

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Karel Segeth; Emil Vitásek
Matematický ústav Akademie věd padesátiletý

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 48 (2003), No. 1, 31--40

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/141158>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 2003

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

Matematický ústav Akademie věd padesátiletý

Karel Segeth a Emil Vitásek, Praha

1. Z historie Matematického ústavu

Matematický ústav Akademie věd oslavil v roce 2002 padesáté výročí svého založení jako součásti Československé akademie věd. Historie předchůdců ústavu je však ještě delší.

Po znovuotevření českých vysokých škol po 2. světové válce požádalo na podzim roku 1945 o přijetí obrovské množství studentů všech oborů. Neobyčejně se tak zvýšily nároky na práci univerzitních učitelů a nedostatek jak kvalifikovaných učitelů, tak badatelů byl naprosto zřejmý. Přední představitelé tehdejší české matematiky si byli problému dobře vědomi a chápali, že jediným řešením je zvýšit počet kvalifikovaných lidí, kteří budou rychle, ale důkladně vyškoleni, aby se mohli věnovat vysokoškolské výuce i výzkumu, který se v té době také začal ve světě rozvíjet tempem do té doby nevídaným.

Prvním krokem zaměřeným ke zlepšení situace bylo založení Ústavu pro matematiku (podle některých historických pramenů Badatelského ústavu matematického) při České akademii věd a umění dne 14. března 1947, tedy před více než 56 lety. Obrovskou zásluhu na založení tohoto ústavu měl prof. Eduard Čech, který se také stal jeho prvním ředitelem. Hlavním úkolem ústavu bylo organizovat přednášky a semináře pro univerzitní učitele, učitele středních škol, studenty a další zájemce a dbát o mezinárodní spolupráci v této oblasti. Ústav sídlil v budově tehdejší Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v ulici Ke Karlovu na Novém Městě. Všichni jeho pracovníci byli zaměstnanci vysokých škol a v ústavu měli jen částečný pracovní úvazek. Ústav začal též budovat svou vlastní odbornou matematickou knihovnu.

Později, k 1. červenci 1950, byl Ústav pro matematiku reorganizován a přejmenován na Ústřední ústav matematický. Jeho ředitelem byl opět prof. Eduard Čech. Aktivita tohoto nového ústavu byly podstatně širší. Ústav už měl asi 10 stálých vědeckých a pedagogických pracovníků a od roku 1950 také zahájil školení aspirantů. Kromě toho ústav vydával matematické knihy a časopisy.

V roce 1951 dostal Ústřední ústav matematický prostřednictvím Ústředí výzkumu a technického rozvoje od Jednoty československých matematiků a fyziků budovu v Žitné ulici 25 na Novém Městě, kde sídlí Matematický ústav i Jednota matematiků

Doc. RNDr. KAREL SEGETH, CSc. (1943), je ředitelem MÚ AV ČR Praha.

RNDr. EMIL VITÁSEK, CSc. (1931), je vědeckým pracovníkem MÚ AV ČR Praha.

a fyziků dosud. Na podzim 1951 pak ústav získal jako dar Jednoty její matematickou knihovnu (viz též [KS]). Zákonem z 29. října 1952 byla k 1. lednu 1953 založena Československá akademie věd. Ústřední ústav matematický se tímto zákonem stal Matematickým ústavem ČSAV se všemi svými závazky, zaměstnanci a aspiranty. To je tedy událost, jejíž 50. výročí si připomínáme. Prvním ředitelem ústavu byl opět prof. Eduard Čech.

Na počátku padesátých let byl v československé matematice pocíťován zejména vážný nedostatek badatelů v oboru diferenciálních rovnic, v numerické matematice a matematické statistice. Proto Matematický ústav v tomto období usiloval zejména o založení a podporu výzkumu v těchto oblastech. Další odvětví, jako funkcionální analýza, topologie nebo matematická logika, se začala v Matematickém ústavu na širším základě rozvíjet až v letech šedesátých.

V roce 1969 byl také v Brně založen Matematický ústav ČSAV a jeho ředitelem se stal prof. Otakar Borůvka (10. 5. 1899–22. 7. 1995), jenž se proslavil svými výsledky v teorii diferenciálních rovnic, v teorii grafů aj. Důvody pro založení tohoto ústavu byly mj. důležitost Brna jako kulturního a průmyslového centra Moravy i tradice a vysoká úroveň brněnské matematické školy. Brněnský Matematický ústav byl reorganizován v roce 1972 a od té doby se stal brněnskou pobočkou pražského Matematického ústavu.

