachtu

Pro průběžné kontroly kvality betonu v reaktorové betonové šachtě při plánovaných odstávkách jsou v ÚJV Řež a Centru výzkumu Řež vyvíjeny nedestruktivní metody, pro které byly naším pracovištěm připraveny betonové segmenty odpovídající skutečné reaktorové šachtě a které jsou vyrobeny z betonu svou recepturou přesně odpovídající skutečně použitému betonu při výstavbě jaderných elektráren v České republice.

Jednou z nejobávanějších nadprojektových událostí je náhlá ztráta chladicího média v primárním okruhu reaktoru, která může vést až k roztavení paliva a ovládací mechanizace v reaktorové nádobě a následnému vylití této taveniny, zvané korium, která má teplotu až 2 800 °C, na betonové dno reaktorové šachty. Toto vylití může být velice dramatické v případě, kdy dojde k celkovému utavení dna reaktorové nádoby a kdy následně dojde k volnému pádu zhruba 180 tun žhavého materiálu z výšky dva a půl metru na betonovou desku dna šachty, která je několik metrů tlustá, nebo může tavenina pozvolna vytékat z protaveného pláště reaktorové nádoby. Tým studentů pod vedením doktorandů Ing. Michaely Vaitové a Ing. Martina Petříka analyzoval tyto případy s ohledem na statické působení betonové desky dna během jejího postupného tavení vlivem žhavého korie, přičemž beton ztrácí většinu svých nosných schopností již při teplotě 800 °C. Tato analýza prokázala výrazné urychlení kolapsu dna reaktorové šachty, než se běžně očekávalo při uvažování pouhého protavování.

Významným a na dálku patrným architektonickým prvkem kontinentálních jaderných elektráren jsou chladicí věže. I když na území České republiky se velká tornáda nevyskytují, hrozí během bouří lokální vzdušné silného větru, který může způsobit pád chladicích věží, tak jak k němu došlo ve Ferrybridge ve Velké Británii v roce 1965. Padající a létající trosky pak



Jaderná elektrárna Hamaoka

mohou zasáhnout záložní chladicí systémy, což by opět mohlo způsobit nekontrolovatelný průběh štěpné reakce. Posouzení způsobu pádu chladicích věží a návrh ochranných opatření byly též provedeny za vydatné pomoci studenta Ing. Martina Petříka.

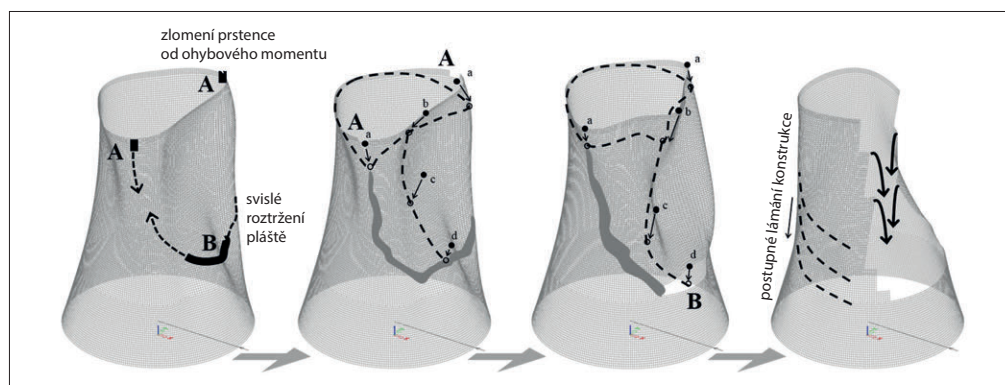
Japonská specifika

Naopak v Japonsku kvůli četným zemětřesením a tajfunům, kterých tato oblast každoročně zažívá zhruba dvacet, je nevhodné pro chlazení reaktorů používat chladicí věže. Chlazení se zajišťuje mořskou vodou, takže všechny tamní jaderné elektrárny jsou na pobřeží, což se Fukushima vymstilo. Nicméně Japonsko, jako energeticky náročná země, postupuje po nehodě ve Fukushima pragmaticky a snaží se o znovuoobnovení provozu většiny odstavených elektráren. První z nich, jaderná elektrárna Sendai, byla opětovně zkušebně spuštěna v srpnu 2015. Některé elektrárny nebo jejich bloky však již spuštěny nebudou, určitě však nebude prodloužena licence žádné z japonských jaderných elektráren, které tak podle současného vládního výnosu pouze dožijí.

