

REEDICE 1. ČÍSLO Z ROKU 1955

BEZPEČNOST

jaderné energie



BEZPEČNOST

jadrovej energie

jaderné energie

Základní úlohou časopisu je přispívat k úrovni kultury jaderné bezpečnosti

Časopis „Bezpečnost jaderné energie/Bezpečnost jadrovej energie“ je zaměřen na problematiku:

- **zabezpečování jaderné bezpečnosti a radiační ochrany jaderných zařízení a zdrojů záření ve všech fázích jejich přípravy, výstavby a provozu s důrazem na ochranu životního prostředí, zdraví profesionálních pracovníků a obyvatelstva,**
- **jaderné bezpečnosti a radiační ochrany jaderného palivového cyklu, včetně výkonu dozoru nad jadernými materiály,**
- **bezpečného zpracování a ukládání radioaktivních odpadů,**
- **přirozené a umělé radioaktivity v životním prostředí,**
- **dozimetrie záření a usměrňování expozic,**
- **teoretické a experimentální výsledky výzkumu v oblasti jaderné techniky, vývoje metod, přístrojů a zařízení pro účely mírového využívání jaderné energie.**

Reedice 1. čísla z roku 1955

Energetický ústav
Partyzánská 7 a, Praha VII.
Dokumentace, tel. 755 41 - 5.

J A D E R N Á E N E R G E T I K A

Roč. I 1955, č. 1

Obsah:

- 1) Dokumentační záznamy z oboru jaderné energetiky.
- 2) První atomová elektrárna Sovětského svazu.
- 3) Calder Hall - první anglický energetický reaktor.
- 4) Základní principy a anglická terminologie z oboru atomové energie.

20.9. 1955

Vydává: Energetický ústav, Praha VII, Partyzánská 7a pro podniky
Ministerstva energetiky jako studijní pomůcku v oboru vy-
užití atomové energie pro energetické účely. Zodpovídá :
Ant. Šejc.

Dokumentární záznamy z oboru jaderné energetiky.

- 1) Kosmische Strahlen von Menschenhand.
Industriekurier, 15.1.1953
J.Cockcroft
- 2) Kernreaktionen und ihre Anwendung
Proceed.Inst.electr.Engrs.sv.100, 1953, č.123
ETZ-A 74, seš. 21 (1.11.1953)
M.Fox
- 3) Use of a Reactor for Research
Nucleonics 11, str. 46-48, č.6 (VI, 1953)
Los Alamos Scien.Lab.
- 4) An enriched homogeneous nuclear reactor
Review of Scientific Instruments, VI, 1954, str.489
W.M. Breszeale
- 5) The "Swimming Pool" - A Low Cost Research Reactor
Nucleonics 10, č.11 (XI, 1952), str. 56-60
W.H.Zinn
- 6) Basic Problems in Central-station Nuclear Power
Nucleonics 10, č.9 (Sept. 1952) str.8
J.E.Burke
- 7) Metallurgy for Nuclear Reactors
General Electric Review 56, 1953, březn, str. 6 - 9
- 8) British Experimental Pile (BEPO)
Atomics, VI, 1951, str. 176
- 9) Ceramic Materials for Reactor
Nucleonics 11, č.7, VII, 1953, str. 20 - 26
W.H. McCorkle
- 10) Heavy Water in Nuclear Reactors
Nucleonics 11, č.5, V, 1953, str. 21 - 25
Th.Trocki
- 11) Engineering Aspects of Liquid Metals for Heat Transfer
Nucleonics 10, č.1, leden 1952, str. 28 - 32
E.C.Miller
- 12) Zirconium: A Structural Metal for Nuclear Reactors
Nucleonics 11, č.7, VII, 1953, str. 27 - 31
F.R. Taraba
- 13) Nomograms for Uranium Burnup
Nucleonics 12, č.8, 1954, str. 51 - 53
J.F.White
- 14) Review of ceramic material requirements for nuclear reactors use
Amer.ceram.Soc.Bull. 32, Sept. 1953, str. 301 - 305

- A.M.Weinberg
- 15) Recent advances in reactor technology
Nucleonics 11,č.5, V, 1953, str. 18
- I.F.Flagg, M.J.Gross
- 16) Nuclear Fuel for Power Production
General Electric Review 55, III, 1952, str. 8 - 13
- R.C.W.Colmer, D.H.Littler
- 17) GLEEP: design, construction a.s.o. (Gleep = Graphite Low Energy Experimental Pile)
Nucleonics 9,č.1, I, 1951, str. 3
- S.Untermayer
- 18) Plans for the new Argonne research reactor, CP-5
Nucleonics 12, č.1, I, 1954, str.13
- S.Eklund
- 19) Atomenergieforschung in Schweden
ERA 1954, seš. 3; výtatek v ČZE 7, seš. 9, (Sept. 1954) str.359
- P.Stoll, H.Glättli, O.Seippel
- 20) "Thyratlux" im Dienste der kernphysikalischen Forschung
Brown Boveri Mitteilungen, Baden, (Okt.) 1952, str. 390
- 21) Elektronenbeschleuniger mit 100 Milliarden Elektronenvolt
Industriekurier č.161 (22.10.1952) str. 346
- R.Berthold, A.Trost
- 22) Geiger-Müller-Zählrohre und ihre Anwendung in der Technik
Z VDI 93, 1951, str. 73 - 81
- A.Kühler, P.Nenning
- 23) Ein neues Geiger-Müller -Strahlungs-Messgerät
Siemens-Zeitschrift 26, 1952, str. 351 - 357
- J.Bosch
- 24) Elektrische Messgeräte für Atomkernstrahlung
ETZ-A, seš. 14 (11.7.1954), str. 457 - 464
- E.Baldinger
- 25) Zähl- und Registriermethoden der Kernphysik
Neue Züricher Ztg., Fernausg.č. 262 (24.9.1953) Bl.3
- M.Surdin, J.Weill
- 26) Controle des réacteurs nucléaires
Electricité 47,V, 1953, str.103-108; VI, 1953, str. 120-124
- G.Leduc
- 27) Controle des installations de refroidissement du réacteur de Saclay
Onde Electrique 33,XII, 1953, str. 702- 712

- 28) Fernkontroll-Mikroskop hilft Atomwissenschaftlern
Electr. Engineering, XII, 1951
V. Raievski
- 29) Les réacteurs nucléaires
1953, XII, L onde électrique č. 321, str. 684-691
W. H. Nutting, R. A. Bowman
- 30) Atomic Power Plants Are Nearer Reality
1953, I, Electrical West, str. 67-72
A. W. Kramer
- 31) Highlights of Atomic Power Development in 1954
1955, I, Power Engineering, str. 58 - 61
L. Wilkinson
- 32) Application of Radio-Active Isotopes to Steel Foundry Radiography
1954, III, The Engineer, č. 12, str. 383 - 387
- 33) Versuchsreaktor in der Schweiz
1954, IV, BWK, č. 4, sv. 6, str. 155
Ward R. E.
- 34) An Introduction to Basic Nuclear Physics, Radiation-Measuring Instruments
1952, VI, The Electronics Forum, č. 26, str. 29 - 42
W. Hanle
- 35) Die physikalischen Grundlagen der Kernumwandlungen
OEZE 7 (1954) seš. 9, str. 313 - 317
O. Hahn
- 36) Die Kettenreaktion des Urans und ihre Bedeutung
VDI, 90 (1948) str. 8/18
J. Weisse
- 37) Die physikalischen Gesetzmässigkeiten in Atom-Dimensionen
VDI - Nachrichten 1953, č. 4
- 38) Amerikanische Atomschau auf der Deutschen Industrie-Ausstellung
1955, I, Elektrizitätswirtschaft č. 1, str. 15-17
1954
- 39) Kostenprobleme der Atomenergie
1955, I, Elektrizitätswirtschaft č. 1, str. 20 - 21
B. D. Pate
- 40) An Apparatus for the pile Irradiation of Liquids
1951, AERE Report, č. C/R 643, str. 8

J.H.Bowen

- 41) Automatic Control Characteristics of Thermal Neutron Reactors
1953, 7, Proceedings of the IEE, Part I, 100 & 123,
str. 102-109, diskuse str. 116

E.H.Hubert

- 42) Einige Wirtschaftliche Betrachtungen über die Anwendung
der Atomenergie
1953, 17. X. Bulletin SEV 44, & 21, str. 922

Murray

- 43) Aus der Entwicklung der Atomenergie
1954, Arch. Energiewirtschaft & 18, str. 768

AEC removes wraps on Arco reactor
1954, X, Electr. West. 11, & 4, str. 74-75

- 45) Britain heads atomic power station race and what the U.S.
is doing about it
1954, VIII, Mod. Pwr. Engng. 48, & 8, str. 66-67

- 46) Die Atomenergie als Grundlage der Energieversorgung der Zukunft
1954, IX, Oesterr. Z. Elektr. Wirtsch. 7, & 9, str. 313-355

- 47) Babcock & Wilcox put two reactors on sale
1954, VIII, Mod. Pwr. Engng. 48, & 8, str. 69 - 100

G.Hoser

- 48) Are you ready for the nuclear plant
1954, VIII, IX, Mod. Pwr. Engng. 48, & 8, 9, str. 63-64, 106-107

Y.Marceau

- 49) L'énergie atomique sur le plan industriel
1954, VIII, Equip. méc. 35, & 298, str. 21 - 25

H.D.Smyth

- 50) Die Entwicklung der Atomenergie für friedliche Zwecke
1954, X, Arch. Energiewirtsch. & 19, str. 829 - 841

Huntley - Lorraine

- 51) The economy of atomic power plants
1954, I, Electr. Light Pwr. 32, & 1, str. 92-99

- 52) AEC and Duquesne light company to negotiate on atomic power plant
1954, IV, Electr. Light & Pwr 32, & 5, str. 150 - 151

První atomová elektrárna Sovětského svazu

D.I.Blochincev a N.A.Nikolajev.

Referát na Mezinárodní konferenci o mírovém využití atomové energie v Ženevě ve dnech 8.- 20.8. 1955. (Část I.)

