

Progresele înregistrate în domeniul nuclear, care au cumulat cu descoperirea în 1938 de către Hann Meinter Strassmann a reacției de fisiune în lanț, au condus la punerea în funcțiune la 2 decembrie 1942, în timpul celui de al doilea război mondial, a primului reactor nuclear, de către E. Fermi, la Chicago (S.U.A.). Consecințele imprevizibile ale acestei descoperiri au avut ca prim rezultat construirea bombei atomice și efectuarea primei explozii nucleare experimentale în anul 1945, de către S.U.A., în New Mexico, urmat de descoperirea reacțiilor termionucleare și a bombei atomice cu hidrogen.

Construirea reactorilor nucleari și posibilitatea de a utiliza aceste instalații pentru a produce energie electrică în cantitate mare, au transferat apoi problema protecției contra radiațiilor și odată cu aceasta și problema protecției contra radiațiilor, în plin domeniu industrial și economic.

Creșterea neconținută a numărului de reactori nucleari și a puterii acestora necesită aplicarea unor măsuri de securitate pentru a evita eventualele accidente și consecințele lor ca de exemplu cel de la Windscale, Anglia, în octombrie 1957 când au fost eliminate în mod accidental în atmosferă importante substanțe radioactive care au produs contaminarea solului, a producției agricole și a apei potabile din întreaga regiune.

Reactorul nuclear reprezintă o instalație complexă în care se desfășoară controlat, în regim critic, reacția nucleară de fisiune în lanț.

Un reactor nuclear se compune din: zona activă, materialele de susținere, reflectorul de neutroni, barele de reglare și control, fluidul de răcire și blindajul de protecție biologică a personalului care lucrează în acest loc. De asemenea, reactorul este prevăzut cu o serie de canale de iradiere experimentală, prin care se introduc diferite probe ce se expun reacțiilor nucleare date.

Reactorul este format dintr-un ansamblu cilindric din oțel-inox (calandria) plasat într-o structură de beton placat cu oțel care asigură protecția termică și răcirea. Calandria conține apa grea ca moderator, mecanisme de control al reactivității și 380 canale de combustibil. Canalele de combustibil care conțin combustibil și apa grea folosită ca agent de răcire, sunt amplasate în tuburi mai mari în calandria.

Calandria este susținută de protecții de capăt între zona activă a reactorului și zona de funcționare a matrii de încălzit combustibil. Reactorul este încălzit cu uraniu natural sub formă de pastile de UO_2 . Treizeci de pastile puse cap la cap sunt conținute într-o teacă din aliaj de zirconiu (Zircaloy) formând un element combustibil.

Transmutațiile radioactive naturale precum și reacții nucleare produse artificial, prin reacții de fisiune nucleară au ca rezultat degajarea unor mari cantități de energie pe unitatea de masă a substanței cu care reacționează.

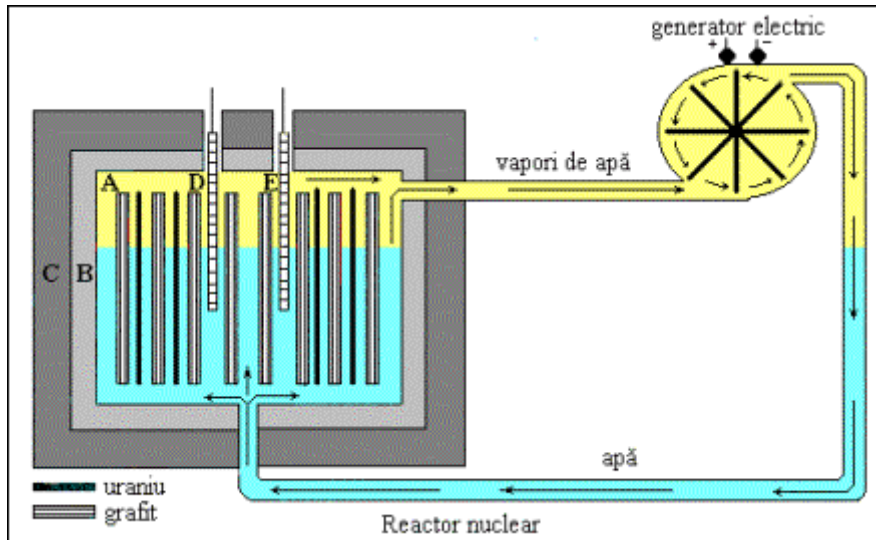
Posibilitatea utilizării energiei nucleare s-a realizat odată cu descoperirea fisiunii nucleare și procedul obținerii reacției în lanț. Reacția nucleară continuă și reglabilă se realizează în reactori nucleari.

