

Programul de dezvoltare a competențelor de leadership în domeniul securității nucleare

Limitele și condițiile tehnice de operare (LCTO)

Mădălina Coca

Rev. 1, 02.10.2023

Limitele și condițiile tehnice de operare

Limitele și condițiile tehnice de operare (LCTO) reprezintă setul de reguli, limitele parametrilor, capacitatea funcțională și nivelurile de performanță ale sistemelor, structurilor și echipamentelor, efectivele și calificările personalului stabilite pentru asigurarea operării în siguranță a unei instalații nucleare.

LCTO sunt strâns legate de bazele de proiectare ale SSCE și ale instalației nucleare în ansamblu. Respectarea LCTO asigură menținerea conformității cu bazele de proiectare. LCTO acoperă toate stările și modurile de operare.

LCTO definesc condițiile care trebuie îndeplinite pentru:

- a) prevenirea situațiilor care ar putea conduce la accidente;
- b) atenuarea consecințelor accidentelor potențiale considerate în proiectul instalației nucleare.

LCTO includ următoarele categorii de specificații tehnice:

- a) limitele de securitate nucleară;
- b) pragurile de acționare a sistemelor de securitate nucleară;
- c) condițiile-limită de operare;
- d) cerințele de supraveghere a performanțelor de securitate nucleară;
- e) aspecte specifice de proiectare;
- f) controlul administrativ.

Limitele de securitate nucleară

Limitele de securitate nucleară reprezintă valorile parametrilor importanți pentru securitatea nucleară în limita cărora se asigură protecția integrității barierelor fizice care previn eliberările necontrolate de materiale radioactive.

Exemple de limite de securitate nucleară pentru:

1. matricea combustibilului nuclear (pastila de combustibil nuclear) – max. 2740°C pentru a preveni topirea
2. teaca elementului de combustibil nuclear – max. 1000°C pentru a preveni defectarea
3. circuitul primar de răcire a zonei active a reactorului nuclear (SPTC) – max. 12.94 Mpa(a) pentru a preveni defectarea (în condiții de accident bază de proiect)
4. anvelopa de protecție care adăpostește reactorul nuclear și sistemele aferente – rata de scăpări (considerată în analize) de max. 5% din volum/zi la presiunea nominală de 124 kPa

Notă: exemplele sunt pentru CNE de tip CANDU-6

Pragurile de acționare a sistemelor de securitate nucleară

Pragurile de acționare a sistemelor de securitate nucleară sunt acele valori ale parametrilor importanți pentru securitatea nucleară care determină acționarea automată a acestora.

Exemple de praguri de acționare pentru:

- SDS#1 – putere neutronică ridicată, presiune ridicată în SPTC
- SDS#2 – putere neutronică ridicată, presiune ridicată în SPTC, presiune ridicată în clădirea reactorului
- ECC (SRAZA) – presiune scăzută în SPTC
- Subsistemele sistemului anvelopei reactorului:
 - sistemul de izolare - presiune ridicată în clădirea reactorului, radioactivitate crescută în anvelopă
 - sistemul de stropire (dousing) - presiune ridicată în clădirea reactorului
- Pragurile de acționare pentru vanele de protecție la suprapresiune

Condițiile-limită de operare

Condițiile-limită de operare reprezintă nivelurile minime ale capacității de funcționare sau ale performanțelor sistemelor, structurilor, componentelor și echipamentelor care trebuie respectate pentru a asigura funcționarea instalației nucleare în condiții de siguranță. Dacă nu sunt îndeplinite condițiile-limită de operare, se impun măsuri corective, care merg până la oprirea reactorului nuclear.

Condițiile-limită de operare trebuie să includă:

- limitele parametrilor care definesc funcționarea normală a SSCE – pentru CANDU-6 sunt în OP&P și în cap. 16 din RFS (e.g. puterea termică maximă totală mediată pe 12 ore, puterea termică maximă totală instantanee, puterea maximă generată într-un canal de combustibil, puterea maximă generată într-un fascicul de combustibil, limitele privind scurgerile din SPTC, limita pentru concentrația de iod din SPTC, limita pentru concentrația de tritiiu din SPTC etc.)
- ansamblul minim de sisteme, componente și echipamente care trebuie să fie funcționale – pentru CANDU-6 sunt în OP&P și în cap. 16 din RFS (e.g. pentru SDS#1 cel puțin 26 de bare din 28, timpul de inserție al barelor; pentru SDS#2 cel puțin 5 din 6 căi de injecție în vasul calandria, concentrația otrăvii, presiunea de injecție a He, timpul de deschidere a căii de injecție)
- acțiunile care trebuie luate de personalul de operare în cazul deviației de la LCTO și timpul permis pentru luarea acestor acțiuni (pentru CANDU-6 sunt în OP&P și în Impairment Manual)
- efectivele minime de personal de tură.

