

# Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

---

Stanislav Kubík

Atomová energie v technice

*Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, Vol. 1 (1956), No. 4, 375--380

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/137429>

## Terms of use:

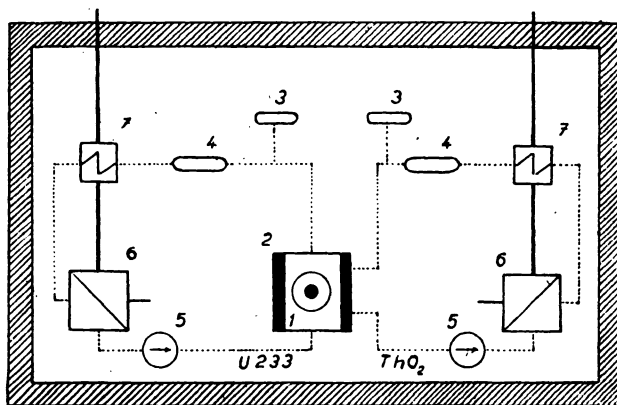
© Jednota českých matematiků a fyziků, 1956

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>

tokem uranu i suspensí thoria. Je proto třeba používat při konstrukci speciálních slitin. Působením radioaktivního záření se těžká voda rozkládá na výbušnou směs kyslíku a deuteria, kterou je rovněž nutno z roztoku odstranit.



Obr. 5.

1 — aktivní zona, 2 — suspence  $\text{ThO}_2$  v těžké vodě, 3 — regulátory tlaku, 4 — odlučovač plynu, 5 — čerpadla, 6 — vyvíječe páry, 7 — přehříváky.

Těchto pět hlavních typů nevyčerpává ovšem všechny možnosti a kombinace návrhů reaktorů. Mnohaleté zkušenosti však ukázaly, že tyto druhy jsou nejslibnější pro další rozvoj atomové energetiky.

M. Razím

#### Literatura

J. Lane, *Economics of Nuclear Power*, přednáška č. 476 na konferenci v Ženevě, srpen 1955.

G. Wiesenack, *Kernkraftwerke und be-*

*wegliche Kernkraftanlagen*, Zeitschrift VDI, 1956, č. 4, s. 149—151.

*Das amerikanische Kernreaktor-Bauprogramm und die amerikanische Privatinitiative*, BWK, 1956, sv. 8, č. 3, s. 125—7.

## ATOMOVÁ ENERGIE V TECHNICE

Práce na mírovém využití atomové energie nabyly v posledních letech velkého rozmachu. Za poměrně krátkou dobu se nukleární fyzika stala oborem, který hluboko zasáhl do ostatních věd, do chemie, do biologie a zvláště do techniky. Radioaktivní isotopy se vyrábějí ve velkém množství a používá se jich ve vědě, v průmyslu, v lékařství a v zemědělství.

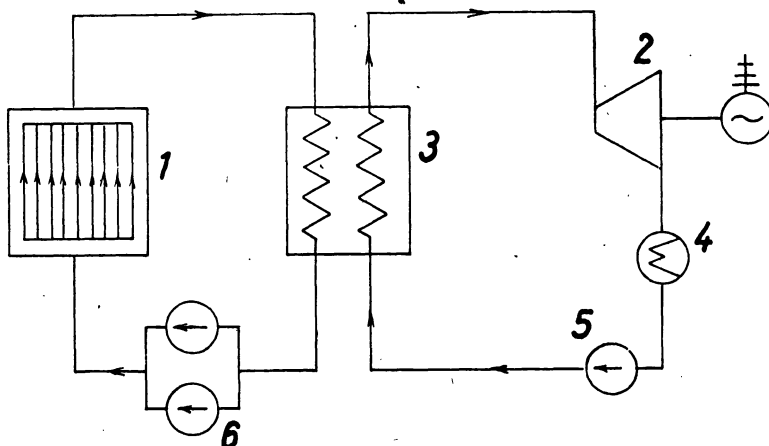
V technických vědách se dnes zkoumají tři velké skupiny otázek: využití atomové energie pro výrobu elektřiny, využití záření radioaktivních isotopů, využití radioaktivních isotopů v metodě značkových atomů.

### Výroba elektrické energie

S průmyslovou výrobou elektrické energie z energie atomového jádra se jak známo začalo v SSSR. Dnes jsou i v jiných zemích v proudu práce na projektech

atomových elektráren. S pomocí SSSR se také v lidově demokratických a v některých dalších státech začíná se stavbami atomových reaktorů, které přejdou ve výstavbu atomových elektráren. Tak je tomu i u nás. Směrnice pro naši druhou pětiletku ukládají postavit do roku 1960 atomovou centrálu o výkonu nejméně 150.000 kW a uvést ji do pokusného provozu.

