

Technická správa

Predprevádzková bezpečnostná správa

Kapitola 06.03 Ochranná obálka jadrového zariadenia

Stavba: Dostavba 3. a 4. blok JE Mochovce, stavenisko: Jadrová časť
Construction: 3&4 Unit NPP Mochovce Completion, site: Nuclear Island
Stavebník: Slovenské elektrárne, a.s., Bratislava, 3. a 4. blok JE Mochovce
Constructor: Slovenské elektrárne, a.s., Bratislava, 3&4 Unit NPP Mochovce

		LC							
SE Rev	Date / Dátum	IS	Supervision Outcome / Stav schválenia	Supervised by / Overil		Checked by / Kontroloval		Approved by / Schválil	
			Language / Jazyk	S	Safety Class / Bezpečnostná trieda	N/N	SEC. INDEX / INDEX utajenia		Company use/P
			Submitted to Client to / Predložené odberateľovi na:	Approval / Schválenie		Information Only / Len na informáciu			
<i>The SE a.s. approval refers to the contract clauses only. All design responsibilities are charged to the Contractor / Schválenie SE a.s. sa vzťahuje iba na zmluvné náležitosti. Za vypracovanie projektu nesie dodávateľ plnú zodpovednosť.</i>									
EPS No / Číslo EPS: PNM34365000		Revision index / Index revízie: 08		Size / Veľkosť	Activity Code / Aktivita	Type / Subtype Typ / Podtyp	Discipline / Profesia	Plant Unit / Blok elektrárne	
File name / Názov súboru:		SE doc. Code / SE číslo dokumentu: PNM34361038		A4	6.01	RS	Z	8	
 * P N M 3 4 3 6 1 0 3 8 0 8 *				Sheet / List	Of / z		Plant System / Systém elektrárne	Component / Komponent	
				1	55				

SE Contract No. / Číslo zmluvy SE: 4600003952				VUJE Contract No. / číslo zmluvy VUJE: 1719/00/09			
Part name / Označenie časti: PNM3436103808_S_C00_V				Issued on / Vydané dňa: 11.07.2019			
Kód citlivosti ¹⁾ / Sensitivity code ¹⁾	3	Name / Meno	Organization / Organizácia	Dept. / Útvar	Date / Dátum	Signature / Podpis	
Author / Vypracoval:			• VUJE, a.s.	• 0220	• 11.07.2019	•	
Co-author / Spolupracoval:			•	•	•	•	
Checked by / Kontroloval:			• VUJE, a.s.	• 0220	• 11.07.2019	•	
			•	•	•	•	
			•	•	•	•	
Verified by / Overil:			• VUJE, a.s.	• 0720	• 11.07.2019	•	
Approved by / Schválil:			• VUJE, a.s.	• 1703	• 11.07.2019	•	

Tento dokument je vlastníctvom Slovenských elektrární, a.s.. Tento dokument, ako aj informácie z neho, môžu byť použité, kopírované, rozmnožované alebo zverejňované iba so súhlasom Slovenských elektrární, a.s.. Uvedené riešenie je obchodným tajomstvom VUJE, a.s..

This document is property of Slovenské elektrárne, a.s. This document as well as information it contains can only be used, copied, reproduced or published with consent of Slovenské elektrárne, a.s. The solution presented is trade secret of VUJE, a.s.

Revision record / Záznam o revízii

Identification / Identifikácia (part/page/chapter/ member/section) (časť/strana/kapitola/ článok/odstavec)	Brief description of modification / Stručná charakteristika úpravy (description of modification and manner of implementation) (popis úpravy a spôsobu zapracovanie)	Reason of modification / Dôvod úpravy (author company, number of comments or other stimulation, name of author, comment document No.) (firma autora a číslo pripomienky, resp. iný podnet, meno autora, č. dokumentu pripomienok)
• Celý dokument	• Zapracovanie pripomienok ÚJD podľa Aarhuského výboru	• V súlade s dokumentom PNM34482979
• Celý dokument	• Zapracovanie pripomienok SE	• Comment Sheet No. MO34-CS- N012-20190709-012
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•

List of document part

Zoznam častí dokumentu

Por. č. No.	Názov dokumentu Document name	Ev. č. súboru časti dokumentu / File ref. No. of document part	Číslo revízie / Revision No.
1.	• Kapitola 06.03 Ochranná obálka jadrového zariadenia	• PNM3436103808_S_C00_V	• 08
2.	• Kapitola 06.03 Ochranná obálka jadrového zariadenia	• PNM3436103808_S_C01_V	• 08
3.	•	•	•
4.	•	•	•
5.	•	•	•
6.	•	•	•
7.	•	•	•
8.	•	•	•
9.	•	•	•
10.	•	•	•
11.	•	•	•

OBSAH

OBSAH	1
ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A OZNAČENÍ	2
ÚVOD	3
6.3 Ochranná obálka jadrového zariadenia	4
6.3.1 Ochranná obálka - kontajnement	4
6.3.1.1 Účel a členenie systému	6
6.3.1.2 Popis projektu	6
6.3.1.3 Prevádzkové režimy	6
6.3.1.4 Systém kontroly a riadenia	7
6.3.2 Komponenty hranice ochrannej obálky	7
6.3.2.1 Hermetická výstelka (oblicovka)	7
6.3.2.2 Hermetické dvere a prielezy	8
6.3.2.3 Technologické poklopy	11
6.3.2.4 Hermetické priechodky	15
6.3.2.5 Kanály ionizačných komôr	19
6.3.3 Skúšky tesnosti a pevnosti hermetickej zóny	19
6.3.3.1 Lokálne skúšky tesnosti komponentov ochrannej obálky	20
6.3.3.2 Integrálne skúšky tesnosti ochrannej obálky	27
6.3.3.3 Periodické skúšky tesnosti HP (PERIS)	34
6.3.3.4 Skúška pevnosti stavebnej časti kontajnementu	36
6.3.4 Bezpečnostné hodnotenie kontajnementu	40
6.3.4.1 Teoretické, experimentálne a výpočtové hodnotenie	40
6.3.4.2 Projekt stavby kontajnementu	42
6.3.4.3 Pôvodný ruský projekt stavby kontajnementu	42
6.3.4.4 Revidované analýzy kontajnementu pre aktualizované podmienky lokality	45
6.3.4.5 Hodnotenie plnenia legislatívnych požiadaviek	46
LITERATÚRA	50
ZOZNAM TABULIEK	52

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A OZNAČENÍ

BD	- Bloková dozorňa
BK	- Barbotážny kondenzátor
DBA	- Design Basic Accident / Projektová havária
DG	- Diesel Generator
EMO	- Elektrárň Mochovce
EUR	- European utility requirements / Európske požiadavky na systémy
HCC	- Hlavné cirkulačné čerpadlo
HP	- Hermetický priestor
HZ	- Hermetická zóna
HU	- Hermetický uzáver
HVB	- Hlavný výrobný blok
I.O.	- Primárny okruh
JE	- Jadrová elektrárň
LOCA	- Lost of coolant accident / Havária so stratou chladiwa
LST	- Lokálna skúška tesnosti
MAAE	- Medzinárodná agentúra pre atómovú energiu
MO34	- Mochovce 3. a 4. blok
ND	- Núdzová dozorňa
NOP	- Neobslužný priestor
NPP	- Nuclear power plant / Jadrová elektrárň
NT	- Nízkotlaký
PG	- Parogenerátor
POP	- Poloobslužný priestor
RA	- Rádioaktívny
RAL	- Rádioaktívne látky
SKR	- Systém kontroly a riadenia
ŠOV	- Špeciálna očistka vôd
ŠR	- Šachta reaktora
ÚJD SR	- Úrad jadrového dozoru Slovenskej republiky
VBS	- Vákovobarbotážny systém
VT	- Vysokotlaký
ZHD	- Záštitné hermetické dvere (Tieniace HD)

ÚVOD

Kapitola 6.3 Ochranná obálka jadrového zariadenia je súčasťou Predprevádzkovej bezpečnostnej správy MO34 a popisuje hermetický priestor, ktorý je súhrnom všetkých hermetických miestností (kobiiek), ktorých stavebné železobetónové a oceľové hranice sú počas prevádzky blokov voči vonkajšej atmosfére hermeticky uzavreté. Tieto hermetické priestory musia zostať plynotesné a integrálne aj pri maximálnom pretlaku, resp. podtlaku, ktorý vznikne pri ľubovoľnej projektovej havárii.

Okrem charakteristík priestorov ochrannej obálky sú opísané aj jednotlivé komponenty jej hermetickej hranice a tiež ich tesnostné a pevnostné predprevádzkové a prevádzkové testy.

Uvedené je bezpečnostné hodnotenie ochrannej obálky, bezpečnostná funkcia ktorej je najmä v havarijných podmienkach plnená v súčinnosti s aktívnymi a pasívnymi systémami kontajnementu, popísanými v kapitole 6.4.2.

Kapitola bola vypracovaná aj podľa požiadaviek Vyhlášky ÚJD SR. č. 50/2006 [II.10], ktorou sa ustanovujú podrobnosti o požiadavkách na jadrovú bezpečnosť jadrových zariadení (posúdenie plnenia požiadaviek platnej vyhlášky ÚJD SR č. 430/2011 [II.5] voči požiadavkám vyhlášky ÚJD SR. č. 50/2006 [II.10] je uvedené na konci kapitoly 6.3.4.5).

6.3 Ochranná obálka jadrového zariadenia

6.3.1 Ochranná obálka - kontajnement

Zabezpečuje a slúži na ochranu hlavného výrobného a bezpečnostne významného zariadenia JE voči pôsobeniu vonkajších vplyvov a súčasne predstavuje poslednú bariéru voči úniku rádioaktívnych produktov štiepenia do okolia JE.

Ochranná obálka - kontajnement - JE MO34 je komplex, tvorený nasledujúcimi základnými časťami, umožňujúcimi mu jednotlivo a vo vzájomnej súčinnosti plniť jeho bezpečnostné funkcie:

Hermetická zóna (hranica, ochranná obálka) predstavuje poslednú, tretiu bariéru voči úniku rádioaktívnych produktov štiepenia do okolia JE. Hermetická zóna sa delí na:

- vonkajšiu
- vnútornú.

Vonkajšiu hermetickú hranicu tvoria železobetónové steny s výstelkou z oceľového plechu, ktoré oddeľujú všetky hermetické priestory od okolia.

Vnútornú hermetickú hranicu tvoria steny podobnej konštrukcie ako má vonkajšia hranica a tieto oddeľujú hlavné hermetické priestory (box PG, ventilačné centrum, šachta VBS) od vedľajších hermetických priestorov - poloobslužných priestorov a hermetických uzáverov.

Hermetický priestor je súhrnom všetkých hermetických miestností (kobiiek), ktorých hranice počas prevádzky blokov sú voči vonkajšej atmosfére hermeticky uzavreté. Tieto hermetické priestory musia zostať plynutesné a integrálne aj pri pretlaku, resp. podtlaku, ktorý vznikne pri maximálnej projektovej havárii. Pojmy hermetická zóna a hermetické priestory (v zmysle vyššie uvedenej definície) sa v technickej praxi často striktné nerozlišujú a používajú sa ako synonymá. V projekte sú priestory hermetickej zóny situované v budove reaktora, ktorá je dispozične začlenená do komplexu hlavného výrobného bloku, s ktorým tvorí jeden celok.

Hermetické priestory sa delia na:

- neobslužné;
- poloobslužné;
- hermetické uzávery.

Neobslužné priestory sú tie priestory HZ, do ktorých sa v prípade havárie s únikom chladiva, voľne šíria následky (tlak, teplota, RA-produkty a ionizujúce žiarenie)

Poloobslužné priestory sú tie priestory, ktoré v prípade havárie s únikom chladiva v neobslužných priestoroch, dovoľujú obslužnému personálu, nachádzajúcemu sa v poloobslužných priestoroch alebo hermetickom uzávere, tieto opustiť bez zdravotného poškodenia.

Hermetické uzávery sú miestnosti, ktoré umožňujú vstup z obslužných priestorov do poloobslužných alebo neobslužných priestorov HZ.

Železobetónové steny hermetickej zóny sú vzduchotesne zahermetizované výstelkou z oceľového plechu. Vonkajšia výstelka boxu PG prechádza cez betónové steny a pokračuje vnútornou výstelkou ventilačného centra a barbotážnej veže. Kontajnement - ochranná obálka a ostatné pomocné zariadenia sú riešené tak,

aby bolo možné vykonávať periodické integrálne skúšky (PERIS) tesnosti hermetických priestorov kontajnementu bloku JE ako celku.

Vzduchotesná zóna - Miestnosti susediace s kontajnementom so vstupujúcimi prechodkami (technologické a elektrické) a tiež miestnosti so systémami, spojenými s I.O. vrátane ich izolačných armatúr, sú projektované ako vzduchotesná zóna. Táto zóna (s trvalým podtlakom voči atmosfére), obklopujúca čiastočne kontajnement v potenciálne najexponovanejších oblastiach, predstavuje dodatočnú bariéru pre prevenciu úniku RA-látok z kontajnementu do okolia JE. Toto je partikulárna bezpečnostná funkcia sekundárneho kontajnementu, zameraná na zber a zadržanie únikov z kontajnementu (odporúčenia pre túto funkciu sú dané v [II.6] - "... umožniť zber únikov v priestore medzi dvomi štruktúrami a pre filtrovaný výpust cez ventilačný komín ... funkcia je pomenovaná ako *secondary confinement*.").

Súčasťou hermetickej zóny okrem stavebnej časti, dimenzovanej na vnútorný pretlak, sú i zariadenia zabezpečujúce jej hermetičnosť. Sú to nasledovné hermetické zariadenia:

- hermetická výstelka, tzv. oblicovka (vonkajšia, vnútorná);
- hermetické priechodky (elektro, technologické);
- hermetické dvere a prielezy;
- hermetické poklapy;
- ochranný poklop reaktora (tzv. „kolkpak“);
- hradidlo bazénu výmeny paliva;
- mechanizmus pohonov ionizačných komôr;
- rýchločinné armatúry.

Systém hermetického priestoru okrem pasívnej stavebnej a konštrukčnej časti dopĺňajú pasívne a výkonné bezpečnostné systémy, ktoré slúžia a umožňujú ochrannej obálke plniť bezpečnostnú funkciu zadržania RAL, resp. minimalizácie úniku RAL do okolia JE. Zároveň tieto systémy počas prevádzky alebo počas ľubovoľnej projektovej havárie slúžia na znižovanie tlakovej a teplotnej záťaže kontajnementu alebo na havarijnú izoláciu hermetickej hranice obálky (vzduchotechnika reaktorovne, VBS, sprchový systém HZ, systém havarijnej izolácie HZ sú detailne popísané v kapitole 6.4 PpBS).

Pre normálnu prevádzku kontajnementu JE sú z pohľadu jadrovej bezpečnosti dôležité vzduchotechnické systémy reaktorovne.

VZT systémy HZ odvodom tepla zabezpečujú vytvorenie vhodného pracovného prostredia pre správnu činnosť technologického zariadenia (chladenie boxov PG, šachty reaktora, prechodiek....) a pre obsluhujúci personál (prívod čerstvého upraveného vzduchu). VZT systémy udržiavajú za normálnej prevádzky podtlak v HZ.

Systémy, ktoré zabezpečujú odvod vzduchu z priestorov s možným výskytom rádioaktívnych látok, sú navrhnuté tak, aby vzduch prúdil vždy v smere potenciálne zväčšujúcej sa aktivity a aby pred vypustením do atmosféry - životného prostredia - bol filtrovaný na vhodných filtroch.

6.3.1.1 Účel a členenie systému

Popri odolnosti voči havarijným podmienkam v prípade projektovej havárie sa od hermetickej zóny požaduje aj odolnosť voči pôsobeniu vonkajších vplyvov. Lokalita JE Mochovce sa nachádza v oblasti s možným výskytom zemetrasení.

Budova reaktora je prvej kategórie seizmickej odolnosti. Požiadavky na seizmickú odolnosť stavebných objektov a konštrukcií, technologických systémov a zariadení podkategórií sú v projekte splnené a ich plnenie bolo preukázateľným spôsobom doložené.

Pri projektovaní sa brali do úvahy účinky sily vetra udávané normou, tieto neohrozujú stabilitu a funkciu objektu HP. Ochrana proti zrážkovým a prívalovým vodám je zabezpečená v rámci celej JE systémom dažďovej kanalizácie doplnenej odvodňovacími priekopami. Izolácia proti spodnej vode je zaistená v rámci izolácie celého hlavného výrobného bloku.

Pravdepodobnosť havárie a pádu lietadla na HVB je veľmi nízka a preto podľa legislatívy SR pád lietadla nie je v pôvodnom projekte zahrnutý a nie sú navrhnuté žiadne zvláštne opatrenia. Napriek tomu, posúdenie možných následkov nárazu lietadla na bezpečnostne dôležité stavebné objekty bolo vykonané v analýzach, kde bola analyzovaná schopnosť udržať požadované bezpečnostné funkcie po náraze lietadla do vybraných stavebných konštrukcií.

6.3.1.2 Popis projektu

Priestory hermetickej zóny sú situované v budove reaktora, ktorá je dispozične začlenená do komplexu hlavného výrobného bloku, s ktorým tvorí jeden celok.

Hermetické priestory sú v nasledovných priestoroch budovy reaktora:

- box parogenerátorov a príslušené miestnosti,
- barbotážna veža, so šachtou BK a plynojemami
- ventilačné centrum.

Jednotlivé priestory hermetickej zóny sa nachádzajú na rôznych podlažiach budovy reaktora, ktoré sa vzájomne prelínajú podľa dispozičných väzieb, vyplývajúcich z prevádzkových požiadaviek jednotlivých technologických celkov.

6.3.1.3 Prevádzkové režimy

Ak je blok v režime 1, 2 a 3 musí byť HZ uzavretá a vytvorený predpísaný podtlak vo všetkých priestoroch HZ okrem hermetických uzáverov.

Hermetická zóna je počas prevádzky reaktora pre obsluhu neprístupná a jej tesnosť sa periodicky kontroluje. Delí sa na priestory neobslužné a priestory poloobslužné, ktorých súčasťou sú i hermetické uzávery. Vstupy do neobslužných priestorov sú počas prevádzky zakázané (výnimky riešia príslušné prevádzkové predpisy).

Pobyt v poloobslužných priestoroch je počas prevádzky obmedzený, býva spravidla najviac polovicu pracovnej doby.

6.3.1.4 Systém kontroly a riadenia

SKR merania pretlaku, podtlaku, teplôt v HP, merania systému radiačnej kontroly automatiky spúšťania a blokad strojných systémov zabezpečujú prevádzkový podtlak a teplotu v kontajneru a tiež jeho hermetické uzatvorenie a činnosť aktívnych systémov kontajneru v prípade projektovej, resp. nadprojektovej havárie je podrobne popísaný v príslušných kapitolách BS.

6.3.2 Komponenty hranice ochrannej obálky

Hermetická hranica - konštrukcia

Stavebná koncepcia hermetickej zóny je založená na základnom konštrukčnom systéme, ktorý tvoria tzv. armobloky.

Tvary a rozmery armoblokov sú závislé od členitosti jednotlivých uzlov objektu. Obmedzujúcim faktorom pri navrhovaní rozmerov armoblokov bola ich hmotnosť, ktorá musela odpovedať možnostiam zdvíhacích zariadení používaných pri ich transporte a osádzaní na určené miesto.

Konštrukčný systém armoblokov bol navrhnutý z valcovaných oceľových nosníkov a betonárskej armovacej ocele, vzájomne spojených privarením, čím vytvorili staticky pevnú konštrukciu.

