

Technická správa

Predprevádzková bezpečnostná správa

Kapitola 06.02.02 Integrita primárneho okruhu

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	SEC. INDEX / INDEX utajenia
			Submitted to Client to / Predložené odberateľovi na:	Approval / Schválenie	X	Information Only / Len na informáciu	
			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.				
EPS No / Číslo EPS: PNM34365000		Revision index / Index revízie: 04		Size / Veľkosť	Activity Code / Aktivita	Type / Subtype Typ / Podtyp	Discipline / Profesia
File name / Názov súboru:		SE doc. Code / SE číslo dokumentu: PNM34361035		A4	6.01	RS	Z
 * P N M 3 4 3 6 1 0 3 5 0 4 *				Sheet / List	Of / z		Plant System / Systém elektrárne
				1	83		Component / Komponent

SE Contract No. / Číslo zmluvy SE: 4600003952				VUJE Contract No. / číslo zmluvy VUJE: 1719/00/09			
Part name / Označenie časti: PNM3436103504_S_C00_V				Issued on / Vydané dňa: 18.6.2019			
Kód citlivosti ¹⁾ / Sensitivity code ¹⁾	3	Name / Meno	Organization / Organizácia	Dept. / Útvar	Date / Dátum	Signature / Podpis	
Author / Vypracoval:			VUJE, a.s.	0350	18.06.2019		
Co-author / Spolupracoval:							
Checked by / Kontroloval:			VUJE, a.s.	0220	18.06.2019		
Verified by / Overil:			VUJE, a.s.	0720	18.06.2019		
Approved by / Schválil:			VUJE, a.s.	1703	18.06.2019		

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/odstavce)	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
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•

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 06.02.02 Integrita primárneho okruhu	• PNM3436103504_S_C00_V	• 04
2.	• Kapitola 06.02.02 Integrita primárneho okruhu	• PNM3436103504_S_C01_V	• 04
3.	•	•	•
4.	•	•	•
5.	•	•	•
6.	•	•	•
7.	•	•	•
8.	•	•	•
9.	•	•	•
10.	•	•	•
11.	•	•	•

OBSAH

OBSAH	4
ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A OZNAČENÍ	7
ÚVOD	10
6.2.2 Integrita primárneho okruhu	10
6.2.2.1 Súlad SKK s vplyvom na bezpečnosť JZ s požiadavkami projektu	11
6.2.2.1.1 Opis SKK a preukázanie pevnosti, životnosti a seizmickej odolnosti	11
6.2.2.1.1.1 Hlavné cirkulačné čerpadlo	11
6.2.2.1.1.2 Parogenerátor	11
6.2.2.1.1.3 Hlavné cirkulačné potrubie	12
6.2.2.1.1.4 Hlavná uzatváracia armatúra	18
6.2.2.1.1.5 Kompenzátor objemu	19
6.2.2.1.1.6 Poistne a odľahčovacie ventily KO	20
6.2.2.1.1.7 Systém odvodu zvyškového výkonu	20
6.2.2.1.1.7.1 Pasívne systémy havarijného chladenia aktívnej zóny	20
6.2.2.1.1.7.1.1 Hydroakumulátory	20
6.2.2.1.1.7.2 Aktívne systémy havarijného chladenia aktívnej zóny	21
6.2.2.1.1.7.2.1 Vysokotlakový systém havarijného chladenia aktívnej zóny	21
6.2.2.1.1.7.2.2 Nízkotlakový systém havarijného chladenia aktívnej zóny	23
6.2.2.1.1.7.2.3 Systém havarijného dochladzovania bloku pri seizmickej udalosti (JNB)	24
6.2.2.1.1.7.2.4 Sprchový systém hermetických priestorov (JMN)	25
6.2.2.1.1.8 Potrubie kontinuálneho čistenia I.O. DN80 – systém KBF	25
6.2.2.1.1.9 Potrubný systém odvádzania nízkotlakových únikov od HCČ – systém KTA11	26
6.2.2.1.1.10 Potrubie vypúšťania hlavného cirkulačného okruhu DN50 (DN25) – systém KTA12	27
6.2.2.1.1.11 Potrubie hlavného odvodu reaktora a PG DN32 (DN15) – systém KTA13	27
6.2.2.1.2 Technické zdôvodnenie	27
6.2.2.1.2.1 Odvod tepla	28
6.2.2.1.2.2 Zásady riešenia primárneho okruhu a pomocných systémov	29
6.2.2.1.2.3 Kontrola stavu primárneho okruhu počas prevádzky	29
6.2.2.1.2.4 Systém dopĺňovania a čistenia chladiva I.O.	30
6.2.2.1.2.5 Systém havarijného chladenia aktívnej zóny jadrového reaktora	31
6.2.2.1.2.6 Systém odvádzania zostatkového tepla	32
6.2.2.1.2.7 Riešenie sekundárnej časti PG	33
6.2.2.1.2.8 Hlavné cirkulačné čerpadlo	34
6.2.2.1.3 Bezpečnostné hodnotenie	35
6.2.2.1.3.1 Systém ochrany pred nadmerným pretlakom	35
6.2.2.1.3.2 Ochrana proti natlakovaniu primárneho okruhu za studena	36
6.2.2.1.3.3 Detekcia únikov	37
6.2.2.1.3.3.1 Riadený únik	38
6.2.2.1.3.3.2 Organizovaný únik	38
6.2.2.1.3.3.3 Únik neorganizovaný	38
6.2.2.1.3.3.4 Systémy vyplývajúce z aplikácie LBB (leak-before-break)	39

6.2.2.1.3.4 Parogenerátor.....	39
6.2.2.1.3.4.1 Limity a podmienky bezpečnej prevádzky.....	40
6.2.2.1.3.4.2 Predprevádzkové a prevádzkové kontroly	40
6.2.2.1.3.4.3 Monitorovanie parametrov prevádzky	41
6.2.2.1.3.4.4 Mechanizmy starnutia.....	42
6.2.2.1.3.4.5 Predikcia poškodenia	42
6.2.2.1.3.5 Hlavné cirkulačné potrubie HCP.....	42
6.2.2.1.3.5.1 Limity a podmienky bezpečnej prevádzky.....	43
6.2.2.1.3.5.2 Predprevádzkové a prevádzkové kontroly	43
6.2.2.1.3.5.3 Monitorovania parametrov prevádzky	43
6.2.2.1.3.5.4 Mechanizmy starnutia.....	43
6.2.2.1.3.5.5 Predikcia poškodzovania.....	44
6.2.2.1.3.5.6 Princíp LBB.....	44
6.2.2.1.3.6 Hlavná uzatváracia armatúra (HUA)	46
6.2.2.1.3.6.1 Limity a podmienky bezpečnej prevádzky.....	46
6.2.2.1.3.6.2 Predprevádzkové a prevádzkové kontroly	46
6.2.2.1.3.6.3 Monitorovanie parametrov prevádzky	47
6.2.2.1.3.6.4 Mechanizmy starnutia.....	47
6.2.2.1.3.6.5 Predikcia poškodzovania.....	47
6.2.2.1.3.7 Kompenzátor objemu – KO	47
6.2.2.1.3.7.1 Limity a podmienky bezpečnej prevádzky.....	48
6.2.2.1.3.7.2 Predprevádzkové a prevádzkové kontroly	48
6.2.2.1.3.7.3 Monitorovanie parametrov prevádzky	49
6.2.2.1.3.7.4 Mechanizmy starnutia.....	49
6.2.2.1.3.7.5 Predikcia poškodzovania.....	49
6.2.2.1.3.8 Komponenty pre systém vstreku chladiva do KO.....	49
6.2.2.1.3.8.1 Limity a podmienky bezpečnej prevádzky.....	50
6.2.2.1.3.8.2 Predprevádzkové a prevádzkové kontroly	50
6.2.2.1.3.8.3 Monitorovanie parametrov prevádzky	50
6.2.2.1.3.8.4 Mechanizmy starnutia.....	50
6.2.2.1.3.8.5 Predikcia poškodenia	51
6.2.2.1.3.9 Systém kontinuálneho čistenia chladiva I.O.....	51
6.2.2.1.3.10 Systém drenáže a odvodušnenia	51
6.2.2.1.3.11 Systém organizovaných únikov	51
6.2.2.2 Integrita primárneho okruhu počas podmienok uvažovaných v projekte	52
6.2.2.2.1 Požiadavky a predpisy pre pevnostné analýzy	52
6.2.2.2.2 Materiály, postupy zhotovenia a metódy inšpekcie.....	55
6.2.2.2.2.1 Špecifikácia materiálov komponentov primárneho okruhu.....	55
6.2.2.2.2.1.1 Materiály HCČ	57
6.2.2.2.2.1.2 Materiály PG a KO	57
6.2.2.2.2.1.3 Materiály HCP	60
6.2.2.2.2.1.4 Materiály HUA	60
6.2.2.2.2.1.5 Materiály HSCHZ.....	60
6.2.2.2.2.1.6 Materiály systému kontinuálneho čistenia vody I.O.	62
6.2.2.2.2.1.7 Materiály systému drenáže a odvodušnenie I.O.	63
6.2.2.2.2.1.8 Materiály systému organizovaných únikov I.O.	64

6.2.2.2.2 Postupy zhotovenia a metódy inšpekcie	65
6.2.2.2.2.1 Hlavné cirkulačné čerpadlo	65
6.2.2.2.2.2 Parogenerátor	65
6.2.2.2.2.3 HCP	67
6.2.2.2.2.4 HUA	70
6.2.2.2.2.5 Kompenzátor objemu	71
6.2.2.2.2.6 Systém systému kontinuálneho čistenia vody I.O.	72
6.2.2.2.2.7 Systém drenáže a odvzdušnenia I.O.	74
6.2.2.2.2.8 Systém organizovaných únikov I.O.	74
6.2.2.3 Záver	76
LITERATÚRA	77
ZOZNAM TABULIEK	83

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A OZNAČENÍ

APP	abnormálne prevádzkové podmienky
A.S.I	Asociácia strojných inžinierov
ASME	The American Society of Mechanical Engineers
ASPPD	automatizovaný systém prostriedkov prevádzkovej diagnostiky
AZ	aktívna zóna
BD	bloková dozorňa
BN	barbotážna nádrž
B&PVC	Norma pre kotle a tlakové nádoby (Boiler&Pressure Vessel Code)
BS	bezpečnostná správa
BT	bezpečnostná trieda
ČR	Česká republika
ČSKAE	československá komisia pre atómovú energiu
ČSN	československá štátna norma
ČSSR	Československá socialistická republika
ČÚBP	Český úrad bezpečnosti práce
DN	menovitá svetlosť potrubia
DPS	dielči prevádzkový súbor
EBO	jadrová elektrárň Jaslovské Bohunice
EMO	jadrová elektrárň Mochovce
EOKO	elektrické ohrievače kompenzátora objemu
ESFAS	systém aktivácie technických prostriedkov zaistenie bezpečnosti (engineered safety features actuation system)
FAMOS	monitorovací systém únavového poškodenia (fatigue monitoring system)
GOST	sovietske normy
HČČ	hlavné cirkulačné čerpadlo
HCP	hlavné cirkulačné potrubie
HCS	hlavná cirkulačná slučka
HP	havarijné podmienky
HPV	hlavný poistný ventil
HSCHZ	systém havarijného chladenia aktívnej zóny
HUA	hlavná uzatváracia armatúra
HZ	hermetická zóna
IAE	Interatomenergo (medzinárodné hospodárske združenie)
IPV	impulzný poistný ventil
I.O.	primárny okruh
II.O.	sekundárny okruh

IPZK	individuálny program zaistenia kvality
JE	jadrová elektrárň
JEZ	jadrové energetické zariadenie
JZ	jadrové zariadenie
KO	kompensátor objemu
KZS	kontrolný zvarový spoj
LaP	limity a podmienky
LBB	únik pred roztrhnutím (Leak Before Break)
LOCA	havária s únikom chladiva (Loss of Coolant Accident)
MAAE	Medzinárodná agentúra pre atómovú energiu
MHS	medzinárodné hospodárske spoločenstvo
MKK	medzikryštalická korózia
MO34	elektrárň Mochovce, 3. a 4. blok
NDT	nedeštruktívne skúšanie (Non Destructive Test)
NPP	normálne prevádzkové podmienky
NRC	Úrad jadrového dozoru USA (Nuclear Regulatory Commission)
NTD	normatívne technický dokument
NT	nízkotlakový
NT HSCHZ	nízkotlakový systém havarijného chladenia aktívnej zóny
NTČ	nízkotlakové doplnovacie čerpadlo
NUPIC	Nuclear Procurement Issues Committee
OP	základné predpisy (ruské)
ORK	oddelenie riadenia kvality
OV	odľahčovací ventil
PpBS	predprevádzková bezpečnostná správa
PG	parogenerátor
PH	projektová havária
PK	predpisy kontroly (ruské)
PKK	program kontroly kvality
PNAEG	Predpisy a normy pre jadrovú energetiku (ruské)
PS-A	prepúšťacia stanica do atmosféry
PSA	pravdepodobnostné hodnotenie bezpečnosti
PSK	prepúšťacia stanica do kondenzátora
PT	kapilárna skúška
PV	poistný ventil
RGO	rozšírená generálna oprava
RLS	systém obmedzenia výkonu reaktora (Reactor Power Limitation System)
RRD	typové označenie tlmičov

RT	skúšanie prežarováním
SHN	superhavarijné napájanie
SKK	systémy, konštrukcie a komponenty
SKR	systém kontroly a riadenia
SM	špecifikácia materiálov
STD	sprievodná technická dokumentácia
SÚBP	Slovenský úrad bezpečnosti práce
SÚJB	Štátny úrad pre jadrovú bezpečnosť
TVD	technologickou vodou dôležitou
TK	technická kontrola
TNR	tlaková nádoba reaktora
TPE	technické podmienky
ÚJD SR	Úrad jadrového dozoru Slovenskej republiky
ÚP	úvodný projekt
USA	Spojené štáty americké
UT	ultrazvukové skúšanie
UZ	skúška ultrazvukom
VT	vysokotlakový
VTČ	vysokotlakové doplnovacie čerpadlo
VTP	všeobecné technické požiadavky
VVER	vodo-vodný energetický reaktor
VŽ	Vítkovické železiarne
VŽSKG	Vítkovické železiarne a strojárne Klementa Gottwalda
ZN	zaistené napájanie
ZSSR	Zväz sovietskych socialistických republík

ÚVOD

Uvedená technická správa je časť PpBS MO34. Je vypracovaná podľa [II.1], [II.27],[II.5] a [II.28]. Táto kapitola sa zaoberá opisom systémov, konštrukcií a komponentov I.O. z hľadiska rozborov opatrení zaisťujúcich integritu primárneho okruhu počas celej doby plánovanej životnosti elektrárne. V kapitole je popísaný súlad SKK s vplyvom na bezpečnosť JZ a požiadavkami projektu. Pre všetky SKK sú určené limity a podmienky bezpečnej prevádzky, predprevádzkové a prevádzkové kontroly, spôsob monitorovania parametrov až po mechanizmy starnutia a predikcie ich poškodenia. Ďalšia časť kapitoly pojednáva o požiadavkách a predpisoch pre pevnostné analýzy, postupoch zhotovenia a o špecifikácii materiálov jednotlivých komponentov I.O..