Ú v o d

Stavba první průmyslové atomové elektrárny v SSSR o výkonu 5000 kW byla dokončena v roce 1954 a 27.června 1954 již tato elektrárna vyráběla elektřinu z energie vznikající při štěpení uranových jader.

První atomová elektrárna byla postavena úsilím velkého počtu fyziků, konstruktérů, tepelných inženýrů, technologů a mnoha jiných specialistů a uskutečnila se jako výsledek rozsáhlé spolupráce vědy a průmyslu.

Před úplným dokončením výstavby elektrárny musely být překonány četné obtíže; většina z nich nemohla být z počátku předvídána a objevila se teprve v průběhu práce. Tyto obtíže by nebylo bývalo možno zvládnout, bez náležitých přípravných prací, provedených našimi vědci, konstruktéry a techniky. Od doby, kdy byly započaty práce na projektu elektrárny, bylo nashromážděno obrovské množství zkušeností z projektování a výpočtů atomových reaktorů.

Řada prací, které měly velký význam pro vybudování atomové elektrárny, byla přednesena na červnovém zasedání Akademie věd SSSR (1), jiné budou projednány na této konferenci (2).

Mezi tímto velkým počtem rozličných prací mají zvláštní význam ty, které byly provedeny na pokusném reaktoru Akademie věd SSSR (3). Tento reaktor byl zkonstruován výslovně pro studium fyzikálních a tepelně technických problémů, souvisejících s energetickými reaktory.

Hlavním úkolem stavby první atomové elektrárny v SSSR bylo vyřešit vědecké a technické problémy stavby průmyslové atomové elektrárny, která by byla provozně spolehlivá.

Odhad nákladů na atomovou elektrárnu z projektových údajů předtím než byly nahromaděny poznatky ze skutečné výstavby takového zařízení, mohl by patrně vést k velkým omylům, neboť každý nový typ elektrárny si vyžádá značné náklady na pokusné práce a na zorganizování výroby nových druhů materiálu. Tyto náklady pochopitelně nemohou být rozhodující, až vývoj jaderné energetiky dosáhne vysoké úrovně; na druhé straně mohou být velmi značné v počátcích vývojových prací.

První atomová elektrárna v SSSR měla nashromáždit technické a ekonomické zkušenosti ze stavby atomových elektráren a být základnou pro školení obsluhy.

Nyní se tato elektrárna stala reálnou základnou pro rozvoj jaderné energetiky v SSSR a její provozní zkušenosti mohou pomoci též jiným zemím, které se zajímají o rozsáhlé využití atomové energie pro mírové účely.

1. Technologická schéma atomové elektrárny.

Srdcem pracující atomové elektrárny je pomalý reaktor s uranem a grafitem, chlazený tlakovou vodou o jmenovitém tepelném výkonu 30 000 kW. Tepelný neutronový tok činí 5×10^{13} neutronů / $\text{cm}^2 \cdot \text{sec}$.

Jaderným palivem je zde obohacený uran, obsahující 5% U^{235} , v celkovém množství 550 kg. Systém pro odvádění tepla má 2 okruhy: voda z primárního okruhu, obíhající reaktorem, je pod tlakem 100 at a předává své teplo ve výměnících tepla vodě sekundárního okruhu, která přeměněna v páru, pohání turbogenerátor o 5000 kW.

Použití systému s dvěma okruhy vylučuje možnost radioaktivní kontaminace turbíny a jejich přívodů. Tím se turbína a celé její příslušenství liší od stejného zařízení obvyklých odběrových kondenzačních elektráren; pro toto zařízení není zapotřebí biologické ochrany (proti radioaktivnímu záření).

2. Fyzikální zvláštnosti reaktoru atomové elektrárny.

Voda je jedním z nejlepších chladiv a její vlastností jako chladiva jsou dobře známy. Volba vody jako chladiva pro atomovou elektrárnu zjednodušila velký počet technických problémů. Přítomnost vody v reaktoru však zároveň vyžaduje věnovat zvláštní pozornost některým specifickým reakcím.

Důvodem pro to je ta okolnost, že obyčejná voda je nejlepším moderátorem a docela silně pohlcuje neutrony. Moderální vzdálenost ve vodě činí 5,7 cm a difusní vzdálenost 2,8 cm; obdobné veličiny pro grafit jsou 19 cm a 50 cm. Z tohoto důvodu je řetězová reakce štěpení uranu velmi citlivá na obsah vody v reaktoru. Avšak obsah vody v reaktoru se nezbytně mění s teplotou v důsledku změny její hustoty, což je zvláště výrazné při vysokých teplotách.

Změna obsahu vody může být způsobena též náhodnou netěsností palivových kanálů. V tomto případě může voda vniknout do grafitového zdiva reaktoru. Účinek změny množství vody v reaktoru bude záviset do značné míry na množství uranu a grafitu a na normálním

obsahu vody. Je-li množství grafitu dostatečně velké, aby samo stačilo zpomalit neutrony, bude dodatečná voda působit jako pohlcovač neutronů a bude tím snižovat reaktivitu reaktorů.

Je-li poměr grafitu a uranu menší, zlepší dodatečná voda moderační schopnost reaktoru, čímž vzroste jeho reaktivita.

Existuje jistý poměr mezi množstvím uranu, grafitu a vody, při němž je reaktor nejméně citlivý na změny obsahu vody. Volba tohoto poměru by však způsobila značné zvýšení potřebného množství konstrukční oceli pro vnitřek reaktorů. Z tohoto důvodu je množství vody, použité v reaktoru atomové elektrárny, menší než to, které by odpovídalo minimální citlivosti.

Rychlému naplnění reaktoru vodou v případě netěsnosti kanálu se předchází speciálními opatřeními (vypuštěním vody, automatickým odpojením netěsného kanálu). Je třeba též poznamenat, že vzrůst reaktivity v reaktoru, způsobený chlazením vody, částečně vyvažuje ztrátu reaktivity, způsobenou nahromaděním xenonu (tak zvaná jodová jáma) v reaktoru po jeho vypnutí.

Při ochlazování tepelný efekt zčásti vyrovnává "jodovou jámu" a umožňuje využít menší rezervy počáteční reaktivity.

Řetězová reakce v reaktoru atomové elektrárny je charakterisována poměrně vysokým specifickým odváděním tepla z uranu. Tepelný tok s povrchu uranu činí asi $1,5 \times 10^6$ kcal/m² hod.

Velký specifický odvod tepla a velký tepelný tok, stejně jako značná intensita neutronového pole vedly k přísným požadavkům na trvanlivost uranových palivových elementů. Výroba spolehlivých palivových elementů byla proto jedním z nejvážnějších úkolů celého projektu atomové elektrárny.

Vyhoření uranu 235 v tomto reaktoru činí 15 %. Vzhledem k malému rezonančnímu pohlcování je produkce plutonia z uranu 238 nízká a činí jen 0,32. Rozmnožování rychlými neutrony zde prakticky nenastává.

V reaktoru popisované atomové elektrárny dochází tedy téměř výhradně ke spalování uranu 235, jehož stupeň obhacování v palivu klesne při provozu reaktoru z 5 na 4,2 %.

3. Volba materiálů pro reaktor elektrárny.

Vhodný výběr materiálu je základní podmínkou pro spolehlivost atomové elektrárny. V této souvislosti bylo třeba doplnit mechanickou pevnost, korozivnost, tepelnou roztaživost, únavu a jiné činitele, dobře známé konstruktérům, znalostmi působení silného neutronového záření na vlastnosti použitých materiálů.

Problém stavby reaktoru pro atomovou elektrárnu mohl být úspěšně řešen jen na základě rozsáhlých předběžných prací, při nichž bylo péčí různých ústavů v SSSR studováno chování materiálů v neutronovém poli.

Nejdůležitější látky, z nichž je reaktor atomové elektrárny postaven, jsou grafit, použitý jako moderátor a uran, obohacený uranem U^{235} , který je jeho aktivní složkou. Bylo proto třeba zjistit chování těchto materiálů v neutronovém poli.

Pokud jde o grafit, bylo zjištěno, že se rozpíná vlivem ozáření neutrony, které způsobuje porušení krystalové mřížky, přičemž relativní změna jeho rozměrů závisí na celkové dávce ozáření rychlými neutrony. Vysoká teplota grafitu působí proti tomuto zjevu. Je důležité poznamenat, že zvětšení rozměrů grafitu je značně anisotropické vlivem zvláštností jeho krystalové struktury a textury.

Aby se proto zachovala stabilita grafitového zdiva a aby se umožnilo vyjmout kanál z reaktoru kdykoli je třeba, musily být vytvořeny vůle, které na jedné straně musí být malé, aby byla zajištěna dobrá tepelná vodivost zdiva jako celku, a na druhé straně musí vyrovnávat nejen tepelné roztahování grafitu, ale též jeho eventuální nabobtnání (puchnutí) vlivem neutronů.

Druhý důležitý jev, zjištěný u grafitu, byl pokles jeho tepelné vodivosti. Tento pokles závisí též na celkové dávce záření a na teplotě a je též anisotropický. Kde je grafit vystaven působení rychlých neutronů, t. j. v bezprostřední blízkosti uranových tyčí, může jeho tepelná vodivost klesnout na hodnoty někdy nižší, než činí obvykle (4).

Tyto okolnosti je třeba mít na zřeteli při výpočtu přestupu tepla v reaktoru.

Uran je jako strukturální prvek v mnoha směrech ještě větším zdrojem nesnází než grafit. Jsou známy tři modifikace uranu: kosohvězdná, čtverečná a krychlová, s rekrytalizačními body 660°C , resp. 800°C . Zvláštní studijní práce (5) ukázaly, že opětovné ohřívání z 20°C na 500°C , následované ochlazováním, způsobuje podstatné změny rozměrů uranových tyčí.

Tento zjev zřejmě souvisí s anisotropickým vzrůstáním uranových zrn při rekrytalizaci. Analýza paprsky X ukázala, že to je doprovázeno uvolněním vnitřních pnutí.

Neutronové záření a produkty štěpných reakcí způsobují podobné změny rozměrů uranových tyčí.