K takto vytvorenému komponentu boli obvykle z lícových strán (niekde z oboch strán) privarené tabule z uhlíkatej ocele, ktoré vytvárajú vonkajší povrch armobloku a súčasne na hranici hermetickej zóny i jej hermetickú výstelku. Podľa potreby boli armobloky osadené ešte zabudovanými dielmi technologických zariadení, napr. zabudovanými dielmi priechodiek, rámov dverí, poklopov a pod.

Zostavením jednotlivých armoblokov, ich vzájomným prepojením a privarením vznikla postupne celá stavebná konštrukcia budovy reaktora a v jej rámci i konštrukcia hermetickej zóny.

Armobloky vytvárajúce hranicu okolo reaktora boli vyplnené zmesou ťažkých betónov o objemovej hmotnosti 3650 kg m^{-3} , ktoré zaistili biologické tienenie hermetickej zóny JE..

6.3.2.1 Hermetická výstelka (oblicovka)

Podľa vykonávacieho projektu (stavebného), sú steny hermetickej zóny zvonku alebo zvnútra obložené plechmi, spojenými navzájom hermetickými zvarmi.

V podlahách je výstelka kotvená do železobetónovej konštrukcie cez raster z uhlíkovej ocele. Výstelka je kotvená tržmi, ktoré sú navarené priamo na výstelku.

Vnútrotná výstelka zabezpečuje pevnostnú funkciu voči vnútornému pretlaku v hermetickej zóne, jej namáhanie od pretlaku je nepatrné vzhľadom na to, že sa opiera o betón.

Vnútrotnou výstelkou sú vybavené priestory hermetickej zóny:

- šachta lokalizácie havárie a plynojem,
- spojovací koridor (medzi boxom parogenerátorov a šachtou lokalizácie havárie),
- ventilačné centrum,
- šachta reaktora (výstelka čiastočne i obojstranne zaliata v betóne)
- poloobslužné miestnosti.

Vonkajšia výstelka je namáhaná na odtrh a na zvládnutie tohto namáhania je patrične dimenzovaná spôsobom kotvenia, rozmermi a roztečou kotviacich pätiiek a hrúbkou steny.

Vonkajšou výstelkou sú vybavené nasledovné časti hermetickej zóny:

- box parogenerátorov,
- hermetická stena pod bazénom výmeny paliva.

Pre kontrolu tesnosti montážnych zvarov výstelky sú vytvorené kontrolné priestory (prekrytia), vybavené tlakovacími nástavcami, pomocou ktorých možno tieto kontrolné priestory natlakovať pri kontrole tesnosti montážnych zvarov výstelky.

Súčasťou hermetickej výstelky sú i zabudované diely hermetických priechodiek, ktoré sú spravidla už dodávané priamo zabudované v armoblokoch. Zvary medzi zabudovaným dielom priechodky a výstelkou tiež majú vytvorené kontrolné priestory, umožňujúce kontrolu týchto zvarov na tesnosť.

Protikorózna ochrana povrchu hermetickej výstelky je zabezpečená viacvrstvom epoxidovým náterovým systémom v hrúbke minimálne 180 mikrometrov.

6.3.2.2 Hermetické dvere a prielezy

Tieniace hermetické dvere (ZHD - záštitné HD) slúžia pre vstup osôb do NOP a POP a k oddeleniu priestorov s možnosťou výskytu rádioaktívneho žiarenia a účinkov zdraviu škodlivých plynov od okolia pri minimálnom oslabení tieniaceho účinku steny, v ktorej sú zabudované.

Na oboch blokoch sú použité tieniace hermetické dvere, osadené v nasledovných miestnostiach hermetickej zóny.

Konštrukcia dverí umožňuje montáž vo forme ľavých alebo pravých dverí, u špeciálnych dverí aj obojstranné ovládanie. Hermetické dvere s obojstranným ovládaním pri vstupe z obslužných priestorov do hermetického uzáveru sú vybavené núdzovým prielezom a ventilom pre vyrovnanie tlakov.

Jednostranne ovládané dvere, slúžiace pre vstup z hermetického uzáveru do neobslužných priestorov a poloobslužných priestorov, majú podobnú konštrukciu, len nemajú núdzový prielez

Hermetické dvere pozostávajú z nasledovných častí:

- rám,
- dverová doska s gumovým tesnením,
- závesy,
- uzatvárací pákový mechanizmus,
- blokované zariadenie s elektrickou signalizáciou,
- núdzový prielez (u obojstranne ovládaných dverí),
- ventil pre vyrovnanie tlakov (u obojstranne ovládaných dverí).

Rám dverí je zabetónovaný do steny a je privarený k hermetickej výstelke. Na týchto zvaroch sú prekrytím vytvorené kontrolné priestory slúžiace pre skúšku tesnosti montážnych zvarov.

Protikorózna ochrana hermetických dverí je realizovaná v zmysle požiadaviek ČSN 038240 (na úrovni 4. a 5. stupňa koróznej agresivity) piatimi nátermi.

Hermetické dvere sú obdĺžnikového tvaru. Vyhotovené sú v pravostrannom alebo ľavostrannom prevedení.

Dvere s obojstranným ovládaním sú opatrené núdzovým prielezom. Prielez slúži pre výstup z hermetického uzáveru v mimoriadnych situáciách, keď je otvorenie dverí elektricky blokované alebo dôjde k poruche blokovacieho systému.

Vo dverách slúžiacich pre vstup do HU zo strany nehermetickej zóny a v dverách z HU do POP je vstavaný ventil pre vyrovňovanie tlakov pre zabezpečenie možnosti ich otvorenia pri pretlaku z jednej strany.

Tieniacy účinok ventilu i prielezu je zhodný s tieniacim účinkom dverovej dosky.

Popísané dvere slúžia pre vstup z nehermetickej zóny (obslužný priestor) do hermetického uzáveru. Dvere slúžiace pre vstup z hermetického uzáveru do NP a POP majú len jednostranné ovládanie (zo strany HU) a nie sú vybavené núdzovým prielezom.

Otvorenie obojstranne ovládaných vstupných dverí HU je blokované: ak nie sú uzavreté všetky jednostranne ovládané dvere do POP a NOP a otvorenie jednostranne ovládaných dverí do POP a NOP je blokované, pokiaľ nie sú uzavreté hlavné vstupné (obojstranne ovládané) dvere hermetického uzáveru.

Pri strate elektronapájania nedochádza k rušeniu blokad. Uzavretie dverí je signalizované na oboch stranách (u obojstranne ovládaných dverí) alebo len jednostranne zo strany hermetického uzáveru (pri jednostranne ovládaných dverách).

Hodnotenie pôvodného projektového riešenia tesnenia dverí a vyrovnávacích ventilov ZHD

V MO34 sú do stavby zabudované plno oceľové tieniace dvere Bulharskej konštrukcie. Konštrukcia tesnení dverí je podľa pôvodného projektu riešená pomocou plochého jednoradového gumeného tesnenia upevneného na rám dverí pomocou prítlačných líšt. Tesnosť lepeného jednoradového tesnenia bola často pri realizácii lokálnych aj integrálnych skúšok tesnosti hodnotená ako nevyhovujúca.

Pôvodné projektové riešenie uvažovalo že tesnosť ZHD sa bude kontrolovať lokálnou skúškou tesnosti metódou odtlačku kriedovej farby, ktorá sa nanáša na rám dverí a po ich uzatvorení sa prenáša na tesnenie. Po otvorení dverí sa kontroluje celistvosť a šírka odtlačku preneseného na gumové tesnenie.

Touto metódou je možné iba potvrdiť alebo vylúčiť prípadné netesnosti, ale nie je možné kvantifikovať veľkosť úniku.

Teleso vyrovnávacieho ventilu sa montuje do otvoru v ZHD a tesnosť telesa ventilu zaisťuje jednoduchý gumový O-krúžok. Teleso ventilu je upevnené k doske dverí pomocou skrutkových spojov.

Konštrukcia vyrovnávacieho ventilu je riešená pákovým mechanizmom na otvorenie ventilu a pružinovým prítlačným mechanizmom. K telesu ventilu sú z oboch strán priskrutkované kovové príruby (klobúkového tvaru) osadené pákovými mechanizmami na ovládanie samotného vyrovnávacieho ventilu. Tesniaci uzol konštrukcie ventilu je riešený navzájom dosadajúcimi kruhovými kovovými plochami, t.j. kov na kov. V telese ventilu je priečny kruhový otvor určený na prechod aretačného mechanizmu, pomocou ktorého dochádza k samočinnému zaaretovaniu ventilu (pákového mechanizmu) v otvorenej polohe pri zatvorených HD.

Pri realizácii skúšok tesnosti kontajmentov JE VVER 440 s vyrovnávacími ventilmi tejto konštrukcie často dochádza k poruchám týchto ventilov. Najčastejšou chybou je ich nedostatočná tesnosť, pretože tesnosť sa dosahuje kovovými dosadacími plochami. Oprava (pretesnenie) vyrovnávacieho ventilu je prácna a časovo zdĺhavá, nakoľko je nutná jeho demontáž z dvernej dosky HD, rozobratie a úprava dosadacích tesniacich plôch lapovaním, čo je možné realizovať iba v dielenských priestoroch. Po jeho opätovnom skompletovaní

sa musí realizovať individuálna skúška jeho tesnosti na špeciálnom dielenskom prípravku. Až po úspešnej realizácii tejto skúšky je možná spätná montáž ventilu do telesa HD.

Netesnosti sa vyskytovali aj po obvode telesa ventilu, ktoré je tesnené iba jedným gumeným O-krúžkom, t.j. nie je vybavené kontrolným priestorom, a teda nie je možné na súčasnom telese ventilu realizovať lokálne skúšky tesnosti (LST).

Z uvedených dôvodov sa pred dokončením 3. a 4. bloku rozhodlo o projektovej zmene riešenia konštrukcie tesnenia ZHD a vyrovnávacích ventilov ZHD.

Návrh konštrukčného riešenia zdvojenia tesnenia ZHD

Nové projektové riešenie úpravy ZHD spočíva v zdvojení tesnení - vytvorení dvojradového tesnenia s medzipriestorom. Medzipriestor tesnení je riešený tak, aby v ňom bolo možné pri skúške tesnosti vytvoriť požadovaný skúšobný pretlak (na úrovni projektového pretlaku) a kvantifikovať veľkosť úniku vzduchu.

Postup úpravy dverí pozostáva z nasledovných krokov:

- zameranie skutočného stavu veľkosti dosadacej plochy dverovej dosky,
- výroba novej dosadacej plochy – rámu dverovej dosky,
- montáž rámu dverovej dosky s drážkami pre tesnenia,
- úprava dosadacej plochy zárubne,
- premeranie paralelnosti dverí a zárubne,
- prestavenie závesných mechanizmov,
- vytmelenie dosadacích plôch,
- montáž gumeného tesnenia,
- individuálna skúška tesnosti.

Úprava dosadacej plochy zárubne sa realizuje nanosením kovového tmelu na zárubňu ZHD a zabrúsení do roviny. Zmeranie paralelnosti dosadacích plôch sa uskutoční pomocou kovových mierok, ktoré sa vložia medzi dvere a rám. Nastavenie paralelnosti ZHD sa uskutoční prestavovaním závesných mechanizmov v horizontálnej polohe (podložky sa kladú medzi dosku závesu a zárubňu). V horizontálnom smere sa dvere nenastavujú.

Dvere sú v mieste medzipriestoru tesnení opatrené otvorom so záslepkou pre možnosť uskutočnenia lokálnej skúšky tesnosti.

Okrem tejto metódy sa používa bublinková metóda pomocou penotvorného roztoku alebo sluchová metóda, ktoré sa používajú pri individuálnych pretlakových skúškach poloobslužných priestorov a hermetických uzáverov (nie je možné skúšať všetky dvere) alebo počas integrálnych skúšok tesnosti hermetických priestorov (pri podtlaku aj pretlaku).

Úprava konštrukčného riešenia vyrovnávacieho ventilu

Realizovaná úprava obsahovala:

- 1) Výrobu nového telesa upevnenia vyrovnávacieho ventilu totožných rozmerov ako pôvodné teleso. Oceľové teleso je vybavené dvoma tesneniami, ktoré po montáži telesa do krídla dverí vytvoria kontrolný priestor, čím sa umožní kontrolovať tesnosť osadenia telesa ventilu individuálnou pretlakovou skúškou.

V telese upevnenia ventilov je vyvŕtaný otvor prepojujúci kontajment a okolitú atmosféru (ventily montované na ZHD, ktoré sú umiestnené na vonkajšej hermetickej hranici sú vybavené dvoma otvormi). Otvory nie sú priebežné ale v polovici telesa sú osovo posunuté, aby nemohlo v prípade DBA dôjsť k prieniku žiarenia cez otvory. Otvory na oboch stranách telesa sú ukončené závitom pre montáž guľových plynotesných ventilov. Na každý prevŕtaný otvor je z jednej strany osadený guľový ventil a z opačnej strany dierovaný kryt zabraňujúci vniknutiu hrubých nečistôt do ventilu (slúži aj ako usmerňovač prúdiaceho vzduchu). Pri lokálnej skúške tesnosti guľových ventilov sa dierované kryty nahradia plnými záslepkami s tlakovacím otvorom na realizáciu individuálnej pretlakovej skúšky tesnosti samotného guľového ventilu.

ZHD na vstupe do HU z obslužného priestoru sú osadené jedným guľovým ventilom z vonkajšej strany a jedným guľovým ventilom z vnútornej strany dverí. ZHD medzi HU a POP/NOP sú osadené jedným guľovým ventilom zo strany HU.

- 2) Úpravu krídla ZHD, ktorá pozostáva z demontáže aretačného mechanizmu vyrovnávacieho ventilu a zaslepenia takto vzniknutého vzniknutého otvoru v telese dosky ZHD zaslepovacím viečkom.

Nové projektové riešenie umožňuje:

- realizáciu lokálnych skúšok tesnosti upevnenia telesa ventilu v hermetických dverách zdvojením tesniaceho O-krúžku,
- odstránenie netesností a umožnenie realizovať lokálne skúšky tesnosti prepúšťacieho ventilu: nahradením ventilu s kovovými dosadacími plochami za plynotesné guľové ventily,
- zabránenie nežiaduceho otvorenia vyrovnávacieho ventilu a jeho aretácii v otvorenej polohe.

Výmenou telesa vyrovnávacích ventilov súčasnej konštrukcie za konštrukciu s guľovým ventilom sa zvýši ich tesnosť a spoľahlivosť ventilov ZHD a tak sa zlepši tesnosť POP a HU a tým i integrálna tesnosť hermetických priestorov ako celku.

Odstránením aretačného mechanizmu ventilu sa zamedzí nežiadúcemu (a bez otvorenia HD nevratnému) otvoreniu vyrovnávacieho ventilu, a tým sa zamedzí potenciálnemu ohrozeniu bezpečnosti prevádzkového personálu zdržiavajúceho sa počas prevádzky bloku na výkone v POP a HU. Guľový ventil je možné uzatvoriť nezávisle od polohy HD.

V neposlednom rade údržba, respektíve prípadná výmena ventilu bude jednoduchšia a nenáročná na prácnosť a čas.

Nová konštrukcia vyrovnávacích ventilov plní požiadavky noriem a predpisov na hermetizačné uzly na hranici kontajmentu, ktoré požadujú aby tieto ventily umožňovali realizáciu ich lokálnych skúšok tesnosti (skúšky typu B podľa ANSI/ANS 56.8).

6.3.2.3 Technologické poklapy

Technologické poklapy slúžia pre hermetické uzavretie transportných (montážnych) otvorov pre vertikálnu dopravu hlavných cirkulačných čerpadiel, hlavných uzatváracích armatúr, parných kolektorov parogenerátorov a ďalších technologických zariadení pri ich oprave alebo výmene.

V podlahe reaktorovej sály nad technologickým zariadením sú umiestnené v rámoch montážnych otvorov nasledovné poklopy:

- poklop nad HCČ,
- poklop nad PG,
- poklop nad HUA,
- poklop nad ŠOV,
- poklop nad regeneračným výmenníkom a dochladzovačom ŠOV,
- poklop nad miestnosťou hermetických ventilov.

V reaktorovej sále sa ďalej nachádza:

- poklop s prielezom, umiestnený nad šachtou reaktora,
- hradidlo bazénu výmeny paliva, ktoré oddeľuje bazén výmeny paliva a šachtu reaktora.

Technologické poklopy sú zvarované hrubostenné oceleové dosky s tieniacou výplňou, umiestnené v rámoch montážnych otvorov kruhového alebo obdĺžnikového tvaru. Majú dvojité gumové tesnenie s vytvoreným skúšobným priestorom. Prítlačná sila sa vyvodzuje niekoľkými zámkami po obvode poklopu, zasahujúcimi do otvorov v ráme.

Tesnenie je vsadené do drážok po obvode poklopu. Každý poklop je upevnený a zaistený v ráme mechanickými uzávermi s výsuvnými klinmi umiestnenými po obvode rámu. Klin sa zasúva pomocou skrutky a matice a tlakom na rám vytvorí vertikálnu prítlačnú silu.

Poklopy pozostávajú z nasledujúcich hlavných častí:

- zvarovaný (obvykle obdĺžnikový) oceleový rám
- kryt tienenia
- ochranný kryt
- gumové tesnenie : obvykle dvojité s kontrolným medzipriestorom

Poklopy nad parogenerátormi, nad HCČ a HUA musia odolávať pri zachovaní tesnosti a tieniacich vlastností parametrom prostredia vo všetkých havarijných stavoch.

Poklop nad parogenerátorom.

Pozostáva z nasledujúcich hlavných častí:

- 1) zvarovaný obdĺžnikový rám
- 2) kryt tienenia - poklop
- 3) dvojdielny ochranný kryt

Poklop nad hlavnými cirkulačnými čerpadlami

Pozostáva z nasledujúcich hlavných častí:

- 1) zvarovaný kruhový rám
- 2) kryt tienenia - poklop
- 3) dvojdielny ochranný kryt

Poklop nad hlavnými uzatváracími armatúrami.

Pozostáva za nasledujúcich hlavných častí:

- 1) zvarovaný kruhový rám
- 2) kryt tienenia - poklop
- 3) ochranný kryt

Spôsob osadenia tesnenia i upevnenia poklopov nad HUA a HCČ je obdobný ako u poklopov osadených nad PG.

Poklop nad filtrami ŠOV (malý, veľký).

Zostava poklopu pozostáva z nasledovných hlavných častí:

- 1) zvarovaný obdĺžnikový rám
- 2) tieniaci kryt (štvorcový poklop)
- 3) kruhový kryt (okružly)

V obdĺžnikovom ráme sú uložené tri tieniace kryty (poklopy) tvorené oceľovou obálkou vyplnenou betónom. V strede každého z nich je kruhový, slúžiacim pre doplňovanie náplne filtrov, ktorý je prekrytý oceľovou kruhovou doskou (malý poklop). Táto je po obvode priskrutkovaná skrutkami. Prítlačná sila štvorcových poklopov je vytváraná klinovými zámkami.

Poklop nad regeneračným výmenníkom a dochladzovačom ŠOV - 1.

Zostava poklopu pozostáva z nasledovných hlavných častí:

- 1) pevný zvarovaný obdĺžnikový rám
- 2) odnímateľný obdĺžnikový rám prekrytia
- 3) oceľový tieniaci kryt

Pevný rám vytvára hermetické opláštenie montážneho otvoru. Do tohoto rámu je vložený odnímateľný rám, ktorý je tvorený oceľovou obálkou vystuženou rebrami a vyplnenou betónom. S pevným rámom je spojený pomocou rebier, ktoré sú k rámom privarené.