6.2.2 Integrita primárneho okruhu

Systém chladenia reaktora je tvorený reaktorom VVER 440 (typ V-213), šiestimi slučkami hlavného cirkulačného potrubia (HCP) spájajúcimi reaktor s parogenerátormi (PG), šiestimi hlavnými cirkulačnými čerpadlami (HCČ), dvanástimi hlavnými uzatváracími armatúrami a systémom kompenzácie objemu.

Na primárny okruh nadväzujú systémy

- havarijného chladenia aktívnej zóny (HSCHZ)
- kontinuálneho čistenia chladiva I.O.
- doplňovania a bórovej regulácie
- organizovaných únikov z drenáží a prírubových spojov

Systém chladenia reaktora zaisťuje prenos tepla z reaktora do sekundárneho okruhu počas prevádzky, nábehu, odstavenia a dochladzovania jadrového bloku. Teplo z reaktora sa prenáša chladivom primárneho okruhu (I.O.) do parogenerátorov, kde sa generuje sýta para a odvádza sa k turbínam. Chladivo I.O. slúži zároveň ako moderátor a reflektor neutrónov. Tlak v I.O. je udržiavaný systémom kompenzácie objemu pomocou ohrevu chladiva v KO alebo sprchovaním parného vankúša v KO. K potlačeniu nežiadúceho zvýšenia tlaku v I.O. je určený uzol poistných ventilov kompenzátora objemu s dvoma hlavnými poistňovacími ventilmi a jedným odľahčovacím poistným ventilom. Odpustená para je vedená ku kondenzácii do barbotážnej nádrže (BN). Obmedzenie rastu aktivity chladiva I.O. je dosiahnuté prietokom chladiva cez filtre systému kontinuálneho čistenia chladiva I.O..

Nadväzujúce systémy zaisťujú drenáž hlavných zariadení a potrubí pri vypúšťaní I.O., riadený zber únikov chladiva I.O. a ich odvod do nádrže organizovaných únikov, čistenie plyných médií odvádzaných zo systému spaľovania vodíka, z BN, z chladiča a nádrže organizovaných únikov a z nádrží nečistého kondenzátu. Systém havarijného chladenia zóny slúži k zmierneniu priebehu havarijnej situácie pri porušení tesnosti I.O. a II.O.. Hodnoty tlaku uvedené v celom dokumente sú absolútne. Táto kapitola uvádza rozbor opatrení zaisťujúcich integritu primárneho okruhu počas celej doby plánovanej životnosti elektrárne. Rozbory uvádzané v tejto kapitole sú obmedzené na zariadenia primárneho okruhu. Ďalšie informácie o komponentoch systému chladenia reaktora, ktoré sú súčasťou tlakovej hranice chladiva reaktora, sú uvedené v nasledujúcich kapitolách:

Kap. 6.1. Reaktor [I.4]

Kap. 6.2.3. Tlaková nádoba reaktora [I.7]

Kap. 6.2.4. Návrh komponentov primárneho okruhu [I.8]

Kap. 6.4.1. Systém havarijného chladenia AZ [I.9]

Kap. 6.5.4.1 Prevádzková diagnostika I.O. [I.10]

6.2.2.1 Súlad SKK s vplyvom na bezpečnosť JZ s požiadavkami projektu

6.2.2.1.1 Opis SKK a preukázanie pevnosti, životnosti a seizmickej odolnosti

Primárny okruh sa skladá zo šiestich hlavných cirkulačných čerpadiel, šiestich parogenerátorov, hlavného cirkulačného potrubia, dvanástich hlavných uzatváracích armatúr, systému kompenzácie objemu (kompenzátor objemu KO a barbotážna nádrž BN), systému odľahčovacích a poistných ventilov KO (OV a PV KO), systému odvodu zvyškového výkonu (havarijný systém chladenia aktívnej zóny reaktora spoločne so sprchovým systémom), systému kontinuálneho čistenia chladiva I.O., systému odvádzania nízkotlakových únikov od HCC, systému vypúšťania hlavného cirkulačného okruhu, hlavného odvodu reaktora a PG. Podrobný opis SKK primárneho okruhu je uvedený v [I.8]. V nasledujúcich podkapitolách je uvedený stručný opis pre jednotlivé systémy, konštrukcie a komponenty (SKK) primárneho okruhu ako aj opis a dôkazy preukázania pevnosti, životnosti a seizmickej odolnosti SKK primárneho okruhu.

6.2.2.1.1.1. Hlavné cirkulačné čerpadlo

Hlavné cirkulačné čerpadlo (HCČ) zabezpečuje nútenú cirkuláciu chladiva I.O. cez AZ reaktora. Pre jeden reaktorový blok je zabudovaných šesť HCČ. Umiestnené sú za PG na studenej vetve každej zo šiestich cirkulačných slučiek HCP.

Hlavné cirkulačné čerpadlo GCN-317 je vertikálne odstredivé jednostupňové čerpadlo s jednotkou čelnej upchávky hriadeľa, s letmo upevneným obežným kolesom, axiálnym privodom čerpanej kvapaliny a asynchrónnym elektromotorom.

6.2.2.1.1.2. Parogenerátor

V každej zo šiestich cirkulačných slučiek primárneho okruhu je inštalovaný jeden parogenerátor (PG), ktorý slúži na výrobu suchej sytej pary. Všetky parogenerátory sú oddeliteľné od reaktora hlavnými uzatváracími armatúrami a chránené proti neprípustnému zvýšeniu tlaku systémom poistných ventilov. Parogenerátor slúži na výrobu suchej nasýtenej pary a tvorí rozhranie medzi primárnym a sekundárnym okruhom jadrovej elektrárne. Primárna časť PG tvorená primárnymi kolektormi a zväzkom teplovýmenných rúrok je napojená na hlavné cirkulačné potrubie. Sekundárna časť tvorená plášťom s nátrubkami a vnútornou zostavou je spojená s potrubiami sekundárneho okruhu a s potrubiami čistiacich, pomocných a bezpečnostných systémov.

Primárne chladivo je do PG privádzané primárnym potrubím DN 500, vstupuje do horúceho primárneho kolektora, odkiaľ je rozvádzané teplovýmennými rúrkami. Prechodom rúrkami odovzdáva teplo sekundárnej vode, ochladzuje sa, vstupuje do studeného primárneho kolektora a odchádza studenou vetvou primárneho potrubia na satie hlavného cirkulačného čerpadla.

Zo sekundárnej strany sú teplovýmenné rúrky obklopené parovodnou zmesou. Konštrukcia rúrkového zväzku a napájania umožňuje prirodzenú cirkuláciu a vylučuje blanový var na rúrkach. Para vystupujúca z hladiny sekundárnej vody odparovaním sa v priestore vplyvom gravitácie vysušuje a vstupuje do žalúziového separátora, kde dochádza ku konečnému odlúčeniu vody. Sýta para potom cez dierovaný plech vychádza piatimi nátrubkami do kolektora pary a je odvádzaná parným potrubím k turbíne. Dopĺňovanie sekundárnej vody sa uskutočňuje pomocou rozvodu napájacej vody.

Všetky rúry nadväzujúcich potrubných systémov sú pripojené k nádobe parogenerátora zvarovými spojmi. Zvarovými spojmi sú taktiež pripevnené kontrolné a meracie zariadenia. Rozoberateľným spojom je realizovaný tesniaci uzol prielezu a tesniace uzly primárnej a sekundárnej strany primárnych kolektorov.

V rámci bezpečnostných vylepšení projektu parogenerátora MO34 boli urobené nasledovné konštrukčné vylepšenia:

- Konštrukčná úprava primárneho veka
- Úprava závitových hniezd
- Výmena niklového tesnenia za hrebeňové grafitové tesnenie
- Separátor hladiny
- Úprava tesniacich uzlov na sekundárnej strane PG
- Monitorovanie korózie v sekundárnom okruhu parogenerátora
- Koncepcia riešenia rozvodu napájacej vody PG

Návrhová špecifikácia pre návrhový a kontrolný výpočet PG VVER 440MW (PGV-213) pre dostavbu JE Mochovce 3. a 4. blok je v [I.42], Technické podmienky na dodávku parogenerátora PGV-213 sú špecifikované v [I.43], Technické podmienky parogenerátora PGV-213 pre výrobu novododávaných komponent v [I.44] a Preukázanie pevnosti, životnosti a seizmickej odolnosti PG je dokladované v [I.49].

Pre výpočty pevnosti, životnosti a seizmickej odolnosti boli použité nasledovné výpočtové programy:

- ANSYS
- SYSTUS
- STATES
- PIPESTRESS

Základnými podkladmi pre výpočty bolo zaťaženie PG uvedené v „Návrhovej špecifikácii pre návrhový a kontrolný výpočet PG VVER 440 MW (PGV-213) pre dostavbu JE Mochovce 3. a 4. blok“ [I.42] a „Projektové režimy reaktorových bloků VVER 440/213, Aplikace pro dostavbu MO34“ [I.14].

Kontrolné výpočty pevnosti, životnosti a seizmickej odolnosti [I.49], [I.50] preukázali :

- **Splnenie všetkých limitov stanovených pre tieto výpočty v „Návrhovej špecifikácii“ [I.42] a v norme NTD A.S.I. Sekcia III [II.13]**
- **Tesnosť kontrolovaných prírubových spojov je zaistená**
- **Prevádzková životnosť PG je 40 rokov**

6.2.2.1.1.3. Hlavné cirkulačné potrubie

Hlavné cirkulačné potrubie DN500 (HCP) je integrálnou súčasťou primárneho okruhu a patrí medzi jeho najdôležitejšie komponenty. Potrubné trasy systému HCP spájajú reaktor s parogenerátormi a ostatnými technologickými zariadeniami primárneho okruhu šiestimi cirkulačnými slučkami, rozdelenými na tzv. studené (privádzajúce médium z PG do TNR) a horúce (odvádzajúce médium z TNR do PG) vetvy. Sú určené pre zabezpečenie cirkulácie primárneho chladiva medzi reaktorom a parogenerátormi vo všetkých prevádzkových režimoch bloku a zabezpečenie integrity primárneho okruhu pri havarijných situáciách bloku. Strata integrity HCP – až do a vrátane veľkého roztrhnutia – je uvažovaná ako projektová havária.

Pôvodné technické podmienky na HCP500 boli vypracované v súlade s vtedajšími platnými predpismi „Pravidla pre konstrukci a bezpečnú prevádzku zařízení atomových elektrární, skúšobných a výskumných reaktorov a zařízení“ [II.22], „Pravidlami OP 1513 – 72“ [II.24], „Pravidlami PK 1514 – 72“ [II.26], „Normami výpočtov na pevnost částí reaktorov, parogenerátorov, tlakových nádob a potrubí

jadrových elektrární, skúšobných a výskumných jadrových reaktorov a zariadení“ [II.23]. V rámci aktualizácie týchto TPE pre účely MO34 bola preverená a doplnená ich technická použiteľnosť pre účely výroby chýbajúcich dielov potrubí HCP500 a boli zapracované nové platné predpisy pre zvarové spoje a ich kontroly.

Výsledky výpočtov preukázali, že potrubie primárneho okruhu MO34 a nadväzujúce potrubia vyhovujú kritériám pevnosti a životnosti podľa normy **ASME B&PVC [II.16]** pri statickom zaťažení, seizmicite, definovanej podlažnými akceleroграмami, pri tlakových skúškach a pri prevádzkových režimoch definovaných v [I.14]. Pevnostné hodnotenie bolo spracované podľa **ASME B&PVC, Subsection NB [II.16]**. Kritické miesta výpočtového potrubného systému boli kontrolované podľa normy **PNAE G [II.9]**. Zaťaženie hrdiel armatúr a zrýchlenia telies a pohonov je u všetkých armatúr pod limitnými hodnotami, danými **VTP-87 [I.52]**.

Potrubné systémy sú po pevnostnej stránke vyhovujúce a ich životnosť je z hľadiska projektových režimov vyššia ako 40 rokov [I.19].

Pri vypracovaní koncepcie riešenia eliminácie účinkov švihov postulovaných roztrhnutí HCP a VPKO blokov MO34 bol v súlade s rozvojom poznania a rastom prevádzkových skúseností zohľadnený nový prístup. Tento prístup je založený na preukázaní extrémne nízkej pravdepodobnosti roztrhnutia predmetných potrubí a je označovaný ako preukázanie platnosti štatútu LBB.

Pri vypracovaní detailných metodických postupov slúžiacich na preukázanie štatútu LBB pre uvedené potrubné systémy I.O. MO34 sa vychádzalo zo základných dokumentov [I.69] a [I.70] a z postupov, ktoré boli aplikované na potrubia I.O. EMO12 a JE V2 v stave po rekonštrukcii. Podrobná metodika LBB pre MO34 je popísaná v [I.71]. Koncepcia preukázania platnosti štatútu LBB pre hodnotené potrubné systémy I.O. je založená na znalosti súčasného stavu JE, dokonalejšie znalosti chovania použitých konštrukčných materiálov a príslušných výpočtových analýzach. Výpočtové analýzy stability trhlín zodpovedajúcich predpísanému úniku, vychádzajú z citlivosti systémov detekcie únikov. Pre garanciu štatútu LBB musia byť v prevádzke tri systémy, pracujúce na odlišných fyzikálnych princípoch. Citlivosť systémov pre detekciu únikov musí byť minimálne na úrovni 3,8 l/min a reakčná rýchlosť maximálne 60 minút.