V sedmdesátých letech měl Matematický ústav osm vědeckých oddělení: odd. obyčejných diferenciálních rovnic, odd. parciálních diferenciálních rovnic, odd. konstruktivních metod řešení diferenciálních rovnic, odd. numerických metod, teorie grafů a matematické logiky, odd. funkcionální analýzy, odd. teorie pravděpodobnosti a matematické statistiky, odd. základních matematických struktur a kabinet pro modernizaci výuky matematiky. Další součástí ústavu byla brněnská pobočka.

Zatímco ředitelství a knihovna Matematického ústavu sídlily od r. 1951 už stále v Žitné ulici 25, řada oddělení byla v průběhu historie ústavu umístěna v nejrůznějších pražských lokalitách. Teprve dokončení stavebních úprav v domě v Žitné ulici 25 a pokles počtu pracovníků ústavu na začátku 90. let přivedly všechna oddělení pod jednu střechu. Různá odloučená oddělení v různých obdobích sídlila na Hradčanech (Loretánské náměstí), na Starém Městě (Husova, Jilská a Karlova ulice), na Novém Městě (Krakovská, Národní a Opletalova ulice, ulice Politických vězňů a Žitná ulice 28), na Vinohradech (Mánesova ulice), ve Veleslavíně (Kladenská ulice), ve Vršovicích (ulice 28. pluku) a ve Stodůlkách (Píškova ulice). Také brněnská pobočka ústavu se stěhovala, od svých počátků na Janáčkově náměstí na Mendlovo náměstí a pak do Žižkovy ulice.

Po vzniku České republiky 1. ledna 1993 se Matematický ústav stal součástí Akademie věd České republiky. To je další důležitá událost v historii ústavu, jejíž 10. výročí si připomínáme. Organizační struktura ústavu se podstatně nezměnila. Matematický ústav má v současné době 7 vědeckých oddělení v Praze (odd. reálné a pravděpodobnostní analýzy – vedoucí dr. Bohdan Maslowski, odd. evolučních diferenciálních rovnic – vedoucí dr. Pavel Krejčí, odd. kvalitativních metod matematické analýzy – vedoucí dr. Bohumír Opic, odd. konstruktivních metod matematické analýzy – vedoucí dr. Jan Chleboun, odd. topologie a funkcionální analýzy – vedoucí dr. Vladimír Müller, oddělení matematické logiky, numerické algebry a teorie grafů – vedoucí dr. Antonín

Sochor a kabinet didaktiky matematiky – vedoucí dr. Marie Tichá) a pobočku v Brně (vedoucí doc. Jiří Vanžura).

Prvním ředitelem Matematického ústavu ČSAV se v roce 1953 stal, jak už jsme uvedli, prof. Eduard Čech (29. 6. 1893 – 15. 3. 1960), který se proslavil svými výsledky v topologii. Vystřídali jej (1954–1972) prof. Vladimír Knichal (20. 3. 1908 – 1. 11. 1974), jenž pracoval v teorii čísel a teorii reálných funkcí, a (1972–1976) prof. Josef Novák (19. 4. 1905 – 12. 8. 1999), který dosáhl vysoce ceněných výsledků v topologii a matematické statistice. Pak byl ředitelem ústavu (1976–1978) prof. Jiří Fábera (21. 4. 1930 až 18. 6. 1978) a po něm (1978–1990) prof. Alois Kufner (nar. 1. 2. 1934), který se zabývá teorií prostorů funkcí v souvislosti s diferenciálními rovnicemi. Následujícím ředitelem ústavu byl (1990–1996) prof. Jaroslav Kurzweil (nar. 7. 5. 1926), jenž byl také prvním ředitelem Matematického ústavu AV ČR a který se řadu let intenzivně věnuje teorii neabsolutně konvergentních integrálů. Jeho známá součtová definice zahrnuje Perronův integrál a má zajímavé souvislosti s Lebesgueovým integrálem. Kurzweilovy práce daly podnět ke vzniku teorie zobecněných diferenciálních rovnic, jejichž řešení mohou být nespojitá. Současným ředitelem je od roku 1996 doc. Karel Segeth (nar. 10. 5. 1943), jehož vědeckým zájmem je problematika numerického řešení diferenciálních rovnic.