Hermetické utesnenie štrbiny je zabezpečené v dolnej časti privarením tesniaceho pásu. V hornej časti je na utesnenie štrbiny použitý tesniaci pás. V strede odnímateľného rámu je obdĺžnikový otvor prekrytý oceľovým poklopom (tieniacim krytom), ktorý je utesnený dvojitém gumovým tesnením. Prítlačná sila sa vyvodzuje klinovými uzávermi rozmiestnenými po odvode poklopu.

Z bezpečnostných dôvodov je členitý povrch poklopu prekrytý ochrannými krytmi.

Poklop nad miestnosťou hermetických ventilov

Poklop pozostáva z nasledovných hlavných častí:

- 1) zvarovaný obdĺžnikový oceľový rám
- 2) tieniaca doska - poklop
- 3) ochranný kryt

Prítlačná sila na tesnenie sa vyvoláva šiestimi klinovými uzávermi umiestnenými po obvode poklopu.

Poklop šachty reaktora (kolpak) s prielezom.

Poklop šachty reaktora je celozvarovaná oceľová konštrukcia, pozostávajúca z guľovitých a valcovitých plášťov. Na guľovitej časti poklopu je prielez s rebríkom umožňujúcim vstup do vnútorného priestoru šachty reaktora.

Ochranný poklop je z celozvarovanej oceľovej konštrukcie.

Hodnotenie pôvodného projektového riešenia utesnenia kolpaku a prielezu

Prielez je utesnený gumovým tesnením a priskrutkovaný skrutkami.

Poklop šachty reaktora je utesnený k protiprírube jednoduchým gumovým tesnením a priskrutkovaný.

Jednoduché gumené tesniace krúžky prírubového spoja ochranného poklopu s protiprírubou a poklopu prielezu s prírubou hrdla prielezu neumožňujú lokálnu skúšku tesnosti týchto spojov.

Projekt konštrukčného riešenia zdvojenia tesnenia

- 1) Dvojité tesnenie poklopu šachty reaktora

Na utesnenie novým technickým riešením sa využité dosadacia plocha obojstranne od drážky pre doterajšie tesnenie. Tvar nového dvojradového tesnenia je prispôsobený tvaru dosadacích plôch.

Svojim konštrukčným riešením umožňuje utesniť spoj medzi oboma prírubami a zároveň vytvára medzi súvislými tesniacimi krúžkami kontrolný objem pre umožnenie LST. Tesniace krúžky sú tvorené samostatne vytlačovanými profilmi a sú prepojené mostíkom, tvoreným samostatne vytlačovaným profilom. Stredný profil okrem spojenia oboch tesniacich krúžkov do jedného tesniaceho celku zároveň tvorí svojou spodnou časťou vedenie tesnenia. Výstupok stredného profilu zasahuje do drážky pre pôvodné tesnenie. Výška vodiaceho výstupku je menšia než hĺbka drážky, čo i pri stlačení tesnenia nevytvára pnutie v lepených spojoch.

Spojovací profil vytvára medzi tesniacimi krúžkami kontrolný objem. Prívod plynu do priestoru pre kontrolný objem na tesnostnú skúšku je cez otvor prevŕtaný v telese poklopu ŠR v mieste medzipriestoru tesnení, ktorý je ukončený tlakovacím nástavcom so závitom na pripojenie tlakovacej súpravy.

- 2) Tesnenie prielezu poklopu ŠR

Kvôli umožneniu LST poklopu prielezu je tento uzol nahradený novým.

Konštrukčné riešenie nového hrdla prielezu je navrhnuté tak, že nové hrdlo je na staré hrdlo nasunuté a privarené kútovými zvarmi zo spodnej a hornej strany. Tieto zvary sú kontrolované na tesnosť LST tlakovaním ich medzipriestoru cez vyvŕtaný otvor ukončený tlakovacím nástavcom.

Príruba nového hrdla prielezu má drážky na montáž povrazcových tesniacich vytlačovaných profilov zo silikónovej gummy.

Nové konštrukčné riešenie poklopu a prielezu umožňuje vykonať lokálnu tesnostnú skúšku.

Hradidlo bazénu výmeny paliva.

Je to oceľová doska zvláštnej konštrukcie o rozmeroch, ktorá oddeľuje priestor šachty reaktora od bazénu výmeny paliva.

Pozostáva z nasledujúcich hlavných častí:

- 1) oceľová tesniaca doska
- 2) oceľový oporný rám s malým sektorom protipríruby
- 3) tesnenie

Prítlačná sila na tesnenie sa vytvára skrutkami s otočnými úponmi, ktoré sú rozmiestnené po obvode tesniacej dosky.

6.3.2.4 Hermetické priechodky

Účelom hermetických priechodiek je zabezpečiť prechod potrubných, impulzných a káblových trás medzi hermetickou a nehermetickou zónou JE, bez narušenia hermetičnosti hermetických stien, podláh a stropov.

Každá hermetická priechodka môže mať hermetickú výstelku (v závislosti od jej umiestnenia):

- z vnútornej strany hermetickej zóny,
- z vonkajšej strany hermetickej zóny,
- z oboch strán.

Na JE, na oboch blokoch sú osadené tri základné druhy hermetických priechodiek:

- hermetické priechodky potrubné,
- hermetické priechodky impulzných rúrok,
- hermetické priechodky elektrické.

Každá hermetická priechodka pozostáva z dvoch základných častí, a to z vonkajšej časti (tzv. zabudovaného dielu) a vnútornej časti (tzv. telesa priechodky).

Zabudovaný diel, tvorený plášťovou rúrou, je jednou prírubou privarený k hermetickej výstelke a druhou prírubou privarený, buď k hermetickej výstelke na druhej strane steny, alebo k armovaniu steny, ak má stena len jednostrannú hermetickú výstelku. Zabudovaný diel je pevne spojený so stenou zabetónovaním.

Proti vytrhnutiu zo steny sú u priechodiek väčších priemerov obe príruby privarené k armovaniu steny.

Proti pootočeniu v stene je zabudovaný diel vybavený tromi pozdĺžnymi rebrami. Keďže technologické priechodky nemajú tieniacu náplň (s výnimkou priechodky impulzných rúrok) sú dispozične umiestnené tak, aby nehrozilo nebezpečenstvo priameho ožiarenia obslužného personálu.

Hermetické potrubné priechodky (technologické):

Slúžia pre prevedenie potrubných trás cez steny, stropy a podlahy hermetickej zóny.

Technické požiadavky na potrubné priechodky:

Priechodky musia odolávať pri zachovaní tesnosti a tieniacich vlastností parametrom prostredia vo všetkých havarijných stavoch bloku.

Hermetická priechodka je konštruovaná ako pevný bod potrubia a dimenzovaná tak, aby bez poškodenia a porušenia tesnosti zachytila všetky sily a momenty prenášané pripojeným potrubím i v podmienkach veľkej havárie.

Priechodky musia ostať neporušené a hermeticky tesné i pri namáhaniach, ktoré môžu vzniknúť pri roztrhnutí potrubia. Slúži teda ako obmedzovač v mieste priechodu hermetickou stenou.

Potrubné hermetické priechodky sa delia na:

- studené
- horúce
- priechodky impulzných rúrok.

Podľa použitého materiálu sa priechodky delia na:

uhlíkaté: celá priechodka (zabudovaný diel i teleso priechodky) je vyrobené z uhlíkatej ocele,

nerozové: zabudovaný diel je vyrobený z uhlíkatej ocele, teleso je vyrobené z antikorózneho materiálu, alebo materiálu odpovedajúcich chemických a fyzikálnych vlastností.

Medzi vnútornou a vonkajšou časťou priechodky je prechodový zvar. Všetky stykové miesta medzi uhlíkovým a antikoróznym materiálom sú opatrené austenickými návarmi, aby nedošlo k ich vzájomnému styku.

Teplota betónu v mieste priechodky je obmedzená prevádzkovým opatrením.

Hermetická priechodka studená horizontálna

Táto priechodka slúži pre potrubný priechod cez hermetickú stenu. Vonkajšia časť (zabudovaný diel) je tvorená plášťovou rúrou, na ktorú sú privarené dve príruby. Ich vonkajší rozstup odpovedá hrúbke hermetickej steny. Vo vnútri plášťovej rúrky sú privarené vodítka obmedzujúce ohybové namáhanie vnútornej časti priechodky. Proti pootočeniu je vybavená pozdĺžnymi rebrami.

Vnútorná časť (teleso priechodky) je tvorená rúrou s hlavicou, zaisťujúcou hermetický prechod medzi vnútornou a vonkajšou časťou priechodky. Hlavica je kovaná a s vnútornou rúrkou je spojená zvarom. Vo výnimočných prípadoch (zvlášť namáhané priechodky) je hlavica i rúrka kovaná z jedného kusa.

Vnútorná časť je súčasťou technologického potrubia, ktoré je k nej na oboch koncoch privarené.

Priechodka je ešte vybavená kontrolnými priestormi (vytváranými prekrytiami), ktoré umožňujú kontrolu montážnych zvarov na tesnosť.

Hermetická priechodka studená vertikálna

Táto priechodka slúži pre prechod potrubia cez hermetickú podlahu (strop).

Vnútorná časť (teleso priechodky) je rovnakej konštrukcie ako pri horizontálnom vyhotovení.

Vonkajšia časť (zabudovaný diel) sa od horizontálneho usporiadania líši tým, že má tretiu prírubu, ktorá sa definitívne privarí až k výstelke podlahy.

Hermetická priechodka horúca horizontálna

Slúži pre prechod potrubia cez hermetickú stenu, v prípadoch keď by v mieste prechodu dochádzalo k nadmernému ohrevu betónu steny.

Vonkajšia časť (zabudovaný diel) je tvorený plášťovou rúrou, na ktorú sú privarené tri príruby. Tretia príruha slúži pre vystuženie proti dilatčným silám (vystužuje pozdĺžne rebrá). Zabudovaný diel nie je vybavený vodítkami, ich funkciu plní plášť chladenia.

Vnútoraná časť (teleso priechodky) sa skladá z rúry a hlavice, zhotovených z jedného kusa. Vnútoraná rúra je obalená izoláciou a opláštená plechom. K vonkajšej časti priechodky, t.j. k zabudovaniu dielu, je mimo hermetickej zóny (zo strany nehermetickej časti steny) privarený plášť chladenia s dvoma hrdlami (pre prívod a odvod chladiaceho vzduchu). Chladiaci vzduch prúdi medzi vonkajším dielom priechodky (zabudovaný diel) a oplechovaním izolácie, od prírodného hrdla okolo vonkajšej časti smerom k hlavici, kde sa otáča okolo vnútornej priečky a prúdi okolo oplechovania izolácie späť k hrdlu pre odvod chladiaceho vzduchu.

Priechodka je taktiež vybavená kontrolnými priestormi umožňujúcimi kontrolu montážnych zvarov na tesnosť.

Hermetická priechodka horúca vertikálna

Slúži pre prechod potrubia cez hermetickú podlahu (strop) v prípadoch, ak by v mieste prechodu dochádzalo k nadmernému ohrevu betónu.

Vnútoraná časť (teleso priechodky) je zhodnej konštrukcie ako u horúcej priechodky horizontálnej.

Vonkajšia časť (zabudovaný diel) má ešte štvrtú prírubu, ktorá sa k plášťovej rúrke vnútornej časti definitívne privarí až k výstelke podlahy.

Hermetické priechodky impulzných rúrok

Slúži pre prechod zväzku impulzných rúrok malého priemeru cez hermetickú stenu. Je vyrobená z antikorošneho materiálu. Vonkajšia časť (zabudovaný diel) priechodky je totožnej konštrukcie ako hermetická potrubná priechodka studená horizontálna.

Vnútoraná časť (teleso) priechodky tvorí zväzok rúrok, ktoré na oboch koncoch priechodky prechádzajú rúrkovnicou. Rúrkovnica je na strane hermetickej zóny zosilnená a tvorí vlastne hlavicu zaisťujúcu hermetický prechod medzi vnútornou a vonkajšou časťou priechodky. Jednotlivé rúrky, ktoré sú v mieste prechodu rúrkovnicou zosilnené, sa k nej privaria hermeticky tesnými zvarmi.

Celá vnútoraná časť priechodky má valcový obal, v ktorom sú umiestnené dve priečky, medzi ktorými je betónová výplň. Táto zabezpečuje biologické tienenie priechodky. Priechodka má taktiež vytvorené priestory umožňujúce kontrolu montážnych zvarov na tesnosť.

Okrem uvedeného typu sa cez hermetickú hranicu použil aj nový typ hermetickej priechodky impulzných rúrok.

Rezervná hermetická potrubná priechodka

Rezervné priechodky sú na oboch koncoch vybavené privarenými záslepkami z rovnakého materiálu ako je vnútoraná časť priechodky. Záslepka z vonkajšej strany hermetickej zóny je osadená tlakovacím nástavcom, pomocou ktorého sa priechodka kontroluje na tesnosť.

Hermetické elektropriechodky:**Požiadavky na elektropriechodky**

Ďalším typom hermetických priechodiek sú elektropriechodky. Elektropriechodky vytvárajú hermetický priechod stenami hranice hermetickej zóny. Na oboch blokoch stavby MO34 sú použité elektropriechodky vyrábané firmou Škoda JS a.s. v licencií americkej firmy Imaging and Sensing Technology Corporation HorseHeads. Priechodky sú prispôsobené na napojenie na káblové trasy pomocou špeciálnych izolovaných káblových ôk.

Požiadavky na prevádzkovú spoľahlivosť elektropriechodiek: Prevádzková spoľahlivosť je zaručená pri projektových parametroch prostredia.

Použité elektropriechodky sa rozdeľujú podľa konštrukcie a napätia prechádzajúceho cez vodiče priechodky na:

- Typ. č.1: elektropriechodka silová (vysokonapäťová)
- Typ. č.2: elektropriechodka silová (nízkonapäťová)
- Typ. č.3: elektropriechodka káblov riadiacich obvodov

Prebytočné otvory pre elektropriechodky v armoblokoch budú utesnené zaslepením zabudovaného dielu.

Všetky typy elektropriechodiek aj so zaslepovacím dielom plnia aj funkciu biologickej ochrany.

Popis elektropriechodiek:

Všetky uvedené elektropriechodky majú po výrobe tesnosť väčšiu ako požadovaná hodnota. Po zamontovaní do steny majú tesnosť väčšiu ako projektom požadovaná hodnota. Teleso priechodky je trvalo natlakované, pokles tlaku je možné kontrolovať na osadenom manometri.

V rámci superkontrol bude na elektropriechodkách kontrolovaná tesnosť montážnych zvarov. Priechodky typu č. 1÷3 sú po vložení do montážneho otvoru utesnené prekrytím s hermetickými zvarmi, ktoré je po osadení potrebné vyskúšať lokálnou pretlakovou skúškou tesnosti s kontrolou zvarov na oboch strán hermetickej elektropriechodky. Priestor hermetických prekrytí sa natlakuje pomocou tlakovacieho nástavca osadeného na prekrytí sekundárnej strany.

Záslepka nevyužitých montážnych otvorov pre elektropriechodky je utesnená hermetickými zvarmi. Skúška tesnosti sa realizuje obdobne ako u elektropriechodiek zo sekundárnej strany pomocou tlakovacieho nástavca.

Salnikové a rezervné hermetické elektropriechodky

Z rôznych dôvodov nie sú niektoré zabudované diely osadené telesami, alebo telesá nie sú osadené káblami. Tieto diely sú v hermetickej stene obojstranne zaslepené zaslepovacími viečkami. Z nehermetickej strany sú osadené tlakovacími nástavcami pre kontrolu vnútorného kontrolného priestoru. Riešenia zaslepení sú rôzne podľa miesta osadenia zabudovaného dielu, prístupnosti otvorov a pod.

Na vnútornej hranici hermetickej zóny JE VVER 440 existuje zvláštna skupina elektropriechodiek označovaných ako "salnikové" (upchávkové) priechodky. Tieto nepatria do skupiny hermetických

priechodiek. Existujú však také lokality ich dispozičného umiestnenia, kde ich tesnostná funkcia má bezprostredný vplyv na tesnosť predovšetkým poloobslužných priestorov.

6.3.2.5 Kanály ionizačných komôr

Na úrovni aktívnej zóny sú v betónovej šachte reaktora rovnomerne rozložené kanály ionizačných komôr. Sú to zvarované skrine z nehrdzavejúcich rúr rôznych priemerov, ktoré spolu so zdvíhacími mechanizmami závesov ionizačných komôr a uzlom protizávaží a kladiek tvoria funkčný celok. Pracovným médiom ionizačných kanálov je dusík s pretlakom.

Utesnenie prechodu kanála ionizačnej komory cez hermetickú výstelku šachty reaktora je realizované kovovým krúžkom, ktorý je privarený k telesu kanála ionizačnej komory a hermetickej výstelke tesniacimi zvarmi. Krúžok okrem tesniacej funkcie má i strediacu funkciu. Skriňa ionizačnej komory je uzavretá vekom, ktoré je utesnené plastovým tesnením. Prítlačná sila na tesnenie sa vyvodzuje skrutkami, rozmiestnenými po obvode veka.

6.3.3 Skúšky tesnosti a pevnosti hermetickej zóny

Ochrannú obálku MO34 tvorí hermetická hranica a jej komponenty.

Požiadavky na skúšky tesnosti ochrannej obálky a jej komponentov sú definované vo Vyhláske ÚJD SR č. 430/2011, príloha 3, časť B, kap. 2, D Systém ochrannej obálky,:

(7) Ochranná obálka a systémy, konštrukcie a komponenty dôležité pre jej tesnosť musia byť navrhnuté tak, aby bolo možné:

- a) vykonávať jej skúšky tesnosti pri projektovom tlaku po:
 - 1. zabudovaní všetkých priechodiek a priechodov
 - 2. zrealizovaných opravách
- b) pred spúšťaním preukázať tlakovou skúškou jej celistvosť pri skúšobnom tlaku, ktorý je vyšší ako projektový,
- c) počas normálnej prevádzky jadrového zariadenia vykonávať:
 - 1. pravidelné kontroly jednotlivých konštrukcií a komponentov ochrannej obálky,
 - 2. funkčné skúšky jednotlivých systémov, konštrukcií a komponentov ochrannej obálky,
 - 3. pravidelné skúšky tesnosti ochrannej obálky pri projektovom tlaku, alebo pri nižších tlakoch, ktoré umožnia extrapoláciu,

Požiadavky podľa bodu 7, a) sú plnené realizovaním „Predprevádzkovej integrálnej skúšky tesnosti - IST“, takáto skúška sa označuje ako skúška „**typu A**“ podľa zahraničných noriem pre skúšky tesnosti kontajnementov JE.

Požiadavky podľa bodu 7, b) sú plnené realizovaním „Predprevádzkovej integrálnej skúšky pevnosti -PIS“.

Požiadavky podľa bodu 7, c) sú plnené realizovaním „Periodických integrálnych skúšok tesnosti - PERIS“.

(8) Priechodky prechádzajúce stenami ochrannej obálky sa musia projektovať tak, aby:

- a) sa mohla vykonávať detekcia únikov,
- b) sa mohli vykonávať pravidelné skúšky ich tesnosti pri projektovom tlaku nezávisle od skúšok tesnosti hermetickej obálky.

Požiadavky ÚJD – SR podľa bodu (8) sú plnené vykonávaním predprevádzkových (resp. prevádzkových) lokálnych skúšok tesnosti. Tieto skúšky sa označujú ako skúšky „**typu B**“ podľa zahraničných noriem pre skúšky tesnosti kontajnementov JE.