Cerințele de supraveghere reprezintă condițiile referitoare la

- testările (specificate, de exemplu, în manualele de testare OMT)
- calibrările
- verificările
- inspecțiile (care includ inspecțiile periodice obligatorii din timpul funcționării)
- monitorizările

care trebuie efectuate pentru a se asigura că cerințele de performanță pentru SSCE importante pentru securitatea nucleară sunt menținute pe toată durata de funcționare a instalației și că exploatarea instalației se face în condiții de siguranță.

Cerințele de supraveghere trebuie să fie adecvate pentru detectarea oricăror efecte ale proceselor și mecanismelor de îmbătrânire asupra SSCE importante pentru securitatea nucleară.

Pentru verificarea rezultatelor acestor activități de supraveghere sunt stabilite criterii de acceptare (care sunt stabilite în baza analizelor și evaluărilor de securitate nucleară, a reglementărilor, codurilor și standardelor).

Criteriile de acceptare din cerințele de supraveghere au o legătură directă sau indirectă cu condițiile limită de operare și cu limitele de securitate nucleară.

Aspectele specifice de proiectare

Aspectele specifice de proiectare se referă la anumite caracteristici ale instalației, cum ar fi, de exemplu, materialele de construcție, dispoziția în spațiu, a căror modificare sau degradare poate afecta securitatea nucleară (i.e. prin impactul asupra ipotezelor din analizele de securitate nucleară) și care nu au fost incluse în alte categorii de LCTO.

În această categorie se regăsesc:

- caracteristicile constructive ale zonei active a reactorului
- caracteristicile constructive ale SPTC
- otrăvurile utilizate pentru controlul reactivității
- specificațiile tehnice pentru combustibilul nuclear
- chimicalele precum TSP (fosfat trisodic)
- amplasarea instrumentației
- dispunerea în spațiu a anumitor echipamente (e.g. detectori, recombinatoare și arzătoare de hidrogen)
- materialele de izolație termică pentru echipamentele din clădirea reactorului
- materialele utilizate pentru acoperiri (e.g. acoperiri epoxidice, tratamente anticorozive, acoperiri ignifuge)
- suporții și amortizorii
- echipamentele pasive de protecție la incendiu
- echipamentele și dispozitivele anti-inundație
- separarea echipamentelor redundante
- ecranele de protecție biologică
- dispunerea combustibilului uzat în BCU

Controlul administrativ reprezintă măsurile organizatorice necesare pentru asigurarea exploatării instalației în condiții de securitate nucleară.

Aceste măsuri includ, de exemplu, procesele de organizare și conducere, controlul documentelor, controlul și menținerea înregistrărilor, controlul configurației și al modificărilor permanente și temporare, cerințele referitoare la revizii și evaluări, cerințele de raportare, efectivele normale de personal din diferite categorii care desfășoară activități importante pentru securitatea nucleară.

De asemenea, aceste măsuri includ cerințe referitoare la disponibilitatea, inspecția, verificarea și testarea periodică a structurilor, sistemelor, facilităților, instrumentelor, dispozitivelor, echipamentelor fixe și mobile și sistemelor de comunicație dedicate implementării răspunsului la tranzienți, accidente și situații de urgență, în cazul în care acestea nu au fost deja incluse în categoria cerințelor de supraveghere.

Limitele și condițiile tehnice de operare

Conceptul de LCTO a fost preluat din reglementările din SUA (<https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/cfr/part050/part050-0036.html>) în normele românești încă din 1975, mai întâi în Normele republicane de securitate nucleară, iar mai apoi cerințele privind LCTO au fost transferate în 2015, în Normele de securitate nucleară privind limitele și condițiile tehnice de operare pentru instalațiile nucleare.