În reactoare se utilizează $^{235}_{92}\text{U}$. Condiția necesară pentru decurgerea reacției nucleare în lan este masa suficientă de uraniu din reactor.

Neutronii care se formează în procesul reacției nucleare, pot ieși prin suprafața a uraniului afară și participă la dezvoltarea reacției în lan.

Pentru ca reacțiunea să se acțiioneze și să fie mică, în comparație cu volumul lui, trebuie ca masa uraniului din reactor să fie suficient de mare și să depășească o anumită masă critică. Pe de altă parte, pentru ca reacția să nu decurgă prea violent, trebuie reglat

numărul de neutroni, nepermițându-le să crească prea mult. Acesta se realizează printr-o absorbție termică a neutronilor în exces cu ajutorul unor elemente ca borul (B) și cadmiul (Cd).



- spațiul în care sunt amplasate blocurile de uraniu ($^{235}_{92}\text{U}$) și

de moderatori (de obicei, grafit) –A;

- reflectorul de neutroni care asigură spațiul în care se desfășoară reacția B;

- strat de protecție care protejează spațiul înconjurător de acțiunea radiațiilor emise în timpul desfășurării reacției nucleare C;

- bare de cadmiu (Cd) sau bor (B) D și E sunt introduse în volumul A și încetinesc reacția de fisiune nucleară. Introducerea barelor se face în mod automat, imediat ce puterea reacției nucleare depășește o anumită limită. Apa este folosită pentru răcirea blocurilor de uraniu, iar aburul rezultat din fierberea apei pune în mișcare turbina unui generator electric care produce energie electrică.

Sistemul de reglare al reactorului

Acest sistem controlează puterea reactorului în limite specifice și asigură îndeplinirea cerințelor centralei. De asemenea monitorizează distribuția puterii în zona activă pentru a optimiza puterea pe fascicul și pe canal.

Sistemul de manipulare pe fascicul a combustibilului

Sistemul de manipulare a combustibilului realimentează reactorul cu fascicule de combustibil proaspăt în timpul funcționării normale a reactorului; acest sistem este proiectat să funcționeze la toate nivelele de putere a reactorului. De asemenea, sistemul asigură depozitarea temporară a combustibilului proaspăt iradiat.



Masina de incarcare /descarcare

Fasciculele de combustibil sunt împinse în canalul reactorului de către o mașină de încărcare combustibil, situată la capătul opus al canalului de combustibil. Combustibilul iradiat este apoi transferat într-un bazin de stocare plin cu apă aflat în aceeași direcție a serviciilor, lângă direcția reactorului.

Sistemul de transport al căldurii

Sistemul de transport al căldurii circulă agentul de răcire presurizat (D_2O) prin canale de combustibil pentru a extrage căldura produsă prin fisiunea uraniului.

Căldura este transportată de către agentul de răcire la cele patru generatoare de abur identice.

Sunt prevăzute două bucle de circulație, fiecare fiind câte o jumătate din zona activă. Generatorul de abur și pompele de circulație sunt plasate la fiecare capăt al reactorului astfel încât în jumătate din zona activă, debitul este direcționat într-un sens

iar în cealalt jumătate, în sens opus. Presurizatorul menține presiunea în circuitul de răcire la o valoare relativ ridicată. Fluidul de răcire este circulat în permanență în timpul funcționării reactorului, pe durata opririi și în perioada de întreprinderi.