(11) Uzatváracie prvky sa musia projektovať tak, aby:

- a) bolo možné pravidelne vykonávať skúšky ich tesnosti,

Všetky technologické systémy, ktoré prechádzajú vonkajšou hermetickou majú oddeľovacie rýchločinné armatúry, ktoré uzatvárajú hermetické priestory od signálu havarijného zvýšenia tlaku v ochrannej obálke v zmysle požiadaviek Požiadavky ÚJD – SR podľa bodu (11) sú plnené vykonávaním predprevádzkových (resp. prevádzkových) lokálnych skúšok tesnosti oddeľovacích armatúr. Tieto skúšky sa označujú ako skúšky „**typu C**“ podľa zahraničných noriem pre skúšky tesnosti kontajnementov JE.

6.3.3.1 Lokálne skúšky tesnosti komponentov ochrannej obálky

Lokálnym skúškam tesnosti - **skúškam typu B** sú podrobené všetky potrubné, impulzné a elektrické priechodky na vonkajšej hermetickej hranici ochrannej obálky. Okrem toho sa lokálne skúšajú všetky priechody do hermetických a poloobslužných priestorov, ako aj všetky hermetické montážne poklopy v strope ochrannej obálky a hradidlo bazénu výmeny paliva.

Metodika a postupy lokálnych skúšok tesnosti sú popísané v Programe skúšok tesnosti v rámci superkontroly HP MO34.

Popis LST

Základným cieľom lokálnych skúšok tesnosti zariadenia tvoriaceho hranicu HP, je zistenie skutočnej kvality zariadení a montážnych prác z hľadiska ich hermetizačnej funkcie. Výsledky LST pritom umožňujú tiež zodpovedne posúdiť dodržiavanie individuálnych programov zaistenia kvality vybraných zariadení.

Na základe výsledkov LST sa potom môžu včas vykonať opatrenia pre odstránenie zistených netesností, čo je prvoradým predpokladom úspešnosti integrálnej skúšky tesnosti, ktorá potom nasleduje na príslušnom bloku JE. Skúšky špeciálnej kanalizácie a uzatváracích orgánov oddeľovacích armatúr nie sú náplňou programu superkontrol, ale skúšajú sa podľa samostatných programov.

Okrem predprevádzkových LST sa tieto skúšky následne budú realizovať aj v rámci prevádzky počas GO.

Superkontrolám podliehajú predovšetkým tieto časti:

- hermetická výstelka,
- hermetické dvere a prielezy,
- montážne poklopy a poklop šachty reaktora,
- potrubné a impulzné priechodky,
- elektrické priechodky

- oddeľovacie armatúry.

Metódy LST

Z konštrukcie jednotlivých technologických uzlov vyplývajú rozličné metódy lokálnych skúšok tesnosti.

Požiadavky kladené na jednotlivé metódy, postupy a prístroje sú dosť protikladné, nakoľko na jednej strane sa vyžaduje ich najvyššia možná jednoduchosť, malé rozmery a hmotnosť, na druhej strane je potrebná ich vysoká citlivosť, dostatočná presnosť a spoľahlivosť. Pri skúškach tesnosti hermetizačných uzlov sa najlepšie osvedčili tieto metódy skúšok tesnosti a monitorovania netesností:

- pretlaková metóda,
- podlaková metóda (vákuovými komorami),
- kontrola tesnosti ultrazvukovým hľadačom,
- kontrola tesnosti príľnavou farbou, kontrola tesnosti ultrazvukovým hľadačom, vizuálna kontrola.

Najdôležitejšie pre vyhodnotenie tesnosti hermetizačných uzlov sú pretlakové skúšky tesnosti, ktoré sa zakladajú na jednotnom princípe vytvorenia tlakového spádu na tesniacich plochách hermetizačných uzlov, pritom pretlak je zásadne vo vnútri kontrolovaného priestoru (KP).

Tlakový spád na hermetickej hranici skúšaného uzla sa využíva na lokalizovanie prípadných netesností niektorou z ďalej uvedených lokalizačných metód.

Najjednoduchšou, najúčinnnejšou a preto aj najbežnejšou z týchto metód je tzv. bublinková metóda, ktorou sa netesnosti lokalizujú pomocou saponátového roztoku v miestach, kde sa na netesnostiach tvoria pri tlakovom spáde bubliny. Pred tlakovými skúškami sa často uplatňuje aj vizuálna kontrola, pomocou ktorej sa dajú lokalizovať hrubé závady na hermetizačnom zariadení.

Vizuálna kontrola

Vizuálnej kontrole podliehajú všetky pevné a rozoberateľné spoje, zabezpečujúce tesnosť HP. Jedná sa predovšetkým o tieto detaily:

- montážne zvarové spoje,
- hermetizačné gumové tesnenia.

Pri vizuálnej kontrole montážnych zvarov sa zmyslovými metódami zisťujú trhliny, vruby, priepaly na hermetickej výstelke alebo na priechodkách, rámoch dverí a poklopov atď.

Pri obhliadke rozoberateľných spojov sa kontroluje správnosť montáže, úplnosť a celistvosť tesnenia. Tesniaca guma musí byť kvalitná, bez trhlín opálenia alebo iného poškodenia. Kovové lišty pre upevnenie tesnenia musia byť hladké, rovné, bez závažnejšieho poškodenia. Upevňovacie skrutky musia byť osadené a náležite zapustené (nesmú vyčnievať) atď.

Tesnenia a tesniace povrchy musia byť čisté a nesmú byť natreté farbou. V prípade repasie môžu byť dosadacie plochy podľa potreby vybrúsené a zakonzervované vazelínou, ktorú treba pred LST odstrániť. Všetky tlakovacie nástavce na výstelke a priechodkách musia byť opatrené zátkami alebo zavarené. Nástavce skúšané pri LST musia byť opäť zahermetizované.

Vizuálna kontrola sa vykonáva voľným okom v prípade potreby pomocou lupy (zväčšenie 10x). O výsledku kontroly sa spíše protokol obsahujúci zoznam zistených závad.

Pretlakové metódy

Metódy tlakovania vzduchom, resp. dusíkom sa dajú uplatniť len vtedy, keď zariadenie má nad tesniacim spojom vytvorený tzv. kontrolný priestor (KP).

Tesnosť spoja sa po natlakovaní zisťuje dvoma metódami:

- meraním poklesu pretlaku v KP,
- meraním nátoku do KP.

Meranie poklesu pretlaku v KP je jednoduchá, spoľahlivá a dostatočne presná kvalitatívna metóda, pri ktorej sa dá jednak stanoviť kvalita spoja a tiež lokalizovať prípadné netesnosti.

K lokalizácii netesností sa používa okrem zmyslových prostriedkov (zrak, sluch, hmat) aj tzv. bublinková metóda, pričom sa kontrolovaný povrch natiera, alebo postrekuje saponátovým roztokom. Skúšaný povrch musí byť čistý a roztok sa nanáša až po natlakovaní KP.

Meranie nátoku – (prietoku unikajúceho plynu) do KP je kvantitatívna metóda LST, pri ktorej sa okrem lokalizácie netesností dá určiť aj veľkosť úniku tlakovacieho média za jednotku času.

Po natlakovaní KP meraného hermetizačného uzla sa v KP udržiava konštantný skúšobný pretlak a súčasne sa meria prietok dopĺňovaného média prietokomerom (rotametrom), ktorý sa pripojí k tlakovacej trase.

Privádzaný vzduch (dusík) kompenzuje úniky cez netesnosť, teda nameraný prietok odpovedá veľkosti úniku. Lokalizácia netesností sa obvykle koná sluchom (prípadne ultrazvukovým hľadačom).

Meranie nátoku do KP sa používa pri skúške tesnení hermetických dverí a montážnych poklopov s dvojitým tesnením, pričom sa dá použiť aj bublinková metóda tak, že saponátový roztok sa nastrieka alebo naleje medzi rám a dvere, resp. poklop.

Vákuová metóda

Touto metódou sa skúšajú hlavne montážne zvary výstelky HP, ktoré sa nachádzajú na rovných plochách stien, podlahy alebo stropu miestností. Dajú sa ňou skúšať zvary na rámoch dverí a montážnych poklopov, ako aj tesnosť zaslepených nástavcov na KP výstelky a zabudované diely elektropriechodiek. Princíp metódy spočíva v lokalizácii netesností saponátovým roztokom, ktorý sa naniesie na čistý skúšaný povrch zariadenia a potom sa na natreté miesto priloží vhodná vákuová komora. Vo vákuovej komore sa pôsobením vývevy vytvorí skúšobný podtlak. Pritom na netesných miestach skúšaného spoja vznikajú bubliny, ktoré možno sledovať cez priezor vákuovej komory. Konštrukcia vákuových komôr závisí od ich použitia.

Metódy lokalizácie porúch na hermetickej hranici

Pri lokalizácii netesností sa v defektoskopii používa viacero rozličných nedeštruktívnych metód. Praktické skúsenosti pri realizácii LST však svedčia o tom, že pre vyhľadávanie netesností HP na JE VVER 440 plne vyhovujú nasledovné jednoduché metódy:

- zmyslové metódy,
- bublinková metóda,
- metóda odtlačkov,
- ultrazvuková metóda.

Pre účely lokalizácie skrytých netesností na hermetickej výstelke pod betónom sa počas predprevádzkových LST využili najnovšie metódy – metóda identifikácie skrytých netesností pomocou detekčného plynu – He.

Preto v ďalšom budú popísané len vyššie uvedené osvedčené metódy.

Skúšobné postupy a metodika vyhodnotenia LST

Vyššie uvedené všeobecné metódy LST sa použijú v závislosti na konštrukcii, rozmeroch a celkovom usporiadaní kontrolovaného zariadenia na hranici HP. V zásade sa uplatňujú metódy podľa toho, či zariadenie má, alebo nemá kontrolný priestor pre vytvorenie vnútorného pretlaku.

Pre zariadenie s KP sa zásadne používajú pretlakové metódy LST a to buď s meraním poklesu tlaku, alebo s meraním prietoku skúšobného plynu. Pritom sa netesnosti lokalizujú bublinkovou alebo ultrazvukovou metódou. U rozoberateľných spojov (tesnenia dverí a poklopov) sa miesto bublinkovej metódy používa metóda odtlačkov, nakoľko tesnenia bývajú v uzavretej polohe neprístupné.

LST - s meraním poklesu pretlaku

Táto metóda sa používa pri LST nasledovných zariadení na hranici HP:

- elektropriechodky,
- potrubné priechodky,
- preplátované zvary na výstelke.

Všetky tieto zariadenia majú KP opatrené nástavcami pre pripojenie tlakovacej aparatury.

Na vyhodnotenie skúšky slúži metrologicky overený manometer.

LST - s meraním prietoku

Takýmto spôsobom sa skúšajú zariadenia, ktoré majú KP tvorený dvoma tesneniami v rozoberateľnom spoji.

Jedná sa o nasledovné zariadenia:

- hermetické dvere s dvoma tesneniami,
- prielezy na hermetických dverách,
- montážne poklopy,
- hradidlo bazénu výmeny,
- poklop šachty reaktora.

Všetky tieto zariadenia majú tlakovací otvor, spojený s KP medzi tesneniami zazátkovaný tesniacou skrutkou. Poklopy majú obvykle po dva tlakovacie otvory, z ktorých jeden musí byť pri skúške utesnený.

LST - s lokálnym vákuovaním

Táto metóda sa uplatňuje u všetkých prístupných zvarových spojov, ktoré nie sú vybavené kontrolnými priestormi. Jedná sa o tieto časti:

- nepreplátované zvary na výstelke,
- poškodené miesta na výstelke,
- zabudované diely elektropriechodiek,
- zátky nátrubkov na KP výstelky,

– rámy dverí a poklopov.

Lokalizovanie netesností pri tejto skúške sa vykonáva zásadne bublinkovou metódou.

Vyhodnotenie LST

Všetky skúšané zariadenia sa v jednotlivých etapách LST hodnotia samostatne na základe nasledovných kritérií:

- Pri vizuálnej kontrole zariadenia nesmú byť viditeľne poškodené a nesmú na nich byť žiadne zrejmé závady,
- Pri kvalitatívnej pretlakovej skúške nesmie byť pokles tlaku vzduchu (dusík) v KP väčší než hodnota uvedená v platných technických podmienkach a pri previerke spojovacích častí saponátovým roztokom nesmú na kontrolovanom povrchu vznikáť žiadne bubliny pri skúšobnom pretlaku.
- Pri kvantitatívnej pretlakovej skúške nesmie prietok tlakovacieho vzduchu (ktorý sa rovná úniku cez netesnosť) pri skúšobnom pretlaku byť väčší ako požadovaná hodnota (cca 2x prísnejšie ako na iných JE typu VVER 440).
- Pri vákbovej skúške nesmú na kontrolovanom povrchu vznikáť žiadne bublinky.
- Pri kontrole ultrazvukom, alebo voľným sluchom nesmie byť počuteľný žiadny únik vzduchu (resp. dusíka) cez skúšaný spoj.
- Pri kontrole príľnavou farbou musí byť otlačok zreteľný na požadovanej šírke tesnenia po celom obvode.

Odstraňovanie netesností

Čiastkové protokoly z LST musia byť predložené dodávateľom jednotlivých hermetizačných uzlov, ktorí musia včas odstrániť všetky závady a netesnosti tak, aby bol zaručený úspešný priebeh ďalších, integrálnych skúšok tesnosti hermetických priestorov jadrovej elektrárne.

Dokumentácia skúšok

O výsledkoch predprevádzkových LST sa vedú podrobné záznamy a z každej skúšky je vystavený Protokoly z LST slúžia tiež ako podklad k vypracovaniu záverečného Protokolu o výsledku hlavnej predprevádzkovej IST.

Skúšky hermetických uzáverov a poloobslužných priestorov

Hermetické priestory sú v prípade jadrových elektrární typu VVER 440 riešené ako celý komplex uzavretých priestorov oddelených od okolia hermetickými stenami, ktoré tvoria hermetickú hranicu. Pritom sa rozlišujú dva druhy hermetických hraníc: vnútorná a vonkajšia hermetická hranica.

Vonkajšiu - hlavnú hermetickú hranicu tvoria železobetónové steny s výstelkou z oceleového plechu, ktoré oddeľujú všetky hermetické priestory od okolia JE.

Vnútornú - vedľajšiu hermetickú hranicu tvoria steny podobnej konštrukcie ako má vonkajšia hranica a tieto oddeľujú hlavné hermetické priestory (box PG, ventcentrum, šachta BK) od vedľajších hermetických priestorov (poloobslužných priestorov, hermetických uzáverov a plynojemov).

Tesnosť vnútornej hermetickej hranice musí zaisťovať bezpečnosť personálu nachádzajúceho sa v poloobslužných priestoroch v prípade vzniku DBA. Individuálnymi skúškami sa zisťuje predovšetkým tesnosť hermetickej hranice týchto miestností voči neobslužným priestorom: box PG, barbotážna veža a ventcentrum. Ďalšou funkciou hermetickej hranice skúšaných miestností je minimalizovať únik štiepnych produktov do okolia elektrárne a tieto zadržať v neobslužných priestoroch resp. plynojemoch.

Podľa požiadaviek pre prevádzku JE a požiadaviek ÚJD SR je potrebné pravidelne uskutočňovať individuálne skúšky miestností s cieľom zabezpečenia ich tesnosti a porovnania nameraných hodnôt s kritériami určenými pre hodnotenie ich tesnosti.

Individuálnymi skúškami sa meria tesnosť nasledovných miestností:

- Poloobslužné priestory
- Hermetické uzávery
- Plynojemy

Metodika skúšok

Skúšky tesnosti poloobslužných priestorov a iných hermetických miestností (ISM) sa zakladajú na jednotnom princípe vytvorenia tlakového spádu na ich hermetickej hranici s okolím, predovšetkým s vnútornými hermetickými priestormi: s boxom PG, s šachtou BK, resp. s priestormi ventilačného centra.

V zásade sa rozlišujú dva základné typy ISM:

- s pretlakom okolo miestnosti, ktorý sa dá doceliť dvomi spôsobmi:
 - pretlakom v boxe PG, pri atmosférickom tlaku v miestnosti – pretlaková skúška nátokovou metódou,
 - podtlakom v miestnosti pri atmosférickom tlaku v boxe PG.
- s pretlakom vo vnútri miestnosti, ktorý sa obvykle realizuje tlakovaním skúšaných miestností – pretlaková skúška výtokovou metódou.

Pretlaková skúška individuálnych miestností nátokovou metódou je navrhnutá v súlade s požiadavkami Americkej národnej normy ANSI/ANS-56.8-2002 (kapitola 6.2 Smer skúšania - skúšobný pretlak zhodný so smerom, ktorý by sa objavil behom DBA) a skúsenosťami so skúškami POP iných JE. Zaťaženie stien pri tejto metóde najviac zodpovedá skutočnému smeru pôsobenia tlakovej záťaže, ktorá vznikne v prípade DBA.

Pre predprevádzkové skúšky individuálnych miestností MO34 je skúška nátokovou metódou navrhnutá ako hlavná metóda pri skúškach POP a HU a uskutočňuje sa až po úspešných a vyhovujúcich individuálnych podtlakových skúškach a pretlakových skúškach výtokovou metódou zameraných na vyhľadávanie netesností.

Pretlaková skúška individuálnych miestností výtokovou metódou je navrhnutá predovšetkým pre:

- pretlakové skúšky tesnosti plynojemov,
- pre kontrolné skúšky zamerané na vyhľadávanie netesností POP a HU,
- a pre opakované skúšky tesnosti tých POP a HU, ktorých tesnosť pri nátokových skúškach bola hodnotená ako nevyhovujúca.

Tlakový spád na hermetickej hranici miestnosti sa v súlade s požiadavkami dozorných orgánov využíva aj na lokalizovanie netesností jednotlivých hermetizačných uzlov. Táto metóda je efektívnejšia než metóda lokálnych skúšok nakoľko sa netesnosti zisťujú hromadne.

Skúšky uskutočňujú v rozsahu a použitím takých metód a postupov, ktoré umožnia naplniť účel a požiadavky kladené na tieto skúšky.

Počas skúšok tesnosti POP a HU sa meria tesnosť ich vnútornej hermetickej hranice, t.j. hranice medzi POP resp. HU a neobslužnými priestormi, ktorá chráni obslužný personál pred účinkami (teplota, tlak) prípadnej LOCA havárie v NOP a umožňuje bezpečné opustenie týchto priestorov. Ďalej navrhnutými skúšobnými

resp. výpočtovými metódami sa stanoví nárast tlaku v POP (resp. veľkosť úniku z HU) pri podmienkach projektovej havárie.

Počas skúšok tesnosti plynojemov sa musí (v súlade s požiadavkami zahraničných predpisov a noriem) zmerať ich tesnosť podobnými metódami ako sa vyhodnocuje integrálna tesnosť hermetických priestorov a skúšobnými resp. výpočtovými metódami stanoviť percentuálny úbytok hmotnosti vzduchu pri pretlaku rovnajúcom sa projektovému pretlaku vzniknutom pri MPH.

Pretlakové úrovne predprevádzkových skúšok POP a HU

Z dôvodu realizácie predprevádzkových a následných prevádzkových skúšok tesnosti POP a HU na rôznych pretlakových úrovniach, je potrebné počas predprevádzkových skúšok uskutočniť merania tesnosti minimálne na dvoch pretlakových úrovniach. Realizácia predprevádzkových skúšok na dvoch pretlakových úrovniach umožní zistiť skutočné extrapoláčne koeficienty pre extrapoláciu výsledkov prevádzkových skúšok z nižších na havarijné pretlakové podmienky - stanovenie hodnotiacich kritérií pre skúšky na zníženom pretlaku.