Speciálními pokusy bylo prokázáno, že se ozařováním zvyšuje tvárnost uranu téměř o dva řády. Vlivem záření dostává povrch uranu kulovitou strukturu. Tyto vlastnosti uranu činí zpracování

palivových elementů vážným problémem, který byl úspěšně vyřešen několika způsoby na základě různých výzkumných prací.

Bylo velmi naléhavě třeba najít pevný a nekorodující materiál pro trubky, jimiž měla obíhat chladicí voda o vysokém tlaku; navíc mýsl být tento materiál stabilní při bombardování neutrony. Tyto požadavky byly uspokojivě splněny nerezavějící ocelí.

Studium chování této oceli v neutronovém poli ukázalo, že se austenit v ní nerozkládá a že se netvoří ferritové složky.

Mechanické vlastnosti oceli se za těchto podmínek zlepšují (pevnost a tvrdost vzrůstá).

Prodloužení znatelně klesá, ale nepřekračuje dovolené meze (6).

Tyto zvláštnosti oceli (umožňují ji volit jako spolehlivý) materiál pro vysokotlaké vodní trubky.

Protože ocel silně pohlcuje neutrony, musily být všechny trubky uvnitř reaktoru tenkostěnné, což zároveň vedlo k menším tepelným pnutím.

Nejdůležitějšími součástmi reaktoru jsou jeho palivové elementy. Přestup tepla z uranu do vody stěnami ocelové trubky byl studován na speciálních zařízeních, kde bylo uvolňování tepla napodobováno s pomocí elektřiny. Týchž zařízení bylo použito později k prohlídce topných elementů, vyrobených průmyslově.

Nejdůležitější zkoušky palivových elementů byly však provedeny ve vodních smyčkách v reaktoru Akademie věd SSSR. Tyto zkoušky umožnily nejen kontrolovat uvolňování tepla, nýbrž i zjišťovat stálost palivových elementů v poměrech silného neutronového pole a tedy při štěpném pochodu probíhajícím v uranu za teploty, jaká bude v navrženém reaktoru atomové elektrárny.

Stupeň obohacení byl v pokusných vzorcích záměrně zvýšen, aby se napodobily podmínky, které budou v reaktoru atomové elektrárny. Pokusy probíhaly po dobu tisíců hodin a palivové elementy byly potom zkoumány (7) v "horké" laboratoři Akademie věd SSSR. Tyto zkoušky umožnily výběr nejstálějších a nejstabilnějších typů palivových elementů.

Palivové elementy jsou vytvořeny v kruhovém prostoru mezi vnitřní ocelovou trubicí s cirkulující vodou primárního okruhu a tenkostěnnou vnější trubicí, která zadržuje produkty štěpných reakcí před pronikáním do plynu, naplňujícího reaktor.

Kruhový prostor obsahuje obohacený uran v podobě speciální slitiny, která zaručuje dobrý tepelný styk a stabilitu v neutronovém poli.

4. Reaktor atomové elektrárny.

Hlavní vlastností konstrukce reaktoru byly určeny vlastnostmi zvolených materiálů.

Reaktor je uzavřen v neprodyšném ocelovém plášti, namontovaném na betonovém základu. Plášť je naplněn grafitovým zdivem, mezi kterým jsou přirozené spáry. Aby grafit nehořel, je prostor uvnitř pláště naplněn heliem (nebo dusíkem).

Všech 128 palivových kanálů prochází střední částí grafitového zdiva. Každý palivový kanál je dlouhý grafitový válec, obsahující tenkostěnné ocelové trubky, jimiž protéká voda primárního okruhu. Voda prochází horní hlavou kanálu, spojenou vstupními a výstupními sběrnými komorami, potom stéká do trubek a vrací se nazpět, omývající povrch uranových palivových elementů.

Uranové palivové elementy tvoří válcovou aktivní zonu reaktoru o průměru 150 cm a výšce 170 cm, uzavřenou v grafitovém reflektoru.

Pohyb a teplota vody v každém kanálu jsou zaznamenávány. Ukazující přístroje jsou umístěny na střední přístrojové desce a jsou spojeny s pojistnými tyčemi, které zastaví řetězovou reakci, jestliže rychlost toku vody překročí předepsané hranice, nebo jestliže teplota stoupne nad stanovenou výši.

Při tlaku 100 at se voda vaří při 309°C . Kdyby teplota vody v kanálu dosáhla této výše, její vření by způsobilo podstatné snížení odvodu tepla a tím i přehřátí a možné porušení palivového elementu.

Je proto velmi důležité regulovat výstupní teplotu vody, protože odráží podmínky v kanálu. V praxi se to děje s pomocí stále účinkujícího světelného signálu, který udává, v kterých kanálech stoupla teplota nad předepsanou mez. Mimo to je zde zvláštní deska se zdírkami pro měření absolutní výšky teploty vody v kterémkoli žádaném kanálu.

Měření teploty je doplněno měřením rychlosti průtoku vody. To se děje průtokoměry namontovanými na zvláštní desce. Výstražné světelné signály od průtokoměrů se přenášejí, když se překročí stanovená mez, na ústřední desku. Pokles rychlosti průtoku vody kanálem způsobuje stoupnutí výstupní teploty. Zrychlení průtoku vody kanálu znamená, že praskly trubky v kanálu nebo jejich spoje.

Všechny tyto odchylky jsou nebezpečné a vedou k zastavení reaktoru (ukončení řetězové reakce) spuštěním pojistných tyčí.

Aby se zamezilo rychlé naplnění reaktoru vodou při prasknutí trubek kanálu, což by vedlo k rychlému vzrůstu reaktivity, je každý kanál opatřen uzavěrkou a zpětnou klapkou pro přerušování toku vody ze sběrných komor. Je ponechán malý průtok vody, aby

odváděl zbytkové teplo, vznikající radioaktivním rozpadem štěpných produktů.

Radioaktivita vody a plynu v reaktoru je trvale měřena, takže každé porušení palivových elementů by se projevilo vzrůstem aktivity. Odběrem plynu blízko kanálu je možno podle obsahu vlhkosti určit porušený kanál, není-li netěsnost dosti velká, aby ji mohl zaznamenat měřič průtoku.

Na ústředním panelu jsou umístěny vedle měřiče průtoku jednotlivých kanálů i přístroje ukazující celkový průtok vody reaktorem, její tlak a teplotu na vstupních a výstupních sběrných komorách.

Aby se vyrovnala přílišná aktivita reaktoru, je v něm umístěno 18 tyčí z karbidu boru, z toho 6 tyčí u středu a 12 tyčí na okraji aktivní zony. Tyto tyče se mohou pohybovat ve speciálních kanálech, chlazených vodou, které mají samostatný chladicí systém.

Také grafitový reflektor má zvláštní chladicí systém.

Tyto tyče se posouvají svisle s pomocí drátěných lan servomotorů a jejich poloha se zaznamenává na ústředním panelu na zvláštní desce. Byla učiněna zvláštní opatření, která brání obsluze, aby náhodně zvedla tyto tyče příliš rychle. Těmito tyčemi je možno regulovat výstupní teplotu vody v palivových kanálech.

Celková délka ponoření všech kompenzačních tyčí udává v provozním režimu reaktoru celkový nadbytek jeho reaktivity a tedy i celkové nadkritické množství jaderného paliva.

Množství paliva se tedy může udávat v délkových centimetrech. Speciální stupnice udává hodnotu každého centimetru tyče se zřetelem na její vliv na reaktivitu reaktoru.

Vedle kompenzačních tyčí jsou v reflektoru umístěny 4 tyče automatické regulace. Jejich poloha se mění samočinně servomotory, které jsou řízeny ionizačními komorami.

Jestliže řetězová reakce vzrůstá, tyče automatické regulace se zasouvají a jestliže klesá, tyče se zvedají. Jeden pár tyčí pracuje současně, zatím co druhý pár je v záloze.

Tyto regulátory udržují řetězovou reakci na předepsané úrovni s přesností 3 %.

Konečně jsou zde dvě pojistné tyče se servomotory, umístěnými přímo nad horním stínícím krytem reaktoru, k zajištění rychlé činnosti. Je-li toto naléhavě zapotřebí, spustí se tyto tyče volným pádem do reaktivní zony a tím zastaví řetězovou reakci. Celkem se vyskytuje 12 různých poruchových signálů. Nejdůležitější z nich jsou tyto: signál označující překročení předepsaného

výkonu o 20 %, signál upozorňující na příliš rychlý růst řetězové reakce, signál označující přerušení elektrického proudu pro hlavní oběhová čerpadla a signál označující změny průtoku a teploty vody v palivových kanálech.

Reaktor má řadu zařízení pro fyzikální výzkumy a pro zkoušení materiálu.

V reaktoru je šest zakřivených kanálů, vedených na hranici aktivní zony a k reflektoru, ve kterých se zkoumá chování vzorků různých materiálů v podmínkách intenzivního neutronového toku

$$(2 \text{ až } 8 \cdot 10^{13} \text{ neutronů cm}^{-2} \text{sec}^{-1})$$

a vysoké teploty. Dále jsou tam tři přímé vodorovné kanály. Jeden z nich, který vede do středu reaktoru, umožňuje zkoumat radiální rozložení hustoty neutronů. Intenzita svazků u výstupu z přímých kanálů dosahuje 10^7 až 10^9 neutronů $\text{cm}^{-2} \text{sec}^{-1}$. Tyto kanály jsou určeny pro nukleární fyzikální výzkum. Konečně je zde tepelná grafitová kolona přiléhající k reflektoru reaktoru. Hustota toku tepelných neutronů v této koloně je přibližně 10^9 neutronů $\text{cm}^{-2} \text{sec}^{-1}$. Kolona má dálkově ovládané nástavce, takže přístroje a zkoumané materiály se mohou vyměňovat bez přerušení provozu reaktoru.

Biologická ochrana je zajištěna postranním vodním stíněním o tloušťce 100 cm a betonovou stěnou 300 cm silnou. V horní části reaktoru je biologická ochrana zajištěna zesílením grafitového reflektoru, horním ocelovým krytem přístroje a litinovou deskou. Stínění zeslabuje rychlé neutrony, které unikly z reflektoru, záření gamma z radioaktivních odětčků i zejména z absorpce tepelných neutronů v železe konstrukčních částí. Poněvadž stínění je vypočítáno jen přibližně, byla věnována při navrhování reaktoru zvláštní pozornost tomu, aby se zamezilo vytvoření kanálů pro neutrony nebo paprsky gamma v kterémkoli směru. Jeden takový směr by mohl být směr, ve kterém dopadají neutrony a paprsky gamma v malém úhlu na plášť reaktoru.