Sistemul Moderator

Neutronii produși prin reacția de fisiune sunt moderați (încetiniți) de apa grea (D_2O) din calandria. Apa grea este circulată prin sistemul moderator pentru răcire, purificare și controlul substanțelor folosite pentru reglarea reactivității.

Apa grea din calandria acționează ca o sursă rece într-un eveniment de pierdere a agentului de răcire, fapt ce ar coincide cu indisponibilitatea sistemului de răcire la avaria a zonei active.

Sistemul generator de abur și apa de alimentare

Sistemul generator de abur transferă căldura din apa grea (D_2O) folosită ca agent de răcire, apei ușoare (H_2O) pentru formarea aburului, care duce la turbo-generator. Sistemul generator de apă de alimentare procesează aburul condensat venit de la turbină și îl trimite la turbo-generator.



Turbina tip CANDU constă dintr-un corp de înaltă presiune dublu flux și trei corpuri de joasă presiune în dublu flux care esapează în trei corpuri de condensor.

Zona activă

Reprezintă partea principală a unui reactor nuclear, în care se realizează reacția de fisiune în lanț. Aici se găsește atât combustibilul nuclear cât și moderatorul, care se pot afla într-un amestec intim (reactor omogen) sau pot fi separați (reactorul eterogen).

Materialul combustibil nuclear este reprezentat prin izotopii fisionabili sub neutroni termici (${}^{235}_{92}\text{U}$; ${}^{239}_{94}\text{Pu}$; și ${}^{233}_{92}\text{U}$) sau sub neutroni rapizi (${}^{238}_{92}\text{U}$; ${}^{232}_{90}\text{Th}$; ${}^{241}_{94}\text{Pu}$ etc.) și se găsesc în formă metalică sau în diferite combinații chimice: oxizi, carburi, sulfuri etc. ale acelui metal. El poate fi în stare *solid*, respectiv în stare elementară sau de dioxid, sub formă de bare, țevi sau plăci, imbricate într-un material (teacă) de protecție, sub formă de *soluții* de sulfuri de uraniu sau plutoniu (azotați, sulfurați) dizolvate în apă sau apă grea, care se circulă prin zona activă, sau sub formă *gazoasă*, de obicei un amestec de $\text{UF}_6 + \text{F}_2$, care se circulă asemănător cu combustibilii nucleari lichizi. Combustibilul cel mai utilizat în reactoarele nucleare este uraniul natural cu conținut de 0.7% ${}^{235}\text{U}$, sub formă metalică. În reactoarele cu apă sub presiune (REP) se utilizează uraniu îmbogățit cu 3% ${}^{235}\text{U}$, sub formă de dioxid, UO_2 .

Materialele structurale care intră în construcția zonei active a reactorului au rolul și susțin materialele fisionabile sub formă de țeci sau mantale, ori fiind utilizate la confecționarea valvelor și a diverselor mecanisme. Ele trebuie să aibă secțiune eficientă de captură neutronică mică, să fie refractate și să aibă conductivitate termică bună. Printre materialele folosite în acest scop se numără: aluminiul, aliajele de aluminiu cu magneziul, zirconiu, aliajul zircalloy etc.

Reflectorul

Înconjoară zona activă a unui reactor și este alcătuit dintr-un material cu proprietatea de a reflecta puternic neutronii și a reduce pierderile prin suprafața a reactorului în mediul înconjurător. Aceste materiale trebuie să aibă o mare putere de difuziune și slabe proprietăți absorbante pentru neutroni. La reactoarele termice, reflectoarele sunt de obicei o extindere a moderatoarelor (grafit, oxid de beriliu) dincolo de zona activă, iar la cele cu neutroni rapizi sunt formate din toriu sau uraniu natural.