vývoj nových způsobů získávání elektrické energie, jak se například děje na betonových konstrukcích uzavřených bloků jaderné elektrárny Hamaoka, kde je zkoušena použitelnost betonu pro zřizování shluků plovoucích větrných elektráren, tzv. větrných farem. Zřizování plovoucích větrných farem na moři v okolí jaderných elektráren je velmi prozíravý krok japonských zřizovatelů odstavených jaderných elektráren, poněvadž veškerá potřebná infrastruktura je již k dispozici a stačí pouze natáhnout podvodní kabel k větrným farmám. Nicméně tento záměr naráží na velmi silnou japonskou rybářskou lobby, pro kterou jsou větrné farmy a podvodní kabely překážkou při výlovu pomocí tažených sítí. Na druhou stranu lze tuto skutečnost brát jako důkaz neškodnosti jaderných elektráren pro mořskou floru a faunu. Z hlediska betonového výzkumu se v případě plovoucích větrných farem řeší hlavně životnost a stabilita betonových plováků ve velmi dynamickém mořském prostředí.

Témat spolupráce v jaderné energetice je více, ale než pokračovat v jejich výčtu, je vhodnější poděkovat

Vzorky serpentinitového betonu použitého při výstavbě jaderných elektráren v ČR



Kam s nimi? Na moře!

Tím se otevírá další téma, kterým je nákladná a časově náročná demolice odstavených jaderných zařízení. Například v německém Greifswaldu demoliční práce probíhají již přes dvacet let. Naopak v Japonsku je snaha o využití vyřazených jaderných zařízení pro

za možnost spolupracovat na těchto náročných úkolech s nadšenými studenty, což je snad to největší štěstí, které může vysokoškolský pedagog ve své profesi zažít.

Ztráta stability chladicí věže jaderné elektrárny vlivem silného větru

autor: Petr Štemberk
ilustrace: archiv pracoviště

Hybridní solární kolektor

Jednoznačná výhoda hybridních solárních fotovoltaicko-tepelných (FVT) kolektorů je, že umožňují z jedné plochy obálky budovy produkovat tepelnou i elektrickou energii (solární kogenerace). Kombinují tak technologii fotovoltaických modulů a solárních tepelných kolektorů. V rámci úzké spolupráce mezi týmem Energetických systémů budov Univerzitého centra energeticky efektivních budov ČVUT v Buštěhradu a Ústavem techniky prostředí Fakulty strojní ČVUT v Praze probíhá vývoj zaskleného hybridního fotovoltaického kolektoru.

Hybridní kolektory produkují více energie ze stejné celkové plochy oproti oddělenému řešení, tepla přitom víc než elektřiny. Tato vlastnost je ideální pro budovy s rovnoměrnou roční potřebou tepla a omezenou plochou pro instalaci solárních kolektorů (příprava teplé vody v bytových domech) nebo v budovách s požadavkem na vysoké solární pokrytí energetických potřeb (solární aktivní domy, soběstačné budovy s dlouhodobou akumulací). Tyto kolektory jsou v posledních letech předmětem vývoje na mnoha výzkumných pracovištích. V naprosté většině se jedná o kapalinové kolektory, které využívají jako teponosnou látku nemrznoucí směs (podobně jako konvenční tepelné kolektory). Vzduchové hybridní kolektory jsou v současnosti stranou zájmu vzhledem k omezeným možnostem využití ohřátého vzduchu v budovách v letním období.

Nezasklené hybridní FVT kolektory mohou být využity především v nízkoteplotních aplikacích jako zdroj tepla pro výparník tepelného čerpadla nebo přehřev teplé vody (především v klimatických podmínkách jižní Evropy).

Více využitelného tepla

Zasklené hybridní FVT kolektory představují krok směrem k vyšší využitelnosti tepla, nicméně s nižší produkcí elektrické energie. Je to dáno použitím dalšího zasklení, navíc fotovoltaické články mohou být během provozu na vyšší teplotní úrovni než v případě konvenčních FV modulů. Snahou v oblasti zasklených FVT kolektorů je přiblížit se tepelnou produkcí konvenčním solárním tepelným kolektorům. Prakticky to lze uskutečnit velmi obtížně, neboť už z principu kombinovaného provozu hybridního FVT kolektoru vyplývá, že v provozu část dopadajícího slunečního záření prochází konverzí na elektrickou energii, která je odváděna