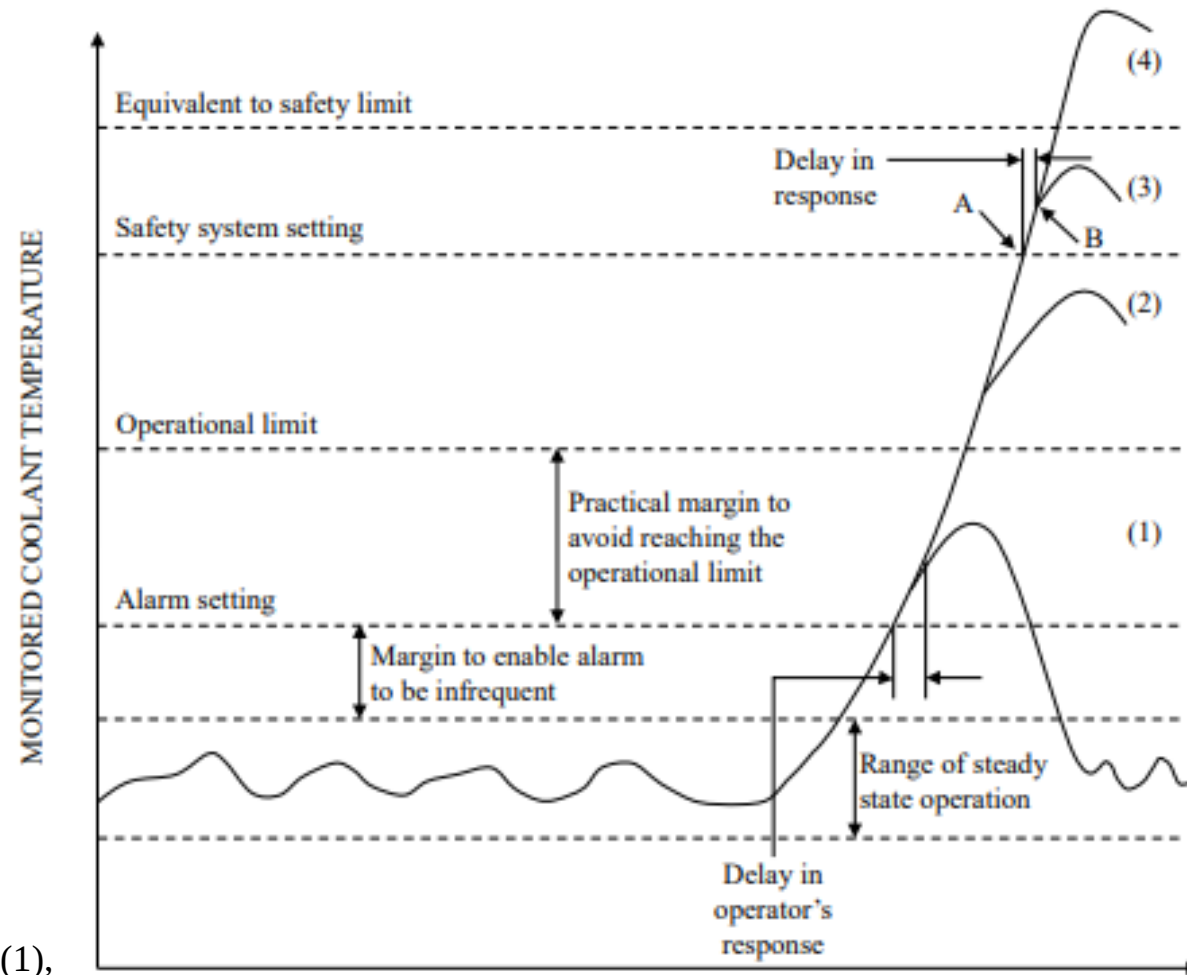
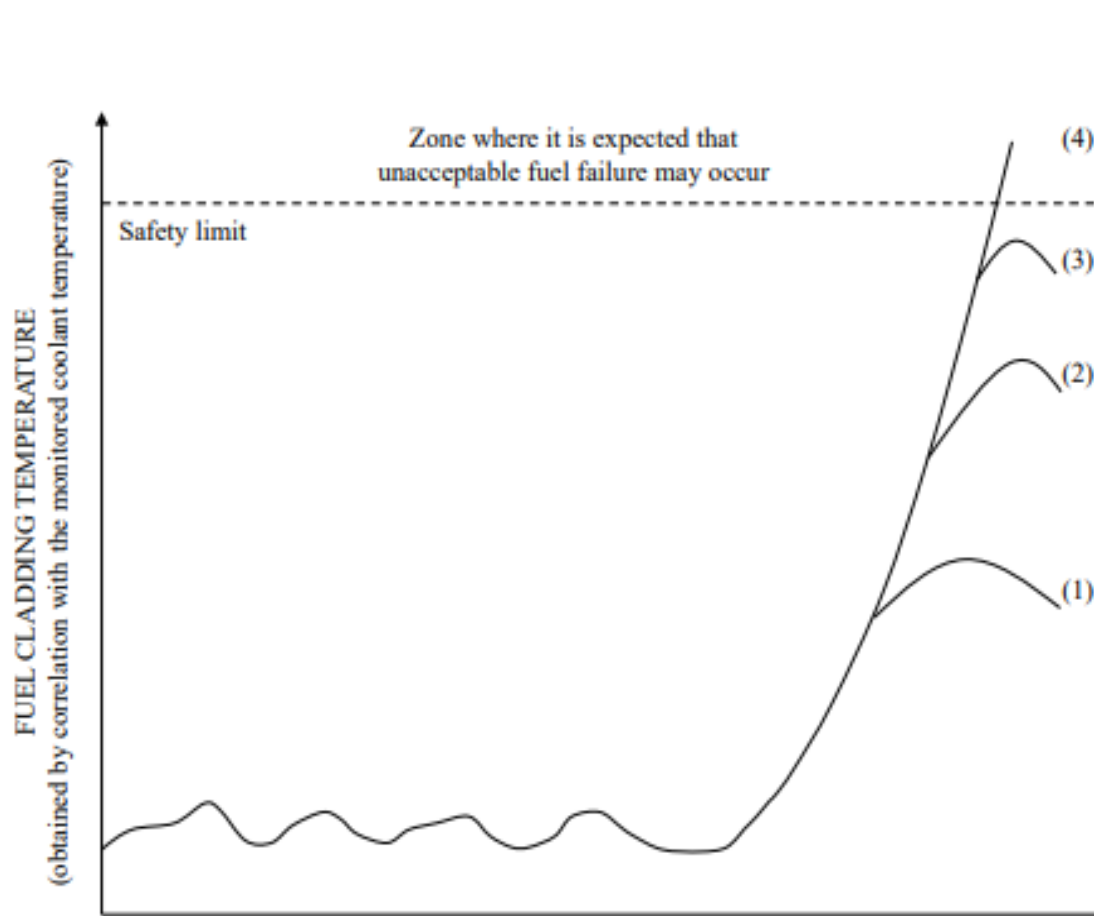
Pentru CNE de tip CANDU, LCTO sunt distribuite în mai multe categorii de documente:

- OP&P (Operating Policies & Principles)
- Impairment Manual
- Reactor Physics Manual
- Outage Heat Sinks Manual
- OM (manuale de operare)
- OMT (manuale de testare)
- OUOM / OUOI (manuale / instrucțiuni de operare a unității în ansamblu)
- PIPD (documentele care guvernează programul de inspecții periodice obligatorii pentru diferite SSCE)
- DM (manuale de proiectare) și documente DR (Design Requirements) și TS (Technical Specifications)
- Diferite proceduri din cadrul sistemului de management

La reactoarele de tip PWR și BWR din SUA ele se regăsesc în documentele de tip Technical Specifications, structurate într-un mod vizibil în cele 6 categorii de LCTO.

Limitele și condițiile tehnice de operare

Ilustrarea relației dintre o limită de securitate, un prag de acționare pentru un sistem protectiv și o condiție-limită de operare.



Curbele numerotate de la (1) la (4) se referă la evoluția în caz de operare normală (1), tranzient anticipat (2), accident bază de proiect (3) și accident sever (4).
Practic vedem și aici corespondența cu nivelurile de protecție în adâncime.

FIG. A-1. Interrelationship between a safety limit, a safety system setting and a limit for normal operation. The four curves shown are explained in paras A-4 to A-7.

Limitele și condițiile tehnice de operare

Referințe:

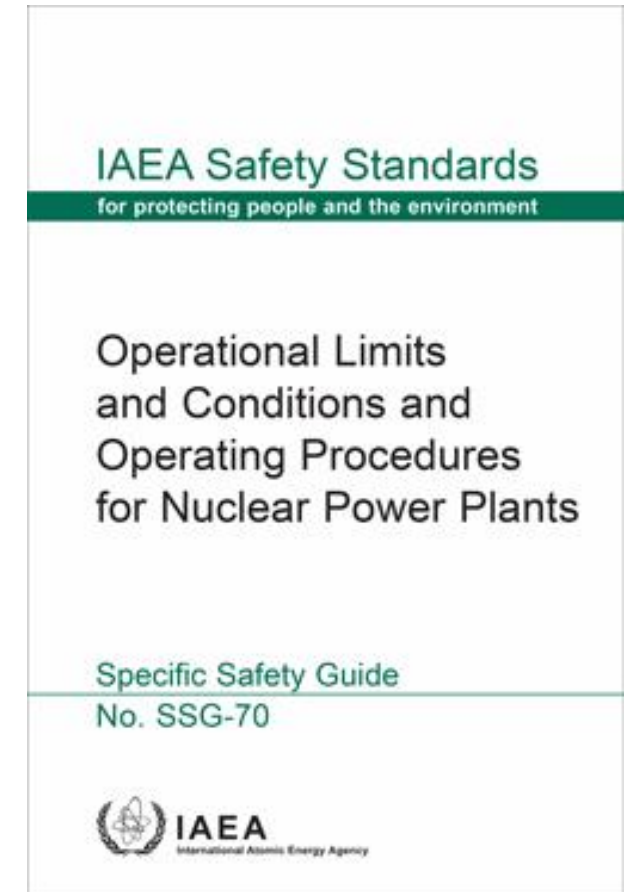
- Operational Limits and Conditions and Operating Procedures for Nuclear Power Plants, Specific Safety Guide, IAEA Safety Standards Series No. SSG-70

https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB2009_web.pdf

- Normele de securitate nucleară privind limitele și condițiile tehnice de operare pentru instalațiile nucleare (NSN-05), emise de CNCAN și publicate în Monitorul Oficial, Partea I nr. 751 din 08 octombrie 2015, revizuite și completate în 2023:
<http://www.cncan.ro/assets/NSN/2023/Ordin-199-din-2015-NSN-05.pdf>
; <http://www.cncan.ro/assets/NSN/2023/Ordin-14-din-2023.pdf>

- US NRC Code of Federal Regulations 10 CFR Part 50.36

<https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/cfr/part050/part050-0036.html>



Limitele și condițiile tehnice de operare

Exemple de LCTO / Technical Specifications din autorizațiile pentru reactoarele PWR din SUA:

<https://www.nrc.gov/reactors/operating/licensing/techspecs.html>

NUREG-1431, Vol. 1, Rev. 5, Standard Technical Specifications Westinghouse Plants: Specifications

<https://www.nrc.gov/docs/ML2125/ML21259A155.pdf>

Westinghouse Plants, Rev. 5 STS (NUREG-1431), Vol. 2, Bases

<https://www.nrc.gov/docs/ML2125/ML21259A159.pdf>

Mergem pe pagina NRC cu toate reactoarele aflate în exploatare

<https://www.nrc.gov/reactors/operating/list-power-reactor-units.html> -> alegem unul (un PWR preferabil)

-> <https://www.nrc.gov/info-finder/reactors/byro1.html> -> deschidem autorizația de exploatare (Plant Operating License) <https://www.nrc.gov/docs/ML0529/ML052910365.pdf> și căutăm Technical Specifications în prima anexă. Nu toate autorizațiile au LCTO atașate, doar cele mai recente (dar veți găsi destule exemple).

Limitele și condițiile tehnice de operare

Temă de studiu:

Pentru cei care au acces la documentația tehnică aferentă instalațiilor nucleare deținute sau controlate de organizația pentru care lucrează:

Documentați toate LCTO (structurate în categoriile aplicabile din cele 6 categorii generice), pentru 3 sisteme, la alegere, din următoarele categorii:

- 1 sistem care are rol doar în funcționarea normală
- 1 sistem care are rol în funcționarea normală și intervine și în caz de tranzienți și accidente
- 1 sistem care nu are niciun rol în funcționarea normală și intervine doar în caz de tranzienți și accidente

Pentru cei care nu au acces la documentație tehnică în cadrul serviciului, puteți utiliza exemple de LCTO / TS (Technical Specifications) din documentația disponibilă pe internet (vedeți slide-ul anterior) tot pentru 3 sisteme din categoriile menționate mai sus; în acest caz, va trebui să căutați prevederile relevante pentru sistemele alese, în fiecare din secțiunile TS care corespund categoriilor generice de LCTO.

Găsiți un coleg / o colegă care să vă verifice LCTO pentru sistemele alese. Alternativ, putem organiza sesiuni online în care să discutăm LCTO pentru diferite sisteme.