Počet vědeckých pracovníků se stabilizoval na úrovni asi 75 zaměstnanců v sedmdesátých a osmdesátých letech a poklesl na asi 50 v letech 1990–1992. V současné době pracuje v ústavu více než 60 tvůrčích vědeckých pracovníků. Matematický ústav, zčásti ve spolupráci s vysokými školami, pravidelně pořádá řadu velkých národních a mezinárodních konferencí. Nejstarší z nich jsou TOPOSYM (od roku 1961) a EQUADIFF (od roku 1962).

2. Současná činnost MÚ

Matematický ústav vydává tři mezinárodní vědecké časopisy: Czechoslovak Mathematical Journal, Mathematica Bohemica (oba jsou následníky Časopisu pro pěstování matematiky a fyziky založeného roku 1872) a Applications of Mathematics (založen 1956). Kromě toho je ústav sídlem lokální redakce bibliografického časopisu Zentralblatt für Mathematik, kterou provozuje ve spolupráci s Jednotou českých matematiků a fyziků.

Důležitým příspěvkem k rozvoji badatelské činnosti i k financování činnosti ústavu jsou grantové prostředky. Vědečtí pracovníci ústavu pravidelně získávají celou řadu grantů, často společně s pracovníky vysokých škol, od několika českých grantových agentur, nejčastěji od Grantové agentury České republiky a Grantové agentury Akademie věd České republiky. Pro spolupráci jsou významné i mezinárodní granty. Značná část z nich je od National Science Foundation, USA, z české strany je partnerem této zahraniční grantové agentury Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy ČR. Kromě toho se v ústavu řeší jeden institucionální výzkumný projekt (Komplexní rozvoj všech oblastí matematiky s ohledem na potřeby fyziky a techniky) podporovaný vládou České republiky a jeden projekt rozvoje základního výzkumu v hlavních oblastech vědy

(Matematika, informatika a kybernetika: metody, prostředky a aplikace) podporovaný Grantovou agenturou Akademie věd České republiky.

Ústavem prošla za dobu jeho existence dlouhá řada významných matematiků, kteří jej proslavili ve světě. Další vynikající matematické osobnosti v ústavu v současné době pracují. O jejich vysoké úrovni svědčí i množství prestižních cen a jiných uznání, které pracovníci ústavu získali. V poslední době z nich nejvyšší bylo státní vyznamenání, medaile Za zásluhy 1. stupně, která byla v roce 1997 propůjčena prof. Jaroslavu Kurzweilovi prezidentem republiky.

Matematický ústav vyhlašuje od roku 1995 konkurs na obsazení míst dvou vědeckých pracovníků ze zahraničí, vždy na jeden školní rok. Minimální doba pobytu je 6 měsíců. Zatím Prahu a Brno dlouhodobě navštívilo více než 20 cizinců. Na dvě zmíněná místa se do konkursu každoročně hlásí zpravidla 6 až 12 uchazečů z celého světa.

Významná a důležitá je i spolupráce Matematického ústavu s obdobnými akademickými institucemi v tuzemsku i v zahraničí.

Matematický ústav má akreditaci pro doktorské studium v mnoha matematických, inženýrských a fyzikálních oborech ve spolupráci s Matematicko-fyzikální a Pedagogickou fakultou Univerzity Karlovy v Praze, s Přírodovědeckou fakultou Masarykovy univerzity v Brně a Přírodovědeckou fakultou Univerzity Palackého v Olomouci. Kromě toho ústav jedná o společném doktorském studiu s Fakultou aplikovaných věd Západočeské univerzity v Plzni a má dohodu o spolupráci s Matematickým ústavem Slezské univerzity v Opavě. Navíc mnoho pracovníků Matematického ústavu školí doktorské studenty přímo na zmíněných fakultách. Za dobu svého trvání vyškolil MÚ na 150 vědeckých aspirantů a v současné době má v ústavu své školitele přes 20 doktorandů.

Matematický ústav má též dvě společná pracoviště s vysokými školami, na kterých se v obou případech podílí i Matematicko-fyzikální fakulta UK v Praze. Jedním z těchto pracovišť je DIMATIA — Centrum pro diskrétní matematiku, teoretickou informatiku a aplikace, druhým je ITI — Institut teoretické informatiky.