z kolektoru, a pro produkci tepla je k dispozici pouze zbylá část pohlcené energie. Druhým problémem (a zároveň výzvou) je dosažení nízké emisivity absorberu srovnatelné se spektrálně selektivními kolektory. Jelikož absorpční plochou je laminát „sklo-vrstva s FV články-kapalinový výměník tepla“, je nutné použít povlak, který má na jedné straně nízkou emisivitu pro dosažení nízké tepelné ztráty sáláním a na druhé straně musí být vysoce propustný pro celou oblast slunečního záření. Dnešní nízkoemisivní povlaky používané v zaskleních pro okna jsou sice vysoce propustné v oblasti viditelného záření, avšak v oblasti blízkého infračerveného záření, ve které dopadá nezanedbatelné množství sluneční energie, již vykazují vysokou odrazivost. Je to výhodné pro snížení tepelné zátěže budov v letním období, ale není to výhodné pro solární kolektory. Povlaky, které by výhodně kombinovaly vysokou propustnost a nízkou emisivitu, jsou vždy určitým kompromisem těchto vlastností.

Zaměřeno na stagnaci

Snížení tepelné ztráty kolektoru s sebou přináší zvýšení klidové teploty kolektoru, tj. maximální teploty, kterou solární kolektor dosáhne ve stavu bez odběru tepla, tzv. stagnaci. Stagnace je v případě solárních soustav běžný jev, v letním období může být i jevem relativně častým v závislosti na návrhu plochy solárních kolektorů vzhledem k letnímu odběru tepla. Snahy o vyšší pokrytí potřeby tepla vedou k čtenějším stagnačním stavům. Zatímco u konvenčních kvalitních plochých solárních tepelných kolektorů se stagnační teplota může pohybovat na úrovni okolo 180 °C, u hybridních zasklených kolektorů lze očekávat hodnoty nižší, zhruba do 150 °C. I tak se jedná o teploty významně převyšující dlouhodobou

odolnost konvenčních materiálů pro laminaci FV článků jako je etylen-vinyl-acetát (EVA) s deklarovanou odolností zpravidla do 85 °C. Při vyšších teplotách nastává degradace, snížení propustnosti laminační vrstvy a její termický rozklad, který způsobuje korozi kontaktů FV článků. To je jeden z důvodů, proč se na současném trhu zatím objevují především nezasklené hybridní FVT kolektory, u kterých jsou dosahovány stagnační teploty v podstatě stejné jako u samotných FV modulů. Vyšší stagnační teploty zhruba na maximální úrovni do 85 °C se u nezasklených FVT kolektorů vyskytují pouze, pokud jsou ze zadní strany opatřeny tepelnou izolací či jsou integrovány do střešiny budovy.

Spolupráce se společnostmi Regulus a Skanska LOP

Spolupráce týmu Energetických systémů budov Univerzitého centra energeticky efektivních budov ČVUT a Ústavu techniky prostředí Fakulty strojní ČVUT probíhá v rámci dvou výzkumných aktivit.

Evropský projekt MacSheep (2012 až 2015) se soustředí na systémové využití hybridního FVT kolektoru. Ve spolupráci s průmyslovým partnerem, společností Regulus, je vyvíjen systém kombinující využití tepelných čerpadel a solárních kolektorů pro přípravu teplé vody a vytápění. Cílem projektu je použití inovativních prvků, jejich zapojení a regulace, aby oproti podobným kombinovaným systémům dostupným na trhu dosáhl nově vyvinutý systém o 25 % nižší spotřeby elektrické energie. To je ambiciózní cíl, pro jehož splnění jsou vyvíjeny čtyři hlavní komponenty: tepelné čerpadlo s chladičem přehřátých par, akumulační zásobník s podporou stratifikace, inteligentní regulátor s predikcí spotřeby teplé vody a právě zasklený hybridní FVT kolektor jako samostatně využitelný prvek konkurenceschopný solárním kolektorům (fototermickým, fotovoltaickým) dostupným na trhu.

Druhou aktivitou, která se soustředí především na možnosti integrace hybridního FVT kolektoru do obálky budovy, je projekt TAČR (2015–2017) pro vývoj Energeticky aktivního lehkého obvodového pláště ve spolupráci se společností Skanska LOP. Hybridní FVT kolektor jako parapetní prvek fasády spolu s úhlově selektivním optickým rastrovým použitým

**Hybridní solární
FVT kolektory
jsou v současnosti
hitem v oblasti
solárních technologií.
Dokladem toho je
i prezentace prototypu
FVT kolektoru,
vyvinutého v rámci
spolupráce mezi
UCEEB a Ústavem
techniky prostředí
Fakulty strojní ČVUT,
na světové výstavě
EXPO 2015 v Miláně.**

v transparentní části fasády má tvořit pokročilé řešení obvodového pláště, které snižuje spotřebu energie na vytápění, chlazení a elektrické energie budov.