Analýzy použiteľnosti konceptu LBB pre 3. a 4. blok JE Mochovce boli vypracované **JSC VNIIAES (Rusko)** v nasledovných úlohách:

Task 1: Collection of input data. Analysis and verification of the input data. Definition of critical areas of pipelines. Development of handbook on pipelines (Part 1) [I.72].

Task 2: Collection of input data. Analysis and verification of the input data. Definition of critical areas of pipelines. Development of handbook on pipelines [I.73].

Task 3: Experimental justification of calculation methods of fracture mechanics [I.74].

Task 4: Calculations of fracture mechanics. Definition of critical dimensions of through-wall cracks for all critical areas of pipelines [I.75].

Task 4: Calculations of fracture mechanics. Definition of critical dimensions of through-wall cracks for all critical areas of pipelines (Part 2) [I.76].

Task 5: Calculation of crack opening areas and coolant leakage intensity for critical areas of pipelines [I.77].

Task 6: Calculations in terms of LBB concept and definition of requirements to leakage monitoring systems. Probabilistic analysis of pipeline reliability with regard to operating conditions, manufacturing quality, detectability of non-destructive examination and conditions of strength hydraulic testing. Development of recommendations on avoiding pipeline rupture on Unit 3, Mochovce NPP, during their operation, and about installation of restraints of MCL whips and barriers against jet effects of coolant from the MCL [I.78].

Vyššie uvedené dokumenty “**Analýzy použiteľnosti konceptu LBB pre 3.a 4. blok JE Mochovce**” [I.72] - [I.78] konštatujú, že štatút LBB je pre hodnotené potrubia zabezpečený.

Tabuľka 6.2.2-1 Zoznam potrubných trás DPS 3.01.07 – 1.časť

	Názov	Priemer [mm]	Hrúbka [mm]	Materiál	Trieda seizm.	BT
	Potrubie studenej vetvy slučky 1	566	35	08Ch18N12T	1b	I
	Potrubie studenej vetvy slučky 1	566	35	08Ch18N12T	1b	I
	Potrubie horúcej vetvy slučky 1	566	35	08Ch18N12T	1b	I
	Potrubie prepojenia horúcej a studenej vetvy slučky č.1	57	5,5	08Ch18N10T	1b	I
	Potrubie studenej vetvy slučky 2	566	35	08Ch18N12T	1b	I
	Potrubie studenej vetvy slučky 2	566	35	08Ch18N12T	1b	I
	Potrubie horúcej vetvy slučky 2	566	35	08Ch18N12T	1b	I
	Potrubie studenej vetvy slučky 3	566	35	08Ch18N12T	1b	I
	Potrubie studenej vetvy slučky 3	566	35	08Ch18N12T	1b	I
	Potrubie horúcej vetvy slučky 3	566	35	08Ch18N12T	1b	I
	Potrubie studenej vetvy slučky 4	566	35	08Ch18N12T	1b	I
	Potrubie studenej vetvy slučky 4	566	35	08Ch18N12T	1b	I
	Potrubie horúcej vetvy slučky 4	566	35	08Ch18N12T	1b	I
	Potrubie studenej vetvy slučky 5	566	35	08Ch18N12T	1b	I
	Potrubie studenej vetvy slučky 5	566	35	08Ch18N12T	1b	I
	Potrubie horúcej vetvy slučky 5	566	35	08Ch18N12T	1b	I
	Potrubie studenej vetvy slučky 6	566	35	08Ch18N12T	1b	I
	Potrubie studenej vetvy slučky 6	566	35	08Ch18N12T	1b	I
	Potrubie horúcej vetvy slučky 6	566	35	08Ch18N12T	1b	I
	Potrubie prepojenia horúcej a studenej vetvy slučky 6	57	5,5	08Ch18N10T	1b	I
	Potrubie havarijného dochladzovania	273	20	08Ch18N10T	1b	I, II
	Potrubie havarijného dochladzovania	133	11	08Ch18N10T	1b	II
	Potrubie od VT čerpadiel HSCHZ do sl.2	133	11	08Ch18N10T	1b	I, II
	Potrubie od VT čerpadiel HSCHZ do sl.3	133	11	08Ch18N10T	1b	I, II
	Potrubie od VT čerpadiel HSCHZ do sl.5	133	11	08Ch18N10T	1b	I, II
	Potrubie výtlaku NT čerpadiel HSCHZ	273	20	08Ch18N10T	1b	I, II
	Potrubie výtlaku NT čerpadiel HSCHZ	273	20	08Ch18N10T	1b	I
	Potrubie privodu tesniacej vody k HCČ 1	57	5,5	08Ch18N10T	1b	III
	Potrubie privodu tesniacej vody k HCČ 1	32	3,5	08Ch18N10T	1b	I, III
	Potrubie privodu tesniacej vody k HCČ 2	32	3,5	08Ch18N10T	1b	I I, III

	Potrubie prívodu tesniacej vody k HCČ 3	32	3,5	08Ch18N10T	1b	I, I, III
	Potrubie prívodu tesniacej vody k HCČ 4	32	3,5	08Ch18N10T	1b	I, I, III
	Potrubie prívodu tesniacej vody k HCČ 5	32	3,5	08Ch18N10T	1b	I, I, III
	Potrubie prívodu tesniacej vody k HCČ 6	32	3,5	08Ch18N10T	1b	I, I, III
	Potrubie prívodu tesniacej vody	57	5,5	08Ch18N10T	1b	III

Tabuľka 6.2.2-2 Zoznam potrubných trás DPS 3.01.07 – 2.časť

	Názov	Priemer [mm]	Hrúbka [mm]	Materiál	Trieda seizm.	BT
	Kontinuálne čistenie odvodu z výtlaku HCČ slučky č.2,4,6	108	9	08Ch18N10T	1b	III
	Kontinuálne čistenie prívodu z výtlaku HCČ slučky č.2,4,6	108	9	08Ch18N10T	1b	III
	Kont.čistenie odvodu z výtlaku HCČ sl. 1	89	8	08Ch18N10T	1b	I, III
	Kont.čistenie prívodu z výtlaku HCČ sl. 1	89	8	08Ch18N10T	1b	I, III
	Kont.čistenie odvodu z výtlaku HCČ sl. 2	89	8	08Ch18N10T	1b	I, III
	Kont.čistenie prívodu z výtlaku HCČ sl. 2	89	8	08Ch18N10T	1b	I, III
	Kont.čistenie odvodu z výtlaku HCČ sl. 3	89	8	08Ch18N10T	1b	I, III
	Kont.čistenie prívodu z výtlaku HCČ sl. 3	89	8	08Ch18N10T	1b	I, III
	Kont.čistenie odvodu z výtlaku HCČ sl. 4	89	8	08Ch18N10T	1b	I, III
	Kont.čistenie prívodu z výtlaku HCČ sl. 4	89	8	08Ch18N10T	1b	I, III
	Kont.čistenie odvodu z výtlaku HCČ sl. 5	89	8	08Ch18N10T	1b	I, III
	Kont.čistenie prívodu z výtlaku HCČ sl. 5	89	8	08Ch18N10T	1b	I, III
	Kont.čistenie odvodu z výtlaku HCČ sl. 6	89	8	08Ch18N10T	1b	I, III
	Kont.čistenie prívodu z výtlaku HCČ sl. 6	89	8	08Ch18N10T	1b	I, III
	Potrubie prívodu vody I.O. do KO	57	5,5	08Ch18N10T	1b	I, III
	Kontinuálne čistenie odvodu / prívodu z výtlaku HCČ slučky č. 1,3,5	108	9	08Ch18N10T	1b	III
	Potrubie prívodu vody I.O. do KO	57	5,5	08Ch18N10T	1b	I, III
	Potrubie k chladiču organizov. únikov	89	5	08Ch18N10T	1b	III
	Potrubie od HCČ k chladiču org.únikov	18	2,5	08Ch18N10T	2b	N
	Potrubie od HUA k chladiču org. únikov	18	2,5	08Ch18N10T	1b	III
	Potrubie k chladiču org. únikov	32	2,5	08Ch18N10T	1b	III
	Potrubie k chladiču org. únikov	18	2,5	08Ch18N10T	1b	II,III
	Potrubie k chladiču organizov. únikov	32	2,5	08Ch18N10T	1b	III
	Potrubie k chladiču organizov. únikov	18	2,5	08Ch18N10T	1b	II,III
	Potrubie od HUA k chladiču org. únikov	18	2,5	08Ch18N10T	1b	III
	Drenáž horúcej slučky 1	32	3,5	08Ch18N10T	1b	I
	Drenáž horúcej slučky 1	32	3,5	08Ch18N10T	1b	III
	Drenáž studenej slučky 1	32	3,5	08Ch18N10T	1b	I, III
	Drenáž horúcej slučky 2	32	3,5	08Ch18N10T	1b	I, III
	Drenáž horúcej slučky 2	32	3,5	08Ch18N10T	1b	I
	Drenáž studenej slučky 2	32	3,5	08Ch18N10T	1b	I, III
	Drenáž horúcej slučky 3	32	3,5	08Ch18N10T	1b	I, III
	Drenáž horúcej slučky 3	32	3,5	08Ch18N10T	1b	I
	Drenáž studenej slučky 3	32	3,5	08Ch18N10T	1b	I, III
	Drenáž horúcej slučky 4	32	3,5	08Ch18N10T	1b	I, III
	Drenáž horúcej slučky 4	32	3,5	08Ch18N10T	1b	I
	Drenáž studenej slučky 4	32	3,5	08Ch18N10T	1b	I, III

Tabuľka 6.2.2-3 Zoznam potrubných trás DPS 3.01.07 – 3.časť

	Názov	Priemer [mm]	Hrúbka [mm]	Materiál	Trieda seizm.	BT
	Drenáž horúcej slučky 5	32	3,5	08Ch18N10T	1b	I, III
	Drenáž horúcej slučky 5	32	3,5	08Ch18N10T	1b	I
	Drenáž studenej slučky 5	32	3,5	08Ch18N10T	1b	I, III
	Drenáž horúcej slučky 6	32	3,5	08Ch18N10T	1b	I, III
	Drenáž horúcej slučky 6	32	3,5	08Ch18N10T	1b	I
	Drenáž studenej slučky 6	32	3,5	08Ch18N10T	1b	I, III
	Drenáž I.O.	57	5,5	08Ch18N10T	1b	III
	Drenáž horúcej vetvy slučky 1	32	3,5	08Ch18N10T	1b	III
	Drenáž horúcej vetvy slučky 1	32	3,5	08Ch18N10T	1b	III
	Drenáž studenej slučky 1	32	3,5	08Ch18N10T	1b	I, III
	Drenáž horúcej vetvy slučky 2	32	3,5	08Ch18N10T	1b	I, III
	Drenáž studenej slučky 2	32	3,5	08Ch18N10T	1b	I, III
	Drenáž horúcej vetvy slučky 3	32	3,5	08Ch18N10T	1b	I, III
	Drenáž studenej slučky 3	32	3,5	08Ch18N10T	1b	I, III
	Drenáž horúcej vetvy slučky 4	32	3,5	08Ch18N10T	1b	I, III
	Drenáž studenej slučky 4	32	3,5	08Ch18N10T	1b	I, III
	Drenáž horúcej vetvy slučky 5	32	3,5	08Ch18N10T	1b	I, III
	Drenáž studenej slučky 5	32	3,5	08Ch18N10T	1b	I, III
	Drenáž horúcej vetvy slučky 6	32	3,5	08Ch18N10T	1b	I, III
	Drenáž studenej slučky 6	32	3,5	08Ch18N10T	1b	I, III
	Drenáž I.O.	57	5,5	08Ch18N10T	1b	III
	Potrubie havarijného odvzdušnenia reaktora	18	2,5	08Ch18N10T	1b	II
	Potrubie odvzdušnenia PG1	18	2,5	08Ch18N10T	1b	II
	Potrubie odvzdušnenia PG2	18	2,5	08Ch18N10T	1b	II
	Potrubie odvzdušnenia PG3	18	2,5	08Ch18N10T	1b	II
	Potrubie odvzdušnenia PG4	18	2,5	08Ch18N10T	1b	II
	Potrubie odvzdušnenia PG5	18	2,5	08Ch18N10T	1b	II
	Potrubie odvzdušnenia PG6	18	2,5	08Ch18N10T	1b	II
	Potrubie upchávkovvej vody od HCČ	32	2,5	08Ch18N10T	1b	III
	Potrubie organizovaných únikov od HCČ1	32	2,5	08Ch18N10T	1b	I
	Potrubie organizovaných únikov od HCČ2	32	2,5	08Ch18N10T	1b	I
	Potrubie organizovaných únikov od HCČ3	32	2,5	08Ch18N10T	1b	I
	Potrubie organizovaných únikov od HCČ4	32	2,5	08Ch18N10T	1b	I
	Potrubie organizovaných únikov od HCČ5	32	2,5	08Ch18N10T	1b	I
	Potrubie organizovaných únikov od HCČ6	32	2,5	08Ch18N10T	1b	I

6.2.2.1.1.4. Hlavná uzatváracia armatúra

Hlavná uzatváracia armatúra (HUA) je horizontálne orientovaná armatúra s vertikálnym pohybom uzatváracieho klina, ktorý je ovládaný pomocou vertikálneho hriadeľa, prechádzajúceho cez upchávkový systém vekom armatúry. Má elektrický pohon s možnosťou zálohového manuálneho ovládania. Nový elektrický servopohon je vybavený prúdovými vysielacími polohy. Vypínací moment servopohonu je 1220Nm, ovládacia rýchlosť je 63ot/min. HUA je ku HCP privarená a uložená na guľových podperách s možnosťou dilatácie vo všetkých smeroch.

HUA slúži na oddelenie cirkulačnej slučky I.O. od reaktora pri čiastočnom uzatvorení pri nabíehaní HČČ, pri úplnom uzatvorení slučky v prípade potreby práce na PG.

Hlavné časti HUA DN 500 sú:

- Teleso s klinom, tlakotesný uzáver a vreteno;
- Strmeň s vretenovou maticou;
- Prevodovka;
- Elektrický servopohon;
- Vlnovce;
- Guľové podpery.