Velmi dobře a velmi úspěšně spolupracuje Matematický ústav s Jednotou českých matematiků a fyziků. Významnou společně organizovanou akcí je např. Matematická olympiáda, která se v roce 2002 konala již po jednapadesáté. Ústav též od roku 1998 každoročně na podzim pořádá Den otevřených dveří pro veřejnost. Návštěvnost (hlavně středoškolských studentů) bývá několik desítek zájemců.

Při vytváření a rozvíjení didaktiky matematiky jako samostatné vědní disciplíny je významná spolupráce kabinetu didaktiky matematiky s pedagogickými fakultami v Praze, Hradci Králové a Českých Budějovicích. V rámci řešení projektu Socrates–Comenius spolupracuje kabinet s univerzitami v Itálii (Pavia, Torino) a v SRN (Dortmund a Bielefeld).

Knihovna ústavu, podpořená na počátku darem Jednoty českých matematiků a fyziků, je dnes největší odbornou matematickou knihovnou v České republice. Její rozsah je asi 70 tisíc knihovních jednotek a ústav i jednotliví řešitelé grantů podle svých možností přispívají k rozvoji knihovního fondu včetně časopisů. Knihovna je přístupná veřejnosti a asi 85 % jejích uživatelů jsou externisté. Podstatná část katalogu knihovny

již existuje v elektronické podobě, která bude v dohledné době zpřístupněna na internetu. Knihovna je zapojena do meziknihovní výpůjční služby. Nejtěsnější spolupráce je s knihovnou Matematicko-fyzikální fakulty UK v Praze a s knihovnou Matematického ústavu Slovenské akademie věd v Bratislavě.

Hlavní *raison d'être* Matematického ústavu jako ústavu Akademie věd je přirozeně základní výzkum. Ten se realizuje, jak už bylo řečeno, v sedmi pražských vědeckých odděleních a v brněnské pobočce. Náplň práce jednotlivých oddělení je většinou širší, než jak vyplývá jen z uvedeného výčtu jejich názvů, a proto ji popíšeme poněkud podrobněji. V oddělení reálné a pravděpodobnostní analýzy se pracuje ve 3 směrech: v teorii neabsolutně konvergentních integrálů Perronova typu a v teorii zobecněných diferenciálních rovnic, v teorii stochastických evolučních rovnic a v teoretické pravděpodobnosti. Náplní práce oddělení evolučních diferenciálních rovnic je zejména studium matematických modelů v dynamice tekutin, matematická teorie hystereze, nelineární zákony zachování, studium chování řešení hyperbolických a parabolických rovnic v dlouhých časových intervalech a studium časově periodických řešení v problémech s volnou hranicí. V oddělení kvalitativních metod matematické analýzy se studuje problematika prostorů funkcí a souvislosti jejich struktury s řešením okrajových úloh. Další pracovní skupina se zabývá vyšetřováním kvalitativních vlastností diferenciálních rovnic a variačních nerovností, jako jsou bifurkace a stabilita řešení a problémy prodlužování řešení. Poslední pracovní skupina tohoto oddělení pak studuje aplikace teorie míry a teorie potenciálu v matematické fyzice a komplexní analýze. Pracovníci oddělení konstruktivních metod matematické analýzy se věnují matematické a numerické analýze nelineárních fyzikálních polí metodou konečných prvků, konstrukci efektivních aproximačních schémat pro řešení eliptických a parabolických problémů a numerickým a analytickým metodám teorie relativity a nebeské mechaniky. Oborem studia oddělení topologie a funkcionální analýzy je teorie operátorů v souvislosti s teorií Banachových algeber, Booleovy algebry, topologie a funkcionální analýza a matematické metody v mechanice kontinua. Oddělení matematické logiky, numerické algebry a teorie grafů je zaměřeno na problematiku matematické logiky a teoretickou informatiku, a dále pak na teorii matic a její souvislosti s teorií grafů. O náplni práce oddělení didaktiky matematiky jsme již mluvili. Konečně jedna pracovní skupina brněnského oddělení MÚ se zabývá algebraickou topologií, homologickou algebrou a homologickou fyzikou (tj. aplikací metod homologické algebry a algebraické topologie v matematické fyzice); druhá skupina pak kvalitativní teorii obyčejných diferenciálních a diferenčních rovnic v souvislosti s algebrou, geometrií a teorií optimálního řízení.

Výsledky dosažené v naznačených směrech jsou nesmírně obsáhlé a cenné a v matematické veřejnosti dostatečně známé. Aby se však s nimi mohla seznámit i širší odborná veřejnost, bylo by velmi žádoucí jejich populární zpracování. To však není v silách jednoho nebo dvou lidí.