Vyvíjený zasklený hybridní FVT kolektor využívá technologii zalévání FV článků polysiloxanovým gelem, kterou má Univerzitní centrum energeticky efektivních budov ČVUT k dispozici v rámci výzkumné licence. Pro dosažení nízké ceny FVT kolektoru je zvolen tradiční koncept jeho provedení. Konstrukce je založena na dvojskle a absorberu (tepelném výměníku), mezi kterými jsou umístěny stringy FV článků ve vrstvě gelové laminace. Tím je vytvořen jeden nerozebíratelný prvek, který je možné použít v integraci do střešního nebo fasádního pláště budov nebo umístit do samostatného kolektorového rámu s tepelnou izolací.

V rámci dosavadního vývoje byly vyrobeny dva prototypy zasklených hybridních FVT kolektorů. Neselektivní hybridní FVT kolektor využívá obě skla nízkoželezitá s vysokou propustností, která se dnes běžně používají v solárních kolektorech. Selektivní prototyp pak používá dvojsklo se speciálním nízkoemisivním

povlakem. Jedná se o kompromis mezi optickými a tepelnými ztrátami kolektoru. Použití antireflexních povlaků by solární kolektor významně prodražilo.

Prototypy solárních hybridních FVT kolektorů byly experimentálně testovány v laboratoři pro zkoušení solárních kolektorů se solárním simulátorem v UCEEB ČVUT v Buštěhradě. Při zkouškách byla sledována jak tepelná účinnost hybridních FVT kolektorů, tak jejich elektrická účinnost. Elektrická a tepelná část kolektoru se navzájem v provozu ovlivňují. Je patrné, že v režimu odběru elektrické energie z kolektoru se snižuje jeho tepelný výkon. A naopak, v případě provozního stavu bez odběru tepla z kolektoru, který nastává vlivem pokrytí aktuální potřeby (nabití zásobníku), dosahuje teplota v kolektoru teplot až okolo 150 °C a to negativně ovlivňuje elektrickou účinnost. Z toho důvodu je vhodné solární hybridní kolektory používat v aplikacích s celoročně rovnoměrnou potřebou tepla a elektrické energie a zároveň omezeným prostorem pro instalaci solárních kolektorů. Typickým příkladem jsou bytové domy, kde mohou výhody hybridního uspořádání kolektoru plně vyniknout.

Prezentace na EXPO 2015

Hybridní solární FVT kolektory jsou v současnosti hitem v oblasti solárních technologií. Dokladem toho je i prezentace prototypu FVT kolektoru, vyvinutého v rámci spolupráce mezi UCEEB a Ústavem techniky prostředí Fakulty strojní ČVUT, na světové výstavě EXPO 2015 v Miláně. Prototyp FVT kolektoru byl umístěn na střeše Českého pavilonu mezi tradičními kolektory zajišťujícími teplou vodu v budově.

Výzkum a vývoj v oblasti solárních hybridních FVT kolektorů na UCEEB ČVUT je v současnosti ve fázi pilotního testování prototypů v reálných podmínkách a ekonomických analýz, které zatím potvrzují životaschopnost konceptu. Hybridní FVT kolektory se mohou uplatnit především v oblasti bytových domů (omezená plocha střech) nebo kombinované výroby tepla a elektřiny s využitím sluneční energie (úspora zastavěné plochy solárními kolektory). Ke komerčně dostupnému výrobku však ještě vede dlouhá cesta přes cenovou optimalizaci výrobku a certifikaci.

**autor: Tomáš Matuška
foto: Monika Žitníková**



Ing. JOSEF KEKULA
j.kekula@rcmt.cvut.cz

Ing. JAN MACHYL, Ph.D.
j.machyl@rcmt.cvut.cz



Zařízení pro testování ložisek.
Vlevo tubus s ložisky,
uprostřed senzor krouticího momentu,
vpravo konzola motoru a motor.