Teleso HUA je zvarenec, tvorený vlastným telesom, nástavcom, vedením klinu, sedlami a návarkami pre odvod unikajúceho média zo skrutkového spoja veka a pre prívod neaktívnej tlakovej vody do stredovej časti telesa. K dolnej časti telesa je privarená rúrka s doskou slúžiaca k uloženiu armatúra na guľový podperu.

Technické podmienky HUA sú v dokumente [I.31], Návrhová špecifikácia v [I.32], Návrhový výpočet v [I.33] Kontrolný výpočet v [I.34] a Preukázanie pevnosti, životnosti a seizmickej odolnosti HUA je dokladované v [I.35].

Pre výpočty pevnosti, životnosti a seizmickej odolnosti boli použité nasledovné výpočtové programy:

- **Pro/ENGINEER WF 2.0 M240** CAD systém - modelovanie geometrie v 3D
- **ANSYS V 12.0.1** - programový systém MKP, autorizovaný Odbornou hodnotiacou komisiou č. 5 pod číslom 516 dňa 6. 12. 2007
- **CFX V 11.0 SP1** - programový systém MKP, autorizovaný Odbornou hodnotiacou komisiou č. 5 pod číslom 516 dňa 6. 12. 2007
- **STATES** - programový systém pre vyhodnocovanie statickej pevnosti a životnosti, autorizovaný Odbornou hodnotiacou komisiou č. 5 pod číslom 504 dňa 26.10.1999.

Výsledky výpočtov preukázali, že HUA DN 500 vyhovuje na statickú pevnosť, životnosť a seizmickú odolnosť. Kumulácia únavového poškodenia v hodnotených miestach HUA pri počte opakovaní projektových režimov po dobu 40 rokov je menšia ako 1 a teda vyhovujúca. Integrita HUA je zaistená pri všetkých prevádzkových režimoch [I.34], [I.35].

6.2.2.1.1.5. Kompenzátor objemu

Kompenzátor objemu je súčasťou systému kompenzácie objemu a slúži ku kompenzácii výchyliek tlaku a objemu pri zmenách teplotných režimov v primárnom okruhu a tiež k poisteniu primárneho okruhu proti stúpnutiu tlaku nad povolenú medzu. Kompenzátor objemu má dva pracovné priestory „vodný“ a „parný“. Vodný priestor je s primárnym okruhom spojený neoddeliteľne cez horúcu vetvu prvej slučky HCP a parný priestor oddeliteľným spôsobom (regulačné a uzatváracie armatúry) cez studenú vetvu prvej slučky HCP. Požadované hodnoty tlaku počas ustálenej prevádzky sa dosahujú regulovaným ohrevom média (striedanie ohrevu elektrickými ohrievačmi a vstrekovania chladnejšieho média). Skokové zníženie tlaku v parnom priestore umožňuje využitie poistných zariadení. Pre výrobný blok je inštalovaný jeden kompenzátor objemu, ktorý je v nepretržitej prevádzke počas prevádzky výrobného bloku a jeho prevádzka je riadená prevádzkovým predpisom. Všetky rúry nadväzujúcich potrubných systémov, kontrolné a meracie zariadenia sú pripojené k nádobe kompenzátora objemu zvarovými spojmi. Rozoberateľným spojom je realizovaný tesniaci uzol prielezu.

V rámci Úvodného projektu MO34 boli urobené nasledovné projektové a konštrukčné zmeny KO:

Projektové zmeny:

1. predĺženie projektovej životnosti a zmena seizmickej odolnosti KO,
2. technické charakteristiky KO.

Konštrukčné zmeny:

1. svorníky prírubového spoja prielezu KO so zvýšeným stúpaním M48x5,
2. matice prírubového spoja prielezu KO so zvýšeným stúpaním M48x5,
3. hrebeňový tesniaci komplet prírubového spoja prielezu KO

Projektová životnosť kompenzátora objemu je 40 rokov.

Technické podmienky na dodávku kompenzátora objemu V-213 sú v [I.36] a [I.37], **Návrhová špecifikácia** pre návrhový a kontrolný výpočet KO VVER 440MW pre dostavbu JE Mochovce 3. a 4. blok je v [I.38] a **Preukázanie pevnosti, životnosti a seizmickej odolnosti KO** je dokladované v [I.39] .

Pre výpočty pevnosti, životnosti a seizmickej odolnosti boli použité nasledovné výpočtové programy:

- ANSYS
- SYSTUS
- STATES
- PIPESTRESS

Základnými podkladmi pre výpočty bolo zaťaženie KO uvedené v „Návrhovej špecifikácii pre návrhový a kontrolný výpočet KO VVER 440 MW pre dostavbu JE Mochovce 3. a 4. blok“ [I.38] a „Projektové režimy reaktorových blokov VVER 440/213, Aplikácie pro dostavbu MO34“ [I.14].

Kontrolné výpočty pevnosti, životnosti a seizmickej odolnosti KO preukázali:

- **Splnenie všetkých limitov stanovených pre tieto výpočty v „Návrhovej špecifikácii“ [I.38] a v norme NTD A.S.I. Sekcia III [II.13]**
- **Tesnosť kontrolovaných prírubových spojov je zaistená**
- **Projektová životnosť KO je 40 rokov**

6.2.2.1.1.6. Poistné a odľahčovacie ventily KO

Uzol **PV KO** pozostáva z dvoch hlavných poistných ventilov (HPV) a jedného odľahčovacieho ventilu. Každý **HPV** má dva **impulzné riadiace ventily** a dva **ovládacie elektroventily**.

Impulzné poistné ventily sú hlavné ovládacie a riadiace jednotky poistných ventilov. Na správnom a presnom nastavení otváracieho tlaku od pružiny a správnom nastavení ovládacích tlakových spínačov pre odňatie alebo priloženie magnetického prítlaku závisí správna funkcia celej zostavy hlavných poistných ventilov. Okrem impulzného pružinového riadiaceho ventilu (riadeného iba tlakom v systéme), je možno hlavný poistný ventil VS99 otvárať a ovládať i pomocou ovládacích ventilov s elektrickým pohonom.

Každý z dvoch hlavných poistných ventilov je teda ovládaný:

- Cez systém SKR pomocou dvoch impulzných riadiacich ventilov, teda automaticky, nezávisle na obsluhu
- Ručne z blokovej dozorne pomocou dvojice elektroventilov, teda podľa rozhodnutia a zásahu obsluhu

Komplet OV pozostáva z oddeľovacieho ventilu a riadiaceho ventilu. Odľahčovací ventil je riadený **magnetickým VCA ventilom**, ovládaným zo systému SKR od tlaku v I.O., a "pre režim doplňovania a odpúšťania (feed and bleed)" **motorovým elektroventilom PDE**, ovládaným diaľkovo, tlačidlom z blokovej a núdzovej dozorne.

Riadené odtlakovanie I.O. je možné otvorením ventilov KO v rámci stratégie „Bleed & Feed“. Pri zlyhaní stratégie riadeného odtlakovania pomocou armatúr, z dôvodu ich neovládateľnosti napr. ich zablokovaním ventilov v zatvorenej polohe, je možné použiť pre rýchle odtlakovanie I.O. dve armatúry.

Podrobný popis systému PV KO je uvedený v [I.64].

Systém PV KO vrátane OV patrí medzi výkonný bezpečnostný systém. Chráni KO a celý I.O. pred zvýšením tlaku nad povolenú hodnotu. Systém PV KO plní i funkciu hranice I.O.. Systém je zaradený do BT 1. Prípadné zlyhanie tohto systému by malo za následok deštrukciu komponent primárneho okruhu spojenú so stratou chladiva (LOCA).

Ochranná funkcia PV KO je nezávislá na práci iných technologických systémov a zdrojov energie. Zásobovanie uzla PV KO elektrickou energiou je riešené z 1. a 2. kategórie zaisteného napájania.

6.2.2.1.1.7. Systém odvodu zvyškového výkonu

Podrobne sú tieto systémy popísané v [I.9], v tejto časti je uvedený iba popis významný z hľadiska zachovania integrity primárneho okruhu.

6.2.2.1.1.7.1 Pasívne systémy havarijného chladenia aktívnej zóny

Koncepcia riešenia jadrovej bezpečnosti vychádza z predpokladu možnosti zlyhania niektorého člena zariadenia pasívneho systému a preto je tento systém navrhnutý **s redundanciou 2x100%**.

6.2.2.1.1.7.1.1 Hydroakumulátory

Hydroakumulátory sú určené na:

- zaliatie AZ počas havárií, pri ktorých príde k poklesu tlaku v I.O. pod úroveň tlaku v hydroakumulátoroch
- potlačenie kladných efektov reaktivity v AZ pri haváriách

Systém je tvorený štyrmi hydroakumulátormi s príslušnými armatúrami PV, potrubnými trasami, elektroohrievačmi a SKR.

Hydroakumulátory sú spojené s reaktorom potrubnými trasami so zaústením pod AZ reaktora a nad AZ reaktoru. Na každej trase z hydroakumulátorov do reaktora sú dve spätné klapky s obtokmi a jedna elektroarmatúra. Pri plánovanom odstavení bloku, spojenom so znížením tlaku v I.O. pod tlak v hydroakumulátoroch je potrebné tieto armatúry zatvoriť, aby sa zabránilo vyprázdneniu hydroakumulátorov. Spätné klapky sú umiestnené v blízkosti reaktora, aby v prípade porušenia potrubnej trasy medzi hydroakumulátorom a reaktorom nedošlo k úniku chladiva I.O.

Spätné klapky sú umiestnené v blízkosti hydroakumulátorov. Každá zo spätných klapiek je vybavená obtokom DN15 s dvomi elektroarmatúrami a clonou. Tieto obtoky slúžia na kontrolu tesnosti spätných klapiek.

Medzi spätné klapky a hydroakumulátory sú zaústené potrubné trasy s elektroarmatúrami slúžiace na plnenie, prípadne drenážovanie hydroakumulátorov.

Tlak v hydroakumulátoroch je udržiavaný dusíkovým vankúšom nad hladinou roztoku H_3BO_3 . Proti nadmernému stúpnutiu tlaku v hydroakumulátoroch sú tieto vybavené PV. Každý hydroakumulátor má dva PV, výfuk PV je do HZ. Teplota v hydroakumulátoroch je udržiavaná do 100 °C elektroohrievačmi. Každý hydroakumulátor má inštalované tri elektroohrievače. Pri režime doplňovania koncentráta kyseliny boritej do tlakových nádrží sú do sacieho kolektoru čerpadiel privedené roztoky KOH, N_2H_4 , NH_4OH pre udržanie požadovaného chemického zloženia vody v tlakových nádržiach, ktoré musí byť rovnaké ako zloženie vody I.O..

V priebehu normálnej prevádzky bloku je v I.O. udržiavaný vyšší tlak ako v hydroakumulátoroch. Spätné klapky medzi reaktorom a hydroakumulátormi sú zatvorené. V prípade havarijnej situácie s poklesom tlaku I.O. pod tlak v hydroakumulátoroch príde k otvoreniu spätných klapiek. Expanziou dusíka v hydroakumulátoroch je koncentrát H_3BO_3 vytláčaný do reaktora, čo spôsobuje zalievanie AZ. Zamedzenie vniknutiu dusíka do AZ pri zapracovaní hydroakumulátorov zabezpečuje plavákový uzáver, ktorý sa poklesom hladiny a tlakom dusíka zatlačí do kužeľovej časti výstupného potrubia. Minimálna koncentrácia v hydroakumulátore je 12g H_3BO_3 / kg H_2O .

6.2.2.1.1.7.2 Aktívne systémy havarijného chladenia aktívnej zóny

6.2.2.1.1.7.2.1 Vysokotlakový systém havarijného chladenia aktívnej zóny

VT HSCHZ je koncipovaný s redundanciou 3x100% t.j. pozostáva z troch nezávislých funkčne a technologicky identických podsystémov, z ktorých každý je schopný samostatne plniť úlohy, pre ktoré je systém projektovaný.

Vysokotlakový havarijný systém chladenia aktívnej zóny sa skladá z VTČ havarijného doplňovania I.O., zásobnej nádrže H_3BO_3 s koncentráciou roztoku 40g H_3BO_3 /kg H_2O a pripojovacieho potrubia. Nasávanie VTČ je napojené na zásobnú nádrž, výtlak je napojený na studenú vetvu HCP. Teplota vo VT havarijných zásobných nádržiach je automaticky regulovaná počas prevádzky v rozsahu 55-60°C pomocou elektroohrievačov.

Vysokotlakový HSCHZ je určený na:

- kompenzáciu havarijných únikov,
- vnesenie zápornej reaktivity do AZ v prípade havarijnej situácie,
- potlačenie kladných efektov reaktivity AZ v havarijných situáciách.

Každý z troch podsystémov pozostáva z nasledovných zariadení:

- Havarijná zásobná nádrž ,
- vysokotlakové havarijné čerpadlo ,
- armatúry, potrubné trasy, elektroohrievače a SKR,
- čerpadlo odvodu koncentráту H_3BO_3 z havarijných zásobných nádrží vysokotlakového HSCHZ na čistenie .

Počas normálnej prevádzky bloku je vysokotlakový HSCHZ v pohotovosti a nevykonáva žiadne iné činnosti. Na nasávanie vysokotlakových havarijných čerpadiel , sa privádza roztok H_3BO_3 z havarijných zásobných nádrží .

Výtlač každého vysokotlakového havarijného čerpadla má tri trasy :

- rozbehovú s armatúrami ,
- skúšobnú s armatúrou ,
- hlavnú výtlačnú trasu.

Rozbehová trasa sa využíva pri nábehoch vysokotlakového havarijného čerpadla pri práci reaktora na výkone. Je zaústená do príslušnej havarijnej zásobnej nádrže vysokotlakového HSCHZ.

Skúšobná trasa sa využíva pri skúškach havarijných vysokotlakových čerpadiel pri odstavenom reaktore. Je zaústená do príslušnej havarijnej zásobnej nádrže vysokotlakového HSCHZ.

Hlavné výtlačné trasy sú zaústené do neoddeliteľných častí studených vetiev slučiek I.O..