Nepružný rozptyl rychlých neutronů ve velkém úhlu v ocelovém plášti reaktoru způsoboval téměř svislý neutronový tok. Proto bylo umístěno do cesty tohoto toku dodatečné betonové stínění.

Calder Hall - první anglický energetický
reaktor.

Jednou z nejzajímavějších věcí nové elektrárny v Calder Hall (Cumberland) je to, že ačkoli to bude první elektrárna tohoto druhu, postavená pro využití nukleární energie, bude, pokud je to možné, mít běžné elektrárenské prvky. Nukleární energie je nový zdroj energie, ale sama se projevuje ve velmi známé formě, totiž ve formě tepla. Kdyby se jí použilo přímo jako elektřiny, byla by konstrukce velmi rozdílná. Pro všechny praktické účely proto můžeme s jistotou předpokládat, že nukleární štěpení může být považováno jedině za zdroj tepla.

Je možno uvažovat o tom, že se tohoto tepla použije přímo pro činnost plynové turbíny, avšak k tomu není ještě zralá doba, jak bylo dostatečně vysvětleno ve zprávě Christopher Hinton, svého času uveřejněné v časopisu *Atomics* (duben, květen a červen), kde autor referuje o metalurgických problémech, které omezuji horní provozní teploty asi na 400°C nebo 752°F, což znamená užitečnou teplotu 550°F. To je příliš nízká teplota pro činnost plynové turbíny, má-li mít nějaký užitečný výkon, avšak může být využita s dostatečnou účinností v parní turbíně.

Ačkoli bude Calder Hall pravděpořádně první otanová elektrárna obchodního významu v Anglii, nemůže být považována za pokrokovou konstrukci. Christopher Hinton sám uvádí, že "po my dnes děláme, bude vypadat neohrabaně a drahé za 100 let, jako nám připadá první parní stroj Wattův, avšak můžeme přesto otevřít dveře ke stejně důležitým pokrokům v energetické technice". Na tepelný reaktor, chlazený plynem, se nesmíme dívat očima některých pokrokových myslitelů ve Spojených Státech. Tradiční britská přednost pro evoluci zaručuje opatrnější postup použitím běžných principů, pokud je to možné. Calder Hall je ve skutečnosti parní elektrárna na kychtové plyny. Přesto, že to zní velmi jednoduše, skýtá současné provádění mnoho technických problémů.

Všeobecný návrh elektrárny Calder Hall je již většinou technikům známý podle fotografií modelu elektrárny, která byla znázorněna před několika měsíci Výborem pro atomovou energii.

Provedení.

V Calder Hallu je ústřední prostor pro turbíny, obsahující obyčejné zařízení s turbo-alternátory, připojen na každou stranu zařízení pro vyvíjení páry. Každé ze dvou parních zařízení, odpovídající kotelnám obyčejných palivových elektráren, se skládá z nukleárního reaktoru, spojeného se čtyřmi parními věžemi, umístěnými venku. Do každé z těchto věží vstupuje horký chladicí plyn (CO_2 pod tlakem) z reaktoru nahoře, odevzdává své teplo kotlovým

trubkám a vrací se pomocí mohutných dmychadel do reaktoru. Věže jsou asi 80 stop vysoké. Podle teplot, navržených ve zprávě Christophera Hintona lze jasně vidět, že dvojtlaký parní cyklus je jediná volba pro maximální využití tepla. Podle toho jsou dvě oddělené části pro výrobu páry, pracující při různých tlacích, takže každá věž obsahuje ve skutečnosti 2 oddělené sady zařízení pro výrobu páry, při čemž je zde zvláštní vysokotlaký a nízkotlaký ekonomisér, výparník a přehřívák, každý se svým vlastním bubnem a napájecím čerpadlem. Zařízení turbíny bude zkonstruováno s nízkotlakou částí, která přijme čistou páru, jakož i páru, která již expandovala.

Konstrukce.

Parní zařízení bylo zkonstruováno jako výsledek úzké spolupráce mezi Výborem pro atomovou energii a firmou Babcock and Wilcox Ltd., které byla svěřena výroba a která má dlouhou zkušenost ve výrobě velkých tlakových nádob, hrajících důležitou úlohu při vytvoření konstrukce projektu této velikosti.

Konstrukce věží představuje mnoho neobyčejných problémů. Protože chladicí plyn je čistý, je možno využít rozšířené topní plochy bez obav, že nastane závada.

Další požadavek na konstrukci byl, aby celý parní systém byl konstruován tak, aby snesl tlaky bez jakékoli možnosti propouštění v kterémkoli směru. Celkový tlak na vnější nádobu je samozřejmě značný. Mimoto nejmenší propouštění vody nebo páry z trubek do chladicího plynu by mělo snahu znečistit vnitřek reaktoru, přestože je k dispozici filtrový systém, který je instalován jak na vstupní, tak na výstupní straně. (Musí být samozřejmě uvažováno, že slovo propustnost se používá se stanoviska chemiků nebo fyziků, pro které propustnost, měřená v krychlových centimetrech za rok je značná). Je-li tomu tak, je nutno konstruovat celý systém beze spojů uvnitř tlakových nádob mimo těch, které byly již vyrobeny v dílně a důkladně vyzkoušeny.

Architektonický vzhled elektrárny je možno si představit z modelů a výkresů. Největší rozdíl mezi Calder Hall a obyčejnou uhelnou elektrárnou je samozřejmě nepřítomnost velkých, vysokých komínů, protože zde není kouř ze spalování, který by unikl v tak velkém množství. Každé parní zařízení má dva poměrně malé komíny, které vypouštějí chladicí vzduch, který prochází reaktorem pro řízení teploty, když se všechno teplo nepřevede k parním věžím. Další filtry jsou umístěny na těchto věžích, aby se zajistilo, aby žádná částice prachu, nebyla vypuštěna v radioaktivním stavu.

Další rozdíl vnější je nepřítomnost rozsáhlého dopravního zařízení pro manipulaci s uhlím, uskladňovací plochy pro uhlí nebo zařízení pro odstranění popílku, které jsou velmi častými zjevy

uhelné elektrárny přes snahy, učiněné jak architekty, tak inženýry, udržet je pokud možno nepatrnými. Nukleární elektrárny nemohou nikdy působit znečištění atmosféry, pro které jsou uhelné elektrárny tak často nespravedlivě odsuzovány.

Hospodárnost

Hospodárnost atomové elektrárny není v žádném případě jednoduchá věc. Christopher Hinton vypočítal, že náklady na výrobu budou řádu 1 d na jednotku, což, jak udává, je asi o 50 % vyšší než je průměrná cena výroby v uhelných elektrárnách. Zde bychom připojili, že poslední hodnoty B.E.A. udávají průměrnou cenu 0,5446 d (z čehož 0,4387 d je současná cena paliva včetně dopravy), takže cena 1 d za jednotku je více než o 85 % zvýšena, nikoli o 50 %. Jeho vypočtené snížení na 0,8 d by ještě bylo o 47 % nad hodnotou B.E.A. Některé hodnoty, udávané dnes ve Spojených Státech, porovnávají obyčejnou elektrárnu se dvěma atomovými elektrárnami. Zařízení A má ceny nukleárního paliva, podle předpokladu, jako polovinu ceny uhlí a zařízení B má nulové náklady na palivo. Zařízení B se vztahuje na množivý typ reaktoru, kde vedlejší produkt má značnou cenu. Provozní náklady včetně údržby a všeobecných nákladů byly vzaty o 40 % vyšší než náklady uhelné elektrárny. Hodnoty byly převedeny z měny USA při kursu 1 libra = 2,80 dolarů.

Náklady na jednotku pro různé zatěžovací součinitele

zatěžovací součinitel	uhelná elektrárna	nukleární elektrárna	
		A	B
0,6	0,889	0,924	1,059
0,75	0,772	0,772	0,772
0,9	0,69	0,667	0,643

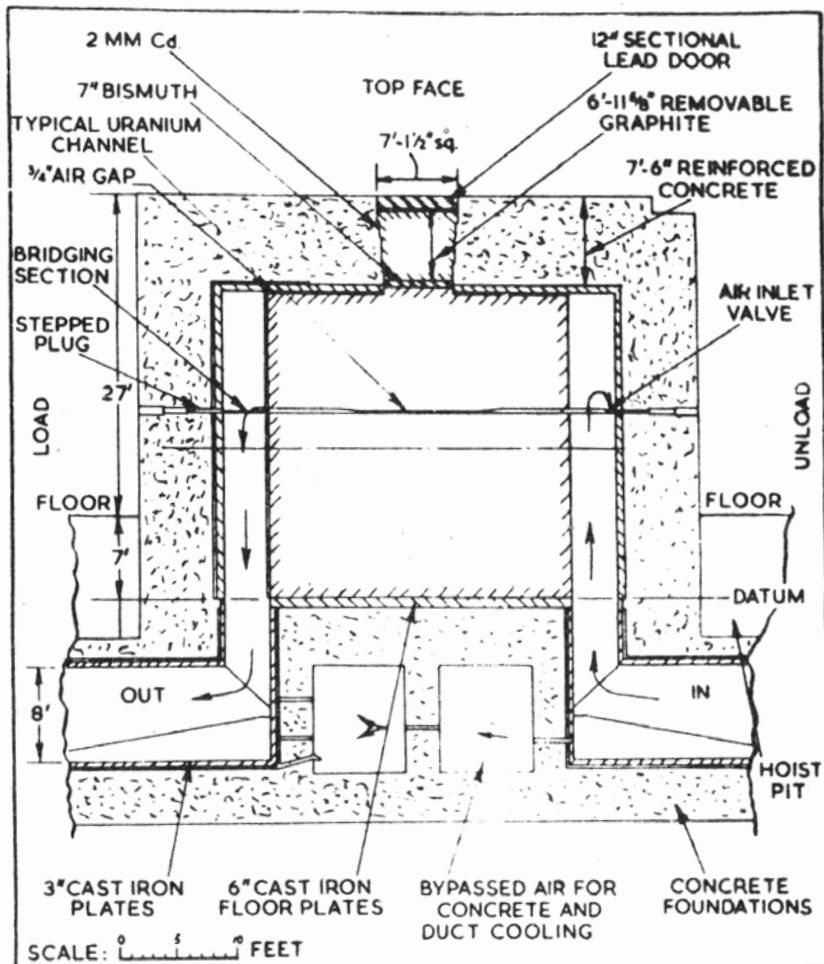
Eventuelní instalovaný kapitál za kW by byl asi 53 liber 10 šilinků u uhelné elektrárny, 75 liber 10 šilinků u elektrárny A a 104 liber u elektrárny B.