Zaostřeno na odpor /

Půjčovna mobilní měřicí a laboratorní techniky

Projekt Půjčovny mobilní měřicí a laboratorní techniky vznikl s cílem podpory výzkumu a samostatné vědecko-výzkumné činnosti doktorandů, zvýšení kvality a odborné úrovně nejen výstupů disertačních prací, článků v časopisech a konferenčních příspěvků, ale i odborné úrovně vzdělanosti absolventů doktorských programů ČVUT v Praze. Jednou z aktivit realizovaných s podporou zařízení této půjčovny, je experimentální výzkum odporů vřetenových ložisek, probíhající v rámci projektu zaměřeného na vývoj modelu teplotně mechanického chování ložisek.

Potřeba vysokootáčkových vřeten na obráběcích strojích frézovacího typu vychází z technologických podmínek obrábění. Klasické konstrukční materiály i moderní řezné materiály umožňují použití vysokých řezných rychlostí, které minimalizují nutný čas obrábění. Užití strojů s vysokootáčkovými vřeteny vede mj. i ke snížení výrobních nákladů. Uložení vysokorychlostních vřeten je v současné době realizováno převážně v kuličkových ložiscích s kosoúhlým stykem. Tato jsou používána často jako tzv. hybridní, kdy ložiskové kroužky jsou vyrobeny z oceli v kombinaci s keramickými valivými elementy. Zásadním faktorem pro provozování vřeten v přesných valivých ložiscích je použitý typ mazání. Pro vysokorychlostní ložiska se dnes používá výhradně systém mazání olej-vzduch, který přináší řadu výhod jak z hlediska ekonomického, tak i ekologie provozu. Množství oleje v ložisku je zásadním faktorem pro jeho životnost nejen kvůli

mazání, ale i množství generovaného tepla v důsledku odporu přemazaného ložiska. Teplo generované v ložisku ohřívá jednotlivé části vřetene včetně nosné struktury obráběcího stroje. Teplotní dilatace mohou zásadním způsobem ovlivnit výslednou přesnost práce stroje. Dochází k axiální dilataci, kterou je možné u strojů vybavených vysokootáčkovými vřeteny řešit na úrovni softwarové kompenzace polohy vřetene v ose „Z“.

Rozbor ztrát ukazuje, že odpor ložiska proti otáčení je závislý na zatížení ložiska, jeho uložení, rychlosti otáčení a v neposlední řadě na použitém mazivu a generované teplotě. Ukazuje se, že právě viskózní složka hraje dominantní roli, do ložiska je třeba dodávat jen minimum maziva nutného pro tvorbu souvislého filmu. Přemazané ložisko je hrozbou jak pro funkci stroje, tak i pro samotné vřeteno. Dilatace jednotlivých částí vřetene způsobená generovaným teplem totiž může vést k přetížení až poškození či dokonce zadření ložiska.

Teplotně mechanické dopady u vysokorychlostních ložisek jsou předmětem výzkumu chování vřetenových ložisek mazaných systémem olej-vzduch, který se nyní realizuje v Ústavu výrobních strojů a zařízení Fakulty strojní ČVUT ve spolupráci s Korea Institute of Machines and Materials. Cílem je popsat odporový moment vřetenových ložisek mazaných systémem olej-vzduch a vyvinout experimentálně ověřený model odporu ložiska, který bude sloužit k přesnějšímu modelování vřeten, za účelem predikce teplotního chování ve fázi návrhu stroje. Pro experimentální měření je používáno

měřicí zařízení z Půjčovny mobilní měřicí a laboratorní techniky, které je schopné na ložiska vyvinout požadovanou statickou zátěž a provozovat je až do 25 tisíc otáček za minutu. Za chodu je možné sledovat odporový krouticí moment a pomocí teplotních čidel rozmístěných ve struktuře sledovat průběh teplot v čase. Měřicí a testovací zařízení slouží k ověření chování na funkčním matematickém modelu ložiska, kde se simuluje teplotně mechanické chování celé struktury. Sběr dat je automatizován pomocí platformy LabView.

Výsledky výzkumu realizovaného s pomocí měřicích přístrojů z půjčovny ukazují, že nejen nedostatečně promazané ložisko, ale i nadbytečné používání mazání může vést k poškození celého zařízení.

autoři: Josef Kekula, Jan Machyl
foto: archiv pracoviště

Půjčovna mobilní měřicí a laboratorní techniky

Technika, která je součástí půjčovny, byla vybírána tak, aby ji mohli využívat studenti různých oborů, respektive všichni doktorandi ČVUT, kteří tak mají jedinečnou možnost bezplatného zapůjčení mnohdy finančně nedostupné kvalitní měřicí techniky. Web půjčovny je integrován do stránek Výzkumného centra pro strojírenskou výrobní techniku a technologii (RCMT), které je součástí Ústavu výrobních strojů a zařízení Fakulty strojní ČVUT – www.rcmt.cvut.cz/pujcovna.