Hlavná pretlaková úroveň

Norma ANSI/ANS 56.8 - 2002 požaduje uskutočňovanie skúšok miestností, ktoré sú náplňou tohto programu (skúšky typu B), aby sa predprevádzkové skúšky tesnosti POP a HU vykonali pretlakom, ktorý vznikne v NOP počas DBA - havarijný pretlak

Skúška na zníženej pretlakovej úrovni

Prevádzkové skúšky tesnosti POP a HU sa v súlade s LaP pre prevádzku JE v SR (aj požiadavkami niektorých zahraničných predpisov napr. Edícia bezpečnostných noriem č. NS-G-1.10: Projektovanie kontajnementových systémov pre jadrové elektrárne) uskutočňujú v pravidelných intervaloch počas odstávky elektrárne na výmenu paliva. Podľa týchto predpisov sa prevádzkové skúšky môžu vykonávať na zníženej pretlakovej úrovni, ich výsledky je však potrebné prepočítať na úroveň maximálneho projektového pretlaku. Z tohto dôvodu je navrhnuté realizovať SPOP-N počas predprevádzkových skúšok MO34 aj na pretlakovej úrovni prevádzkových skúšok tesnosti, čo umožní stanovenie skutočného prepočtového (extrapoláčného) faktora nameraných hodnôt na zníženej pretlakovej úrovni na havarijnú pretlakovú úroveň, (nahradzuje používanie rovníc výpočtu extrapoláčného faktora).

Postup vyhodnotenia skúšok POP, HU a plynojemov

V prípade DBA dochádza z dôvodu netesností na vnútornej hermetickej hranici k nárastu tlaku a teploty v POP a HU. V prípade, že v tomto čase sa v POP nachádza obslužný personál, musí ho urýchlene opustiť a uzavrieť dvere medzi POP a HU.

Na základe praktických meraní je stanovené, že maximálna doba opustenia a zahermetizovania POP je 2 minúty pre všetky POP, okrem sústavy POP - pre ktoré je navrhnutá 3 minútová doba pre opustenie POP. V tomto intervale musí byť zaistená bezpečnosť obslužného personálu - nárast pretlaku nesmie prekročiť dovolenú hranicu.

Poznámka: Bezpečnosť obslužného personálu v každom poloobslužnom priestore spočíva predovšetkým v jeho ochrane pred prudkým nárastom teploty v danom priestore. Lekárska fakulta Univerzity Komenského v Bratislave posúdila vplyv teploty na ľudský organizmus a zo správy tejto inštitúcie vyplýva maximálna dovolená hodnota teploty 55 °C, ktorú telo môže krátkodobo bez zvláštnej ochrany znášať. Na základe tejto úvahy bol stanovený maximálne dovolený nárast tlaku v POP (ako funkcie nárastu teploty) počas DBA a

skúšobné postupy predprevádzkových skúšok musia poskytnúť údaje o náraste pretlaku v POP pri tlakových podmienkach DBA.

Vyhodnotenie tesnosti POP (schopnosti ich vnútornej hermetickej hranice chrániť obslužný personál pred účinkami DBA do času uzatvorenia dverí oddeľujúcich POP od HU) sa musí uskutočniť porovnaním nameraných hodnôt nárastu pretlaku za stanovené časové obdobie s dovolenou hodnotou nárastu tlaku.

Tesnosť HU sa hodnotí predovšetkým z hľadiska tesnosti ich vnútornej hermetickej hranice, ktorá chráni obslužný personál prakticky po celú dobu DBA. Táto musí byť dostatočne tesná a pevná - schopná odolávať pretlaku, ktorý vznikne v NOP počas DBA a preto sú na jej tesnosť kladené zvýšené požiadavky.

Pretože pre odchod obslužného personálu z HU je potrebné otvorenie ich vonkajších (vstupných) dverí, dôjde k úniku RA-látok, vniknutých do HU počas DBA, do okolia JE. Z tohto dôvodu musí byť tesnosť ich vnútornej hermetickej hranice porovnateľná s tesnosťou celých hermetických priestorov.

Pri hodnotení nátokových skúšok tesnosti vnútornej hermetickej hranice každého HU sa z nameraného nárastu tlaku a priebehu teploty v HU vypočíta hodnota veľkosti úniku vzduchu (%/24h) a tá sa prepočíta na hodnotu prietoku unikajúceho vzduchu cez vnútornú hermetickú hranicu skúšaného HU (nm^3/h). Takto získaná hodnota sa porovná s dovolenou hodnotou prietoku unikajúceho vzduchu.

Hodnotiace kritériá:

POP: Dovolený nárast teploty v POP v prípade vzniku DBA je 55 °C. Po prepočítaní dovolenej hodnoty nárastu teploty na nárast pretlaku (pri podmienkach DBA) je stanovená dovolená hodnota nárastu pretlaku.

HU: Dovolená hodnota prietoku unikajúceho vzduchu vnútornej hermetickej hranice skúšaných HU je stanovená na základe požiadaviek zahraničných noriem a pre každý HU predstavuje 1 % z celkového dovoleného prietoku unikajúceho vzduchu zo všetkých HP.

Záver z lokálnych skúšok tesnosti:

Všetky lokálne aj individuálne skúšky musia byť ukončené a doložené protokolmi pred zahájením skúšok typu A (integrálne skúšky tesnosti).

Nevýhodou ochrannej obálky typu hermetických priestorov JE typu VVER 440 je komplikovanosť hermetizácie, pričom vonkajšia výstelka boxu PG prechádza cez betónové steny a pokračuje vnútornou výstelkou ventilačného centra a barbotážnej veže.

V miestach prestupu výstelky stenami sa netesnosti ťažko dajú lokalizovať a prípadné závady odstraňovať.

Pre tieto účely boli vyvinuté nové metódy vyhľadávania a odstraňovania skrytých netesností, ktoré sa s veľkou úspešnosťou aplikujú aj na iných JE VVER 440 v zahraničí a boli aplikované aj pred uvedením MO34 do prevádzky.

6.3.3.2 Integrálne skúšky tesnosti ochrannej obálky

Pred uvedením každého bloku do energetickej prevádzky musia byť hermetické priestory ochrannej obálky podrobené lokálnym skúškam jednotlivých hermetizačných uzlov a nasledujúcim integrálnym skúškam:

- kontrolne integrálne skúšky s vyhľadávaním netesností (KIS-VN), účelom ktorých bolo pred nasledujúcou hlavnou predprevádzkovou integrálnou skúškou tesnosti (IST) lokalizovať všetky dostupné netesnosti,
- hlavná integrálna skúška tesnosti (IST), na dvoch pretlakových úrovniach - **Skúšky typu A**

Kontrolná integrálna skúška tesnosti (KIS)

Účelom kontrolnej integrálnej skúšky (KIS) je predovšetkým odhalenie všetkých dostupných netesností a závad na hermetickom zariadení (hermetizačných uzloch) JE za účelom ich odstránenia ešte pred hlavnou predprevádzkovou integrálnou skúškou tesnosti (IST). V priebehu skúšok sa preto uskutočňuje vyhľadávanie netesností (VN) na stenách všetkých miestností, ktoré ležia na vonkajšej hermetickej hranici a meria sa ich tesnosť.

KIS-VN sa môže vykonávať pred uvedením elektrárne do prevádzky opakovane, až kým výsledky predbežného hodnotenia tesnosti HP nezodpovedajú kritériu stanovenému pre ich hodnotenie.

Za prevádzky sa môžu KIS-VN realizovať počas odstávky elektrárne na výmenu paliva v prípade, že pri predchádzajúcej periodickej integrálnej skúške (PERIS) došlo k enormnému zhoršeniu tesnosti HP na príslušnom bloku a to aj v prípade, ak tesnosť HP ešte odpovedala kritériu podľa prevádzkových LaP. Okrem toho sa tieto skúšky môžu vykonávať aj za účelom ďalšieho zvyšovania tesnosti HP.

KIS predstavuje 1. etapu integrálnych skúšok realizovaných v predprevádzkovom období na príslušnom bloku MO34.

Za účelom vyhľadania prípadných netesností (a ich následného odstránenia pred IST) sa KIS sa realizujú pretlakom a podtlakom.

- pretlakové KIS-VN ,
- podtlakové KIS-VN.

Pretlaková KIS-VN sa používa sa za účelom vyhľadávania netesností na vonkajšej hermetickej výstelke HP. Podtlaková KIS-VN sa používa predovšetkým za účelom vyhľadávania netesností na vnútornej hermetickej výstelke HP pred hlavnými IST. Meranie rýchlosti úniku vzduchu z HP sa môže uskutočniť za účelom porovnávania vplyvu hermetizačných prác na tesnosť HP, ako aj kvôli odbornej prognóze výsledku nasledujúcej hlavnej predprevádzkovej IST.

Princíp skúšok

Kontrolné integrálne skúšky s vyhľadávaním netesností hermetických priestorov sa zakladajú na jednotnom princípe vytvorenia tlakového spádu na vonkajšej hermetickej hranici s okolím JE voči vnútorným hermetickým priestorom: s boxom PG, s barbotážnou šachtou, resp. s priestormi ventilačného centra.

Tlakový spád na hermetickej hranici sa v súlade s požiadavkami dozorných orgánov využíva na lokalizovanie netesností jednotlivých hermetizačných uzlov. Táto metóda je efektívnejšia než metóda lokálnych skúšok, nakoľko sa netesnosti zisťujú *hromadne*.

Počas kontrolných skúšok tesnosti HP sa výpočtovými metódami (rovnakými ako pri IST) meria tesnosť vonkajšej hermetickej hranice. Stanovenie tesnosti HP spočíva vo výpočte rýchlosti úniku vzduchu z HP na základe merania priebehu skúšobného tlaku, teploty a vlhkosti vzduchu v hermetických priestoroch v priebehu príslušnej etapy pretlakovej KIS-VN.

Vyhľadávanie netesností

Vyhľadávanie zabezpečuje 11 pracovných skupín. Úlohou pracovných skupín pri VN je vhodnou metódou (predovšetkým sluchovou a bublinkovou) odhaliť, označiť a zaevidovať maximálne množstvo existujúcich netesností na hranici HP. Bublínkovú metódu (štetcom, postrekovačom) aplikujú skupiny VN na všetkých dostupných zariadeniach na hranici HP.

Jedná sa najmä o tieto časti:

- zariadenia, ktorých tesniace plochy sú viditeľné (tesnenia dverí),
- podozrivé (poškodené, nedovarené) miesta na výstelke a hermetickej podlahe, resp. stropu,
- všetky zátky na nástavcoch kontrolných priestorov výstelky a hermetických priechodiek,
- upchávky elektropriechodiek (postrek krátkymi intervalmi),
- ventily špeciálnej kanalizácie a pod.

Vedúci všetkých skupín dbajú na dôsledné vyhľadávanie netesností v rozsahu celého prideleného pracoviska. Číslujú, zaznamenávajú a prípadne zakresľujú do poznámkového bloku všetky lokalizované netesnosti. Väčšie závady a prípadné mimoriadne udalosti (zranenia, deformácie stien a pod.) ihneď hlásia vedúcemu skúšky.

Stanovenie tesnosti HP pri KIS-VN

V súlade s metodikou KIS je po ukončení vyhľadávania netesností, stabilizácii parametrov vzduchu v HP a uskutočnení nátokových skúšok POP potrebné zmerať tesnosť (rýchlosť úniku) vonkajšej hermetickej hranice.

Meranie tesnosti v priebehu KIS - VN sa koná z dvoch dôvodov:

1. umožní posúdiť vplyv utesňovacích prác medzi jednotlivými skúškami KIS-VN,
2. umožní odhadnúť či pri hlavnej IST na maximálnom projektovom pretlaku bude splnená požiadavka na tesnosť HP, t.j. či nameraná rýchlosť úniku bude pod dovolenou hodnotou.

Požiadavky na meranie tesnosti HP

Aby bolo možné nameranú hodnotu rýchlosti úniku porovnať s výsledkami predchádzajúcich pretlakových KIS-VN, musí sa výpočet rýchlosti uskutočňovať v súlade s požadovanými skúšobnými postupmi a výpočtovou metodikou. Pri meraniach je potrebné dodržiavať jednotný postup stanovený na základe požiadaviek a skúseností s pretlakovými KIS-VN:

- 5-hodinová doba stabilizácie parametrov atmosféry v HP pred zahájením merania,
- pretlaková úroveň pri zahájení merania rýchlosti úniku musí byť podľa požiadaviek merania,
- doba a interval merania rýchlosti úniku musí byť vždy rovnaký..

Doba a interval merania sú navrhnuté v súlade s požiadavkami metodiky pre výpočet rýchlosti úniku normy ANSI/ANS 56.8-2002 (použitej aj pre výpočet rýchlosti úniku), tak aby sa počas merania zozbieralo minimálne 30 súborov údajov - záznamov.

Predprevádzková integrálna skúška tesnosti HP

Predprevádzková integrálna skúška tesnosti (IST) hermetických priestorov sa vykonáva za účelom určenia rýchlosti úniku z týchto priestorov v prípade maximálnej projektovej havárie JE. Realizáciou IST sa plnia požiadavky Vyhlášky ÚJD SR č. 430/2011, príloha 3, časť B, kap. 2, D Systém ochrannej obálky, odsek (7): ochranná obálka a systémy, konštrukcie a komponenty dôležité pre jej tesnosť musia byť navrhnuté tak, aby bolo možné:

a) vykonávať jej skúšky tesnosti pri projektovom tlaku po:

1. zabudovaní všetkých priechodiek a priechodov

2. zrealizovaných opravách

Ochranná obálka a ostatné pomocné zariadenia sú riešené tak, aby bolo možné vykonávať periodické integrálne skúšky (PERIS) tesnosti hermetických priestorov kontajneru ako celku.

K tomuto účelu slúžia nasledovné pomocné systémy:

a) Systém tlakovania HP:

kompresorová stanica, má taký výkon aby HP mohli byť natlakované dostatočnou rýchlosťou na požadovaný skúšobný pretlak pri pevnostnej integrálnej skúške (PIS), resp. pri tesnostných skúškach. Tlakovacia trasa, napojená na kompresorovú stanicu, má rozvod NT-vzduchu na oba bloky s uzatváracou a regulačnou armatúrou na každom bloku.

b) Systém vyrovnania tlaku v HP

c) Systém merania tlaku v HP

d) Systém merania teploty a vlhkosti v HP:

Harmonogram predprevádzkovej IST

Integrálna skúška tesnosti sa vykonáva ako posledná zo súboru skúšok tesnosti HP (po pevnostnej skúške) pred uvedením daného bloku MO34 do prevádzky. Prvá IST sa realizuje na každom bloku MO34 zásadne spoločne (kumulovane) s pevnostnou integrálnou skúškou, ktorá sa vykoná pred meraní rýchlosti úniku IST podľa "Programu PIS". V prípade eventuálneho opakovania IST po úspešnej PIS a neúspešnej IST sa opakovaná IST uskutočňuje samostatne.

Predprevádzková IST sa vykonáva podľa stanoveného harmonogramu.

Integrálna skúška má tri hlavné etapy:

1. etapa prípravných prác a súvisiacich činností IST:

- A - Prípravné práce uskutočňované bezprostredne pred zahájením IST,
- B - Vytvorenie pretlaku v HP,
- C - Vyhľadávanie netesností a informatívne meranie tesnosti HP,
- D - Postupné tlakovanie HP na maximálny skúšobný pretlak,
- E - Skúšky POP a HU uskutočňované na maximálnom pretlaku podľa príslušného "Programu skúšok tesnosti poloobslužných priestorov a iných hermetických miestností".
- F - Pevnostná integrálna skúška uskutočnená podľa požiadaviek samostatného "Programu PIS".

2. etapa činností súvisiacich so stanovením rýchlosti úniku na stanovenom pretlaku:

- G - Stabilizácia parametrov atmosféry v HP a vyhľadávanie netesností
- H - Meranie rýchlosti úniku
- I - Meranie voľného objemu HP
- J - Overovacia skúška tesnosti HP

3. etapa činností súvisiacich so stanovením rýchlosti úniku na stanovenom pretlaku:

- K - Zníženie pretlaku v HP na stanovenú úroveň
- L - Stabilizácia parametrov atmosféry v HP
- M - Meranie rýchlosti úniku
- N - Vyrovnanie pretlaku v HP s okolím a dehermetizácia

V prípade realizácie opakovanej IST po úspešnej pevnostnej skúške a skúške POP a HU sa prvá etapa (prípravných a súvisiacich činností) uskutoční bez bodov E a F

Postup merania tesnosti (veľkosti úniku) pri integrálnej skúške tesnosti (IST)Zahermetizovanie hermetickej hranice

Všetky čiastkové hermetické priestory vnútri kontajneru sa navzájom pospájajú, pričom sa všetky otvory na (vonkajšej) hranici kontajneru, t.j. dvere, poklopy, ventily, klapky atď., hermeticky uzavrujú spôsobom, ktorý odpovedá ich uzatvoreniu pri havárii s únikom chladiva z PO.

Tlakovanie HP

Meranie tesnosti HP a teda aj tlakovanie HP sa uskutočňuje na dvoch pretlakových úrovniach (vo dvoch etapách):

1. etapa - 24 hodinová (hlavná) etapa IST,

Predprevádzkové integrálne skúšky JE VVER 440 sa uskutočňujú pri vyššej hodnote pretlaku ako je projektová hodnota (v súlade s požiadavkou normy ANSI/ANS požadujúcou natlakovanie kontajneru na pretlak vyšší než je pretlak pri DBA).

2. etapa - 24 hodinová (porovnávací) etapa začína po ukončení 1. etapy, po znížení pretlaku.

Účelom 2. etapy je stanovenie hodnoty rýchlosti úniku pri referenčnom pretlaku a výpočet extrapoláčného faktora (pomery rýchlostí únikov) pre vyhodnocovanie, resp. stanovenie hodnotiacich kritérií prevádzkových periodických integrálnych skúšok (PERIS) tesnosti HP.

Stabilizácia parametrov atmosféry v HP

Po natlakovaní prostredníctvom nízkotlakovej kompresorovej stanice sa atmosféra v kontajneru ponechá potrebnú dobu stabilizovať. Minimálne trvanie tejto stabilizačnej periódy musí byť 5 hodín, pri súčasnom splnení ďalších podmienok na ustabilizovanie parametrov atmosféry v HP (teplota, vlhkosť, odchýlky meranej hodnoty veľkosti úniku).

Meranie tesnosti HP – merací systém

Vlastné meranie veľkosti úniku sa uskutočňuje zaznamenávaním hodnôt absolútneho tlaku, teploty a vlhkosti (parciálneho tlaku vodných pár) v atmosfére kontajneru v pravidelných intervaloch po celú dobu merania. Intervaly musia byť také dlhé, aby sa za dobu merania nameralo minimálne 30 súborov dát. Stredné hodnoty teploty a vlhkosti sa počítajú v každom intervale merania priemerovaním z viacerých snímačov, pričom sa z nameraných hodnôt vlhkosti a teploty počíta stredný parciálny tlak vodnej pary.

Tlak v kontajnmemente sa meria pomocou impulzného potrubia, ktorého trasu z meracej miestnosti do kontajnmementu je potrebné špecifikovať v projekte automatického meracieho a vyhodnocovacieho systému pre každý blok samostatne.

Overovacia skúška a meranie voľného objemu HP

Po ukončení merania veľkosti úniku požadujú viaceré normy overenie nameranej hodnoty veľkosti úniku pomocou tzv. overovacej skúšky tesnosti: skúška k potvrdeniu spôsobilosti metodiky skúšky typu A a meracieho zariadenia stanoviť rýchlosť úniku vzduchu z HP.