Atomová elektrárna v SSSR dodává výkon 5000 kW. Kromě toho slouží výzkumným účelům a k shromažďování vědeckých a technických zkušeností, které jsou nutné pro stavby velkých atomových elektráren. Tyto zkušenosti budou podkladem i pro naše pracovníky v nukleární energetice.



Obr. 1

První sovětská atomová elektrárna je v podstatě parní elektrárnou, ve které se elektrická energie vyrábí v generátoru poháněném parní turbinou. Potřebná vodní pára se vyrábí pomocí tepla, jež vzniká štěpením uranu v atomovém reaktoru.

Základními prvky sovětské atomové elektrárny jsou atomový reaktor, turbo-generátor a parní generátor (výměník tepla). Schema elektrárny sestává ze dvou okruhů (viz obraz). První okruh je mezi reaktorem a výměníkem tepla, druhý mezi výměníkem tepla a turbinou. Voda prvního okruhu, ohřátá v trubkách atomového reaktoru na teplotu 260—270° C, předává své teplo prostřednictvím výměníku tepla (parního generátoru) vodě druhého okruhu. Po předání tepla opouští voda prvního okruhu parní generátor s teplotou 190° C a vstupuje do ssačícího potrubí hlavních oběhových čerpadel. Čerstvá voda se doplňuje zvláštními čerpadly. Trubky tohoto okruhu jsou chráněny před účinky silného kolísání tlaku při změně teploty vody kompensátory, ve kterých se udržuje stálý tlak 100 atmosfér pomocí stlačeného vzduchu. Stlačený vzduch se doplňuje z balonů.

Vodu druhého okruhu ženou napájecí čerpadla do přehříváku parního generátoru. Odtud jde tato voda dále do výparníku. Při plném výkonu elektrárny vyrábějí tři skupiny parních generátorů 40 tun páry o tlaku 12,5 atmosféry a o teplotě 255—260° C za hodinu. Tato pára jde dále parovodem do turbo-generátorů.

Jádrem elektrárny je urano-grafitový reaktor, pracující s obohaceným uranem (5% uranu  $U^{235}$ ). V aktivní zóně reaktoru jsou vertikální otvory, tak zvané pra-

covní kanály a kanály pro regulační a bezpečnostní tyče (bezpečnostní tyče se v případě nebezpečí automaticky rychle zasouvají, čímž se okamžitě přeruší řetězová reakce v nukleárním palivu a chod reaktoru se tím zastaví). Do pracovních kanálů se zasouvají trubky, v jejichž stěnách je uran. Vnitřkem trubek protéká voda. Uran se při štěpení ohřívá a předává vzniklé teplo vodě protékající trubkami. Pracovních kanálů je 128, uranové tyče se vyměňují podle potřeby. Regulačních tyčí je 22; z nichž čtyři udržují výkon reaktoru na dané úrovni, dvě tyče jsou bezpečnostní a osmnáct tyčí je určeno pro kompensaci spotřebovaného isotopu uranu. Stav tyčí se při dané úrovni výkonu reaktoru určuje podle velikosti impulsu v ionizačních komorách, umístěných kolem reaktoru. Regulační tyče jsou zavěšeny na drátěných lanech a přemísťují se automaticky pomocí elektrických zařízení, řízených z centrálního panelu elektrárny. Grafitová vsázka je umístěna v ocelovém válci, který spolu se spodní a s vrchní deskou tvoří hermetický obal, umožňující vytvořit uvnitř atmosféru inertního plynu pro grafit příznivou. Obsluhující personál reaktoru je chráněn před škodlivými účinky záření ochrannými stěnami, sestávajícími z vrstvy vody o tloušťce jeden metr, která zachycuje neutrony vyletující z reaktoru, z třímetrové vrstvy betonu a z litinové vrstvy o tloušťce 250 mm, která zadržuje záření gamma.

Atomová elektrárna má tři objekty. V prvním je umístěn atomový reaktor, výměníky tepla, oběhová čerpadla a další zařízení nutná pro obsluhu reaktoru a pro experimentální práci; v druhém objektu je parní turbina s elektrickým generátorem a kondensátorem, spouštěcí kondensátor, rozvodna elektrické energie a některá další zařízení; v třetím objektu jsou ventilační zařízení.

Všechna zařízení elektrárny se řídí z centrálního panelu. K ochraně personálu jsou všude umístěny ionizační komory pro měření intenzity záření gamma a zařízení pro kontrolu radioaktivity vzduchu.