Pre spoľahlivý chod vysokotlakových havarijných čerpadiel je nutné, aby bol v prevádzke vložený okruh HSCHZ, ktorý zabezpečuje tesniacu a chladiacu vodu upchávok. Ložiská vysokotlakových havarijných čerpadiel sú chladené a mazané olejom. Olej je chladený vloženým okruhom HSCHZ. Stator elektromotora je chladený TVD. Úniky z upchávok vysokotlakových havarijných čerpadiel sú vedené do nádrže organizovaných únikov, odkiaľ sa odčerpávajú čerpadlami odvodu únikov z upchávok čerpadiel HSCHZ do havarijných zásobných nádrží vysokotlakových HSCHZ. Teplota v týchto nádržiach je automaticky udržiavaná počas prevádzky bloku v rozmedzí $55 \div 60$ °C. Udržiavanie teploty je zabezpečené elektroohrievačmi.

Dodržanie požadovanej čistoty roztoku H_3BO_3 v havarijných zásobných nádržiach je zabezpečené čistením roztoku H_3BO_3 na špeciálnej očiste.

Za prevádzky vysokotlakového HSCHZ havarijné čerpadlá sajú roztok z havarijných zásobných nádrží a výtlač je cez rozbehovú alebo skúšobnú trasu vedený do príslušnej havarijnej zásobnej nádrže, alebo cez hlavnú výtlačnú trasu do príslušnej neoddeliteľnej časti studenej vetvy slučiek č. 2, 3 alebo 5.

V prípade, že hladina v havarijných zásobných nádržiach vysokotlakového HSCHZ klesne na 500 mm, automaticky sa premanipuluje nasávanie vysokotlakových havarijných čerpadiel na nasávanie z havarijných zásobných nádrží nízkotlakového HSCHZ.

V prípade poklesu hladiny v havarijných zásobných nádržiach nízkotlakového HSCHZ na 500 mm, nasávanie vysokotlakových havarijných čerpadiel sa automaticky premanipuluje na nasávanie z podlahy HZ cez chladič sprchového systému.

Výpočet pevnosti a životnosti potrubného systému potrubí od vysokotlakových čerpadiel HSCHZ bol urobený pomocou programu AutoPIPE Nuclear, ver.9.2. firmy Bentley (USA). Program spĺňa štandardy kvality ISO9001, 10CFR21, NQA-1 a má jadrovú certifikáciu NUPIC a NRC. V ČR je vedený pod číslom 512 v zozname štandardizovaných programov pre spracovanie sprievodnej dokumentácie JE. Pre MO34 je

program uvedený v dokumentoch [I.67] a [I.68] ako schválený pre spracovanie sprievodnej technickej dokumentácie.

Vyhodnotenie potrubných komponentov bolo urobené podľa **ASME B&PVC Subsection NB [II.16]** a zaťaženie armatúr podľa **VTP-87 [I.52]**. Kritické miesta jednotlivých VPS spolu s odbočkami DN500/125 (pripojenia systémov VT-HSCHZ na HCP) sú okrem toho vyhodnotené podľa normy **PNAE G-7-002-86 [II.9]**.

Výsledky výpočtov dokazujú, že potrubia od VT čerpadiel HSCHZ v sú po pevnostnej stránke vyhovujúce a ich životnosť je z hľadiska projektových režimov vyššia ako 40 rokov [I.21].

6.2.2.1.1.7.2.2 Nízkotlakový systém havarijného chladenia aktívnej zóny

NT HSCHZ je koncipovaný s redundanciou 3x100% t.j. pozostáva z troch nezávislých funkčne a technologicky identických podsystémov, z ktorých každý je schopný samostatne plniť úlohy, pre ktoré je systém projektovaný.

Nízkotlakový systém havarijného chladenia aktívnej zóny sa skladá z NTČ havarijného chladenia I.O., zásobnej nádrže roztoku H_3BO_3 s koncentráciou roztoku 12g H_3BO_3 /kg H_2O s teplotou cca 60°C a prepojovacieho potrubia. Z hľadiska funkcie k nízkotlakovému uzlu čiastočne náleží nádrž sprchového systému s roztokom hydrát hydrazínu, vodoprúdové čerpadlo a výmenník. Tieto zariadenia sú zaradené do sprchového systému. Čerpadlo nízkotlakového systému pracuje v niekoľkých režimoch, a preto aj možností nasávania tohto čerpadla je niekoľko.

Nízkotlaký HSCHZ je určený na:

- odvod tepla z AZ a dochladenie bloku v havarijných situáciách spojených s únikom chladiva I.O. pri poklese tlaku v I.O. na 0,7 MPa
- na odvod tepla z AZ po seizmickej udalosti, keď už nie je možné odvádzať teplo cez PS-A

Systém tvoria tri podsystémy, z ktorých každý tvoria nasledovné zariadenia:

- Havarijné nádrže ,
- Nízkotlakové havarijné čerpadlá ,
- Čerpadlá odvodu roztoku H_3BO_3 na čistiacu stanicu.

Všetky komponenty nízkotlakového uzla aktívneho systému majú označenie JNG a nadväzujúce komponenty nízkotlakového uzla pre dochladzovanie I.O. pri seizmickom pôsobení majú označenie JNB.

Na nasávanie nízkotlakových havarijných čerpadiel sa privádza roztok H_3BO_3 z havarijných zásobných nádrží má z dispozičných dôvodov dve havarijné nádrže.

Pri poklese hladiny v havarijných zásobných nádržiach nízkotlakového HSCHZ na menej ako 500 mm automaticky sa premanipuluje nasávanie nízkotlakových havarijných čerpadiel na nasávanie z podlahy HZ cez chladič sprchového systému.

Zberače vody určené pre nasávanie čerpadiel HSCHZ z podlahy boxu PG, boli konštrukčne upravené z dôvodu možného zanášania a upchatia sít nečistotami napr. izoláciou z potrubí v prípade havárií so vznikom netesnosti na potrubíach v boxe PG. Projekt kolektorov je riešený v BO S05.

Nasávania havarijných nízkotlakových čerpadiel HSCHZ môžu byť prepojené aj cez vodoprúde čerpadlá s nádržami sprchového systému. Tento prepoj sa využíva pri prevádzke havarijných nízkotlakových čerpadiel HSCHZ v havarijných situáciách.

Hlavné výtlačné trasy havarijných čerpadiel NT HSCHZ sú pripojené:

- na potrubné trasy DN 250, ktoré spájajú hydroakumulátory s reaktorom ,
- na horúcu a studenú vetvu slučky č. 4 .

Hodnotenie potrubného systému JNG vychádza z noriem **RTM 108.020.01-75 [II.10]**, **PNAE G-7-002-86 [II.9]** a **NTD A.S.I. Sekcia III [II.13]** Vlastný výpočet bol urobený programom JAPAR, ktorý je štandardizovaný v ČR SÚJB pod číslom 511. Hodnotenie armatúr (zaťaženie nátrubkov a zrýchlenie armatúry) bolo urobené v súlade s (VTP-87 Všeobecné technické požiadavky na armatúry pre zariadenia a potrubia JE) [I.52].

Výsledky výpočtov preukázali, že podľa platných noriem a predpisov pre výpočet potrubí MO34 potrubný systém NT SAOZ vyhovuje z hľadiska rizika jednorazového tvárneho lomu pri statickom namáhaní aj pri spolupôsobení seizmickej udalosti definovanej zadaným spektrom odozvy podľa **EMO3421100 [I.51]**.

Kontrola na únavu a životnosť preukázala pomernú hodnotu čerpania únavovej životnosti 0.029943, ktorá je nižšia oproti maximálnej prípustnej hodnote 0,8.

Zaťaženie nátrubkov a seizmické zrýchlenie armatúr bolo porovnávané s dovolenými hodnotami podľa „Všeobecných technických požiadaviek“ (VTP-87 Všeobecné technické požiadavky na armatúry pre zariadenia a potrubia JE) [I.52]. Dovoľené hodnoty nie sú nikde prekročené [I.29] a [I.30].

6.2.2.1.1.7.2.3 Systém havarijného dochladzovania bloku (SHDB) pri seizmickej udalosti

Systém SHDB je koncipovaný s redundanciou 3x100% t.j. pozostáva z troch nezávislých funkčne a technologicky identických podsystémov, z ktorých každý je schopný samostatne plniť úlohy, pre ktoré je systém projektovaný.

Dochladzovanie bloku po seizmickej udalosti prebieha v dvoch režimoch :

- 1. Parný režim** - odpúšťaním pary cez PS-A a dopĺňaním PG s vodou systému SHN
- 2. Vodný režim** - havarijným systémom dochladzovania bloku pri seizmickej udalosti

Systém tvoria, z ktorých každý tvoria nasledovné zariadenia :

- chladiče sprchového systému ,
- nízkotlakové havarijné čerpadlá ,
- armatúry, potrubné trasy a SKR.

Každý podsystém je schopný dochladiť blok vo vodnom režime až na teplotu chladiva I.O. 60 °C na výstupe z AZ. Prechod z parného režimu dochladzovania na vodný režim systémom JNB sa vykonáva, ak teplota chladiva v studenej vetve je menšia alebo rovná než 140 °C a tlak v I.O. je menší než 0,6 MPa.

Rýchlosť dochladzovania I.O. je regulovaná elektrickou regulačnou armatúrou. Nabehne nízkotlakové havarijné čerpadlo. Teplo sa odvádza cez chladič sprchového systému. Rýchlosť dochladzovania I.O. nesmie prekročiť 30°C/h.

6.2.2.1.1.7.2.4 Sprchový systém hermetických priestorov

Systém je koncipovaný s redundanciou 3x100% t.j. pozostáva z troch nezávislých funkčne a technologicky identických podsystémov, z ktorých každý je schopný samostatne plniť úlohy, pre ktoré je sprchový systém projektovaný.

Sprchový systém je súčasťou systému znižovania tlaku, teploty a lokalizácie rádioaktívnych únikov. Je aktívnym lokalizačným zariadením a pracuje v úzkej súčinnosti s vákuobarbotážnym systémom. Sprchový systém v súčinnosti s barbotážnym systémom a so záchytom nekondenzovateľných plynov v záchytných plynojemoch barbotážneho systému spôsobuje v hermetických miestnostiach podtlak. Aby nedošlo k neprípustnému podtlaku v hermetických miestnostiach, je pri dosiahnutí absolútneho tlaku $< 0,0834$ MPa sprchový systém odstavený a blokový proti spusteniu.

Každý podsystém obsahuje sprchové čerpadlo, zásobnú nádrž s roztokom $200\text{g KOH} + 50\text{gN}_2\text{H}_4$ / $1\text{kg H}_2\text{O}$ s teplotou roztoku cca 30°C , vodoprúdové čerpadlo, výmenník HSCHZ, pripojovacie potrubia a systém sprchových trysiek. Niektoré z týchto zariadení sú spoločné s aktívnym systémom NT uzlu.

Sprchové čerpadlo má nasávanie zaústené do sacieho potrubia NT čerpadla tzn., že je napojené:

- na zásobnú nádrž uzla NT HSCHZ,
- na jímku v podlahe miestnosti PG a HCČ cez výmenník HSCHZ.

Vodoprúdovým čerpadlom je možné prisávať do satia sprchového systému roztok $\text{N}_2\text{H}_4 + \text{KOH}$, za účelom záchytu jódu uvoľneného do priestorov HZ z chladiva I.O. pri udalosti typu LOCA.

6.2.2.1.1.8. Potrubie kontinuálneho čistenia I.O. DN80

Systém kontinuálneho čistenia chladiva primárneho okruhu je určený na:

- udržiavanie požadovanej kvality chladiva I.O. na hodnotách určených normami vodochemického režimu
- ochladenie vody pred filtračným zariadením a opätovné ohriatie vody za filtrami na vstupe do I.O. (systém regenerácie)
- ohrev dopĺňovacej vody
- deaktiváciu slučiek I.O.
- počiatočné zaplnenie I.O. a jeho vyprázdňovanie
- odpúšťanie chladiva I.O.

Systém sa skladá z 2 ks regeneračných výmenníkov s dochladzovačmi, 3 ks filtrov a 2 ks lapačov ionexových častíc. Všetky aparáty sú prepojené potrubím, na ktorom sú umiestnené vlnovcové jadrové armatúry. Systém pracuje automaticky. Pri seizmickom ohrození sa automaticky vyradujú z činnosti filtre a lapače ionexových častíc. V prevádzke zostávajú seizmicky odolné regeneračné výmenníky s obtokmi.

Katexový filter, anexový filter, zmesný filter

Pri prechode filtrom sa voda zbavuje korózných a štiepných produktov a zabezpečuje stabilitu chemického zloženia chladiacej vody. Filter je stojatá valcová nádoba opatrená vo vnútri v hornej časti ochrannou košielkou a v spodnej časti filtračnou zostavou. Táto zostava je zložená zo 49 filtračných elementov, umiestnených na 7 tanieroch a systému čistenia filtrov. Filter má vlastný zváraný podstavec.

Lapač ionexových častí

Slúži k zachytávaniu únikov ionexových častíc z filtrov. Lapač zrnitých častíc je valcová stojatá nádoba s vnútorným priemerom Ø273mm a výške 2500 mm. Nádoba je opatrená vnútornými rúrkami so štrbinovými sitami. Nádoba je na oboch koncoch zakončená kužeľmi a spočíva na dvoch pätkách.

Systém kontinuálneho čistenia chladiva primárneho okruhu je tvorený dvomi funkčne rovnocennými a vzájomne zastupiteľnými filtračnými linkami. Chladivo z výtlaku HCČ zo slučiek 2,4,6 v množstve 20 t/h je privádzané do jednej trasy. Analogicky zo slučiek 1,3,5 prúdi 20 t/h do druhej trasy. Prvá trasa je prednostne určená ako pracovná, druhá ako rezervná. Uvedené spojenie slučiek so systémom kontinuálneho čistenia odpovedá 3.bloku. Pre 4.blok je toto spojenie zrkadlové.

Výsledky výpočtov dokazujú, že potrubie kontinuálneho čistenia vyhovuje kritériám pevnosti a životnosti podľa normy **ASME B&PVC [II.17]** pri statickom zaťažení, seizmickom zaťažení definovanom podlažnými spektrami odozvy **EMO3421100 [I.51]**, pri tlakovej skúške a pri všetkých prevádzkových režimoch.