Fluidul de circulație (agentul termic)

Are sarcina de a trece prin zona activă „inimă” reactorului și de a evacua căldura eliberată în urma reacțiilor nucleare de fisiune și a radiațiilor care o însoțesc, pentru a menține un anumit nivel energetic și de a împiedica încălzirea excesivă și topirea materialelor structurale. Agentul termic trebuie să aibă o secțiune eficientă mică de absorbție a neutronilor, să nu se activeze, să reziste la acțiunea radiațiilor, să aibă temperatura de topire cât mai coborâtă și temperatura de fierbere cât mai înaltă, să nu fie toxic, corosiv și exploziv și să aibă un coeficient mare de transfer de căldură.

Unele constante fizice caracteristice materialelor structurale

Elementul chimic	Secțiunea eficace pt captură neutroni termici(barni)	Punctul de topire Co	Conductibilitatea termica la 200C W/mK	Caldură specifică KJ/kgK	Coeficientul de dilatare lineară la 200 C K-1	Densitatea la 200C, Kg/m ³
Be	0.009	1285	159.1	1.800(200C)	11.6·10 ⁻⁶	1848
Mg	0.063	650	157.4	1.047(250C)	25.8·10 ⁻⁶	1740
Zr	0.185	1845	20.9	0.335(200C)	6.11·10 ⁻⁶	6510
Al	0.232	660.2	210.6	0.871(200C)	23.8·10 ⁻⁶	2699
Nb	1.15	2468	55.3	0.272(00C)	7.2·10 ⁻⁶	857
Fe	2.55	1539	75.4	0.437(200C)	11.7·10 ⁻⁶	786
Mo	2.65	2622	134.0	0.247(00C)	5.1·10 ⁻⁶	10220
Cr	3.10	1875	67.0	0.465(250C)	6.2·10 ⁻⁶	7190
Ni	4.43	1455	67.0	0.448(250C)	13.3·10 ⁻⁶	8900
V	5.04	1710	31.0	0.605(200C)	8.3·10 ⁻⁶	6110
W	18.50	3410	167.5	0.137(200C)	4.98·10 ⁻⁶	19300
Ta	21.10	2996	54.4	1.151(200C)	6.10·10 ⁻⁶	16600

Agenții termici în stare gazoasă (He, CO₂, aerul) se utilizează în reactoarele cu uraniu natural, iar cei lichizi (apa, apa grea) se folosesc în reactoarele cu uraniu îmbogățit. De asemenea, se utilizează metale sau sururi care se topesc ușor. Dintre metalele se menționează: sodiul, potasiul, litiul, mercurul, plumbul și bismutul, iar dintre sururi: NaF+BeF₂, NaF+LiF, LiF+BeF₂ care se topesc ușor, fiind caracterizate printr-o mare putere de înmagazinare a căldurii.

Materialele de reglare a puterii reactoarelor

Se remarcă prin seciune eficace de captură a neutronilor foarte mare. Prin introducerea sau scoaterea din zonă activă, ele reglează funcționarea reactoarelor nucleare, iar în caz de accidente le poate opri instantaneu. Printre materialele cele mai utilizate în acest scop, sub formă de bare, se află aliajele sau unele combinații de bor, cadmiu sau hafniu.

Sistemul de reglaj și control al reacției în lan

Acest sistem în regim critic, ce decurge în reactorul nuclear, este alcătuit din materiale care au valori mari pentru seciunea eficace de captură a neutronilor. Sistemul respectiv, sub formă de bare, trebuie să asigure modalitatea de declanșare și oprire automată a reacției nucleare de fisiune în lan, menținând-o în limite staționare. Ca materiale pentru reglaj și control de fisiune în lan se apelează la elementele: bor, cadmiu, argint, indiu, xenon și hafniu.

Ecrane de protecție biologică

Datorită reacțiilor de fisiune, a proceselor de dezintegrare radioactivă a produsilor de fisiune și a altor elemente radioactive, în reactoarele nucleare există o cantitate enormă de radiații nucleare complexe, formate din neutroni, radiații α , β și γ . Dintre toate aceste radiații, cea mai mare putere de pătrundere o au radiațiile γ și neutronii. Pentru a împiedica ieșirea lor din reactor, zona activă se înconjoară cu materiale de protecție denumite *ecrane biologice*. Pentru ecranarea neutronilor se folosesc substanțe moderatoare (apă, grafit) căptușite cu oțeluri, ciment și sticle cu bor etc. Radiațiile β și γ se ecranează cu ajutorul diverselor betoane grele și metale ca fierul și plumbul. Straturile de apă de dimensiuni determinate formează un material de protecție foarte avantajos.