### Radioaktivní isotopy

Pronikavost záření radioaktivních isotopů je ve velké míře využívána k hledání lunkrů a kazů v kovových výrobcích, k určování obsahu jednotlivých prvků v kovech a ve slitinách, v metalurgických procesech, v měřicí technice, ve strojírenství a jinde.

Při výrobě strojů, vystavených za chodu velkým statickým a dynamickým namáháním, jako jsou reaktivní motory, turbíny, letadla, parní kotle, při sváření kovů atd., je třeba spolehlivě kontrolovat jakost výrobků. Jednou z kontrolních metod je prosvěcování paprsky gamma, vydávanými radioaktivními isotopy kobaltu 60, tantalu 182, cesia 137, iridia 192 a jiných.

Dnes se v průmyslu používá dvou metod defektoskopie gamma: metody fotografické a metody ionizační. Fotografické metody se používá více pro její názornost a pro objektivnost jejích výsledků. Ionizační metoda je méně citlivá na zjištění defektu v prosvěcovaném materiálu a má omezené možnosti pokud jde o zjištění charakteru defektu. Naproti tomu jde ionizační metodou kontrola velmi rychle; používá se proto této metody zejména pro kontrolu výrobků při pásové výrobě.

Použitím radioaktivních isotopů v defektoskopii kovů se zvyšuje kvalita průmyslových výrobků. Jednoduchost, použitelnost v libovolnou dobu a v libovolném zařízení, v dílně, v polních podmínkách ap., to vše činí defektoskopii gamma v mnohých případech nenahraditelnou. Další zdokonalení této metody, použití paprsků beta a neutronů, zlepšší kvality litých a svářených výrobků nejen kovových ale i z jiných materiálů.

Za velkých tlaků a při velkých teplotách dochází u kovů a slitin buď k plastickým deformacím, nebo vznikají praskliny (dochází k porušení mikročástic předmětu). Je proto v metalurgii a v науce o kovech velmi důležité znát charakter rozdělení složek v různých kovových slitinách, v odlitcích, v ocelových výrobcích, ve svárových švech a pod. K studiu těchto otázek je dnes vypracována již velmi rozšířená tak zvaná autoradiografie, založená na vzájemném působení radioaktivního záření a fotoemulze. Do zkoumané slitiny se zavede nevelké množství radioaktivního isotopu toho prvku, jehož rozdělení ve slitině je třeba určit. Na této slitině se provede výbrus a při doteku výbrusu s fotoemulzí se na fotografické desce získá negativní obraz rozložení radioaktivního prvku ve slitině.

Methodou autoradiografií se zkoumá na příklad rozdělení nekovových příměsí v ocelovém odlitku, pohyb kovu a rozdělení prvků při odstředivém lití trub, rozdělení prvků ve sváru a j. Výsledků takových zkoumání se již dnes využívá v průmyslu.

Další zdokonalení autoradiografie a zvětšení oblasti jejího použití umožní proniknout hluboko do mikroskopické strukturu a do stavby mnohokomponentních sloučenin nejen kovových, ale i jiných a umožňuje určit podmínky pro vytváření vhodných materiálů pro průmysl.

Složitost technologických procesů v dnešní průmyslové výrobě a snaha o maximální automatizaci velmi důrazně vyžadují kontrolní měřicí aparaturu, která by pracovala přesně, spolehlivě a bez doteku s kontrolovanými předměty.

Použití radioaktivních parametrů umožnilo sestavit nové kontrolní přístroje pro kontrolu různých technologických parametrů, i pro kontrolu celých technologických procesů. Přístroje, sestavenými na principu pohlcování a rozptylování radioaktivního záření a také na jevu ionisace plynu částicemi alfa, se v mnohých případech kontroluje mnohem snáze, přesněji a spolehlivěji, než jinými metodami; často je pouze taková kontrola vůbec možná. Vědecké a výzkumné práce v tomto směru se v poslední době velmi rychle rozvíjejí.

Neutronová metoda gamma je založena na registraci sekundárního záření gamma, vznikajícího v hornině působením neutronového zdroje. Methodou přirozeného záření gamma se registruje přirozené radioaktivní záření gamma hornin. Radioaktivních metod se používá také při zjišťování nových ložisek ropy. Tyto metody jsou účinné zejména tam, kde elektrické metody nedávají žádných výsledků. V poslední době se v geofyzikální praxi používá k analýze soustavy hornin metody založené na registraci aktivity gamma, vyvolané neutrony. Touto methodou lze na příklad přesně určit místo styku vody s ropou. Neutronových metod se s úspěchem používá také při zjišťování nalezišť uhlí a rudných nerostů, na příklad boru, kobaltu, wolframu, rtuti a jiných.