Autoři tohoto článku si vzali za cíl podrobněji popsat jiný, možná méně známý druh činnosti Matematického ústavu, totiž řešení konkrétních úkolů z fyzikální nebo technické praxe. Zde je nutno říci, že ústav se nikdy nevyhýbal — a doufáme, že ani v budoucnosti nebude — řešení úkolů tohoto druhu. Vždy to však musí být úkoly nejen rutinní, v nichž jde víceméně jen o aplikaci známých schémat, ale i úkoly, které

mají nějakou zajímavost z hlediska rozvoje matematiky samotné. Tím máme na mysli, že jde o takové problémy, k jejichž úspěšnému řešení je třeba vyvinout nové metody jejich (přibližného) řešení, nebo, ještě lépe, kdy jde o úlohy dosud neřešené od samého začátku, tj. u nichž předem není známa dokonce ani jejich rozumná matematická formulace.

3. Výpočet Orlické přehrady

Historicky prvním takovým úkolem, který byl v MÚ řešen až do konce, byla problematika spojená s projektem a technologií výstavby přehradní hráze na vodním díle Orlík. Duší tohoto, jak se ukázalo, obrovského úkolu byli dr. Ivo Babuška a ing. Ladislav Mejzlík, bez jejichž erudice a nadšení by se celý projekt nikdy nerealizoval. Hned na začátku by snad stálo za připomínku, že šlo o padesátá léta, kdy jedinou výpočetní technikou, kterou měl řešitelský tým k dispozici, byly mechanické stolní kalkulačky, z nichž mnohé neměly ani automatické násobení. Tím více možná překvapí, že i pomocí této „prehistorické“ výpočetní techniky se provedlo v průběhu dvou let výpočtů kolem 3 milionů aritmetických operací.

Otázka, na niž se mělo odpovědět, zněla na první pohled velice prostě: Je možné betonovat masivní betonovou přehradní hráz ve vyšších pracovních vrstvách než při zavedené a vyzkoušené technologii — a tedy také rychleji — aniž by došlo k nějakým nežádoucím jevům? Problém je totiž v tom, že cement obsažený v betonu při svém tvrdnutí vyvíjí poměrně značné množství tepla (tzv. hydratačního tepla), pro hrubou orientaci čtenáře 200 až 400 kJ · kg⁻¹. V důsledku toho dochází v masivních přehradních zdech k značnému zvýšení teploty uvnitř hráze (až o 25–35 °C), což vede k intenzivnímu tepelnému toku a vzniku termických napětí. Termická napětí pak omezují rychlost betonáže hráze, která musí — zhruba řečeno — umožnit odchod části hydratačního tepla bez nepříznivých následků na celistvost zdi. Přesněji řečeno, velikost termických napětí závisí na obsahu cementu a jeho kalorické vydatnosti, na výšce pracovní vrstvy, na rychlosti betonáže, na poměru počáteční teploty betonu k teplotě ovzduší a jejím časovém průběhu, na plošných rozměrech lamely a její poloze v bloku, na termických a mechanických vlastnostech betonu, na typu bednění a době zabetonování a dalších podružných vlivech.

Tyto závislosti vyústily v tehdejší praxi, že v našich klimatických podmínkách a při u nás běžně užívaných druzích cementů je možné připustit betonáž 2 m vysokých lamel rychlostí 10 až 12 metrů do výšky za měsíc. Ze zkušenosti z jiných staveb se vědělo, že při takovém způsobu výstavby nepřesahují poruchy na díle přijatelnou mez.

Jiné výšky pracovních vrstev a jiné rychlosti betonáže lze připustit jen při změně vlastností cementu nebo betonu, změně rozměrů betonovaného tělesa nebo umělého odvodu tepla souběžně s jeho vývinem systémem vložených trubek, jimiž protéká chladicí voda.

Všechny tyto alternativy bylo třeba početně ověřit. Bylo tedy především třeba vypočítat nestacionární teplotní pole v přehradní hrázi při různých režimech její výstavby a následně její napjatost způsobenou vzniklými teplotními gradienty.