Z těchto hodnot je možno učinit několik závěrů. Předně, že atomová elektrárna musí být konstruována pro základní zatížení protože, i když se počítá, že cena paliva bude nulová, může být atomové palivo dražší než uhlí, jestliže elektrárna není zatížena na své maximum. Musí však být pamatováno, že hospodárnost atomové elektrárny je založena na mnoha předpokladech; ve skutečnosti musí být hodnoty uváženy, aby ukázaly buď příznivé nebo nepříznivé vyhlídky pro atomovou energii podle těchto předpokladů. Má být též pamatováno, že dnešní náklady, zatím co mají prvořadou důležitost, neposkytují nutně celkový obraz. Při hospodaření, založeném na ubývajících minerálních zdrojích, mohla být dnešní cena kWh pouze ukazatelem potřeby využití atomové energie.

Poznámka: Obrázek elektrárny Calder Hall byl omylem uveden v č.6. Dokumentačních zpráv v článku "Bepo - větší pokusný reaktor v Harwellu." Zde je uveden obrázek reaktoru Bepo. Prosíme čtenáře za prominutí.

Vysvětlivky k obrázku 1.

2 mm Cd	=	kadmium 2 mm
7" bismuth	=	vismut 7"
Typical uranium channel	=	typický kanál pro uran
3/4" air gap	=	vzduchová mezera 3/4 "
bridging section	=	můstková část
stepped plug	=	osazená zátka
load	=	zavážení
floor	=	podlaha
out	=	výstup
3" cast iron plates	=	litinové desky 3 "
scale, feet	=	měřítka ve stopách
6" cast iron floor plates	=	litinové podlahové desky
bypassed air for concrete and duct cooling	=	vzduch pro chlazení betonu a vedení
concrete foundations	=	betonové základy
hoist pit	=	opora pro jeřáb
in	=	vstup
unload	=	vykládání
air inlet valve	=	vstupní ventil vzduchu
7'6" reinforced concrete	=	železobeton 7'6"
6'- 11 5/8" removable graphite	=	odklápěcí grafit 6'- 11 5/8"
12" sectional lead door	=	dílčí olověné dveře
top face	=	horní strana



Obr. 1

Základní principy a anglická terminologie z oboru
atomové energie.

Tento článek obsahuje slovníček termínů z oboru atomové energie, připravených speciálně pro pomoc běžnému techniku, aby porozuměl článkům, pojednávajícím o použití štěpných procesů pro výrobu energie v anglických a amerických časopisech.

Je nutno zdůraznit, že tento slovník není ani vyčerpávající, ani normalisovaný ve smyslu vyložení definic, které souhlasí podle představitelů v tomto oboru. Definice jsou psány s úmyslem objasnit technikům, kteří nejsou seznámeni s atomovou energií a nukleární fyzikou, význam slov, se kterými se nejčastěji setkávají při studiu anglické a americké literatury o tomto předmětu a různé způsoby jak lze těchto termínů použít.

Slovníček

Alpha particle (částice alfa) - kladně nabitá částice (náboj dvě jednotky, hmota čtyři jednotky) vyzařuje při radioaktivním rozpadu některých těžkých prvků. Totožná s jádrem helia.

Atom (atom) - nejmenší částice prvku, která se účastní v chemické reakci. Atom se skládá z masivního kladně nabitého středního jádra, okolo kterého se pohybují v kruhových drahách elektrony v poměrně velkých vzdálenostech; atomový průměr (určený elektronovými drahami) je asi 10^{-12} cm, v porovnání s hodnotou 10^{-8} cm pro průměr jádra. Podle současné teorie je jádro tvořeno protony a neutrony. Počet protonů se nazývá atomovým číslem Z a určuje náboj na jádru, odkud počet obíhajících elektronů v neionisovaném atomu a proto jeho chemické vlastnosti; určuje proto prvek. Součet počtu protonů a neutronů se nazývá hmotovým číslem A, protože určuje hmotu jádra. Atomy stejného prvku, to je atomy, které mají stejné Z, mohou existovat s různými počty neutronů, to je s různými A; takové varianty se nazývají isotopy. Jádro může být buď stabilní, nebo radioaktivní. Termín nuklid se někdy používá pro druh atomu, charakterisovaný složkami jeho jádra, to je jeho Z a A. Druhový termín pro složkové částice jádra je nukleon.

Atomic number (atomové číslo) - viz atom

Barn (barn) - jednotka, ve které se měří nukleární průřezy:
 10^{-24} cm².

- Beam hole (otvor pro svazek paprsků) - otvor stínícím krytem a obvykle reflektorem reaktoru, kterým paprsek záření, zvláště neutronů, uniká pro výzkumné účely
- Barrier (přehraza) - viz membrána
- Bepo (reaktor Bepo) - větší z výzkumných tepelných reaktorů v Harwellu. Je to vzduchem chlazený reaktor s grafitovým moderátorem na přírodní uran s výkonem asi 6000 kW tepla.
- Beta particle (částice beta) - elektron o vysoké rychlosti vyzařovaný z jádra při radioaktivním rozpadu; může být nabit kladně nebo záporně
- Betatron (betatron) - urychlovač elektronů, ve kterém se částice udržují v kruhové dráze vodícím magnetickým polem a jsou urychlovány na této dráze silou, působenou na ně indukcí z měnícího se středního magnetického pole. Byly dosaženy energie až 300 MeV
- Bevatron (bevatron) - jméno dané protonovému synchrotronu v laboratoři pro záření v Berkeley v Kalifornii. Očekávají se energie až 6000 MeV
- Biological shield (biologické stínění) - viz stínění
- Blanket (obal) - obal úrodného materiálu, umístěného okolo jádra množícího reaktoru, ve kterém se množí štěpný materiál
- Breeder reactor (množivý reaktor) - reaktor, ve kterém nastává množení
- Breeding (množení) - toto slovo se používá ve dvou významech. Obvykle to znamená tvoření více sekundárního paliva (štěpného materiálu) v úrodném materiálu, než se spotřebuje primárního paliva. Méně často to znamená tvoření sekundárního paliva stejného druhu jako je primární palivo (na příklad tvoření plutonia v reaktoru, spalujícím plutonium) bez ohledu na relativní dávky výroby a spotřeby; tento význam se používá častěji. Poměr množení je počet štěpných atomů vytvořených na každý štěpný atom zničený; výtěžek množení je poměr množení minus 1 (srovnej konverse)
- Calutron (kalutron) - elektromagnetický oddělovač isotopů, který může oddělovat isotopy ve výrobním měřítku. Americký termín
- Can (pouzdro) - kovové pouzdro nebo plášť, do kterého se vkládá uranová tyč (obvykle zvaná slug) nebo jiný kovový palivový prvek, aby se zabránilo korozi štěpného materiálu chladícím prostředkem a unikání štěpných produktů
- Cartridge (uranová tyč v pouzdře) - příliš se nepoužívá
- Chain reaction (řetězová reakce, nukleární) - je-li atom štěpného materiálu podroben neutronovému štěpení, uvolní se několik čerstvých neutronů; tyto opět vytvoří další štěpení, které uvolní další neutrony a proto vytvoří

ještě více štěpení. To je nukleární řetězová reakce. V závislosti na množství štěpného materiálu a možnosti ztráty neutronů, může být reakce divergentní (to je pokračuje neomezeně), stabilní (to je každá generace štěpení zahrnuje tentýž počet štěpení jako předcházející) nebo konvergentní (to je zahrnuje zmenšující se počet štěpení a proto nakonec ustává).

Channel (kanál) - otvor nebo průchod moderátorem zvláště ten, ve kterém mohou ležet palivové prvky nebo může téci chladící prostředek nebo v němž může být ozařován materiál, aby se vytvořily radioisotopy

Charge (nálož) - nukleární palivo umístěné v reaktoru. Vložit palivo do reaktoru

Chemical separation (chemické oddělování) - v atomové technice se obvykle vztahuje na oddělování štěpného materiálu od ozářených palivových článků nebo obalových prvků, to je oddělování plutonia od ozářeného uranu

Cloud chamber (mlžná komora) - zařízení, ve kterém se jeví dráhy ionizačních částic kondenzací vody z přesycené atmosféry na iontech, zbylé průchodem částic

Coffin (pouzdro) - ochranný obal, obvykle ocelový, vyložený olovem, používaný k dopravě radioaktivních materiálů

Cockcroft-Walton generator (generátor Cockcroft-Waltonův) - vysokovoltový generátor založený na systému multiplikace napětí, používající kondensátorů a diodových spínačů. Používá se s urychlovací trubicí jako urychlovač částic

Compressor (kompresor) - v difusním zařízení je to čerpadlo, používané k prohánění výrobního plynu membránou

Control rod (řídící tyč) - tyč z materiálu absorbujícího neutrony (na příklad borová ocel) používá se k řízení činnosti reaktoru absorbováním přebytečných neutronů

Convergent (konvergentní) - viz řetězová reakce

Conversion (konverse) - tak jako množení se používá i konverse ve dvou významech. Všeobecně to znamená proces v reaktoru, ve kterém některé atomy úrodného materiálu v palivových člancích (na příklad atomy uranu 238 v uranových člancích) se mění na atomy štěpného materiálu, při čemž je jejich počet menší než počet spotřebovaných palivových atomů. Někdy (a to méně často) se může konverse používat ve významu výroby nového štěpného materiálu různého druhu z materiálu spotřebovaného (na příklad spalování uranu 235 a výroba plutonia) bez ohledu na poměrné proporce nových a spotřebovaných atomů. To se stává převážným významem. Konverzní poměr je počet štěpných atomů, vyrobených na každý zničený štěpný atom; konverzní výtěžek je konverzní poměr minus 1 (viz množení)