### Značkové atomy

Atomy, které mají různou atomovou váhu a různou radioaktivitu, ale stejné chemické vlastnosti, se nazývají isotopy. Radioaktivní isotopy chemického prvku lze v ostatním neaktivním materiálu určit speciálními přístroji. Jiná atomová váha a radioaktivita jako by »poznamenaly« atomy těchto isotopů, dostaly proto tyto atomy název »značkové atomy«.

Pomocí značkových atomů lze rychle a přesně řešit mnoho důležitých technických problémů, a to i takových, které bez této pomoci řešit nelze vůbec. V metalurgii na příklad se metody značkových atomů používá při určování termodynamických funkcí a při zjišťování kinetiky reakcí, mechanismu ztvrdování ocele, při výzkumu znečišťování ocele nekovovými příměsinami atd. V prů-

myslu se pomocí radioaktivních izotopů zjišťuje vliv různých faktorů při výrobě železa ve vysoké peci, určuje se rychlost, s jakou se tvoří struska, rychlost rozdělení legujících prvků v tekutém kovu v martinských pecích, stanovuje se vliv vyzdívků na znečišťování oceli nekovovými přímíšeninami v elektrických pecích a podobně.

Značkování atomů se používá také k určování změny obsahu přímíšenin v oceli a v litině. Chemická analýza dřívějšími způsoby nedávala přesné výsledky při nízké koncentraci fosforu nebo síry. V četných metalurgických závodech v SSSR se radioaktivních indikátorů používá také ke kontrole opotřebení vyzdívků vysokých pecí.

V metalografii a ve fyzice kovů se používá radioaktivních izotopů při řešení důležitých úloh teorie kovů a technologie jejich výroby. V poslední době byla v SSSR postavena řada speciálních laboratoří, ve kterých se novými originálními metodami zkoumá difuze a rozdělení prvků. Byly získány důležité údaje o vlivu legujících prvků na difuzi a na autodifuzi ve slitinách, v nichž je základem železo, kobalt, nikl a jiné kovy.

Použití radioaktivních izotopů k zjišťování zákonitostí při opotřebení kovů umožnilo pozorovat současně opotřebení několika částí během pracovního procesu, aniž by bylo nutno stroj zastavovat.

Metoda kontroly opotřebení je založena na aktivování zkoumaných částí a registraci radioaktivity nánosu. Touto metodou byly kontrolovány části leteckých, automobilových a traktorových motorů a karoserií. V posledních letech byly v SSSR uvedeny do provozu laboratoře, zamontované na příklad do autobusu, které umožňují nepřetržitě zjišťovat opotřebení jednotlivých částí motoru a získané údaje automaticky zapisovat. Tato kontrola se provádí pomocí radioaktivních izotopů. Současně se zjišťuje elektrickou metodou prašnost vzduchu. Získané údaje umožnily určit hlavní příčiny opotřebování některých součástí, na příklad automobilů, traktorů ap. Pomocí radioaktivních izotopů se provádějí rozsáhlé výzkumy korozivního účinku průmyslových olejů, pomocí těchto izotopů byl objeven mechanismus působení antikorozivních přísad v motorových olejích atd.

Výzkum opotřebování různých nástrojů pomocí radioaktivních izotopů vedl k řadě opatření, jež zvýšila kvalitu nástrojů, zlepšila opracovávání konstrukčních materiálů, umožnila stanovit optimální režimné režimy.

S úspěchem se používá metody radioaktivních izotopů v naftovém průmyslu při výzkumu technického složení hornin.

Nových výsledků se dosáhlo výzkumem procesů, probíhajících v parních zařízeních. Sledování rozpustnosti solí ve vodní páře umožnilo prognosy usazování solí v kotlích, které se pak potvrdily při zkoumání zkušebního kotle.

Metoda značkování atomů se stala dnes již velmi používanou ve výzkumnické a její výsledky jsou cenným příspěvkem vědě a technice. Perspektivy dalšího rozvoje této metody jsou zatím nedozírné. Dnes nejaktuálnější směry, jimiž tento rozvoj musí jít, jsou tyto: Propracování metodiky a stavba aparatur pro určování prasklin v plynových a naftových potrubích, zjišťování režimů zemních vod, výzkum dějů, probíhajících při podzemním zplynování uhlí, boj s požáry a plyny v šachtách, intenzifikace obohacování uhlí, rud a užitečných nerostů.