Abychom ilustrovali, s jakými problémy se řešitelé museli vyrovnávat, všimněme si poněkud podrobněji výpočtu teplotního pole. Tepelná vodivost, specifické měrné teplo a hustota betonové směsi závisí na teplotě jen velmi málo, takže v této části bylo možné pokládat příslušnou rovnici pro vedení tepla za lineární. Jinak tomu však je v případě pravé strany této rovnice. Množství hydratačního tepla, které se v daném čase vyvine, však závisí na historii, tj. na tom, kolik tepla se až do daného okamžiku v daném místě už vyvinulo. Podstatné přitom je, že relevantní je pouze, kolik tepla se v uvažovaném místě už vyvinulo, ale nezáleží na tom, jak tento vývin probíhal. Na základě těchto zjištění se došlo k závěru, že uvažované teplotní pole je popsáno soustavou rovnic

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{1}{a} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) + k(u)q(t^*),$$

$$t^*(x, y, z, t) = \int_{(n-1)t_0}^t k(u(x, y, z, \tau)) d\tau, \quad (1)$$

kde a je konstanta vzhledem k tomu, co již bylo řečeno, funkce q udává množství tepla, které vyvine cement v čase t od začátku hydratace za předpokladu, že hydratace probíhá za konstantní teploty, a funkce k pak zohledňuje ten fakt, že tomu tak není. Obě tyto funkce byly určeny fenomenologicky. Číslo n pak udává, o kolikátou pracovní vrstvu jde, a t_0 je prodleva mezi betonáží dvou lamel. Funkce u je pak hledaná teplota; další neznámá funkce t^* má pomocný charakter a postihuje vliv historie na intenzitu tepelného zdroje v daném místě a čase.

Soustavu (1) bylo třeba řešit v oblasti závisící na čase. Zde se předpokládalo, že přehradní blok „naskočí“ v určitém časovém okamžiku o novou lamelu okamžitě, což se ukázalo být rozumným předpokladem vzhledem k tomu, že čas potřebný k vybetonování jedné pracovní vrstvy byl velmi krátký (řádově hodiny) ve srovnání s přestávkou, po níž se betonovala další vrstva (řádově dny). Další zjednodušení spočívalo v tom, že se ve skutečnosti počítal nikoliv prostorově třidimenzionální případ, ale řada dvoudimenzionálních vertikálních řezů přehradního bloku. Toto zjednodušení bylo samozřejmě nezbytné vzhledem k výpočetní technice, která byla k dispozici.

První rovnice v (1) se řešila v zásadě explicitní metodou sítí, neboť to usnadňovalo organizaci práce na stolních mechanických kalkulačkách a nezbytné omezení přípustné velikosti časového integračního kroku nebylo vzhledem k teplotním parametrům betonu příliš vážné. Za časový integrační krok bylo totiž možné volit cca 1 den, což bylo únosné jak z hlediska přesnosti, tak z hlediska délky časového intervalu (který musel obsáhnout vzhledem k malé tepelné vodivosti betonu až 2 roky). Druhá rovnice se řešila (po zderivování) mnohokrokovou metodou Adamsova typu.

Kromě toho byla užita ještě řada dalších triků, které vlastně vůbec výpočet s uvedenou výpočetní technikou umožňovaly. Tak např. v alternativě, že byl beton chlazen trubkami, kterými protékala chladicí voda, nebylo možné aplikovat metodu sítí bezprostředně, neboť malý průměr trubek (řádově centimetry) by vedl k nutnosti užít nezvládnutelně jemnou síť. Proto se řešení hledalo ve tvaru součtu dvou funkcí. První z nich vyjadřovala účinek chlazení rourou bez ohledu na vývin hydratačního

tepla, druhá pak respektovala nerovnoměrnost hydratace a vliv ostatních chladicích trubek. To je umožněno tím, že nelinearita spočívá pouze v hydratačním teple, kdežto samotné vedení tepla je lineární. Pouze druhá funkce se hledala metodou sítí, kdežto první byla vyjádřena pomocí speciálních funkcí, které byly zvlášť pro řešení tohoto problému tabelovány na samočinném počítači Ural IV. To bylo také jediné místo, kde bylo v celém projektu možné užít tohoto velice primitivního počítače. K urychlení numerického výpočtu se také uplatnila tato úvaha: Dá se očekávat — a experiment to také potvrzuje — že průběh teploty v n -té časové vrstvě v čase t bude analogický, jako byl průběh teploty v odpovídajícím místě $(n - 1)$ -ní vrstvy v čase $t - t_0$ a že souhlas bude tím přesnější, čím bude n větší. V praxi se ukázalo, že v mnoha případech je $n = 2$ již vyhovující hodnota. Výpočet se pak urychlil tím, že se našla numerická metoda pro určení tohoto, řekněme kvazistacionárního řešení.