Protecția reactorului

Este realizată din beton precomprimat, plumb, oțel și parafină. Primele trei materiale alcătuiesc blindajul de protecție a personalului contra radiațiilor alfa, beta și gamma, neutronii fiind absorbiți de parafină. În cazul reactorului nuclear tip

„piscină”, în loc de parafină, în vederea reținerii neutronilor, se întrebuintează apa.

Măsurile de protecție care se iau în cazul funcționării reactorului nuclear au în vedere următoarele aspecte:

- realizarea unei protecții eficiente contra tuturor radiațiilor nucleare, astfel ca personalul care lucrează în clădirea respectivă să nu fie expus unei doze peste cea maxim admisă;
- prevenirea contaminării accidentale a atmosferei și a mediului înconjurător prin produsele de fisiune gazoase sau ușor volatile;
- stocarea în siguranță pentru biosferă a tuturor deșeurilor radioactive.

O măsură a epuizării materialului combustibil nuclear din reactor, în urma reacției în lanț, este redată prin *fluxul integrat* al neutronilor (în neutroni/cm²·s) ce au produs fisiunea și care este dat de relația:

$$\phi = \int_0^t \phi(t) dt$$

Totodată măsura epuizării unui combustibil supus acțiunii fluxului de neutroni un timp t , cu desfășurarea reacției în lanț, poate fi exprimată și prin intermediul parametrului intitulat *grad de ardere*. Aceasta este definită fie ca energie specifică eliberată din reacția în lanț (MW_{zi}/tU), sau prin proporția de nuclee fisionate din cele existente inițial, ori prin numărul de acte elementare de fisiune pe unitatea de volum al nucleidului iradiat cu neutroni.

Dat fiind faptul că doar aproximativ 95% din cantitatea totală de energie eliberată din procesul de fisiune (E_f) se transmite în exterior sub formă de căldură puterea degajată de un reactor nuclear de volum V_R este dată de relația:

$$P = 0.95 E_f V_R \Phi \Sigma_f$$

în care: Σ_f este secțiunea eficace macroscopică de fisiune. În urma fisionării unei cantități m (în Kg) de nucleid ${}_{92}^{235}\text{U}$, reactorul nuclear degajă o putere (în W) ce se stabilește cu relația:

$$P = 3.82 \cdot 10^{-8} \Phi m$$

Reactoarele de putere CANDU-PHWR sunt constituite din uraniu natural sub formă de pelete de dioxid (UO_2), având ca moderator și fluid de răcire apa grea sub presiune, care la intrarea în schimbătorul de căldură are 300°C.

Un reactor de tip CANDU (Canadian Deuterium Uranium) furnizat de firma *Atomic Energy of Canada Limited* este schițat în fig.1. Notațiile din această figură reprezintă 1-pastile de UO_2 , în fascicolul de bare de ardere; 2-tuburi de presiune; 3-moderator; 4 și 7-

dispozitive mecanice de alimentare continuu cu combustibilul nuclear fără oprirea reactorului; 5 și 8-rezervoare de apă grea; 6-circuit de circulație bare de ardere; 9-bare de susinere și 10-incinta reactorului nuclear.

Reactorul CANDU este un reactor cu neutroni termici și are o putere instalată mai mică decât cea a reactorilor BWR și PWR. Materialul combustibil nuclear este uraniul natural (cu 0.72% $^{235}_{92}\text{U}$) sub formă de pastile de UO_2 așezate în teci de zircaloy-4, care alcătuiesc barele de ardere. Apa grea înalt îmbogățită în deuteriu este utilizată atât ca moderator cât și ca agent de circulație.