ČESKÉ
VYSOKÉ
UČENÍ
TECHNICKÉ
V PRAZE

PÍŠŤALY pro ČVUT

Spolek absolventů
a přátel ČVUT
pořádá

veřejnou sbírku na pořízení varhan do Betlémské kaple

Pojďme společně rozeznít Betlémskou kapli!

Dar v jakékoliv výši můžete zasílat na účet veřejné sbírky č. **2100626587/2010** nebo jej složit v hotovosti do zapečetěné pokladničky na akcích Českého vysokého učení technického v Praze.

Tváří sbírky je Eva Jiříčná,
architektka a absolventka ČVUT.

Zahájení sbírky: 1. října 2014

Sbírka bude ukončena dnem vybrání
maximální potřebné částky.

www.absolventicvut.cz
www.varhany.cvut.cz

Osvědčení o konání sbírky vystavil Magistrát hl. m. Prahy dne 19. 8. 2014.

ŘEŠENÍ PRO ELEKTROTECHNIKU A AUTOMATIZACI

Programátor PLC a SCADA

- VZDĚLÁNÍ VŠ, SŠ – ELEKTROTECHNICKÝ SMĚR, MOŽNO ABSOLVENT
- PRÁCE NA PC – MS OFFICE, ZÁKLADNÍ ZNALOSTI PROGRAMOVÁNÍ PLC A HMI (SIMATIC S7...)
- ZNALOST AJ NEBO NJ NA KOMUNIKATIVNÍ ÚROVNI VÝHODOU
- ŘIDIČSKÝ PRŮKAZ SKUPINY B
- DOBRÝ ZDRAVOTNÍ STAV, OCHOTU PRÁCE V TERÉNU NA ZAKÁZKÁCH

Zkušební technik

- VZDĚLÁNÍ SOU/SŠ – ELEKTROTECHNICKÝ SMĚR, MOŽNO ABSOLVENT
- AKTIVNÍ PŘÍSTUP K PRÁCI A MANUÁLNÍ ZRUČNOST
- PRÁCE NA PC – MS OFFICE, ZÁKLADNÍ ZNALOSTI A ORIENTACE V ŘÍDICÍCH SYSTÉMECH (SIMATIC S7...)
- ZNALOST AJ NEBO NJ NA KOMUNIKATIVNÍ ÚROVNI VÝHODOU
- ŘIDIČSKÝ PRŮKAZ SKUPINY B
- DOBRÝ ZDRAVOTNÍ STAV, OCHOTU PRÁCE V TERÉNU NA ZAKÁZKÁCH

Samostatný projektant řídicích systémů

- VZDĚLÁNÍ VŠ/SŠ – ELEKTROTECHNICKÝ SMĚR, MOŽNO ABSOLVENT
- ZNALOST PRÁCE NA PC – MS OFFICE, EPLAN, AUTOCAD, ZÁKLADNÍ ZNALOSTI A ORIENTACE V ŘÍDICÍCH SYSTÉMECH (SIMATIC S7...)
- ZNALOST AJ NEBO NJ NA KOMUNIKATIVNÍ ÚROVNI VÝHODOU
- ŘIDIČSKÝ PRŮKAZ SKUPINY B
- DOBRÝ ZDRAVOTNÍ STAV, OCHOTU PRÁCE V TERÉNU NA ZAKÁZKÁCH

POŽADUJEME

NABÍZÍME

KONTAKT

- ODPOVÍDAJÍCÍ MZDU
- TELEFON, NOTEBOOK
- PŘÍSPĚVEK NA STRAVU FORMOU STRAVENEK
- 4 TÝDNY DOVOLENÉ

- VZDĚLÁVACÍ KURZY
- PRÁCI V MALÉM KOLEKTIVU
- NÁSTUP MOŽNÝ IHNEDE
- PRACOVNÍSTĚ PŘÍBRAM, PRAHA NEBO TEPLICE.

Eva Prunerová

SEA a.s.

Pod Anenskou 149,

261 01 Příbram IV

tel.: (+420) 318 622 841**fax.:** (+420) 318 620 043

www.seaas.cz

Vaše životopisy zasílejte na email: eva.prunerova@seaas.cz