Converter reactor (konvertorový reaktor) - reaktor, ve kterém se odehrává konverse

Coolant (chladicí prostředek) - prostředek používaný k odstraňování tepla z kterékoliv části reaktoru, avšak zvláště z jádra

Core (jádro) - soubor palivových článků (a moderátoru, použije-li se ho), ve kterých probíhá v reaktoru řetězová reakce

Cosmic radiation (kosmické záření) - ionizační záření velmi vysoké energie, které dosahuje zemské atmosféry z vnějšího prostoru

Cosmotron (kosmotron) - jméno dané protonovému synchrotronu v Brookhaven National Laboratory of the U.S. Atomic Energy Commission. Je určen k tomu, aby vydal maximální energii protonů 2500 MeV

Counter (počítač) - zařízení pro detekci a počítání nukleárních částic a záření. Poměrný počítač udává elektrickou citlivost poměrnou ve velikosti k energii nahodilé částice. Geigerův počítač udává citlivost, která je větší a více nebo méně závislá na energii nahodilé částice. Oba předcházející počítače měří pomocí ionisace, vytvořené v plynu částicí. Ve scintilačním počítači se detekce děje pomocí světla, uvolněného ionisující částicí v některých fosforech. Měří se světelný záblesk a mění se v elektrický impuls fotonásobičem

Critical (kritický) - schopný udržovat řetězovou štěpnou reakci na konstantní hladině. Kritická velikost je uspořádání paliva, moderátoru a reflektoru, schopných udržet kritický stav za specifických podmínek. Kritická hmota je hmota štěpného materiálu v kritickém reaktoru.

Critical experiment (kritický pokus) - pokus, při kterém kritické množství materiálu (a moderátoru, použije-li se ho), je upraveno tak, aby tvořilo reaktor s nulovou energií, ve kterém lze určit rozdělení neutronů a jejich chování

Cross section (průřez, nukleární) - míra pravděpodobnosti, na jednotku toku a na jednotku času, že daná reakce mezi jádrem a částicí bude probíhat; čím větší průřez, tím větší je pravděpodobnost. Průřezy se určují s ohledem na částice a druh reakce; tak existuje absorpce neutronů (neutron zasáhne jádro a je jím absorbován), neutronový rozptyl (neutron se odrazí od jádra), protonový rozptyl a mnoho jiných. Celkový průřez je pravděpodobnost, že částice bude odstraněna z paprsku některým procesem, je to součet průřezů všech možných procesů. Průřezy na atom prostředí mají rozměry plochy a měří se v barnech, při čemž průřez na jednotku objemu prostředí je obrácená hodnota délky

Curie (curie) - jednotka radioaktivity rovnající se 3×10^{10} rozpadu za vteřinu; původně určeno jako hodnota rozpadu jednoho gramu radia v rovnováze se svými produkty, což je asi totéž jako 3×10^{10} . Též množství některého nuklidu, který se rozpadává v hodnotě 1 curie

- Cyclotron** (cyklotron) - urychlovač těžkých částic, ve kterém se částice pohybují ve stejné spirální dráze pod vlivem magnetického pole, při čemž je jim dán urychlující impuls při každé půl otáčce střídavým elektrickým polem.
- Delayed neutrons** (zpožděné neutrony) - neutrony uvolněné při štěpení, které se objevuje po časovém intervalu, který může být dlouhý asi 55 vteřin. Zpožděné neutrony činí asi 1 % uvolněných neutronů a jsou velmi důležité při řízení reaktoru
- Deuterium** (deuterium) - Isotop vodíku hmoty 2
- Deuteron** (deuteron) - jádro atomu deuteria
- Diffusion plant** (difusní zařízení) - zařízení k výrobě uranu obohaceného isotopem 235 (odstraněním atomů uranu 238) plynou difusí membránou
- Dimple** (dimpl) - reaktor nulové energie na těžkou vodu v Harwellu
- Divergent** (divergentní) - viz řetězová reakce
- Electron** (elektron) - nejmenší částice elektřiny. Částice s hmotou asi $1/1860$ částice atomu vodíku a jednotkový náboj. Elektron je negativně nabit, kladně nabitý elektron se nazývá pozitron; je vyzařován při některých nukleárních rozpadech. Aby se negativní elektron rozlišil od polchy nazývá se někdy negatron (srovnej částice beta)
- Enriched uranium** (obohacený uran) - uran, ve kterém se přirozená koncentrace 0,7 % uranu 235 zvětší uměle
- Electromagnetic separator** (elektromagnetický oddělovač) - stroj pro oddělování isotopů kombinací elektrických a magnetických polí. Ionisované atomy prvku se urychlují a utvářejí do paprsku elektrostatickými polí; paprsek je namířen do magnetického pole, ve kterém ionty křižují kruhovou dráhu, při čemž je poloměr zakřivení největší pro nejtěžší ionty
- Electron volt** (elektron volt) - energie, ve které se měří energie nabitých částic. 1 eV je energie, kterou by měla částice, mající jednotkový náboj, když by byla urychlena potenciálem 1 V ; 1 MeV je 10^6 eV
- Exponential experiment** (exponenciální experiment) - je pokus s podkritickým uspořádáním štěpných materiálů a moderátoru, na příklad uranu a grafitu, aby se měřily charakteristiky navržené mřížky pro reaktor
- Fertile material** (úrodný materiál) - materiál, který může být přeměněn na štěpný materiál; technologicky důležité úrodné materiály jsou uran 238 a thorium 232. Nazývají se též zdrojové materiály
- Fissile material** (štěpný materiál) - materiál, ve kterém může probíhat technologicky užitečné štěpení indukované neutrony, je to uran 233, uran 235 a plutonium 239, v USA se nazývají fissionable materials

- Fission** (štěpení) - štěpení atomového jádra do dvou více méně stejných částí. Štěpení může být vyvoláno srážkou neutronu, nabitě částice nebo kvantem gamma záření nebo může nastat samovolně. Štěpení technologického významu je štěpení, vyvolané neutrony uranu 233 nebo 235 nebo plutoniem 239. Je provázáno uvolněním více než jednoho čerstvého neutronu
- Fissionable** (štěpný) - běžně používaný výraz v USA
- Fission chamber** (ionizační komůrka) - komůrka, ve které nastává štěpení. Používá se při pokusech štěpení a při detekci neutronů
- Fission products** (štěpné produkty) - nuklidy, obvykle radioaktivní, vytvořené štěpením uranu nebo plutonia
- Flux** (tok) - tok neutronů v daném bodě v reaktoru je počet, který prochází jedním čtverečním centimetrem za vteřinu v tomto bodě, když reaktor stále běží. Tok se mění od místa k místu v jádru a s výkonem; maximální tok je největší tok v daném bodě v jádru, když je reaktor v plném výkonu
- Fuel element** (palivový článek) - složka v reaktoru, která obsahuje štěpný materiál. U většiny tepelných reaktorů se palivový článek skládá z tyče přírodního uranu, uzavřeného do hliníkového pouzdra; v reaktoru může být stovky palivových článků
- Fuel rod** (palivová tyč) - dlouhý tyčový palivový článek
- Gamma ray** (paprsek gamma) - elektromagnetické záření velmi krátké vlnové délky, emitované při radioaktivním rozpadu. Fyzikálně totožné s krátkými roentgenovými paprsky.
- Gaseous diffusion** (plynná difuze) - způsob pro oddělování isotopů zvláště uranu; závisí na poměrných hodnotách, při kterých lehké a těžké molekuly plynné sloučeniny difundují porovitou membránou.
- Geiger counter** (Geigerův počítač) - viz počítač
- GLEEP** (reaktor GLEEP) - menší pokusný tepelný reaktor v Harwellu. Reaktor na přírodní uran s grafitovým moderátorem běžící při tak nízkém výkonu (asi 100 W), že není nutné chlazení než pouze jednoduchý ventilační systém
- Half time** (poločas) - doba trvání radioaktivity látky než se rozpadne na polovinu své původní hodnoty, to je než se rozpadne polovina atomů původně přítomných
- Heavy water** (těžká voda) - kysličník deuteria, to je voda, ve které molekuly obsahují deuterium místo vodíku
- Heterogeneous reactor** (heterogenní reaktor) - nukleární reaktor, ve kterém štěpný materiál a moderátor, použije-li se ho, jsou uspořádány v oddělených kusech, aby vytvořily pravidelnou mřížku, která slouží jako heterogenní prostředí neutronům

- Hex (hexafluorid uranu) - plyn používaný v difusním plynném zařízení.
- Homogeneous reactor (homogenní reaktor) - obyčejný reaktor, ve kterém štěpný materiál a moderátor, použije-li se ho, je směsí nebo roztokem, takže je rovnoměrně rozdělen jádrem a poskytuje účinné homogenní prostředí neutronům
- Inhour (inhour, obrácená hodina) - měřítko reaktivity. Reaktivita reaktoru, měřená v inhourech je reciproká reaktorovému období, měřenému v hodinách
- Ion (ion) - atom, ze kterého je jeden nebo více obíhajících elektronů odděleno, opouštějící ho s čistě kladným nábojem
- Ion chamber, Ionisation chamber (ionizační komůrka) - komůrka obsahující plyn, který je ionisován průchdem ionisujícího záření; vytvořené ionty se sbírají elektrodou a umožňují detekci záření. Obyčejně je ionizační komůrka nějakým způsobem zapojena, že měří celkové záření, které do ní vstupuje. Srovnej počítač
- Isotope (isotop) - viz atom
- Isotope separation (oddělování isotopů) - zvětšování poměru daného isotopu v přírodní směsi isotopů nějakého prvku. Spíše se nazývá obohacení; úplné oddělení jednoho isotopu je zřídka možné. Dvě metody oddělování, které se používají v průmyslovém měřítku, jsou plynná difuze membránou (viz difusní zařízení) a elektromagnetické oddělování (viz elektromagnetický oddělovač)
- k - viz multiplikační součinitel
- Kicksorter (Kicksorterův přístroj) - elektrické zařízení, které třídí elektrické impulsy podle jejich amplitud; lidový název pro analyzátor impulsních amplitud
- Lattice (mřížka) - geometrické uspořádání palivových článků a moderátoru, použije-li se ho, v heterogenním reaktoru
- Linac (lineární urychlovač) - používá se někdy, zvláště v USA
- Linear accelerator (lineární urychlovač) - stroj, který urychluje nabitě částice v přímé lince.
- Mass number (hmotové číslo) - viz atom
- Mass spectrometer (hmotový spektrometr) - přístroj pro určení přesné hmoty atomu nebo nuklidu. Používá se v isotopické analýze, zvláště stabilních isotopů
- Membrane (membrána) - v difusním zařízení je to pórovitá překážka, pomocí které se provádí oddělování isotopů uranu
- Meson (meson) - nestabilní částice s hmotou, která se mění mezi hmotou elektronu a protonu; nachází se v kosmickém záření. Má se zato, že hraje důležitou úlohu v nukleární vazbě. Bylo určeno několik druhů mesonů, které mají

různé hmoty, náboje a poločasy. Mesony lze vyrobit uměle rozpadem π částicemi, které mají energie větší než 150 MeV.