Avantajul utilizării apei grele pentru moderarea neutronilor rapizi este acela că, din cauza secțiunii mici de captură a neutronilor termici pe care o are, va conduce implicit la o economie de neutroni în incinta reactorului, ceea ce face ca și uraniul natural neîmbogățit să fie folosit cu succes drept combustibil fisionabil, favorizând automat înerea reacției în lan în regim critic. Pe de altă parte, nuclidul $^{238}_{92}\text{U}$ se transformă în izotopul fisionabil $^{239}_{94}\text{Pu}$, iar cantitatea de plutoniu produs într-un astfel de reactor termic (reproducător), moderat cu apă grea este de două ori mai mare decât în cazul reactorului moderat cu apă ușoară.

Vasul reactorului este un rezervor cilindric orizontal, umplut cu apă grea, care este străbătut de câteva sute de tuburi de aluminiu așezate în poziție orizontală, așezate în tuburi de presiune. În interiorul tuburilor de presiune se află elementele combustibile nucleare alcătuite din bare de ardere cu dioxid de uraniu.

Apă grea va prelua căldura degajată în urma reacției nucleare de fisiune în lan, cedând-o apoi apei ușoare într-un sistem de schimbătoare de căldură. Aici rezultă abur sub presiune, care va antrena turbina respectiv cu producere de curent electric în generatorul de electricitate adiacent.

Pe lângă obținerea de $^{239}_{94}\text{Pu}$, reactorul CANDU poate fi folosit pentru furnizarea unui alt lichid fisionabil, $^{233}_{92}\text{U}$, cu un factor de transformare apreciabil (de 0.9), dacă încercăm inițial de combustibil nuclear conținând un amestec întins de UO_2/ThO_2 sau $\text{PuO}_2/\text{ThO}_2$. O altă caracteristică pozitivă a unui reactor CANDU o reprezintă gradul mare de siguranță în funcționare, în comparație cu ceilalți reactori nucleari energetici.

Dezavantajele unui reactor CANDU sunt legate în primul rând de costul mult mai ridicat decât cel al reactorilor BWR și PWR, din cauza instalației mai complexe și pentru că necesită mari cantități de apă deuterată, mult îmbogățită în deuteriu, scump din punct de vedere financiar. Totodată, prin captura de neutroni, deuteriul se transformă în tritium deuterat (TD), într-o cantitate apreciabilă. Dacă nu se iau măsuri eficiente de menținere totală a tritiului radioactiv, se poate produce contaminarea biosferei cu acest izotop supergreu al hidrogenului, cu efecte negative asupra ecologiei mediului ambiant.

FUNCȚIONAREA REACTORULUI NUCLEAR

Combustibilul utilizat în reactoarele nucleare este alcătuit în principal din nucleele a doi izotopi și anume: ^{235}U și ^{238}U . Când un neutron termic patrunde într-un nucleu de uraniu-235 are loc o reacție de fisiune, adică nucleul se despică în două fragmente cu energie mare. În urma acestei reacții sunt eliberați și alți neutroni de mare energie și radiații gamma. Neutronii termici care patrund în ^{238}U produc ^{239}U , care în cele din urmă se dezintegrează în plutoniu-239. Reactorul nuclear funcționează cu combustibil format din ^{235}U în proporție mai mare de 0,7%, cât este concentrația minereului natural. Neutronii rapizi nu sunt tot atât de capabili de a produce fisiunea și de aceea sunt încetiniți prin aceste bariere de apă sau grafit până când, prin ciocniri succesive devin termici și pot provoca o nouă serie de fisiuni, dând naștere astfel unei reacții în lanț autointretinute. Cantitatea de combustibil variază între 100 tone și câteva sute de tone.