Princíp tejto skúšky je založený na vypustení (alebo dotlakovaní) presne odmeraného množstva vzduchu, ktoré má zodpovedať prietoku vzduchu vypočítaného z dovolenej veľkosti úniku (podľa LaP). Počas merania (obvykle 4 hodiny) sa merajú parametre vzduchu v kontajnmemente a vypočíta sa veľkosť úniku. Nameraná hodnota veľkosti úniku musí byť v rámci dovolených hraníc. Pre túto skúšku je potrebné poznať čo najpresnejšie veľkosť voľného objemu kontajnmementu a množstvo (prietok) vypúšťaného (tlakovaného) vzduchu, preto je potrebné merať prietok vzduchu pomocou prietokomera s požadovanou presnosťou

Pre účely vyhodnotenia overovacej skúšky tesnosti je potrebné poznať veľkosť voľného objemu HP. Meranie voľného objemu HP sa uskutoční počas tlakovania HP a počas odtlakovania vzduchu z HP – meraním prietoku tlakovacieho vzduchu.

Výpočet veľkosti voľného objemu sa realizuje aplikovaním stavovej rovnice ideálneho plynu a meranie uskutočňuje kalibrovaným (meraným) odpúšťaním vzduchu z HP za určitú dobu, pri súčasnom meraní parametrov vzduchu v HP.

Požiadavky na prístrojové vybavenie meracieho systému IST

Pri rozmiestňovaní snímačov sa musí preskúmať, či teplota meraná snímačom teploty skutočne reprezentuje priemernú teplotu v priestore jemu pridelenom. Pri tomto preskúmaní sa odporúča postupovať podľa normy ANSI/ANS-56.8-2002:

Preskúmanie teploty meranej suchými teplomermi sa musí uskutočniť pred predprevádzkovou a prvou prevádzkovou CILRT za účelom stanovenia priestorov s lokálnymi rozdielmi. Model teplotného rozloženia získaný pomocou prieskumu sa musí použiť na potvrdenie správneho umiestnenia snímačov teploty. Rozdelenie kontajnmementu na čiastkové (parciálne) objemy a umiestnenie suchých teplomerov musí byť overené a zaznamenané.

V projekte automatického meracieho a vyhodnocovacieho systému pre MO34 sa v porovnaní s projektom pre EMO12 doplnilo meranie teplôt v horných priestoroch barbotážnych žľabov. Káble k snímačom od meracej karty je potrebné do priestorov barbotážnych žľabov viesť cez prielezy, ktoré sú počas skúšky IST a PERIS pootvorené (z dôvodu vyrovňania tlakov, aby nedošlo pri tlakovaní k vyliatiu roztoku H_3BO_3).

Výpočet veľkosti úniku z nameraných údajov

Veľkosť úniku sa určuje tzv. absolútnou metódou, ktorá predstavuje aplikáciu stavovej rovnice plynov. Pomocou stavovej rovnice sa z nameraných údajov (súborov dát) absolútneho tlaku, absolútnej teploty a parciálneho tlaku vodných pár v každom meracom intervale vypočíta hmotnosť (suchého) vzduchu v kontajnmemente – hmotnostné body.

Celkový únik vzduchu z kontajnmementu (L [%/deň]) sa počíta metódou lineárnej regresnej analýzy (metóda najmenších štvorcov) aplikovanej na jednotlivé namerané hmotnosti vzduchu (hmotnostné body). Táto

metóda, označovaná ako metóda hmotnostných bodov, je uvedená v štandarde, ktorý sa odporúča pre realizáciu skúšok tesnosti ANSI/ANS 56.8.-2002 a je odporúčaný americkou normou pre skúšanie tesnosti kontajnementov 10CFR50 Appendix J [II.8] a ďalšími zahraničnými normami na skúšanie tesnosti kontajnementov JE.

Výpočet rýchlosti úniku metódou lineárnej regresie pozostáva z nasledovných krokov:

1. stanovenie hmotnosti suchého vzduchu v HP v jednotlivých intervaloch merania,
2. stanovenie zmien hmotnosti vzduchu použitím regresnej analýzy (vyhovuje metóda najmenších štvorcov),
3. prepočítanie veľkosti zmeny hmotnosti vzduchu na rýchlosť úniku v %/24h.
4. výpočet hornej hranice spoľahlivosti vypočítanej hodnoty veľkosti úniku

Hodnotiace kritériá a vyhodnotenie IST

Integrálna skúška tesnosti HP sa hodnotí na základe výsledkov nameraných hodnôt a z nich vypočítanej rýchlosti úniku, porovnaním so stanovenými (hodnotiacimi) kritériami.

Úrad jadrového dozoru Slovenskej Republiky určuje pre každú lokalitu JE max. dovolenú hodnotu rýchlosti úniku vzduchu z HP ($L_{DOV,150}$ [% / 24h]).

Nameraná hodnota rýchlosti úniku s pripočítanou konfidenčnou úrovňou zaručuje, že výsledná vypočítaná hodnota rýchlosti úniku - konfidenčný limit je s 95 %-nou pravdepodobnosťou vyššia ako skutočná rýchlosť úniku.

Takto vypočítaná hodnota rýchlosti úniku sa porovná s dovolenou hodnotou rýchlosti úniku z HP.

Tesnosť HP je vyhovujúca ak je splnená podmienka, že únik, zvýšený o konfidenčnú hodnotu je menší ako je dovolená hodnota.

Okrem tejto podmienky sa hodnotí splnenie kritérií na overovaciu skúšku.

Pre účely stanovovania periodicity následných integrálnych skúšok tesnosti sa okrem uvedených kritérií používa tzv. „kritérium plnenia funkcie kontajnementu pre skúšku typu A“

Kritérium plnenia funkcie kontajnementu je vyhovujúce ak tzv. pozásahová (ponechaná) rýchlosť úniku vypočítaná ako „súčet nameranej hornej hranice spoľahlivosti – Konfidenčný limit (UCL) a pozásahových („as-left“) hodnôt únikov zo všetkých únikových trás (nameraných po opravách hermetizačných uzlov skúšaných skúškami typu B a C po skúške typu A)“ je menšia ako:

- $L_{DOV,150}$. Táto podmienka **musí** byť splnená v každom okamihu prevádzky bloku.
- 75% $L_{DOV,150}$. Táto podmienka by mala byť splnená pred prvým nábehom bloku, resp. pred nábehom bloku po GO. V prípade jej nesplnenia sa najbližšia skúška typu A musí uskutočniť pri najbližšej GO.

6.3.3.3 Periodické skúšky tesnosti HP (PERIS)

Tesnosť kontajneru sa kontroluje v priebehu odstávky reaktora pre výmenu paliva, pričom sa postupuje podľa schváleného prevádzkového predpisu, ktorý uvažuje s nasledovnými druhmi prevádzkových skúšok tesnosti:

KIS-VN - kontrolná integrálna skúška (pretlaková a podtlaková) za účelom vyhľadávania netesností vzniknutých v priebehu prevádzky,

LST - lokálne skúšky tesnosti jednotlivých hermetizačných zariadení za účelom stanovenia ich tesnosti po demontáži, opravách a odstránení závad zistených pri KIS-VN,

SPOP - skúšky poloobslužných priestorov a hermetických uzáverov, za účelom stanovenia tesnosti vnútornej hranice HP,

PERIS – periodická integrálna skúška tesnosti HP, za účelom stanovenia tesnosti vonkajšej hermetickej hranice.

Pred prvým uvedením blokov MO34 do prevádzky sa uskutoční tzv. Nultá periodická skúška tesnosti HP. V ďalších rokoch (po uvedení MO34 do prevádzky) sa tieto skúšky zásadne realizujú počas prevádzkových odstávok pre výmenu paliva (GO) buď každoročne, resp. v intervaloch, ktoré stanoví ÚJD-SR v Limitách a podmienkach pre prevádzku príslušného bloku JE MO34. V súlade so všeobecným prístupom, platným pre VVER 440 JE, frekvencia periodickej integrálnej skúšky tesnosti je definovaná v súlade s Limitmi a podmienkami tak, aby bola zaistená bezpečná prevádzka..

Prevádzkové skúšky sa realizujú podľa samostatného "Programu periodických integrálnych skúšok tesnosti HP pre určenie veľkosti úniku".

V tých rokoch, kedy sa pri GO nerealizuje skúška PERIS sa musí uskutočniť vyhodnotenie tesnosti HP náhradným spôsobom. Pre tento účel sa používa metóda štatistického vyhodnotenia skúšok LST typu B a C, realizovaných počas GO, kedy sa nerealizuje skúška PERIS.

Harmonogram PERIS

Skúšku podľa nasledujúceho harmonogramu možno rozdeliť do nasledovných častí:

A - Prípravné práce uskutočňované bezprostredne pred zahájením PERIS

B - Vytvorenie pretlaku

C - Stabilizácia parametrov vzduchu v HP a vyhľadávanie netesností

(C - Skúšky POP a HU uskutočňované podľa Operatívneho programu PERIS)

D - Meranie rýchlosti úniku počas PERIS

E - Overovacia skúška tesnosti HP

F - Vyrovnávanie pretlaku v HP s okolím a dehermetizácia

Cieľ a rozsah skúšok

Prevádzkové periodické integrálne skúšky tesnosti majú za úlohu zistiť skutočnú tesnosť – veľkosť úniku vonkajšej hranice HP pri skúšobnom pretlaku a prepočítať túto hodnotu na maximálny skúšobný pretlak.

Metodika PERIS

Postup skúšky (tlakovanie, stabilizácia parametrov vzduchu, meranie úniku, overovacia skúška a odtlakovanie HP) je obdobný ako pri skúške IST, resp. KIS VN).

Hodnotenie ustabilizovania atmosféry:

Ak počas stabilizácie poklesne pretlak v HP pod požadovanú úroveň pre zahájenie merania rýchlosti úniku, musia sa HP dotlakovať. Posledné dotlakovanie HP sa musí uskutočniť minimálne 2 hodiny pred ukončením stabilizácie. Krátkodobé dotlakovanie 2 hod. pred ukončením stabilizácie nenaruší významnou mierou priebeh stabilizácie (teplota a vlhkosť v HP ovplyvnené krátkodobým dotlakovaním sa za dve hodiny dostatočne ustabilizujú).

Hodnota pretlaku v HP počas stabilizácie resp. po poslednom dotlakovaní (minimálne dve hodiny pred ukončením stabilizácie) musí zaistiť, že pretlak pri zahájení merania rýchlosti úniku nepoklesne pod požadovanú hodnotu. Presnú hodnotu tohto pretlaku nie je možné stanoviť vopred, pretože závisí od rýchlosti poklesu tlaku (rýchlosti úniku).

Atmosféra v HP je stabilizovaná pre účely skúšky typu A, keď v poslednej hodine stabilizácie sú súčasne splnené nasledujúce kritériá:

- stredná teplota v HP sa nezmení o viac ako stanovené kritérium,
- stredná hodnota relatívnej vlhkosti sa nezmení o viac ako stanovené kritérium,
- rýchlosti úniku vzduchu z HP namerané za poslednú hodinu a za posledné dve hodiny stabilizácie, metódou bodu po bode, sa nelíšia o viac než o stanovené kritérium.

Meranie tesnosti

Zahájenie merania veľkosti úniku sa musí uskutočniť na požadovanej pretlakovej úrovni, ktorá nesmie byť menšia než stanovená hodnota. Z dôvodu možnosti porovnávania výsledkov meraní tesnosti HP na JE VVER 440 je zaužívané tolerančné pásmo pre zahájenie merania rýchlosti úniku + 0,5 kPa, ktoré sa dodržiava aj na iných JE.

V prípade, že je pretlak v HP vyšší než stanovené tolerančné pásmo, odporúča sa v stabilizácii pokračovať. V prípade že je nižší, musia sa HP pred zahájením merania rýchlosti úniku dotlakovať (s následnou minimálne 2 hodinovou stabilizáciou).

Doba trvania merania rýchlosti úniku vzduchu z HP musí byť minimálne 8 hodín (podľa požiadavky ANSI/ANS 56.8) a maximálne 24 hodín.

Prepočet nameranej hodnoty rýchlosti úniku na projektový pretlak

V doterajšej praxi PERIS sa výsledky nameranej rýchlosti úniku vzduchu z HP porovnávajú s dovolenou hodnotou rýchlosti úniku pri projektovom pretlaku. Porovnanie sa uskutočňuje prepočítaním nameranej rýchlosti úniku pri skúšobnej pretlakovej úrovni na maximálny projektový pretlak tzv. extrapoláčnym koeficientom e_{kf} .

Skutočný extrapoláčny koeficient sa na MO34 stanoví po uskutočnení predprevádzkových skúšok IST na stanovených pretlakoch s meraním rýchlosti úniku.

Z nameraných hodnôt sa vypočítajú skutočné extrapoláčne koeficienty pre 3. a 4. blok EMO:

Hodnotiace kritériá pre PERIS

ÚJD-SR stanovuje nasledovné kritériá pre vyhodnotenie výsledkov PERIS:

a) Absolútne kritérium

Nameraná hodnota úniku spolu s hornou hranicou významnosti – tzv. Konfidenčný limit extrapolovaný na max. havarijný pretlak, nesmie presiahnuť dovolenú hodnotu (stanovenú v LaP pre bezpečnú prevádzku MO34).

b) Kritériá pre hodnotenie plnenia bezpečnostnej funkcie:

Kritérium plnenia funkcie kontajnementu je vyhovujúce ak tzv. pozásahová (ponechaná) rýchlosť úniku vypočítaná ako súčet Konfidenčného limitu a pozásahových („as-left“) hodnôt únikov zo všetkých únikových trás (nameraných po opravách hermetizačných uzlov skúšaných skúškami typu B a C po skúške typu A)“ je menšia ako:

- $L_{DOV,150}$. Táto podmienka **musí** byť splnená v každom okamihu prevádzky bloku.
- 75% $L_{DOV,150}$. Táto podmienka by mala byť splnená pred prvým nábehom bloku, resp. pred nábehom bloku po GO. V prípade jej nesplnenia sa ďalšia skúška PERIS musí uskutočniť pri najbližšej GO.

Dokumentovanie skúšok

Všetky výsledky prevádzkových periodických skúšok tesnosti HP musia byť náležite dokumentované podľa požiadaviek Úradu jadrového dozoru Slovenskej Republiky.

Na záver periodických skúšok tesnosti HP oprávnená organizácia spracováva Predbežný protokol o výsledkoch skúšok PERIS. Tento stručný protokol slúži ako dočasný doklad o výsledkoch merania a vyhodnotenia únikov z HP daného bloku MO34 do vydania záverečného Protokolu o výsledkoch PERIS.

Do 30 dní od realizácie periodických integrálnych skúšok tesnosti HP oprávnená organizácia spracováva "Správu o výsledkoch hlavnej prevádzkovej periodickej skúšky tesnosti hermetických priestorov jadrovej elektrárne". Tento protokol obsahuje všetky potrebné údaje o vykonanej integrálnej skúške tesnosti HP daného bloku.

6.3.3.4 Skúška pevnosti stavebnej časti kontajnementu

Účel a rozsah PIS

Realizáciou pevnostnej integrálnej skúšky na jadrovej elektrárni sa sledujú nasledovné ciele:

- preveriť pevnosť stavebnej konštrukcie JE pri skúšobnom pretlaku, ktorý je vyšší než maximálny projektový pretlak,
- preveriť pevnosť technologických zariadení na hranici HP,
- lokalizovať všetky závady (netesnosti, deformácie, deštrukcie) na stavebných a technologických častiach HP za účelom ich odstránenia pred uvedením bloku do prevádzky (resp. pred nasledujúcou integrálnou skúškou tesnosti).

Pri predprevádzkovej PIS skúšobný pretlak musí byť vyšší než maximálny projektový pretlak (podľa ÚJD SR schváleného programu).

Za normálnych podmienok sa predpokladá, že PIS na pretlaku vyššom než je projektový pretlak sa bude realizovať na každom bloku MO34 iba raz - v predprevádzkových podmienkach. Dôvodom je nevhodné opakovanie záťaže celej železobetónovej konštrukcie kontajneru maximálnym havarijným pretlakom.

Prevádzkovú PIS (označovanú tiež PERIS-P) môže nariadiť len ÚJD-SR vo zvláštnych prípadoch (po značných zásahoch a opravách stavebnej časti HP, napr. po havarijnej deštrukcii, po rekonštrukcii ap.), alebo až po 10 ročnej prevádzke JE. Takáto periodická pevnostná skúška HP sa však obvykle realizuje na zníženom pretlaku a namerané hodnoty priehybov stien sa extrapolujú na projektovú pretlakovú úroveň.

Metodika PIS

Metodika PIS je analogická so všetkými integrálnymi skúškami HP v tom, že celý hermetický priestor sa natlakuje na požadovaný pretlak, na ktorom sa udržiava minimálne 2 hodiny. Tlakovanie prebieha v postupných krokoch s prerušením tlakovania na stanovených pretlakových úrovniach, pričom sa merajú priehyby stien vo vopred určených miestach.

Meranie pretlaku v HP

Meranie pretlaku pri PIS sa vykonáva rovnako ako pri ostatných pretlakových integrálnych skúškach.

Pri meraní pretlaku v HP sa uplatňujú rovnaké prístroje ako pri IST, ale doplnené o presné meranie pretlaku vzduchu v HP. Nárast pretlaku sa meria a zapisuje (automaticky) v požadovaných intervaloch.

Na rovnakých pretlakových úrovniach ako pri tlakovaní, tak aj pri odtlakovaní HP sa meria priehyby stien.

Meranie priehybu stien a obhliadka hermetickej hranice

Počas výdrže na uvedených pretlakových úrovniach sa vykonáva meranie priehybu stien na stanovených miestach a obhliadka stavu hermetickej hranice.

Merania priehybov sa musia uskutočniť pred zahájením tlakovania a priebežne počas tlakovania na jednotlivých pretlakových úrovniach, po dosiahnutí maximálneho skúšobného pretlaku a na rovnakých pretlakových úrovniach sa musia priehyby zmerať aj v etape znižovania tlaku.

Na základe realizovaných výpočtov a z výsledkov meraní doposiaľ realizovaných skúšok pevnosti (predprevádzkové a prevádzkové skúšky EMO a EBO) bolo potvrdené, že deformácie stien pôsobením skúšobného pretlaku sa prejavujú predovšetkým u stien barbotážnych plynojemov. Tieto steny sú vzhľadom k najväčšej ploche súvislých stien HZ zaťažené najväčším spojitým zaťažením od pretlaku. Preto je potrebné všetky merania priehybov zamerať na vonkajšiu stenu barbotážnych plynojemov a strop horného plynojemu A635.

Priehyb stien sa meria v nasledovných bodoch:

- na dlhšej vonkajšej stene každého barbotážneho plynojemu,
- na strope barbotážnej veže nad najvyšším plynojemom.

Meranie priehybu na strope najvyššieho plynojemu sa vykonáva presnou niveláciou relatívneho posuvu troch pozorovacích bodov v strede vodorovného stropu. K meraniu slúži nivelačný prístroj s presnosťou cca 0,3 mm.

Meranie teploty stien barbotážnych plynojemov

Počas meraní a vyhodnotení PIS v roku 1997 bol potvrdený výrazný vplyv vonkajšej teploty na stavbu šachty BK a pri vyhodnocovaní geodetického merania je potrebné tento vplyv eliminovať. Steny barbotážnych plynojemov sú vzhľadom k najväčšej ploche súvislých stien HZ zaťažené najväčším spojitým zaťažením od

pretlaku. V miestach priehybu stien sa okrem pôsobenia skúšobného pretlaku prejavujú deformácie aj vplyvom zmien teploty a preto sa okrem merania priehybu stien monitoruje aj teplota.