Potrubné systémy kontinuálneho čistenia sú po pevnostnej stránke vyhovujúce a ich životnosť je z hľadiska projektových režimov väčšia ako 40 rokov [I.22].

6.2.2.1.1.9. Potrubný systém odvádzania nízkotlakových únikov od HCČ

Trasy potrubného systému odvádzania nízkotlakových únikov od HCČ sú napojené na hlavné cirkulačné čerpadlá v každej slučke. Slúžia na odvod únikov čerpadiel do kolektora DN80. Do tohto kolektoru sú napojené ďalšie tri zberné potrubia únikov z rôznych potrubných systémov. Kolektor DN80 je napojený na potrubie k chladiču organizovaných únikov.

Systém organizovaných únikov primárneho okruhu je určený na :

- odvod a vrátenie organizovaných únikov od HCČ, HUA, k drenáži barbotážnej nádrže kompenzátora objemu, k drenáži potrubí systému kontinuálneho čistenia vody I.O. a potrubí havarijných systémov
- odvod organizovaných únikov od čerpadiel doplnovania a bórovej regulácie
- systém havarijného odvzdušnenia reaktora a primárneho kolektora PG v režime odstavenia a v havarijných podmienkach

Hlavné komponenty systému organizovaných únikov sú:

- nádrž organizovaných únikov ,
- hydrouzáver 0,04 m³ ,
- chladič organizovaných únikov ,
- drenážne čerpadlo HCP s pneupohonom ,
- čerpadlo nádrže organizovaných únikov s elektropohonom .

Výpočet pevnosti a životnosti potrubného systému odvádzania nízkotlakových únikov od HCČ bol spracovaný pomocou programu AutoPIPE Plus, ver.9.3. Výsledky výpočtov dokazujú, že potrubie systému vyhovuje kritériám pevnosti a životnosti podľa normy **ASME B&PVC [II.17]** pri statickom zaťažení, seizmickom zaťažení definovanom podlažnými spektrami odozvy **EMO3421100 [I.51]**, pri tlakovej skúške a pri všetkých prevádzkových režimoch.

Potrubný systém odvádzania nízkotlakových únikov od HCČ je po pevnostnej stránke vyhovujúci [I.23].

6.2.2.1.1.10. Potrubie systému vypúšťania hlavného cirkulačného okruhu DN50 (DN25)

Potrubia DN50 a DN25 vypúšťania hlavného cirkulačného potrubia. Drenáže sú dvoma kolektormi zvedené do systému vysokotlakových únikov DPS03.02.

Výpočet pevnosti a životnosti potrubného systému vypúšťania hlavného cirkulačného okruhu DN50 (DN25) bol spracovaný pomocou programu AutoPIPE Plus, ver.9.3. Výsledky výpočtov dokazujú, že potrubie vyhovuje kritériám pevnosti a životnosti podľa normy **ASME B&PVC [II.17]** pri statickom zaťažení, seizmickom zaťažení definovanom podlažnými spektrami odozvy **EMO3421100 [I.51]**, pri tlakovej skúške a pri všetkých prevádzkových režimoch.

Potrubný systém vypúšťania hlavného cirkulačného okruhu DN50 (DN25) je z hľadiska pevnosti a životnosti vyhovujúci. Napätia pri všetkých kontrolovaných zaťažovacích stavoch i celková kumulácia poškodenia pri všetkých kontrolovaných zaťažovacích blokoch sú pod dovolenými limitmi [I.24].

6.2.2.1.1.11. Potrubie systém hlavného odvodu reaktora a PG DN32 (DN15)

Potrubie systému hlavného odvodu reaktora a parogenerátora DN32 a DN15 pozostáva z dvoch podsystémov. Drenáže sú dvoma kolektormi zvedené do systémov vysokotlakových únikov.

Systém drenáže a odvodu reaktora a PG je určený na :

- odvodu reaktora a PG primárneho okruhu
- drenáž primárneho okruhu
- odvodu reaktora a PG primárneho okruhu
- drenáž a prepád odplynovačov doplnovania a bórovej regulácie

Výpočet pevnosti a životnosti potrubného systému hlavného odvodu reaktora a PG bol spracovaný pomocou programu AutoPIPE Plus, ver.9.3.. Program spĺňa štandardy kvality ISO9001, 10CFR21, NQA-1 a má tiež jadrovú certifikáciu NUPIC a NCR. V ČR je vedený pod číslom 512 v zozname štandardizovaných programov pre spracovanie sprievodnej dokumentácie JE. Pre EMO34 je program uvedený v dokumentoch [I.67] a [I.68] ako schválený pre spracovanie sprievodnej dokumentácie.

Výsledky výpočtov dokazujú, že potrubie systému hlavného odvodu reaktora a PG vyhovuje kritériám pevnosti a životnosti normy **ASME B&PVC [II.17]** pri statickom zaťažení, seizmickom zaťažení definovanom podlažnými spektrami odozvy **EMO3421100 [I.51]**, pri tlakovej skúške a pri prevádzkových režimoch.

Potrubné systémy hlavného odvodu reaktora a PG sú po pevnostnej stránke vyhovujúce a ich životnosť je vyššia ako 40 rokov [I.25].

6.2.2.1.2 Technické zdôvodnenie

V tejto kapitole je uvedené a preukázané, že projekt primárneho okruhu primerane zohľadňuje požiadavky na jeho funkčnosť, požiadavky priemyselných štandardov a noriem a požiadavky dozorného orgánu. Sú uvedené dôkazy, preukazujúce správnosť projektových vlastností a správania sa primárneho okruhu a k nemu pripojených systémov, ktoré boli použité na zaistenie splnenia bezpečnostných požiadaviek projektu a zachovanie integrity primárneho okruhu.

6.2.2.1.2.1. Odvod tepla**Požiadavky vyhlášky ÚJD SR č.430/2011**

Podľa vyhlášky ÚJD SR č.430/2011, Príloha č.3, Časť I, odsek N. **Odvod tepla**, musí primárny okruh a jeho pomocné systémy spĺňať nasledovné požiadavky:

1. Zariadenia, ktoré sa podieľajú na odvádzaní tepla uvoľneného štiepením a zostatkového tepla, musia sa projektovať tak, aby pri všetkých stavoch spoľahlivo zabezpečili chladenie materiálov.
2. Systémy odvodu tepla musia byť zálohované, fyzicky oddelené, izolované a môžu byť vzájomne prepojiteľné tak, aby splnili svoju funkciu počas normálnej prevádzky, po odstavení, počas projektových havárií, aj pri jednoduchej poruche, ale aj počas vybraných nadprojektových havárií a pri strate napájania z vonkajšej siete.
3. Ak sa jadrové zariadenie využíva aj na výrobu tepelnej energie na účely jej dodávky mimo jadrového zariadenia, musí sa projektovať tak, aby sa predchádzalo prenosu rádioaktívnych látok z jadrového zariadenia do rozvodov tepla pri normálnej prevádzke, abnormálnej prevádzke, projektových haváriách a v primeranej miere aj počas vybraných ťažkých havárií.

Technické zdôvodnenie

Odvod tepla uvoľneného štiepením a zvyškového tepla z reaktora je zaistené šiestimi chladiacimi slučkami primárneho okruhu. Z chladiacich slučiek sa teplo odvádza prostredníctvom šiestich parogenerátorov do sekundárneho okruhu. Pri odstavovaní, nábehu, udržiavaní bloku v horúcom stave alebo v prípade výpadku turbogenerátora sa para odvádza prepúšťacími stanicami do kondenzátora (PSK), v režimoch bez seizmickej udalosti a bez straty napätia vlastnej spotreby. V počiatočnej fáze odvodu zvyškového tepla z I.O. je para z PG odvádzaná cez hlavný parný kolektor a PSK do kondenzátora turbín.

Pre prípad, že sa niektorá zo slučiek stane nefunkčnou, je blok vybavený zariadením, ktoré zaistí odpovedajúce zníženie výkonu reaktora. Napájanie parogenerátorov vodou zaisťuje okrem hlavných a havarijných napájacích čerpadiel ešte systém superhavarijných napájacích čerpadiel. Para vyrobená v parogenerátoroch slúži za normálnej prevádzky k pohonu turbogenerátora. Ak nie je pre odvod tepla k dispozícii turbogenerátor, zníži sa výkon reaktora a para sa odvádza k prepúšťacím staniciam do kondenzátora turbíny (PSK). Pokiaľ PSK nie je k dispozícii, je možno použiť prepúšťacie stanice do atmosféry (PS-A).

Odvod prevádzkového tepla z technologického zariadenia zaisťujú systémy technickej vody a vzduchotechnické systémy. Systémy odvádzajúce teplo zo zariadení dôležitých pre jadrovú bezpečnosť sú riešené tak, že spĺňajú kritérium jednoduchej poruchy.

Bezpečnostné systémy odvodu tepla - HSCHZ, systém SHN a PS-A sú riešené s rešpektovaním princípu jednoduchej poruchy, so seizmickou odolnosťou, so zaisteným elektrickým napájaním z troch systémov zaisteného napájania.

6.2.2.1.2.2. Zásady riešenia primárneho okruhu a pomocných systémov**Požiadavky vyhlášky ÚJD SR č.430/2011**

Podľa vyhlášky ÚJD SR č.430/2011, príloha č.3, Časť II, odsek A. Primárny okruh, tlaková nádoba a aktívna zóna jadrového reaktora, bod (1) sa musia primárny okruh a jeho pomocné systémy projektovať tak, aby:

- a) počas stavu normálnej prevádzky, pri abnormálnej prevádzke a pri projektových haváriách bola s dostatočnou rezervou zabezpečená požadovaná pevnosť, životnosť a funkčná spoľahlivosť ich častí a zariadení
- b) nedochádzalo k neprípustným únikom chladiva
- c) materiály použité na ich výrobu sa vyberali tak, aby sa čo najmenej aktivovali počas normálnej prevádzky
- d) boli dostatočne odolné proti vzniku a rozvoju porúch

Technické zdôvodnenie

Zariadenia primárneho okruhu vyhovujú podmienkam uvedeným v bode a). I.O. je projektovaný tak, aby bol zaistený vysoký stupeň jeho integrity počas prevádzky. Zariadenia I.O. sú vyrobené z materiálov, pre ktoré je garantovaná požadovaná radiačná odolnosť a pevnosť počas celej doby prevádzky jadrového bloku. Konštrukcia zariadení zaručuje ich prevádzkyschopnosť a pevnosť v podmienkach súčasného pôsobenia prevádzkového a seizmického zaťaženia. Nežiaduce zmeny pracovných parametrov I.O. sú eliminované systémom kompenzácie objemu, systémom ochrany reaktora, uzlom poisťovacích ventilov kompenzátoru objemu a na primárny okruh nadväzujúcimi bezpečnostnými systémami.

Úniky chladiva primárneho okruhu (viď bod b) sú monitorované **Systémom detekcie únikov**, ktorý je podrobne popísaný v Kap. 6.2.2.1.3.3. Materiály použité na výrobu častí primárneho okruhu sú podrobne popísané v Kap. 6.2.2.2.2.1..Analýzami bezpečnosti uvedenými v [I.11] je preukázané, že pri žiadnej postulovanej iniciačnej udalosti nemôže dôjsť k ťažkej havárii. Podrobný popis primárneho okruhu a nadväzujúcich systémov je uvedený v [I.8].

6.2.2.1.2.3. Kontrola stavu primárneho okruhu počas prevádzky**Požiadavky vyhlášky ÚJD SR č.430/2011**

Podľa vyhlášky ÚJD SR č.430/2011, príloha č.3, Časť II, odsek A. Primárny okruh, tlaková nádoba a aktívna zóna jadrového reaktora, bod (2) a (3) sa musí primárny okruh projektovať tak, aby bolo možné počas stavu normálnej prevádzky vykonávať pravidelne alebo nepretržite kontrolu ich stavu a skúšky potrebné na overenie jadrovej bezpečnosti.

Súčasťou projektu zariadení primárneho okruhu musia byť:

- a) programy a metódy prevádzkových kontrol a skúšok
- b) kritériá na hodnotenie výsledkov prevádzkovej kontroly a skúšok
- c) aplikované viacnásobné fyzické bariéry na zabránenie úniku rádioaktívnych látok do pracovného prostredia a do životného prostredia
- d) najmenej tri rôznorodé systémy monitorovania a vyhodnocovania únikov za prevádzky, ak sa použije prístup „únik pred roztrhnutím“ (leak before break – LBB)

Technické zdôvodnenie

V príslušných individuálnych programoch zaistenia akosti sú uvedené programy a rozsah kontrol vykonávaných za prevádzky pre všetky kontrolované miesta vybraných zariadení a taktiež kritériá na zhodnotenie výsledkov kontrol a skúšok. Prevádzkové prehliadky a kontroly nadväzujú na výsledky kontrol a revízií pred spustením jadrového reaktoru. Výsledky kontrol vykonávaných v období výroby a montáže zariadení sú obsiahnuté v ich STD. Slúžia ako východiskové údaje pri porovnaní s výsledkami získanými pri periodicke sa opakujúcich prevádzkových prehliadkach. Podrobný popis programov a metód skúšok I.O. je popísaný v [I.12].

Úniky chladiva primárneho okruhu (viď **bod c**) sú monitorované **Systémom detekcie únikov**, ktorý včasnou detekciou neorganizovaných únikov resp. signalizáciou prekročenia dolovených hodnôt organizovaných únikov umožňujú predchádzať väčšiemu úniku resp. narušeniu integrity I.O.. Všetky časti I.O. sa nachádzajú v hermetickej zóne, ktorá zabráňuje úniku rádioaktívnych látok do životného prostredia.

Pri použití prístupu „únik pred roztrhnutím“ je monitorovanie a vyhodnocovanie únikov za prevádzky zabezpečené pomocou troch rôznorodých systémov pracujúcich na princípe: **1. Vlhkosti vzduchu, 2. Emisie ultrazvukového poľa a 3. Merania rádioaktivity vzduchu**. Podrobnejšie sú tieto systémy popísané v [I.10].