Také v našem druhém pětiletém plánu zaujímá výzkum atomové energie pro mírové účely jedno z předních míst. Je na našich odbornících v tomto vědním oboru, aby ve spolupráci se sovětskými vědci a s vědci lidově demokratických zemí a s použitím všech nejnovějších poznatků v tomto oboru na celém světě splnili úkoly druhé naší pětiletky a přispěli tak — jistě významným podílem — k rozvoji tohoto nejmodernějšího oboru lidského bádání.

*Stanislav Kubík*

## Literatura

- M. S. Fomičev, *Atomnaja energija v teh-nike*, Priroda, 1956, č. 3.
- Reaktorostrojenije i teorija reaktorov. Pri-meněnije izotopov v teh-nike, biologii i sel'skom chozjajstve*, Dokl. sov. delegacij na Meždunarodnoj konferencii po mirno-mu ispolzovaniju atomnoj energii, Žene-va 1955, Izd. AN SSSR, 1955.
- Sessija AN SSSR po mırnomu ispolzovaniju atomnoj energii 1—5 ijulja 1955 g.*, Izd. AN SSSR, 1955.
- Primeněnije radioaktivnych izotopov v me-tallurgii*, Sbornik XXXIV, 1955, Inst. stalí im. I. V. Stalina, Metallurgizdat, 1955.
- Gamma - defektoskopija metallav*, Sbornik statěj. Izd. AN SSSR, 1955.
- Voprosy promyslovoj geofiziki*, Trudy Moskov. něftanogo inst. im. ak. I. M. Gubkina, č. 15, Gostoptěchizdat, 1955.
- S. V. Rumjancev, J. A. Grigorovič, *Kontrol kačestva metallav gamma-lučanij*, Metallurgizdat, 1954.
- A. N. Něsmejjanov, A. V. Lapickij, N. P. Ruděnko, *Polučenije radioaktivnych izotopov*, Goschimizdat, Moskva 1954.
- L. K. Tamočenko, S. V. Medveděv, *Promyšlennaja gamma-defektoskopija*, Metallurgizdat, 1955.
- V. Bočkarev, I. Keirim-Markus, M. Lvova, J. Pruslin, *Izmerenije aktivnosti istočnikov beta- i gamma-izlu-čenij*, Izd. AN SSSR, 1953.

## RADIOAKTIVNÍ ISOTOPY V ZUŠLECHŤOVÁNÍ UHLÍ

V posledních letech se provádějí rozsáhlé práce, jejichž cílem je zdokonalení existujících method a vypracování nových method zušlechťování uhlí a automatisace kontroly jeho základních technologických parametrů (na příklad zjišťování obsahu popela a j.). Velmi dobré výsledky dávají metody využívající ultrazvuku, světelných a roentgenových paprsků, při nichž není třeba zavádět čidla do měřeného prostředí. Ještě lepších výsledků lze dosáhnout methodami, které používají záření radioaktivních isotopů. Zprávu o tom podává V. D. Goreško v časopise *Vestnik AN SSSR* (č. 2, 1956). Na podkladě výsledků souboru prací, provedených pracovníky Akademie věd SSSR — Institutu hornin v oboru využití radioaktivních isotopů, bylo možno přistoupit k vypracování metody, používající záření gamma v řadě procesů, jako zrychlení kontroly obsahu popela, automatický výběr hlušiny, a také suché zušlechťování uhlí pokud jde o obsah popela a železa.

Methoda je založena na různé pohltivosti paprsků gamma uhlím, která je závislá na jeho hustotě a složení. Uhlí obsahuje kromě hlušiny, sestávající z organických složek, minerální látky, dávající při spalování zbytek — popel. Snížení množství popela je jedním ze základních úkolů při zušlechťování uhlí. Složení popela je velmi rozmanité. Jeho základní komponenty jsou  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$  a  $\text{MgO}$ .

Methoda radioaktivního určování obsahu popela je založena na jevu, že záření gamma se zeslabuje v závislosti na obsahu popela. Zeslabení probíhá podle exponenciálního zákona

$$I = I_0 e^{-\frac{\mu}{\rho} \rho x},$$

kde  $I_0$  a  $I$  je intenzita záření gamma před pohlcením a po pohlcení,  $\mu$  je lineární koeficient zeslabení,  $\rho$  hustota pohlcení látky,  $\frac{\mu}{\rho}$  hmotný koeficient zeslabení,  $x$  tloušťka vrstvy pohlcující látky. Je známo, že lineární koeficient zeslabení  $\mu$  je roven součtu tří veličin:

$$\mu = \tau + \sigma + \kappa,$$