- Microtron** (mikrotron) - stroj pro urychlování elektronů v kruhových drahách, z nichž každá je většího průměru než předcházející. Někdy se nazývá elektronový cyklotron
- Moderator** (moderátor) - materiál v reaktoru, používaný ke snížení rychlosti neutronů z velké rychlosti, kterou mají při vzniku při štěpení. Moderátory jsou grafit, těžká voda, lehká voda a berilium
- Monitor** (měřič) - zařízení pro určování záření nebo radioaktivních nečistot v místnosti, ve které pracují pracovníci. Jako sloveso to znamená používat takových přístrojů
- Multiplication constant** (multiplikační součinitel) - k - je míra reaktivity reaktoru; reprodukční konstanta je poměr počtu neutronů v některé generaci k počtu ihned předcházející generace. Je-li k větší než 1 bude reakce divergentní, rovná-li se 1 je stabilní, je-li menší než 1, je konvergentní. Nazývá se též reprodukční konstantou
- Negatron** (negatron) - viz elektron
- Neutron** (neutron) elementární částice, která má asi hmotu protonu ale nemá náboj, viz atom
- Nucleus** (jádro) - viz atom
- Nuclide** (nuklid) - viz atom
- Nucleon** (nukleon) - viz atom
- Photodisintegration** (fotorozpad) - nukleární rozpad způsobený paprsky gamma
- Photofission** (fotoštěpení) - nukleární štěpení způsobené paprsky gamma
- Pile** (reaktor) - nukleární reaktor. Tohoto termínu se obvykle používá pro reaktory na přírodní uran s grafitovým moderátorem
- Pile oscillator** (reaktorový oscilátor) - stroj, který způsobuje, že vzorek prochází do jádra reaktoru a opět ven, což se opakuje za známou periodu. Používá se při jednom způsobu pro určování absorpce neutronů
- Pile period** (perioda reaktoru) - když se hustota neutronů v reaktoru zmenšuje nebo zvětšuje (to je reaktivita se mění) čas potřebný aby se tato reaktivita změnila e krát ($e = 2,718$) se nazývá periodou (někdy e -násobkem času)
- Poison** (otrava) - štěpný produkt, který je tak silným pohlcovačem neutronů, že snižuje reaktivitu reaktoru nebo ho otravuje. Je-li otrava krátkodobá, reaktor se obnoví, když byl na čas zastaven.

- Positron (positron) - viz elektron
- Prompt neutrons (rychlé neutrony) - neutrony, které unikly okamžitě při štěpení jádra (srovnej zpožděné neutrony)
- Proportional counter (poměrný počítač) - viz počítač
- Proton (proton) - elementární částice, která má jednotkový kladný náboj a jednotkovou (přibližně) hmotu na atomové stupnici; jádro atomu vodíku
- Proton synchrotron (protonový synchrotron) - viz synchrotron
- Quantum (kvantum) - kvantum energie elektromagnetických vln je určité množství energie, provázené vlnami a vyjádřené jako násobek frekvence a Planckovy konstanty
- Rabbit - v reaktoru je to zařízení pro průchod vzorku velmi rychle do reaktorů a opět zpět tak, aby vzniklo krátké, ale známé ozáření. V plynném difusním zařízení je to rozčlování difusního plynu na dvě frakce, z nichž jedna probíhá k příštímu stadiu, zatím co druhá obíhá opět do prvního stadia
- Ratemeter, counting-rate meter (počítač) - elektronické zařízení, které měří hodnotu, při které elektrické impulsy dosahují svých příslušných koncovek
- Reaktor (nukleární reaktor) - zařízení, ve kterém lze udržovat nukleární štěpnou řetězovou reakci; reaktor obvykle zaručuje, že reakce může být ovládána, ačkoli někdy je bomba popisována jako reaktor. Reaktory se obvykle třídí podle energie neutronů, které hlavně způsobují štěpení. Rozlišují se tedy rychlé (rychlé štěpení), střední (nebo rezonanční) a tepelné (nebo pomalé) reaktory. Reaktory mohou též být označeny podle použitého paliva (přírodní uran, obohacený uran, plutonium), podle moderátoru, použije-li se ho (grafit, těžká voda, berilium) a podle použitého chladicího prostředku (vodou chlazený, chlazený tekutým kovem, atd.)
- Reflektor (reflektor) - vrstva materiálu obklopujícího jádro reaktoru, aby se snížilo unikání neutronů jejich odražením do jádra.
- Reproduction constant (reprodukční konstanta) - viz multiplikační součinitel
- Roentgen (roentgen) - míra dávky paprsků X nebo paprsků gamma. Množství záření X nebo gamma takové, že spojená korpuskulární emise za 0,001293 gm vzduchu vytváří ve vzduchu ionty, nesoucí elektrostatickou jednotku náboje kladného nebo záporného znaménka.
- Safety rod (pojistná tyč) - tyč z materiálu absorbujícího neutrony, jehož jediná funkce je zastavit činnost reaktoru v záloze (srovnej řídicí tyč)
- Scaler - elektronické zařízení pro dokončení počtu impulsů, napájené pro svůj příkon od Geigerova nebo jiného počítače

Scintillation counter (scintilační počítač) - viz počítač

Sheath (pouzdro) - viz can

Shield (stínění) - biologické stínění reaktoru nebo chemické zařízení, které má zabránit úniku záření (zvláště neutronových paprsků nebo paprsků gamma), které by poranily pracovníky. Vyrábí se obvykle z betonu. V reaktoru je tepelné stínění mezi biologickým stíněním a jádrem a reflektorem k absorbování paprsků X a paprsků gamma a tepelných neutronů a tak se zabranuje poškození betonu teplem, které v něm vznikne tímto zářením; tepelné stínění je obvykle vyrobeno z těžkého kovu a může si vyžadovat svůj vlastní chladič systém

Slug - tyč palivového materiálu, zvláště uranu

Slurry reaktor - reaktor, ve kterém palivový článek je štěpný materiál, obsahující nečistoty v ředidlu nebo moderátoru

Source material (zdrojový materiál) - viz úrodný materiál

Specific activity (specifická aktivita) - radioaktivita jednotkové hmoty radioaktivní látky

Synchrocyclotron (synchrocyclotron) - viz cyklotron

Synchrotron (synchrotron) - urychlovač nabitých částic, ve kterém jsou částice udržovány v kruhové dráze vedením magnetickým polem a jsou urychlovány ve své dráze synchronními elektrickými impulsy. Protonový synchrotron je takové zařízení, zkonstruované pro urychlování protonů

Thermal column (tepelný sloup) - sloup grafitu nebo jiného moderátoru, probíhající z jádra reaktoru reflektorem a stíněním, aby se vyvedl svazek neutronů, z nichž všechny procházejí dostatečným moderátorem, aby se zajistilo, že mají pouze tepelnou energii

Thermal neutrons (tepelné neutrony) - neutrony v tepelné rovnováze s atomy prostředí, ve kterém se pohybují (zvláště moderátor) a proto mají stejnou energii jako tyto atomy

Thermal reaktor (tepelný reaktor) - nukleární reaktor, ve kterém se vytváří štěpení zpomalenými neutrony na tepelnou energii (stejný jako reaktor s pomalým štěpením)

Thermal shield (tepelné stínění) - viz stínění

Trap - v difusním zařízení je to zařízení pro odstranění výrobního plynu ze zařízení

Tritium (tritium) - isotopy vodíky hmoty 3

Triton (triton) - jádro atomu tritia

Van de Graaff generator (Van de Graaffův generátor) - elektrostatický generátor vysokého napětí, ve kterém se vytváří vysoký potenciál dopravením náboje na plynule se pohybujícím isolačním pásu k izolovanému dutému vodiči

Water boiler (vodní kotel) - reaktor s pomalým štěpením, ve kterém štěpný materiál, moderátor a chladicí prostředek jsou spojeny použitím vodního roztoku uranylsulfátu nebo dusičnanu obohaceného uranem 235. Teplo štěpení zvyšuje teplotu roztoku a odtud jeho jméno

Zephyr - pokusný rychlý reaktor s nulovou energií v Harwellu

Zero-energy-reactor (reaktor s nulovou energií) - každé pokusné zařízení, obsahující štěpný materiál a schopné divergentní reakce, ve kterém je výkon omezen na watt nebo podobně, čímž se zjednodušuje činnost a zvláště stínění. Používá se k provádění měření na kritických zařízeních.

V jednotlivých číslech časopisu postupně představíme všechny členy redakční rady. Každý z členů redakční rady se bude věnovat konkrétní oblasti – kapitole časopisu. Postupně také chceme představit firmy a společnosti, které se u nás zabývají jadernou energetikou, jednou z prvních bude Centrum výzkumu Řež – nový vydavatel časopisu. Zpestřením obsahu časopisu bude jistě i plánované ohlédnutí do pětadesátileté historie jaderné energetiky v našich zemích.