6.2.2.1.2.4. Systém dopĺňovania a čistenia chladiva I.O.

Požiadavky vyhlášky ÚJD SR č.430/2011

Podľa vyhlášky ÚJD SR č.430/2011, príloha č.3, Časť II, odsek B. **Systém dopĺňovania primárneho okruhu a systém čistenia chladiva** musia spĺňať:

- Systém dopĺňovania chladiva sa musí projektovať tak, aby bol schopný kompenzovať úniky a objemové zmeny chladiva pri normálnej a abnormálnej prevádzke s uvažovaním odberu chladiva na čistenie.
- Systém čistenia chladiva sa musí projektovať tak, aby bol schopný odstraňovať produkty korózie a produkty štiepenia, ktoré unikajú z porušených palivových článkov, a pritom udržiavať požadované parametre čistoty chladiva primárneho okruhu.

Technické zdôvodnenie

Systém dopĺňovania chladiva je riešený tak, že je schopný kompenzovať organizované a neorganizované úniky z primárneho okruhu vrátane odberu chladiva pre čistenie. Pre kompenzáciu uvedených únikov je dostačujúca činnosť jedného z troch agregátov dopĺňovacích čerpadiel.

Systém kontinuálneho čistenia chladiva je tvorený dvoma rovnocennými okruhmi, ktoré zaisťujú zachytávanie korózných a rádiochemických nečistôt na nízkoteplotných iontomeničových filtroch. Tento systém zabezpečuje tiež regeneračný ohrev chladiva dopĺňovaného do primárneho okruhu. Systém dopĺňovania primárneho okruhu a systém čistenia chladiva pracuje v automatickom režime. Prietok cez systém je daný prietokom primárneho chladiva v slučkách (Δp na HCP), takže nie sú potrebné čerpadlá. To znamená, že systém je pasívny. Počas normálnej prevádzky je v prevádzke iba jedna vetva systému dopĺňovania primárneho okruhu a systém čistenia chladiva.

6.2.2.1.2.5. Systém havarijného chladenia aktívnej zóny jadrového reaktora**Požiadavky vyhlášky ÚJD SR č.430/2011**

Podľa vyhlášky ÚJD SR č.430/2011, príloha č.3, Časť II, odsek C. **Systém chladenia aktívnej zóny jadrového reaktora, bod (1)** musí projekt systému havarijného chladenia aktívnej zóny musí zabezpečiť

- a) spoľahlivé chladenie aktívnej zóny počas projektových havárií spôsobených stratou chladiva tak, aby:
 - teploty pokrytia palivových článkov neprekročili ustanovené hodnoty
 - energetický príspevok chemických reakcií pokrytia palivových článkov a chladiva neprekročil prípustnú hodnotu
 - nevznikli geometrické zmeny palivových článkov a vnútorných častí jadrového reaktora, ktoré by mohli ovplyvniť účinnosť chladenia
 - zostatkové teplo sa odvádzalo po celý čas jeho uvoľňovania
- b) jeho dostatočné zálohovanie, vzájomnú prepojitelnosť, kontrolu únikov a možnosť ich zachytenia tak, aby systém havarijného chladenia aktívnej zóny pracoval spoľahlivo aj pri jednoduchej poruche.
- c) schopnosť systému podporiť odvod tepla z aktívnej zóny v rozsahu projektom vybraných ťažkých havárií
- d) možnosť vykonať periodické skúšky a prehliadky
 - pevnosti a tesnosti systému
 - aktívnych prvkov systému a ich funkčné vyskúšanie
 - systému ako celku a jeho funkčné vyskúšanie v podmienkach blízkyh jeho prevádzke

Technické zdôvodnenie

Havarijné systémy chladenia aktívnej zóny majú schopnosť zmierniť účinky akejkoľvek projektovej havárie so stratou chladiva. Chladiaca voda je v prípade havárie privádzaná v množstve dostatočnom pre odvod tepla z aktívnej zóny rýchlosťou dostačujúcou pre udržanie aktívnej zóny v chladiteľnej geometrii a pre zaistenie splnenia kritérií prijateľnosti. Projektové riešenie zaisťuje požadované bezpečnostné funkcie i s postulovanou jednoduchou poruchou.

Havarijné systémy chladenia aktívnej zóny sa delia na aktívne a pasívne. Pasívny systém je tvorený štyrmi hydroakumulátormi z ktorých, v prípade poklesu tlaku v primárnom okruhu pod stanovenú medzu, vyteká chladivo nad a pod aktívnu zónu. Porucha ktoréhokoľvek hydroakumulátora neohrozí splnenie požadovanej funkcie (pre splnenie funkcie postačia 2 hydroakumulátory).

Aktívnymi systémami sú vysokotlaký a nízkotlaký systém havarijného vstrelu. Každý z nich je tvorený tromi podsystémami, ktoré sú medzi sebou oddelené fyzicky, priestorovo aj elektricky. Pre splnenie požadovanej funkcie každého systému postačuje činnosť iba jedného podsystému.

Navrhnutý systém havarijného chladenia aktívnej zóny vyhovuje uvedeným požiadavkám. Na systéme havarijného chladenia sa vykonávajú tlakové skúšky a skúšky tesnosti v súlade s prevádzkovými predpismi pri odstavenom bloku.

Za prevádzky je možné odskúšať funkciu aktívnych prvkov a systémov (čerpádlá pracujú do obtoku). Je možné vyskúšať aj funkciu havarijných systémov od náhradných zdrojov napájania.

Projekt systémov havarijného chladenia s redundanciou 3×100% predpokladá aj prepojenie na systém JNR pri riešení ťažkých havárií a umožňuje pri systéme havarijného napájania PG vzájomné prepojenie zásobných nádrží havarijného napájania.

6.2.2.1.2.6. Systém odvádzania zostatkového tepla

Požiadavky vyhlášky ÚJD SR č.430/2011

Podľa vyhlášky ÚJD SR č.430/2011, príloha č.3, Časť II, odsek C. Systém chladenia aktívnej zóny jadrového reaktora, bod (2) a (3) musí v projekte byť zohľadnené:

- Systém odvodu zostatkového tepla sa musí riešiť tak, aby sa na odstavenom reaktore neprekročili medzné parametre palivových článkov.
- Projekt musí zahŕňať zálohovanie bezpečnostných systémov odvodu zostatkového tepla, kontrolu únikov chladiva a možnosť ich zachytenia tak, aby systém odvodu zostatkového tepla pracoval spoľahlivo aj v prípade jednoduchšej poruchy a straty vonkajšieho elektrického napájania.

Technické zdôvodnenie

Odvod zvyškového tepla z reaktora je v horúcom stave zaistovaný prostredníctvom sekundárneho okruhu. Napájanie parogenerátorov vodou zaistuje okrem hlavných a havarijných napájacích čerpadiel ešte systém superhavarijných napájacích čerpadiel.

Obidva záložné systémy napájania PG - havarijný a superhavarijný poskytujú dostatočnú zásobu napájacej vody pre PG, potrebnú pre odvádzanie zvyškového tepla reaktora po jeho rýchlom odstavení, bez prekročenia projektových limitov I.O.. Prepúšťacia stanica do atmosféry (PS-A) alebo poisťovacie ventily PG postačujú pre odvod pary potrebný pre odvod zvyškového tepla reaktora po jeho rýchlom odstavení. Možnosť regulácie PS-A umožňuje nastaviť požadovanú rýchlosť znižovania teploty I.O..

Pri uvádzaní bloku do studeného stavu sa po dosiahnutí predpísaných parametrov v I.O. zvyškové teplo odvádza v prípade seizmickej udalosti a nepoškodení tesnosti primárneho okruhu cez výmenník HSCHZ. Ako koncový prijímač tepla sú použité ventilátorové chladiace veže. V prípade LOCA havárií je dostatočné chladenie aktívnej zóny reaktora zaistované hydroakumulátormi, vysokotlakým a nízkotlakým systémom vstrekovania chladiva. Odvod tepla z hermetickej obálky zaistuje v prípade LOCA sprchový systém a tepelný výmenník HSCHZ.

Pre odvod zvyškového tepla cez sekundárny okruh slúži niekoľko systémov. V parnej fáze je dodávka napájacej vody zaistená hlavnými napájacími čerpadlami (bez zaisteného elektrického napájania), havarijnými napájacími čerpadlami (so zaisteným elektrickým napájaním) a systémom superhavarijných napájacích čerpadiel (so zaisteným elektrickým napájaním a so seizmickou odolnosťou). Odvod pary z parogenerátorov je zaistený cez prepúšťaciu stanicu do kondenzátora, dochladzovaciu stanicu (so zaisteným elektrickým napájaním) a prepúšťaciu stanicu do atmosféry (so zaisteným elektrickým napájaním a so seizmickou odolnosťou). Vo vodnej fáze (teplota primárneho okruhu pod 140 °C) sa dochladzovanie a odvod zvyškového tepla uskutočňuje pomocou dochladzovacej stanice (so zaisteným elektrickým napájaním) do studeného stavu alebo pomocou HSCHZ (so zaisteným elektrickým napájaním a so seizmickou odolnosťou). Teplo z technologického kondenzátora a výmenníkov HSCHZ je odvádzané technickou vodou dôležitou do systémových ventilátorových veží spoločných pre 2 bloky JE.

Voľba spôsobu dochladzovania a odvodu zvyškového tepla a tým i voľba príslušného zariadenia je daná stavom pri projekte predpokladaných udalostiach (napr. strata napätia vlastnej spotreby, seizmicita).

6.2.2.1.2.7. Riešenie sekundárnej časti PG**Požiadavky ÚJD SR**

Podľa vyhlášky ÚJD SR č.430/2011, príloha č.3, Časť II, odsek C. **Systém chladenia aktívnej zóny jadrového reaktora, bod (4)** musí projekt sekundárneho okruhu zabezpečiť:

- a) spoľahlivý odvod tepla z primárneho okruhu
- b) zisťovanie prípadných únikov z I.O. do II.O. a v prípade zistenia zabrániť ich ďalšiemu šíreniu

Technické zdôvodnenie

Odvod tepla z I.O. do II.O. je uskutočňovaný cez PG. Spoľahlivosť odvodu tepla je podmienená zaistením prívodu dostatočného množstva napájacej vody a odvodu vyvíjanej pary.

Dodávka napájacej vody do PG je zaistená hlavnými napájacími čerpadlami (bez zaisteného elektrického napájania), havarijnými napájacími čerpadlami (so zaisteným elektrickým napájaním) a systémom SHN čerpadiel (so zaisteným elektrickým napájaním a so seizmickou odolnosťou). Odvod vyvíjanej pary z PG je zaistený cez prepúšťaciu stanicu do kondenzátorov (bez zaisteného elektrického napájania) a prepúšťacej stanice do atmosféry (so zaisteným elektrickým napájaním a so seizmickou odolnosťou).

Za prevádzky na menovitom výkone sú parogenerátory napájané štyrmi hlavnými napájacími čerpadlami (piate ako rezerva) a para sa odvádza k dvom turbínám. Odpadné teplo sa z kondenzátorov turbín odvádza prostredníctvom chladiacich veží do atmosféry.

V prevádzkových režimoch so seizmickou udalosťou a stratou napätia vlastnej spotreby sú pre odvod tepla z I.O. cez II.O. k dispozícii bezpečnostné systémy PS-A a SHN, ktoré sú riešené s redundanciou 3×100%, so seizmickou odolnosťou zaisteným elektrickým napájaním z 3 systémov ZN.

Prípadné úniky chladiva z I.O. do II.O. v dôsledku prasknutia rúrky PG sa prejaví zvýšením rádioaktivity sekundárneho média, zmenou množstva napájacej vody poškodeného PG na sekundárnej strane, zmenou hladiny v KO a zmenou doplňovaného chladiva do I.O.. Meranie rádioaktivity je inštalované na všetkých parovodoch na výstupe z PG, na potrubí odluhu PG a na výfukovom potrubí vývev parogenerátora. Nameranie zvýšenej rádioaktivity je signalizované do blokovej dozorne. Poškodený parogenerátor je možno po znížení tlaku v príslušnej slučke primárneho okruhu izolovať na strane pary i napájacej vody. Analýzy porúch odvodu tepla II.O. sú uvedené v [I.11].

6.2.2.1.2.8. Hlavné cirkulačné čerpadlo**Požiadavky štandardov a noriem**

HCČ musí byť navrhnuté tak, aby zabezpečilo cirkuláciu teplotnosného média v hlavnom cirkulačnom potrubí primárneho okruhu s potrebným prietokným množstvom v súlade s tepelným výkonom bloku vo všetkých normálnych prevádzkových režimoch JE.

Technické zdôvodnenie

Hlavné cirkulačné čerpadlo GCN-317 je navrhnuté ako vertikálne odstredivé jednostupňové čerpadlo s jednotkou čelnej upchávky hriadeľa, s letmo upevneným obežným kolesom, axiálnym prívodom čerpanej kvapaliny a asynchrónnym elektromotorom.

Konštrukcia HCČ zaisťuje jeho prevádzkyschopnosť v podmienkach súčasného pôsobenia prevádzkových a seizmických zaťažení až do hodnoty projektového zemetrasenia (vrátane). Konštrukciou HCČ je zaistená jeho pevnosť a technickými podmienkami stanovený dobeh pri prekročení pôsobenia projektového zemetrasenia až do maximálneho výpočtového zemetrasenia (vrátane), po ktorom je nutná revízia HCČ. Pri súčasnom výskyte maximálneho výpočtového zemetrasenia a maximálnej projektovej havárie je zaistená celistvosť konštrukcie HCČ s ohľadom na okolité prostredie. Konštrukčne je každé HCČ pred účinkami seizmického pôsobenia zaistené pomocou 3 ks viskózných tlmičov typu RRD 200. Pred účinkami maximálnej projektovej havárie je každé HCČ zabezpečené pomocou havarijných obmedzovačov, ktoré zabraňujú čerpadlu v neprípustnom pohybe vo zvislom i vodorovnom smere pre dané zrýchlenie. Šesť hlavných cirkulačných čerpadiel GCN-317 zaisťuje pomocou cirkulácie média v primárnom okruhu odvod požadovaného množstva tepla z aktívnej zóny reaktora a jeho odovzdanie médiu sekundárneho okruhu JE. Pritom je zaistený minimálny tlak na saní nad sýtosťou pár média primárneho okruhu pri všetkých režimoch prevádzky 0,98MPa. Potrebná zotrvačnosť dobehu čerpadla pri výpadku napájania je zaistená zotrvačníkom umiestneným v elektropohone čerpadla, cez spojku spojeným s rotorom čerpadla. Elektromotor čerpadla je testovaný podľa GOST 183-74 na dvadsaťpercentné zvýšenie otáčok oproti nominálnym.