Vizuálna kontrola a dohľad nad stavom hranice HP

Pevnostná integrálna skúška je z hľadiska rozsahu prípravných prác, predovšetkým z bezpečnostných dôvodov najnáročnejšou skúškou HP.

Skúška na maximálnom havarijnom pretlaku si vyžaduje mimoriadne bezpečnostné opatrenia, ochranu prístrojov a zariadenia a zabezpečenie školených pracovníkov pre odborný dohľad nad stavom hermetickej hranice.

Počas pevnostnej skúšky sa musí vykonávať dohľad nad stavom hermetickej hranice pričom treba zaznamenávať údaje z vizuálnej kontroly povrchu stien HP.

Nepretržitá kontrola hermetickej hranice je mimoriadne dôležitá z hľadiska bezpečnosti a úspešného priebehu celej PIS a musí sa uskutočňovať dostatočným počtom pracovníkov - pracovnými skupinami dohľadu, aby sa počas PIS uskutočnil dohľad nad všetkými hermetickými stenami a ich zariadeniami (betón, výstelka priechodky a pod.) zaťaženými pretlakom.

Činnosť pracovníkov skupín dohľadu nad stavom hermetickej hranice možno rozdeliť na dve časti:

- pri náraste tlaku - sledovanie hermetických stien z bezpečnej vzdialenosti, v blízkosti únikových ciest,
- pri prerušení tlakovania a minimálne hodinovej výdrži na vyššie uvedených pretlakových úrovniach - vizuálna kontrola stavu zaťažených prvkov (praskliny, netesnosti a pod.), ich zaznamenanie do zoznamu závad.

Postup a harmonogram skúšky

Priebeh tlakovania HP na skúšku PIS je nasledovný:

A - Prípravné práce uskutočňované bezprostredne pred zahájením IST

B - Vytvorenie pretlaku v HP

C - Vyhľadávanie netesností a informatívne meranie tesnosti HP

D - Postupné tlakovanie HP na maximálny skúšobný pretlak

E - Výdrž na maximálnom pretlaku PIS a úradná obhliadka

Potvrdenie pevnostnej odolnosti stien kontajneru sa musí potvrdiť úradnou obhliadkou za účasti zástupcov dozorných orgánov, ktorí sú prizývaní ku skúške. Členmi úradnej obhliadky sú okrem zástupcov dozorných orgánov (ÚJD-SR) aj zástupcovia MO34, dodávateľ stavebnej a technologickej časti hermetickej hranice. Úradná obhliadka HP začína sa až po 1-hodinovej výdrži na úrovni max. skúšobného pretlaku a následného zníženia pretlaku v HP.

Vyhodnotenie PIS

Pevnostná integrálna skúška je po spracovaní výsledkov skúšky (zoznamy netesností a deštrukcií, meranie priehybu) hodnotená na základe dvoch kritérií:

- pevnosť stavebnej konštrukcie stien, stropov a podláh, hermetickej výstelky a zariadenia na hranici HP je vyhovujúca, ak v priebehu skúšky nedošlo k žiadnemu poškodeniu týchto častí (neboli zistené žiadne deformácie ani deštrukcie),

- pevnosť stavebnej časti je vyhovujúca, ak pri meraniach nebol zistený priehyb väčší než stanovená bezpečná hodnota.

Protokol o realizácii PIS

Tento dokument vypracovali členovia riadiaceho štábu na základe vyššie uvedených dokladov. Protokol slúžil ako dočasný doklad o výsledkoch pevnostnej skúšky až do vydania konečnej Súhrnnej správy.

Termín vydania Protokolu: do 24 hodín po ukončení skúšky.

Súhrnná správa

Podrobnú Súhrnnú správu z pevnostnej integrálnej skúšky hermetických priestorov na jednotlivých blokoch MO34 sa spracováva do 30 dní po ukončení skúšky.

Výsledky všetkých meraní priebehu tlaku v HP (pretlaku), priehybov vybraných stien barbotážnych plynojemov, závad na hermetickej hranici kontajneru zistených skupinami dohľadu, komisionálnej obhliadky (zoznamy závad), ako aj vyhodnotenie všetkých výsledkov, musí byť protokolárne zaznamenané.

6.3.4 Bezpečnostné hodnotenie kontajnementu

6.3.4.1 Teoretické, experimentálne a výpočtové hodnotenie

Výpočtové analýzy činnosti jednotlivých systémov a priebehu termodynamických parametrov v kontajmente pre projektové havarijné situácie s roztrhnutím potrubia primárneho alebo sekundárneho okruhu MO34 sú uvedené v kap.7 PpBS.

Pevnosť a funkcia konštrukcie VBS ako súčasti kontajnementu VVER440/213 boli predmetom záujmu viacerých úloh a medzinárodných projektov, zameraných na jeho kvalifikáciu a potvrdenie spoľahlivej funkcie VBS.

Rozsiahle riešenie úloh bolo zahájené už pri dostavbe JE EMO12:

V rámci riešenia úloh bezpečnostného opatrenia CONT1 (Pevnosť barbotážneho kondenzátora počas LOCA) a CONT4 (Maximálne tlakové rozdiely...) boli konzorciom EUCOM vykonané termohydraulické analýzy pre účely overenia predpokladu maximálneho pretlaku na barbotážnom kondenzátore a pre stanovenie rýchlosti nárastu tlaku v rozličných priestoroch HP.

Pri dostavbe JE EMO12 bola tiež z Ruska dodaná a dokompletovaná požadovaná dokumentácia, dokladujúca funkciu vakuo-barbotážneho systému kontajnementu. Súčasne boli teoreticky, experimentálne a výpočtovo dokladované a zodpovedané otázky a výhrady expertov krajín EU, týkajúce sa spoľahlivej funkcie VBS JE s VVER440/V213, ktoré boli zahrnuté do riešenia bezpečnostných opatrení typu CONT. Hlavné výsledky boli nasledujúce:

- Vypočítaný tlak v HZ je s dostatočnou rezervou menší než maximálny projektový tlak,
- Účinky nízkofrekvenčného pulzovania počas kondenzácie pri experimentoch boli limitované a nebol zistený žiadny swelling alebo chugging.
- Pri experimentálnom dynamickom testovaní po postupnom konzervatívnom zvýšení rýchlosti nárastu tlaku bol nameraný maximálny tlak výrazne nižší ako pôvodne MAAE uvažovaná hodnota - 30 kPa. Nevratné deformácie nosných výstuží sa preukázali, ale funkčnosť VBS zostala zachovaná.

Použitá hodnota maximálneho pretlaku sa ukázala ako reprezentatívna pre počiatočnú fázu LOCA a bola aplikovaná pre pevnostné ohodnotenie konštrukcie. Pre túto hodnotu bolo preukázané, že steny konštrukcie VBS, vyhotovené z oceleových plechov, pre všetky poschodia okrem najvyššieho túto záťaž vydržia a funkčná schopnosť zostane zachovaná. Odlišné najvyššie poschodie nebolo overované, pričom je potvrdené, že i pri jeho prípadnom poškodení celková stabilita a dostatočne efektívna funkcia celého VBS sú zachované. Preto, a aj s ohľadom na realizované modifikácie konštrukcie VBS, žiadne ďalšie spevnenie stien najvyššieho poschodia nebolo navrhované.

V ďalšom období (nezávisle od výsledkov, dosiahnutých na EMO12) pre vyriešenie otázok ohľadne spoľahlivej funkcie vakuo-barbotážneho systému VVER komisia EU iniciovala nasledujúce medzinárodné projekty:

PHARE/TACIS 2.13/95 – VVER 440/213 BCEQ (Bubble Condenser Experimental Qualification) - Projekt experimentálnej kvalifikácie barbotážneho systému (priemyselný - industriálny) špecifikoval dva typy experimentov, ktoré boli v rámci tohto priemyselného projektu vykonané v roku 1999.

V prvej sérii testov bolo skúmané termo-hydraulické správanie VBS a dynamika štruktúr príslušných budov. Tento test bol vykonaný vo Výskumnom inžinierskom centre Elektrogorsk (EREC) v Ruskej federácii. Pre vytvorenie modelu - experimentálneho zariadenia bol ako referenčný použitý barbotážny systém JE Paks.

Druhá séria testov so statickou záťažou študovala integritu oceľových konštrukčných prvkov VBS v podmienkach projektovej havárie. Testy boli vykonané na Slovensku, vo VÚEZ Levice. Pri vytváraní experimentálneho modelu sa vychádzalo z konštrukcií VBS JE Dukovany a JE Bohunice.

Tretia časť projektu, sformulovaná neskôr, obsahovala testy na malých modeloch pre analytické štúdium niekoľkých vedľajších účinkov, ktoré boli vykonané v SVUSS Praha.

Správa, zhrňujúca výsledky BCEQ experimentov bola prezentovaná v decembri 1999 v Bruseli na zasadnutí Technickej poradnej komisie BCEQ a neskôr v apríli 2000 v Berlíne na zasadnutí podpornej skupiny OECD.

Tieto výskumy sa skladali, okrem iných, i z testov zameraných na simuláciu podmienok havárie so stratou chladiwa (LOCA) (t.j. najnáročnejších pre konštrukciu VBS) a poskytli adekvátne odpovede na najdôležitejšie otázky týkajúce sa funkcie barbotážneho systému.

PHARE SK/HU/CZ/TS/08 (1998) a PR/TS/17 (2003) – EU TSO Support to CEEC Nuclear Regulatory Authorities and their TSOs in the safety related evaluation of the VVER 440/213 BCEQ Project - projekty podpory národných jadrových dozorov a organizácií ich technickej podpory v bezpečnostnom hodnotení projektu BCEQ (priemyselného).

Napriek zodpovedaniu radu otázok, týkajúcich sa najmä záťaží pri maximálnej projektovej havárii LOCA DN500, zostali ešte (v r. 2001) niektoré otázky otvorené (nekompletné plánované testy a post-test výpočtové analýzy, nerovnomernosti prúdového a teplotného zaťaženia, ocenenie konzervativizmu, problémy oscilácií....)

Trilateral Project HU/CZ/SK - V kontexte rozširovania EU bolo v r.2001 v správe Atomic Question Group o Jadrovej Bezpečnosti požadované od národných jadrových dozorov „prijatť opatrenia na dokončenie posudzovania dozormi úplnej verifikácie funkcie VBS kontajnementu pre všetky projektové havárie“.

Reakciou na požiadavku dozorných orgánov zodpovedať zostávajúce otázky a uzatvoriť hodnotenie vákuo-barbotážneho systému bolo, že JE v Maďarsku, Čechách a na Slovensku prevzali v roku 2001 iniciatívu pre zostavenie a vykonanie spoločného experimentálneho programu, ktorý sa mal vykonať v existujúcom experimentálnom zariadení v EREC-u v Ruskej federácii. Zúčastnenými boli JE Paks v Maďarsku, JE Bohunice a JE Mochovce v SR a JE Dukovany v Čechách.

Súčasne s iniciatívou pre vytvorenie tohto konzorcia požiadal predstaviteľ Maďarského úradu pre jadrovú energiu (HAEA) o pomoc komisiu OECD NEA pre bezpečnosť jadrových zariadení (CSNI) pri prípravnej fáze experimentálnych prác, ako aj pri analýzach výpočtov kódov a výsledkov experimentov. CSNI podporila žiadosť HAEA o spoluprácu a odsúhlasila vytvorenie kontrolnej skupiny pre barbotážny systém (BC SG), aby kontrolovala metodiku, ciele a plnenie úloh podľa dohodnutého postupu. Táto kontrolná skupina sa skladala z predstaviteľa úradu jadrového dozoru Čiech, Maďarska a Slovenska a z každej zo zúčastnených JE, ako aj zo špecialistov z GRS (Nemecko), IRSN (Francúzsko), US DOE a EÚ. Všetky tieto organizácie sa už v minulosti zúčastnili prác na overovaní barbotážneho systému.

V r.2002 boli úspešne vykonané testy, modelujúce : prasknutie hlavného parovodu, LOCA 200mm, malú LOCA 90mm. Bol vykonaný rad pre- a post- testových výpočtových analýz rôznymi kódmi. Výsledky experimentálneho programu uspokojivo zodpovedali na otvorené otázky a umožnili uzatvoriť verifikáciu funkcie VBS kontajnementu pre všetky projektové havárie.

6.3.4.2 Projekt stavby kontajnementu

Pôvodný projekt kontajnementu blokov VVER-440/213 bol vypracovaný ruskou organizáciou Atomenergoprojekt podľa noriem ZSSR.

MAAE začala v roku 1990 program na pomoc krajinám, kde bloky VVER boli v prevádzke alebo vo výstavbe, v ktorom sa vyhodnocovala bezpečnosť. Hlavným cieľom programu bolo identifikovať hlavné projektové a prevádzkové bezpečnostné problémy a vytvoriť medzinárodný konsenzus o prioritách pre vylepšenia bezpečnosti.

Detailné prehodnotenie kontajnementu bolo vykonané v súlade s MAAE-EBP-VVER-03 "Bezpečnostné problémy a ich klasifikácia pre VVER-440 typ 213 jadrových elektrární"

Bezpečnostné problémy CONT 1 až 3 sa týkajú barbotážneho kondenzátora a netesností kontajnementu, problémy CONT 4 a CONT 5 sa týkajú priamo pevnosti a integrity kontajnementu v havarijných stavoch.

Pôvodný projekt stavebných konštrukcií MO34 nebral do úvahy niektoré extrémne vonkajšie udalosti alebo niektoré projektové východiská, ktoré boli zmenené na základe nového hodnotenie rizík staveniska. Z tohto dôvodu boli vypracované nové detailné analýzy v rámci dokončenie projektu MO34. Tieto nové analýzy sa týkajú bezpečnostných problémov EH-01, seizmického projektu a EH-02 - Extrémne meteorologické podmienky.

6.3.4.3 Pôvodný ruský projekt stavby kontajnementu

Projektovanie priemyselných a inžinierskych stavieb v Rusku bola vykonané s ohľadom na ich zaťaženia a ich kombináciu podľa ustanovení nasledujúcich stavebných kódov.

- OPB-88, Všeobecné ustanovenia pre zvýšenie bezpečnosti jadrových elektrární, PNAE G-1-011-89, Moskva, 1989
- ZSSR GPAN, PNAE G 10-021-90, Projektové a prevádzkové pravidlá pre bezpečnostný systém lokalizácie havárií JE.
- Seizmický projekt jadrových elektrární, PNAE G 5-006-87, Gosatomenergondzor ZSSR, 1988
- Kód (predpis) pre Projektovanie železobetónových konštrukcií pre bezpečnostné lokalizačné systémy havárií JE, PNAE G 10-007-89, Gospromatomnadzor, Moskva, 1991
- Zaťaženia a účinky, SNIP 2 01.07.85 ZSSR Gosstroy, 1987
- Stavebný zákon pre projekt JE s rôznymi typmi reaktorov, PNAE - 5.6, Gosatomnadzor, 1986
- Výstavba v seizmických oblastiach ZSSR Gosstroy, 1982

Klasifikácia zaťažení

a) Stále zaťaženia

- Váha stavebných konštrukcií
- Tlak podlažia

b) Dlhodobé zaťaženia

- hmotnosť zariadenia vrátane vody v korýtkach barbotážneho kondenzátora
- vplyvy teploty a zaťaženia počas normálnych prevádzkových podmienok
- reakcie komponentov počas normálnych prevádzkových podmienok
- zaťaženia od rozdielu tlakov
- typické klimatické zaťaženie (znížené oproti projektovej hodnote)
- zaťaženia od žeriavov

c) Krátkodobé zaťaženie

- vplyvy teploty a zaťaženia v podmienkach pri uvádzaní do prevádzky alebo odstavení
- reakcie komponentov v podmienkach pri uvádzaní do prevádzky alebo odstavení
- zaťaženia od rozdielu tlakov v podmienkach pri uvádzaní do prevádzky alebo odstavení
- vplyvy teploty a zaťaženia pri abnormálnych podmienkach
- reakcie komponentov pri abnormálnych podmienkach
- zaťaženia od rozdielu tlakov pri abnormálnych podmienkach
- skúšobné tlakové zaťaženie 1,15 x tlakové zaťaženie pri LOCA veľký únik
- typické klimatické zaťaženie v plnej projektovej hodnote
- váh personálu a materiálov údržby v oblasti údržby
- záťaž od mobilných zdvíhacích a dopravných prostriedkov

d) Extrémne zaťaženia

- Tepelné zaťaženie generované postulovanou haváriou s roztrhnutím potrubia (LOCA)
- reakcie komponentov generované postulovanou haváriou s roztrhnutím potrubia LOCA
- zaťaženia od rozdielu tlakov generované postulovanou haváriou s roztrhnutím potrubia LOCA
- extrémne klimatické podmienky (doba opakovania 10 000 rokov)
- SL-1 zaťaženia generované prevádzkou počas zemetrasenia (doba opakovania 100 rokov)
- SL-2 zaťaženia generované prevádzkou počas zemetrasenia (doba opakovania 10 000 rokov)
- zaťaženia generované od vonkajšej explózie
- zaťaženia generované nárazom lietadla (postulovaná havária)

Pre kombinácie zaťaženia, zaťaženia môžu byť priradené do troch skupín:

L1 - zaťaženia, zodpovedajúce normálnym prevádzkovým podmienkam alebo podmienkam ustáleného stavu

L2 - zaťaženia, zodpovedajúce abnormálnym alebo predpokladaným prevádzkovým podmienkam,

L3 - zaťaženia, generované projektovou nehodou (DBA)

Tabuľka 6.3.4.3-1: Kombinácia projektových záťaží pre železobetón podľa ruských štandardov

Spôsob prevádzky		Zát'aže											
		Testovanie	D+L	Prevádzkové			Seizmické		Klimatické		Človekom vyvolané		Komentáre
				L1	L2	L3	SL1	SL2	Štandard	Extrémne (10 000 r)	Náraz lietadla	Vonkajšia explozia	
Testovanie		x	x						x				
Prevádzka	Dlho dobo		x	x					x				Ustálený stav prevádzky
	Krátke dobo		x	x					x				Prechodový stav prevádzky
				x		x				x			
Špeciálny			x	x			x		x				
			x		x		x		x				
			x	x				x	x				
			x		x			x	x				
			x			x			x				
			x			x	x		x				
			x			x		x	x				Vyňaté po vydaní PNAE G-5-006-87
			x		x					x			
			x	x					x		x		
				x	x				x			x	

6.3.4.4 Revidované analýzy kontajnementu pre aktualizované podmienky lokality

Všetky nové analýzy, vykonávané v rámci dokončenia projektu blokov MO34, sa vzťahujú k extrémnym vonkajším rizikám prírodného pôvodu.

Betónová konštrukcia kontajnementu je súčasťou budovy reaktora, ktorá je spojená s ďalšími budovami. Tieto stavby sú stavebne spojené a tvoria Hlavné výrobné bloky I a II.

Odolnosť komplexu budov voči vonkajším zaťaženiám možno hodnotiť len pomocou globálneho výpočtového modelu. Stavba kontajnementu nemôže byť analyzovaná oddelene, pretože oceľové konštrukcie obklopujúcej stavby sú zakomponované do masívnych betónových konštrukcií kontajnementu. Iba masívne konštrukcie barbotážneho kondenzátora sú priamo vystavené poveternostným vplyvom, ostatné časti kontajnementu reaktora sú zaťažené reakciami hornej oceľovej konštrukcie stavby. Výrobné bloky MO34 sú veľmi zložité konštrukčné systémy vzájomne prepojených budov.