ODBORNÁ ÚROVEŇ ČASOPISU

Časopis je tzv. recenzovaný, vydavatel tedy garantuje jistou odbornou úroveň příspěvků. Vysokou odbornou úroveň a věcnou správnost příspěvků, a tím i odpovídající odbornou úroveň časopisu bude mít na starosti tým renomovaných odborníků-recenzentů. V časopisu představíme i články s obecně technickými informacemi a zajímavosti z jaderné energetiky. Takové články recenzované nebudou a jejich odbornou úroveň, originalitu a věcnou správnost bude garantovat redakční rada. Prostor pro zveřejňování svých prací zde jistě najdou zejména doktorandi a mladí výzkumní pracovníci.

Rádi zveřejníme i příspěvky od našich čtenářů, pokud budou splňovat požadavky na věcnou a odbornou úroveň – pokyny pro autory zveřejníme v prvním čísle časopisu. Chtěli bychom aktivně zapojit čtenáře tak, aby se časopis stal skutečnou komunikační platformou odborníků v oblasti jaderné energie.

ediční plán na rok 2020

POSLÁNÍ

Poslání časopisu – být odborným periodikem v oblasti jaderné energetiky, jaderné energie, jaderné bezpečnosti a radiační ochrany při mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření – zůstává po změně vydavatele a návratu k původnímu názvu prakticky beze změny.

HARMONOGRAM PRO ROK 2020

Časopis bude vydáván čtvrtletně, v tištěné podobě (300 výtisků) a elektronicky (jadernaenergie.online).

	číslo	uzávěrka	distribuce
Ročník 1 (66) 2020	1	10. prosince 2019	20. ledna 2020
	2	10. března 2020	20. dubna 2020
	3	10. června 2020	20. července 2020
	4	10. září 2020	19. října 2020
Ročník 2 (67) 2021	1	10. prosince 2020	18. ledna 2021

OBSAHOVÁ NÁPLŇ

V časopisu budou standardní kapitoly věnované následujícím oblastem:

- jaderná bezpečnost a radiační ochrana
- výzkum, vývoj a nové technologie
- provoz a výstavba jaderných zařízení a nakládání s radioaktivními odpady
- neenergetické aplikace jaderné energie, radioizotopů a ionizujícího záření
- kontrola, dohled a dozor nad jadernou a radiační bezpečností
- vzdělávání, rozvoj, šíření a udržení znalostí
- zajímavosti z domova i ze světa
- informace o proběhlých a připravovaných konferencích a seminářích

Jednotlivá čísla časopisu budou tematicky zaměřená na vybrané odborné oblasti. V roce 2020 se budeme přednostně věnovat následujícím:

- dlouhodobý provoz jaderných zařízení
- nakládání s radioaktivními odpady včetně použitého jaderného paliva
- věda a výzkum v jaderné energii
- radiační ochrana a bezpečnost
- nová výstavba

editorial

Polovina padesátých let minulého století se nesla ve znamení téměř raketového nástupu jaderné energetiky. V Československu byla v roce 1955 v rámci University Karlovy založena Fakulta technické a jaderné fyziky (později přešla na ČVUT v Praze), ve stejném roce byl v Řeži u Prahy založen Ústav jaderné fyziky ČSAV (později Ústav jaderného výzkumu ČSAV) a také domácí průmysl se začínal orientovat na nové odvětví, kterým byla právě jaderná energetika.

Pro šíření informací a rozšiřování znalostí v této nové oblasti začal vycházet vědecko-technický časopis, zaměřený na – řečeno dobovým slovníkem – rozvoj mírového využití energie atomového jádra.

Časopis nesl jméno „Jaderná energie“, vydával ho Energetický ústav Ministerstva paliv a energetiky a sloužil jako studijní pomůcka v oboru využití atomové energie pro energetické účely. Jeho základním posláním bylo přispívat k udržení vysoké kultury jaderné bezpečnosti v oblasti mírového využívání jaderné energie. První číslo časopisu spatřilo světlo světa 20. září 1955.

Jak běžel čas, měnil se s historickými peripetemi jak název časopisu, tak jeho vydavatel. Časopis dnes čtenáři znají pod názvem „Bezpečnost jaderné energie/Bezpečnost jadrovej energie“ a od počátku byl recenzovaným odborným periodikem. Jeho účel – přinášet informace z oblasti jaderné energetiky a využívání ionizujícího záření – ale zůstal prakticky nezměněn.

Po rozdělení Československa od roku 1993 časopis vydávaly společně český Státní úřad pro jadernou bezpečnost v Praze a slovenský

Úřad jadrového dozoru Slovenskej republiky v Bratislavě. V jejich spolupráci vycházel časopis až do července 2019, kdy pomyslnou štafetu vydavatelství od SÚJB převzalo Centrum výzkumu Řež, ÚJD SR pak jako spoluvydavatel pokračuje.

Vracíme se k prvotnímu názvu časopisu, rozšířenému o slovenskou část – tedy „Jaderná energie/Jadrová energia“. V edičním plánu na rok 2020 jsou čtyři čísla v tištěné a elektronické podobě. První číslo časopisu s novým názvem a s novou grafickou úpravou vyjde v lednu 2020. Časopis bude i nadále recenzovaný, jeho vysokou úroveň chceme udržet i v budoucnu.

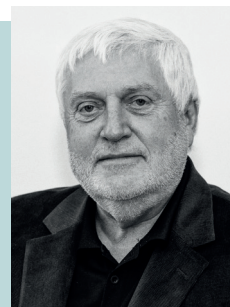
Obsah časopisu bude stále zaměřen na problematiku zajištění všeobecné jaderné bezpečnosti a radiační ochrany s důrazem na ochranu životního prostředí, zdraví profesionálních pracovníků a obyvatelstva. Jeho důležitou součástí rovněž zůstane prezentace výsledků výzkumu v oblasti jaderné techniky, vývoje metod, přístrojů a zařízení, obsah časopisu chceme nově rozšířit o oblasti z oboru mírového využívání jaderné energie.

Vydáním tohoto zvláštního – nultého čísla bychom rádi čtenářské obci avizovali naše odhodlání pokračovat ve vydávání „BJE“ se staronovým názvem – „Jaderná energie/Jadrová energia“.

Přeji všem laskavým čtenářům potěšení z listování historickými stránkami a těším se na další budoucí spolupráci.

Ing. Aleš John

předseda redakční rady



jaderná energie

Základní úlohou časopisu „Jaderná energie/Jadrová energia“ je přispívat k úrovni kultury jaderné bezpečnosti. Časopis je psaný v českém a slovenském jazyce, vědecké a odborné články, abstrakty a anotace též v anglickém jazyce. Časopis vychází čtyřikrát ročně nákladem 300 výtisků a v elektronické podobě, která je volně dostupná na adrese jadernaenergie.online.

OBSAH ČASOPISU JE ZAMĚŘEN NA:

- jadernou bezpečnost a radiační ochranu s důrazem na ochranu životního prostředí, zdraví profesionálních pracovníků a obyvatelstva,
- výzkum, vývoj a nové technologie,
- provoz a výstavbu jaderných elektráren,
- zpracování a ukládání radioaktivních odpadů,
- aplikace radioizotopů a ionizujícího záření,
- aktuální informace z dozorných orgánů,
- vzdělávání a rozvoj know-how.

Vydavatel:

Centrum výzkumu Řež s.r.o.
Hlavní 130, Řež
250 68 Husinec
Česká republika
IČO: 26722445

Úrad jadrového dozoru SR
Bajkalská 27
P.O.Box 24
820 07 Bratislava
Slovenská republika
IČO: 30844185

Redakce:

Michal Šafránek – šéfredaktor
michal.safranek@cvrez.cz
+420 775 374 384
Mgr. Tereza Smékalová, Ing. Jiří Kuf.

Adresa redakce:

Centrum výzkumu Řež s.r.o.
Hlavní 130, Řež
250 68 Husinec
Česká republika

Redakční rada:

Ing. Aleš John, MBA – předseda, Ing. Daneš Burket, Ph.D., doc. Ing. Václav Dostál, Ph.D., Ing. Jiří Duspiva, PhDr. Tomáš Ehler, MBA, Ing. Miroslav Hrehor, Ing. František Pazdera, CSc., Ing. Alena Rosáková, prof. Ing. Vladimír Slugeň, DrSc., Mgr. Petr Šuleř, Ing. Radek Trtílek, Mgr. Miriam Váchová, Mgr. Ilona Vysoudilová, RNDr. Marek Vyšinka, Ph.D., RNDr. Vladimír Wagner, CSc., Ing. Jan Zdebor, CSc.,

Grafika, sazba, jazykové korektury a tisk:

TOP Partners, s.r.o.
Classic 7 Business Park
Jankovcova 49
170 00 Praha 7
Česká republika

Registrace MK ČR

Časopis Jaderná energie/Jadrová energia byl zapsán do evidence periodického tisku Ministerstva kultury České republiky a bylo mu přiděleno evidenční číslo MK ČR E 4671. ISSN 2336-4157

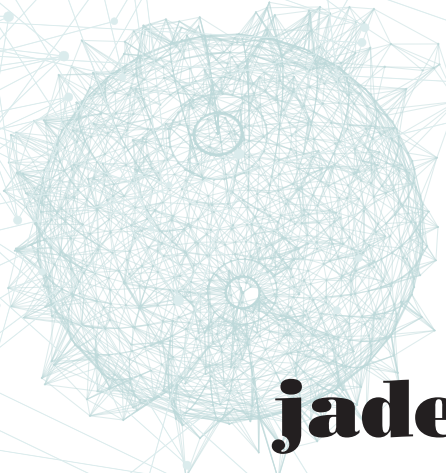


je

0/020

ročník 1 [66] 2020

V tomto čísle vám představíme novou vizuální podobu časopisu, který bude pod novým vydavatelem a staronovým názvem Jaderná energie/Jadrová energia pravidelně vycházet každé čtvrtletí v tištěné i elektronické podobě. Dále vás seznámíme se složením nové redakční rady a redakce a nastíníme vám obsahovou náplň časopisu a harmonogram pro rok 2020.



**jaderná
energie**

**jadrová
energia**