PROTECȚIA TIP CANDU

1. Are sisteme de securitate redundante;
2. Zona activă are detectori cu triplă redundanță (logica de declanșare „doi din trei”);
3. Are două sisteme de oprire conceptual și fizic separate (unul cu bare de oprire rapide și celălalt cu injecție sub înaltă presiune de otrăvitor lichid). Fiecare sistem este capabil să oprească reactorul rapid în 2 secunde după un accident de tip LOCA (Loss of Coolant Accident - accident de pierdere a agentului de răcire) - accidentul de bază de proiect în filozofia de securitate CANDU, fără să se acorde nici un credit intervenției operatorului.
4. Include sisteme cu trei surse de securitate nucleară pasivă (adică acele sisteme care nu necesită surse exterioare de energie pentru acționare, folosind diverse procese naturale cum ar fi destinderea unui gaz sub presiune, curenții gravitaționali, etc.
5. Subdiviziunea zonei active în două bucle termohidraulice și sute de tuburi de presiune în fiecare buclă, localizând LOCA în regiuni restrânse ale zonei active, reducând astfel efectul reactivității asupra desfurării LOCA;
6. Existența unui volum mare de inventar de moderator la temperatură scăzută (cca 60°) și presiune scăzută, care înconjoară zona activă și poate acționa ca o sursă rece care preia căldura excesivă în scenariile unui LOCA, reducând la un nivel neglijabil

- riscurile unei topiri a zonei active. La rândul lui, moderatorul este înconjurat de un rezervor- chesonul calandriei- plin cu apă (folosit ca protecție biologică și termică); care și el poate servi ca o sursă rece suplimentară în cazul unui accident sever;
7. Cinetica neutronică a apei grele este cu câteva ordine de mărime mai „înceată” decât a celei cu apă ușoară (ca la reactorii PWR- reactori cu apă sub presiune), reducând discontinuitatea dintre comportamentul cinetic imediat și cel întârziat, în final fiind când controlul mai ușor.
 8. Criticalitatea unui fascicul de combustibil CANDU în apă ușoară este imposibilă, evitând în acest fel îngrijorările pentru un accident sever care trebuie analizate înșelă un reactor tip PWR. Mai mult pentru geometria unei zone active CANDU este aproape de ideal din punct de vedere al reactivității, orice modificare a ei în condiții de accident sever, asigură oprirea reacției în lanț;
 9. Încărcarea sub sarcină înseamnă că distribuția de putere atinge un echilibru în cca un an de la pornirea reactorului și rămâne practic neschimbată pe întreaga durată de viață a reactorului. Acest lucru simplifică enorm analizele comportamentului zonei active în condiții de accident.
 10. Încărcarea sub presiune permite detectarea combustibilului defect și îndepărtarea lui din zona activă, reducând contaminarea agentului primar și simplificând întreținerea;
 11. Poziționarea generatorilor de abur deasupra zonei active permite termofonarea naturală (circulația naturală datorită diferenței de densitate a agentului primar), care poate ajuta la îndepărtarea cizurii reziduale, dacă sistemul de circulație la oprire nu funcționează; de asemenea numărul mare de țevi cu diametru mic (fiderii) din circuitul primar acționează ca un „radiator” în aceste condiții.

Filozofia de securitate a reactorilor CANDU este bazată pe principiul „protecției în adâncime”, care include redundanța (folosirea a cel puțin două componente sau sisteme funcționale, diferite pentru aceeași funcție), separarea (folosind bariere și/sau distanțarea componentelor sau sistemelor pentru aceeași funcție) și protecția (calificarea la mediu și la cutremur a sistemelor de securitate nucleară); această filozofie este aplicată pentru întreaga centrală, de la sistemul de reglaj al reactorului, sistemele speciale de securitate a centralei, sistemele de control de proces și sistemele de alimentare cu energie electrică. Această filozofie este înglobată și în sistemul camerei de comandă secundară, care este o cameră de control al reactorului de rezervă (calificată la cutremur) capabilă să oprească în condiții sigure reactorul. Sistemul de reglare al reactorului este parte a sistemului de control computerizat responsabil de controlul nivelului și presiunii în generatorii de abur, presiunea în circuitul primar și declanșarea turbinei. Sistemul include două calculatoare de proces identice, fiecare fiind rezerva „caldă” a celuilalt.