Extrémne hodnoty účinkov snehu, vetra a tiež seizmických sú rozhodujúce pre projekt stavebných štruktúr budov reaktora a kontajnementu.

Sneh - projektové východisko

Projektová hodnota zaťaženia snehom pre stavebné konštrukcie v lokalite Mochovce bola stanovená v súlade s ustanoveniami slovenskej normy STN 73 0036: 1986 - $0,7 \text{ kN} / \text{m}^2$.

Počas revízie projektových prác stavebných konštrukcií pre dokončenie MO34, základné projektové zaťaženie snehom (ekvivalentné množstvo vody) bolo extrapolované na 10^2 a 10^4 rokov, podľa slovenskej normy STN 73 0036: 1986:

- Projektové zaťaženie snehom s periódou opakovania 100 rokov
- Extrémne zaťaženie snehom s periódou opakovania 10^4 rok

Vietor - projektové východisko

Projektová hodnota priamej rýchlosti vetra na stavby JE MO34 zodpovedá 100-ročnej perióde opakovania pre nárazy vetra vo výške 10 m. Hodnota, ktorá má byť uvažovaná pre overovanie existujúcich konštrukcií je stanovená ako hodnota pre periódou opakovania 10^4 rokov.

Seizmické záťaž - projektové východisko

Seizmické účinky na úrovni SL-2 (maximálne výpočtové zemetrasenie) sú charakterizované stanovenou hodnotou zrýchlenia na úrovni terénu v horizontálnom smere a hodnotou v zvislom smere. Tieto hodnoty zodpovedajú pravdepodobnosti ročného výskytu 10^{-4} .

Ďalej boli stanovené spektrá odozvy lokality, ktoré charakterizujú frekvenčný obsah seizmického pohybu.

Dokončené seizmické analýzy kontajnementu sú plne v súlade s odporúčaniami MAAE -NS-G-1.6 a NS-G-1.10. Už zrealizované stavebné konštrukcie boli hodnotené podľa metodiky MAAE NS-G-2.13 "Hodnotenie seizmickej bezpečnosti pre existujúce jadrové zariadenia" a SRS číslo 28, "Seizmické hodnotenie existujúcich jadrových elektrární".

Analytický model pre analýzu hlavnej výrobného bloku vrátane konštrukcií kontajnementu

Statická a dynamická analýza kontajnementu zaťaženého maximálnym výpočtovým seizmickým a extrémnymi klimatickými účinkami bola vykonaná počítačovým kódom konečných prvkov NISA.

Detailná analýza odozvy betónových konštrukcií kontajnementu na zaťaženie od vonkajších extrémnych klimatických podmienok (vietor, sneh) a seizmický účinok na úrovni SL-2 preukázala, že kapacita obálky reaktora - kontajnementu je dostatočná. Robustná betónová konštrukcia dobre odoláva na všetky záťaže s dostatočnou rezervou.

Lineárna pravdepodobnostná analýza kontajnementu pre havarijné záťaže

Aktualizácie štúdie odozvy kontajnementu EMO12, vykonanej lineárnymi metódami, bola vykonaná v rámci pevnostnej analýzy pre integritu kontajnementu JE Mochovce 3 a 4. Štúdia ukazuje slabosť v ohybe pre kontajnement Mochovce 3 a 4 na základe zjednodušenej štrukturálnej analýzy a šírenie neurčitostí na odozvu a zaťaženia pri Monte Carlo simulácií.

Nelineárna pravdepodobnostná analýza železobetónovej konštrukcie kontajnementu pri extrémnych havarijných záťažach

Bola pripravená veľmi detailná pravdepodobnostná analýza kontajnementu založená na simulačných technikách, "Nelineárna pravdepodobnostná analýza integrity JE pri extrémnych havarijných zaťaženiach pre Mochovce 3 a 4". Metodika je založená na simuláciu Monte Carlo a osobitná pozornosť je venovaná správaniu sa betónu za zvýšených teplôt a modelu materiálu betónu. Analýza straty integrity betónu kontajnementu bola vykonaná pre maximálne pretlakové zaťaženie, používajúc nelineárne riešenie, uvažujúc geometrické a materiálové nelinearity železobetónových vrstvených prvkov plášťa.

6.3.4.5 Hodnotenie plnenia legislatívnych požiadaviek

Pre bezpečnostné hodnotenie systému ochrannej obálky sú použité hlavne legislatívne požiadavky SR, ktoré vychádzajú z vyhlášky č. 50/2006 Z.z [II.10] (Príloha 3, časť B, II. D) body **(1)** až **(16)** (posúdenie plnenia požiadaviek platnej vyhlášky ÚJD SR č. 430/2011 [II.5] voči požiadavkám vyhlášky ÚJD SR. č. 50/2006 [II.10] je uvedené na konci tejto kapitoly) :

Nižšie je uvedený zoznam kritérií a hodnotenie ich plnenia pre každú číslovanú položku zvlášť :

- (1)** Jadrové zariadenie musí byť vybavené systémom ochrannej obálky, ktorý pri vzniku postulovaných iniciačných udalostí spojených s únikom rádioaktívnych látok a ionizujúceho žiarenia do životného prostredia obmedzí tieto úniky tak, aby boli nižšie ako ustanovené medzné hodnoty únikov, ak nie je táto funkcia zabezpečená inými prostriedkami.

Splnené - JE je vybavená systémom ochrannej obálky, projektom dimenzovanej na všetky postulované projektové havárie, na plnení tejto funkcie aj po vzniku uvedených udalostí sa tiež podieľajú vzduchotechnické systémy cirkulačné a odvodné, VBS a sprchový systém.

- (2) Systém ochrannej obálky sa musí projektovať tak, aby sa jeho požadovaná tesnosť zachovala aj počas projektových havárií. Okrem toho sa musí zohľadniť možnosť zmiernenia dôsledkov vybraných ťažkých havárií a obmedzenia úniku rádioaktívnych látok do životného prostredia.

Splnené - Systém je projektom dimenzovaný na všetky postulované projektové a zohľadňuje - umožňuje zmiernenie dôsledkov pre vybrané ťažké havárie.

- (3) Tlakové časti systému ochrannej obálky sa musia projektovať s dostatočnou rezervou pre najvyššie tlaky, prípadné podtlaky a najvyššie teploty, ktoré sa môžu vyskytnúť počas projektových havárií.

Splnené - Systém je dimenzovaný na tlaky pre všetky postulované projektové havárie.

- (4) Systém ochrannej obálky musí pozostávať z plnotlakovej obálky alebo obálky vybavenej systémom na zníženie tlaku a teploty, z uzatváracích zariadení a ventilačných a filtračných systémov, ktoré sú dimenzované na všetky postulované iniciačné udalosti, a musí zabezpečiť, že aj pri projektových haváriách sa neprekročia dovoľené parametre.

Splnené - Ochranná obálka je vybavená systémom na zníženie tlaku a teploty VBS, sprchovým systémom a systémom havarijnej izolácie HP, ktoré sú dimenzované na všetky postulované projektové havárie.

- (5) Zariadenia vnútri systému ochrannej obálky sa musia projektovať tak, aby splnili svoju funkciu a aby ich vplyv na ostatné systémy, konštrukcie a komponenty bol obmedzený.

Splnené - zariadenia sú projektované tak, aby sa vzájomne neovplyvňovali - sú obecné použité pravidlá napr. fyzická separácia zariadení, bariéry a obmedzovače švihov.

- (6) Izolačné materiály, pokrytia a nátery systémov, konštrukcií a komponentov vnútri ochrannej obálky musia byť navrhnuté tak, aby sa zaistilo splnenie ich bezpečnostných funkcií a aby odolávali vplyvom prostredia aj pri projektových haváriách.

Splnené - plášte tepelnej izolácie sú oceľové, plnia bezpečnostné funkcie dostatočne i pri projektových haváriách.

- (7) Ochranná obálka a systémy, konštrukcie a komponenty dôležité pre jej tesnosť musia byť navrhnuté tak, aby bolo možné

a) vykonávať skúšky jej tesnosti pri projektovom tlaku po

1. zabudovaní všetkých priechodiek a priechodov,
2. zrealizovaných opravách,

b) pred spúšťaním preukázať tlakovou skúškou jej celistvosť pri skúšobnom tlaku, ktorý je vyšší ako projektový,

c) počas normálnej prevádzky jadrového zariadenia vykonávať

1. pravidelné kontroly jednotlivých konštrukcií a komponentov ochrannej obálky,
2. funkčné skúšky jednotlivých systémov, konštrukcií a komponentov ochrannej obálky,
3. pravidelné skúšky tesnosti ochrannej obálky pri projektovom tlaku alebo pri nižších tlakoch, ktoré umožnia extrapoláciu,

d) zabrániť zníženiu jej tesnosti pri letiacich úlomkoch alebo švihoch potrubia.

Splnené - Viď popis v kap. 6.3.3 „Skúšky tesnosti a pevnosti hermetickej zóny“ a kap. 6.4.2.2 „Systém havarijnej izolácie HP“, stavebná dispozícia - vnútorné ochranné bariéry plus obmedzovače švihov vysokoenergetických potrubí. .

(8) Priechodky prechádzajúce stenami ochrannej obálky sa musia projektovať tak, aby

- a) sa mohla vykonávať detekcia únikov,
- b) sa mohli vykonávať pravidelné skúšky ich tesnosti pri projektovom tlaku nezávisle od skúšok tesnosti hermetickej obálky,
- c) bola zabezpečená ochrana priechodiek proti účinkom dynamických síl,
- d) ich počet bol na najnižšej možnej úrovni,
- e) všetky priechodky spĺňali tie isté projektové požiadavky ako samotný systém ochrannej obálky.

Splnené - viď kap. 6.3.3 a 6.4.2.2.

(9) Potrubia primárneho okruhu, ktoré prechádzajú stenami ochrannej obálky, alebo potrubia, ktoré sú priamo spojené s atmosférou ochrannej obálky, musia byť vybavené spoľahlivými automatickými uzávermi, z ktorých každý má najmenej dva uzatváracie prvky zaradené do série, ktoré sa umiestňujú zvonka a zvnútra ochrannej obálky a sú nezávisle a spoľahlivo ovládané. Vonkajšie uzatváracie prvky sa musia umiestniť čo najbližšie k ochrannej obálke.

Splnené - viď kap. 6.4.2.2.

(10) Ostatné potrubia prechádzajúce stenami ochrannej obálky musia mať najmenej jeden vonkajší uzatvárací prvok umiestnený čo najbližšie k ochrannej obálke.

Splnené - viď kap. 6.4.2.2.

(11) Uzatváracie prvky sa musia projektovať tak, aby

- a) bolo možné pravidelne vykonávať skúšky ich tesnosti,
- b) splnili svoju funkciu aj pri jednoduchej poruche okrem ich mechanickej časti.

Splnené - viď kap. 6.3.2, 6.3.3 a 6.4.2.2.

(12) Prevádzkové priechody stenami ochrannej obálky musia byť vybavené dvojitémi dverami ovládanými striedavo tak, aby ich tesnosť bola vždy zabezpečená. Tesnosť montážnych priechodov musí zodpovedať tesnosti systému ochrannej obálky.

Splnené - viď kap. 6.3.2.

(13) Medzi časťami priestoru vnútri ochrannej obálky sa musia projektovať také prietokové cesty, aby rozdiely tlaku vznikajúce počas prevádzkových udalostí nepoškodili ochrannú obálku alebo ostatné zariadenia systému ochrannej obálky.

Splnené - prietokové cesty medzi jednotlivými priestormi kontajneru sú dostatočné pre neprekročenie tlakových rozdielov na konštrukcie (napr. VBS) - potvrdené teoreticko-experimentálne - viď kap. 6.3.4.1.

(14) Ak je použitý systém odvodu tepla z ochrannej obálky, musí byť navrhnutý tak, aby zabezpečil spoľahlivosť a zálohovanie funkcií systému pri jednoduchej poruche.

Splnené - použitý sprchový systém je plne redundantný (3x100%).

(15) Ochranná obálka musí byť vybavená systémami na kontrolu vodíka a rádioaktívnych látok, ktoré by do nej mohli vniknúť počas postulovaných iniciačných udalostí a po ich vzniku. Spolu s ostatnými systémami tieto systémy musia

- a) znižovať objemovú aktivitu a upravovať zloženie produktov štiepenia,
- b) kontrolovať a udržiavať objemové koncentrácie vodíka na dovolených hodnotách, aby zabezpečili celistvosť ochrannej obálky.

Splnené - Inštalovanie monitorovacieho systému koncentrácie vodíka v kontajneroch a inštalovanie zariadení a postupov na spaľovanie vodíka, dodatočný sprchový systém

(16) Ochranná obálka vybavená systémom na zníženie tlaku a teploty musí mať zálohované dôležité podporné systémy, konštrukcie a komponenty, aby sa zabezpečila ich funkcia aj pri jednoduchej poruche.

Splnené - Použitý sprchový systém je plne redundantný (3x100%).

Záverom možno konštatovať, že projekt ochrannej obálky spĺňa všetky požiadavky, definované vo vyhláške ÚJD SR č. 50/2006 [II.10], ako aj v súčasnosti platnej vyhláške ÚJD SR č. 430/2011 [II.5].

V porovnaní s vyhláškou ÚJD SR č. 50/2006 [II.10] vyhláška č. 430/2011 [II.5] v časti B/II/D okrem vyššie uvedených osobitných požiadaviek obsahuje navyše body (17) až (23), ktoré sa týkajú nadprojektových a/alebo ťažkých havárií. Podrobný popis projektového riešenia ako aj bezpečnostné hodnotenie týchto bodov sú uvedené v PpBS kap. 6.12.

LITERATÚRA

I Dokumenty vo vlastníctve SE

- [I.1] Konceptia zvýšenia efektívnosti prevádzky VTZ a účinnosti filtrácie vzduchu HP a RS, EMO3420376, DOSMO -S032000401T.
- [I.2] Results of the thermodyn. analyses for the pressure differences and temperatures using the CO04/05 intermediate database, EUCOM jún 1997, KWU NS-S/97/E2018.
- [I.3] BC-strength at LOCA conditions, As-Built verification check, Pracovná správa: Pevnosť barbotéra v podmienkach LOCA, NDA2/96/0239, EUS-190-EMO.
- [I.4] Strength Analysis of BC Structures and Preliminary Assessment, Pevnostná analýza konštrukcií barbotéra a predbežný odhad, NDA2/96/0524, 3.12.1996, EUS-204-EMO.
- [I.5] Bubbler condenser strength at LOCA conditions. Verification test report, Pevnosť barbotážneho kondenzátora počas LOCA havárie. Správa z overovacej skúšky, NDA2/97/0115, 20.3.1997, EUS-537-EMO.
- [I.6] Bubbler condenser strength assessment on representative load at accident conditions conclusions for upgrading, Hodnotenie pevnosti barbotážneho kondenzátora pre charakteristické zaťaženie v prípade havarijných podmienok. Závery a vylepšenia, NDA2/97/0127, 7.5.1997, EUS-446-EMO.
- [I.7] Bubbler condenser strenght at LOCA conditions, DD upgradnig of steel structures, Pevnosť barbotážnej veže pri LOCA podmienkach. Vykonávací projekt. Vylepšenie oceľovej konštrukcie, NDA2/97/0227, 7.7.1997, EUS-592-EMO.
- [I.8] Bubbler condenser strength at LOCA conditions. Final load specification and assessment on upgrad, Pevnosť barbot. kondenzátora pri LCA podmienkach. Špecifikácia konečnej záťaže a hodnotenia na vylepšenie, NDA2/97/0242, 30.6.1997, EUS-633-EMO.
- [I.9] Bubbler condenser strenght at LOCA conditions, DD upgrading of anchorage, Napätie barbotéru pri LOCA podmienkach. Vylepšenie ukotvenia, NDA2/97/0271, 18.7.1997, EUS-593-EMO.
- [I.10] Assessment of the maximum pressure across the bubbler condenser device, Stanovenie maximálneho tlaku v barbotážnom žľabe, NS-S/1997/2002, 24.1.1997, EUS-264-EMO.
- [I.11] Project PH 2.13/95 – Bubble Condenser Experimental Qualification , Stress Analysis Report, Document BC-D-VU-EA-0008, Issue 2 January 1999.
- [I.12] JP, arch. č EGP 4403-8-980053.
- [I.13] The Common Project For Completion Of Bubbler Condenser Qualification (Bohunice, Mochovce, Dukovany and Paks NPP), Nuclear Energy for New Europe, Portoroz, Slovenia, September 8-11, 2003.
- [I.14] Answers to Remaining Questions on Bubbler Condenser – Activity Report of the OECD NEA Bubbler-Condenser Steering Group, Nuclear Safety NEA/CSNI/R(2003)12, January 2003.
- [I.15] DPS3.20.01 Zdôvodnenie projektu v časti pohavarijnej rekombinácie a zapaľovania vodíka, PNM34368446.

- [I.16] Scenár pre uvedenie bloku do bezpečného stavu po seizmickej udalosti, DOSMO - DMO/022/2701.
- [I.17] Technické zdůvodnění bezpečnosti stavby a provozování JE, Technické projekt, Teploenergoprojekt, Leningrad, 1974.

II Všeobecne dosiahnuteľné dokumenty (normy, zákony)

- [II.1] Bezpečnostný návod BNS I.1.2/2008 Rozsah a obsah bezpečnostnej správy, ÚJD SR, 11/2008
- [II.2] Format and Content of the Safety Analysis Report for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. GS-G-4.1, Vienna, 5/2004.
- [II.3] Zákon č. 541/2004 Z.z. o mierovom využívaní jadrovej energie (atómový zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov, 9. september 2004.
- [II.4] Vyhláška ÚJD SR č. 58/2006 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o rozsahu, obsahu a spôsobe vyhotovovania dokumentácie jadrových zariadení potrebnej k jednotlivým rozhodnutiam, tiež platná Vyhláška ÚJD SR č. 31/2012 Z.z..
- [II.5] Vyhláška ÚJD SR č. 430/2011 Z.z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o požiadavkách na jadrovú bezpečnosť jadrových zariadení
- [II.6] IAEA Safety Guide NS-G-1.10, part 4.147.
- [II.7] Zákon č. 350/2011 novela zákona č. 541/2004.
- [II.8] 10CFR50 - Domestic Licensing of Production and Utilization Facilities
- [II.9] Rozhodnutie č. 267/2008 ÚJD SR.
- [II.10] Vyhláška ÚJD SR č. 50/2006 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o požiadavkách na jadrovú bezpečnosť jadrových zariadení pri ich umiestňovaní, projektovaní, výstavbe, uvádzaní do prevádzky, prevádzke, vyradovaní a pri uzatvorení úložiska, ako aj kritériá pre kategorizáciu vybraných zariadení do bezpečnostných tried
- [II.11] Bezpečnostný návod BNS I.1.2/2014 Rozsah a obsah bezpečnostnej správy, ÚJD SR, 1/2014
- [II.12] Rozhodnutie ÚJD SR č. 63/2015: Schválenie kategorizácie vybraných zariadení do bezpečnostných tried podľa dokumentov PNM34361188 a PNM34361189
- [II.13] Vyhláška ÚJD SR č. 56/2006 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o požiadavkách na dokumentáciu systému kvality držiteľa povolenia, ako aj podrobnosti o požiadavkách na kvalitu jadrových zariadení, podrobnosti o požiadavkách na kvalitu vybraných zariadení a podrobnosti o rozsahu ich schvaľovania

III Dokumenty vytvorené VUJE (nie sú v I. a II. skupine)

ZOZNAM TABULIEK

Tabuľka 6.3.4.3-1: Kombinácia projektových záťaží pre železobetón podľa ruských štandardov	44
--	----