Všechny zde naznačené a mnohé další postupy byly nejen numericky realizovány, ale také rigorózně matematicky zformulovány a byla dokázána existence a jednoznačnost řešení příslušných rovnic a konvergence navržených přibližných metod. Spolehlivost konkrétních vypočtených hodnot byla mimo jiné verifikována pokusem v poměru jedna ku jedné na vodním díle Vír na řece Svratce a následnými měřeními přímo na vodním díle Orlík zabudovanými senzory. Pokud jde o teplotní pole, o němž zde hlavně pojednáváme, nedosáhl rozdíl mezi naměřenou a vypočtenou hodnotou v naprosté většině případů ani 1°C .

Z hlediska matematiky jako takové byl celý projekt velmi inspirativní, neboť v přímé souvislosti s problémy v něm řešenými vznikla řada úspěšně obhájených kandidátských disertačních prací (Babuška, Rektorys, Nečas, Vitásek, Práger, Kautský). To, že šlo v MÚ o historicky první úkol spojený s konkrétním praktickým problémem, který se ukázal takto plodný, bylo také důvodem, proč jsme se o něm rozepsali podrobněji.

4. Několik dalších příkladů spolupráce s praxí

O některých z mnoha dalších projektů spjatých s jinými vědními disciplínami nebo s konkrétními úkoly z praxe se zmíníme už jen velmi stručně.

Začneme aplikací pravděpodobnostních a statistických metod v biologii, agrobiologii, genetice a medicíně, které byly systematicky rozvíjeny v oddělení teorie pravděpodobnosti a matematické statistiky. V těchto oborech oddělení spolupracovalo s řadou ústavů lékařského a zemědělského výzkumu, podílelo se na řešení jejich výzkumných úloh a z nich naopak čerpalo podněty pro další základní výzkum. Byly pořádány četné semináře a později i šířeji zaměřené letní školy věnované aplikačně důležitým tématům: analýze dat, diskriminační analýze, faktorové a shlukové analýze. K této problematice byly v devadesátých letech organizovány i mezinárodní konference DIANA (DIscrimination ANALysis, 1982, 1986, 1990). Velkým přínosem pro rozvoj metod kvantitativní genetiky a jejich aplikací u nás byl seminář populační a kvantitativní genetiky. Seminář se konal téměř po celé desetiletí v šedesátých letech pravidelně jednou měsíčně po dva dny. Účastnili se jej vědečtí pracovníci, šlechtitelé a lékaři z celého Československa. Spolupráce se šlechtiteli v živočišné i zemědělské výrobě

pokračovala i v dalších desetiletích a přinesla řadu publikací. Rozšíření sledované problematiky o stochastickou geometrii v devadesátých letech přineslo další aplikace, především ve fyzikální metalurgii a metalografii. Ve spolupráci s výzkumnými ústavu a vysokými školami vznikla řada publikací věnovaných sledování a kvantitativnímu hodnocení struktury polykrystalických materiálů a jejich porušování.

V polovině šedesátých let (20. století) byl formulován základní princip metody GUHA automatického generování hypotéz, byly publikovány základní práce a byla vytvořena první implementace (na počítači MINSK 22). Z dnešního hlediska jde o velmi raný případ toho, čemu se později začalo říkat „těžení z dat“ (data mining). Počítač má pomoci fakt z matematické logiky a statistiky na základě empirických dat a parametrů definujících třídu potenciálních hypotéz generovat všechny hypotézy, které jsou podporovány daty. Metoda prošla dlouhým vývojem, byla vytvořena řada implementací a vedla k originální teorii. Je dosud rozvíjena; informace včetně literatury a programů lze nalézt na internetové adrese www.cs.cas.cz (pod Research — Software).

Spolupráce s praxí v oddělení evolučních diferenciálních rovnic má svou tradici, která začala kolem roku 1980 a byla vyprovokována pravidelným organizováním letních škol o evolučních diferenciálních rovnicích, pořádaných pro širokou obec pracovníků ve školství, průmyslu a rezortních výzkumných a vývojových organizacích. Tehdy také započala spolupráce s VÚ Sigma v Olomouci, z něhož se později oddělila část výzkumníků, kteří pod vedením ing. Willibalda Kolarčíka, CSc., vybudovali v nelehkých podmínkách nynější Hydrosystem Group, a. s., jejímž generálním ředitelem je ing. Kolarčík. Spolupráce se týká velkého množství matematických problémů vznikajících při návrhu hydraulických zařízení, tj. především složitých systémů potrubí s čerpadly, ventily a dalšími hydraulickými prvky. Za celou dobu spolupráce vznikly desítky výzkumných zpráv, publikací v konferenčních sbornících i v odborných časopisech a řešily se v nich otázky od úplně praktických až po teoreticky náročnou matematickou analýzu vybraných evolučních problémů s těmito otázkami souvisících. Nedávno byl úspěšně dokončen a oponován grantový projekt GA ČR *Hysterezní model čerpadla* a další, navazující projekt *Parametrické kmity čerpadel* byl schválen a v současné době se na něm pracuje. Účastní se ho nejen Hydrosystem a MÚ, ale také Fakulta strojní ČVUT v Praze a VUT v Brně. O užitečnosti spolupráce svědčí mj. to, že firma Hydrosystem, která hradí své náklady téměř ze 100 % z tržeb za odvedené zakázky, je ochotna nést část nákladů spojených s výzkumem.

Výsledky matematické teorie hystereze se podařilo bezprostředně aplikovat ve spolupráci s teoretickými inženýry z Německa. V letech 1993–95 šlo o společný projekt se softwarovou firmou TecMath a Univerzitou Kaiserslautern koordinovaný M. Brokatem a zaměřený na nalezení podmínek stability matematického modelu užívaného v automobilovém průmyslu pro odhad únavy materiálu. Kromě důkazu stability bylo dalším zajímavým výsledkem stanovení souvislosti mezi akumulovanou disipací energie a empirickou funkcí (funkcionálem) únavy.

Druhá příležitost pro využití matematických výsledků v praxi se naskytla v letech 1999–2000 ve spolupráci s katedrou automatizace procesů Sárské univerzity v Saarbrückenu. Problém spočíval v požadavku zvýšit přesnost inverzní regulace piezoelek-

trických měničů v reálném čase. Složitost úlohy souvisí s komplikovaným hysterezním vztahem mezi časovými průběhy připojeného elektrického napětí a mechanické deformace materiálu. V komerčních měničích je tato závislost nahrazena idealizovanou lineární relací, která vede při standardním použití k chybě až 12 %. S využitím vzorců pro inverzi hysterezních operátorů se podařilo ve spolupráci s K. Kuhnenem sestavit rychlý algoritmus pro numerickou inverzní regulaci a odvodit odhady chyb. Při praktickém použití za stejných podmínek jako u sériových systémů chyba nepřesáhla 1,6 %.

V letech 1975–1990 probíhala spolupráce MÚ s ČKD-Elektrotechnika a VÚSE Běchovice na výpočtu teplotních a magnetických polí ve velkých transformátorech a elektrických rotačních strojích. Tyto problémy byly popsány nelineárními parciálními diferenciálními rovnicemi eliptického a parabolického typu na trojrozměrné oblasti. Přibližné řešení se hledalo metodou konečných prvků.

Základní aktuální informace o Matematickém ústavu Akademie věd České republiky jsou k dispozici na internetové stránce www.math.cas.cz nebo také v [A] a [M2]. Další informace o historii MÚ lze nalézt v [F], [KV], [KS], [M1] a [S].

L i t e r a t u r a

- [A] Oficiální informační příručky Československé akademie věd a Akademie věd České republiky z let 1955–2001.
- [F] FÁBERA, J: *Dvacet pět let Matematického ústavu Československé akademie věd*. Čas. Pěst. Mat. 102 (1977), 321–333.
- [KV] KURZWEIL, J., VEJVODA, O: *Vzpomínka na začátky Matematického ústavu ČSAV*. K třicátému výročí založení Matematického ústavu ČSAV. Čas. Pěst. Mat. 107 (1982), 442–443.
- [KS] KURZWEIL, J., SCHWABIK, Š.: *O jednom výročí*. Pokroky Mat. Fyz. Astronom. 46 (2001), 344.
- [M1] Oficiální informační příručka Československá akademie věd. Matematický ústav v Praze. 1987.
- [M2] Oficiální informační příručky *Mathematical Institute. Academy of Sciences of the Czech Republic* z let 1995–2001.
- [S] SEGETH, K.: *Matematický ústav AV ČR*. Akademický bulletin (1997), č. 12, 3.