6.2.2.1.3 Bezpečnostné hodnotenie

V tejto kapitole je pre bezpečnostné systémy zaisťujúce zachovanie integrity primárneho okruhu ako aj pre hlavné komponenty I.O. (PG, HCP, HUA, KO), komponenty vstrelu chladiva do KO, havarijný systém chladenia aktívnej zóny preukázané, že majú dostatočnú kapacitu na vykonanie bezpečnostných funkcií.

Medzi najdôležitejšie bezpečnostné systémy z hľadiska zachovania integrity primárneho okruhu patria:

1. **Systém ochrany pred nadmerným pretlakom** (popísaný v **Kap.6.2.2.1.3.1**), ktorého zlyhanie by spôsobilo narušenie integrity primárneho okruhu a únik primárneho rádioaktívneho média.

2. **Systém ochrany proti natlakovaniu primárneho okruhu za studena** (**Kap. 6.2.2.1.3.2**).

3. **Systémy detekcie únikov** (popísaný v **Kap.6.2.2.1.3.3**), ktorý tvoria nasledovné systémy:

- systém organizovaných únikov
- systém ASPPD (Automatizovaný systém prostriedkov prevádzkovej diagnostiky)
- systém odluhov PG
- systém kontrol prírubových spojov zariadení primárneho okruhu.

Bezpečnostné hodnotenie jednotlivých častí primárneho okruhu je popísané v **Kap. 6.2.2.1.3.4** až **Kap.6.2.2.1.3.8**.

6.2.2.1.3.1. Systém ochrany pred nadmerným pretlakom

K ochrane pred nadmerným zvýšením tlaku, ktoré by mohlo spôsobiť narušenie integrity primárneho okruhu, slúži systém kompenzácie objemu a systém havarijných ochrán reaktora. Ochrana pred nadmerným zvýšením tlaku I.O. je zaistená poistnými ventilmi KO, ochrana pred zvýšením tlaku parného systému je zaručená poistnými ventilmi PG. Podrobne je popis systémov ochrany pred nadmerným tlakom uvedený v **[I.8]**, parametre otvárania a zatvárania poistných a odľahčovacích ventilov sú uvedené v **[I.11]**. V tejto časti je popísaný význam systému ochrany pred nadmerným pretlakom pre zachovanie integrity primárneho okruhu.

Popis zariadení systému kompenzácie objemu

Zariadenia uzlu PV KO sú zaradené podľa vyhlášky ÚJD SR č.430/2011 do BT 1. Elektrozariadenia a SKR uzlu PV KO sú zaradené do BT 2. Uzol PV KO musí byť funkčný počas a po havárii typu LOCA a tiež pri strate napájania vlastnej spotreby.

Uzol PV KO musí spoľahlivo pracovať počas havarijných stavov a po seizmickej udalosti a v režime „Bleed & Feed“, v normálnych, havarijných a pohavarijných podmienkach prostredia, v ktorých sa zariadenia (vrátane kabeláže), nachádzajú. Zariadenia SKR musia byť odolné elektromagnetickému poľu, ktoré môže byť v priestoroch kde sú tieto zariadenia umiestnené.

Poist'ovací systém kompenzácie objemu patrí medzi najdôležitejšie bezpečnostné systémy primárneho okruhu a je určený na ochranu zariadení primárneho okruhu pred zvýšením tlaku chladiva. Prípadné zlyhanie systému by malo za následok deštrukciu zariadení primárneho okruhu, narušenie jeho integrity a únik rádioaktívneho primárneho chladiva.

Základným elementom systému kompenzácie objemu a regulácie tlaku v primárnom okruhu je KO, ktorý je dvoma vetvami pripojený na neoddeliteľnú časť horúcej vetvy HCP a tým i na reaktor. Pri zvýšení tlaku chladiva primárneho okruhu na zadanú hodnotu sa vstrekuje automaticky voda do parného priestoru

kompenzátora objemu. Voda sa privádza z chladnej vetvy primárneho okruhu z neoddeliteľnej časti medzi HCČ a reaktorom alebo (pri plánovanom dochladzovaní reaktora) od čerpadiel dopĺňovania a bórovej regulácie. Ohrev chladiva a vstrek do parného priestoru KO sú riadené regulátorom tlaku, ktorý umožňuje v KO s minimálnymi odchýlkami udržiavať tlak chladiva v I.O. na nominálnej hodnote.

Zvýšenie tlaku v primárnom okruhu nad nominálnu hodnotu eliminuje regulátor sprchovaním (chladením) parného vankúša v KO. Vstrek chladnej vody do KO zaisťujú uzatváracie armatúry na potrubí vstrelu z chladnej vetvy slučky č.1 na 3.bloku a slučky č.6 na 4.bloku. V nominálnom režime sú všetky armatúry uzatvorené. Pri zvýšení tlaku v I.O. (v režime automatickej regulácie) sa jednotlivé ventily otvárajú alebo zatvárajú na impulzy od regulátora tlaku v závislosti na dosiahnutí medzných tlakov.

Zníženie tlaku v I.O. pod nominálnu hodnotu eliminuje regulátor činnosťou elektroohrievačov. V nominálnom režime je trvale zapnutá prvá skupina elektroohrievačov, aby s ohľadom na tepelné straty v KO udržiavala teplotu vodnej náplne KO na medzi sýtosti. Druhá skupina je zapínaná občasne. V nenominálnych režimoch sa jednotlivé skupiny elektroohrievačov zapínajú - vypínajú automaticky impulzom od regulátora tlaku v závislosti na dosiahnutí medzných tlakov. V prípade zvýšenia tlaku v KO nad medznú hodnotu sa vypína 1. skupina elektroohrievačov.

Ak automatická regulácia tlaku nezaistí normálnu prevádzku a zvýšenie tlaku nad dovolený limit vyvolané kumuláciou porúch na zariadení chladiaceho systému pokračuje, uvádza sa do činnosti súbor poistných ventilov umožňujúci rýchly pokles tlaku v I.O. odpúšťaním pary z KO do BN a zároveň sa uvádza do činnosti havarijná ochrana reaktora. Súbor poistných zariadení KO sa skladá z dvoch hlavných poistných ventilov a jedného odľahčovacieho ventilu.

Para od týchto ventilov je zavedená do barbotážnej nádrže, kde dochádza ku kondenzácii uniknutej pary. Chladenie náplne BN sa robí vodou vloženého chladiaceho okruhu. Proti stúpnutiu tlaku je BN istená poistnými membránami. K prasknutiu týchto membrán dochádza pri tlaku $1,45 \pm 0,05 \text{ MPa}$ a potom k výfuku pary z BN do priestorov HZ.

Na neoddeliteľnej časti potrubia vypúšťania HCP sú pre každú slučku nainštalované poistovacie ventily. V prípade, kedy je slučka odstavená pomocou HUA od reaktora a zároveň KO a PV KO, nainštalované poistovacie ventily zabezpečujú ochranu pred prípadným zvýšením tlaku v odstavenej slučke.

6.2.2.1.3.2. Ochrana proti natlakovaniu primárneho okruhu za studena

Pôvodný úvodný projekt (ÚP) blokov typu VVER 440 V-213 neuvažoval s potrebou inštalovania ochrany, chrániacej primárny okruh pred natlakovaním za studena. ÚP uvažoval iba s použitím prevádzkových predpisov a postupov, ktoré na základe správania sa bloku a zmien hodnôt rozhodujúcich parametrov a ich okamžitej kombinácie (tlak v I.O., teplota studených vetiev I.O., rýchlosť zmeny teploty I.O.) vyžadujú činnosti pre zabránenie ohrozenia integrity tlakovej nádoby reaktora.

V rámci inžinierskych projektových prác pre dostavbu MO34 bol vypracovaný technický bezpečnostný koncept **Koncepcia ochrany proti natlakovaniu I.O. za studena**, v ktorom je popísaný návrh ochrany proti natlakovaniu primárneho okruhu za studena. Táto ochrana zabezpečuje svojimi činnosťami, že okamžitá kombinácia tlaku v I.O. a najnižšej teploty studenej vetvy neprekročí hraničné hodnoty určené P-T krivkou pre natlakovanie za studena. Systém ochrany proti natlakovaniu I.O. za studena na MO34 je súčasťou **Systému obmedzenia výkonu reaktora (RLS)**, založenom na I&C systéme platformy TELEPERM XS, ktorý je podrobnejšie popísaný v [I.62] a [I.63].

Ochrana pôsobí vo všetkých režimoch, vrátane osobitného režimu tlakových tesnostných a pevnostných skúšok. Pri tlakovej pevnostnej skúške je činnosť ochrany obmedzená na elimináciu zdrojov tlaku (VTČ a EOKO), pretože otvorenie PV KO a OV KO je v čase vykonania skúšky blokované v súlade s predpisom vykonania skúšky. Ďalším obmedzením pre činnosť ochrany je najvyššia priorita riadenia VTČ HSCHZ systémom ESFAS. Prevádzka týchto čerpadiel (uvedených do činnosti v prípade havarijnej situácie) sa riadi osobitnými predpismi pre havarijnú prevádzku.

Predpokladá sa nepretržité samotestovanie ochrany a možnosť skúšok simuláciou s výstupom na zariadenia v režimoch s roztesneným primárnym okruhom.

Princíp činnosti ochrany spočíva vo vyslaní akčných signálov, ktoré pôsobia na činnosť jednotlivých technologických zariadení na základe porovnania maximálneho nameraného tlaku chladiva pri odpovedajúcich teplotách TNR s tlakom vypočítaným podľa krivky studeného pretlakovania **p-T [I.7]** (vrátane požadovaného odstupu tlaku). **P-T krivka pretlakovania za studena je stanovená pre každú tlakovú nádobu reaktora osobitne.**

Pretože vykonanie ochranných činností musí byť realizované v dostatočnom predstihu pred dosiahnutím hraničnej hodnoty kombinácie tlaku a teploty chladiva v studených vetvách I.O., sú paralelne s P-T krivkou so stanoveným odstupom tlaku (k nižším tlakom) vedené dve krivky (v pásme bez rizika pretlakovania za studena priamky), ktoré predstavujú 1. a 2. stupeň ochrany.

V prípade, že skutočná hodnota prekračuje ochranou dovoľenú hodnotu, vysielá ochrana akčné signály, ktorými realizuje:

- zastavenie rastu tlaku v I.O. (1. stupeň ochrany s vyšším tlakovým odstupom)
- zníženie tlaku, alebo zabezpečenie jeho minimálnej hodnoty (2. stupeň ochrany s nižším tlakovým odstupom)

Výpočtové stanovenie p-T kriviek studeného pretlakovania pre TNR 3. a 4. bloku EMO, na základe ktorých bola navrhnutá ochrana proti natlakovaniu I.O. za studena je popísané v [I.7].

6.2.2.1.3.3. Detekcia únikov

Systémy detekcie únikov včasnou detekciou neorganizovaných únikov resp. signalizáciou prekročenia dovoľených hodnôt organizovaných únikov umožňujú predchádzať väčšiemu úniku resp. narušeniu integrity primárneho okruhu a tým znížiť pravdepodobnosť väčšej poruchy a zabezpečiť bezpečnú prevádzku primárneho okruhu.

Podrobne sú systémy detekcie únikov popísané v [I.10], v tejto časti je popísaný význam týchto systémov pre zachovanie integrity primárneho okruhu.

Systémy detekcie únikov sú určené pre monitorovanie únikov z primárneho okruhu. K meraniu únikov z primárneho okruhu sú využité systém organizovaných únikov, systém ASPPD (Automatizovaný systém prostriedkov prevádzkovej diagnostiky), systém odluhov PG a kontrol prírubových spojov zariadení primárneho okruhu. Tieto systémy sú osadené prostriedkami pre určenie veľkosti únikov z primárneho okruhu. Úniky z primárneho okruhu je možné rozdeliť do nasledujúcich skupín.

a) únik riadený - je možné ho merať a zatvoriť; patrí sem tlakový odvod vody z upchávok HCČ

b) únik organizovaný - jedná sa o systém organizovaných únikov a úniky zo všetkých prírubových spojov, napr. TNR, PG, HCČ, KO, tlakové zásobníky a armatúry

c) únik neorganizovaný - jedná sa o úniky z primárneho okruhu do sekundárneho okruhu cez poškodenú teplovýmennú rúrku PG; úniky sú monitorované pomocou merania rádioaktivity v pomocných systémoch

d) úniky vyplývajúce z LBB (leak-before-break) - jedná sa o únik z poškodených (trhlina) komponent primárneho okruhu.

6.2.2.1.3.3.1 Riadený únik

Jedná sa o utesnenie primárneho okruhu na upchávkach hriadeľa HCČ.

Hriadeľ HCČ je tesnený mechanickými upchávkami, ktoré sa skladajú z dvoch hlavných upchávkových stupňov hydrostatického typu, rozdeľovacieho upchávkového stupňa čelného typu a koncového stupňa čelného typu. Za prvým hlavným upchávkovým stupňom sa meria tlak upchávkovej vody.

6.2.2.1.3.3.2 Organizovaný únik

Systém organizovaných únikov

Účelom celého systému organizovaných únikov, drenáží a odvodu je zhromaždenie a spracovanie organizovaných únikov a vôd z drenáží a odvodu primárneho okruhu a ich doprava späť do vratných systémov. V režime normálnej prevádzky uvedený systém zaisťuje odvod únikov od odvodu HCČ, odvod organizovaných únikov od HUA, BN, odvod únikov z priestoru medzi rýchločinnými armatúrami HSCHZ a medzi rýchločinnými armatúrami havarijného chladenia primárneho okruhu systému a odvodu upchávkovej vody HCČ. Pri odstávke bloku systém zaisťuje drenáž primárneho okruhu a odvodu zariadení I.O..

Keď systém zaisťuje funkciu odvodu únikov, sú uzatvorené všetky armatúry na trasách drenáže odvodu I.O. a otvorené sú armatúry na trasách odvodu únikov z uzlov oddeľujúcich vysoký a nízky tlak. Úniky sa odvádzajú cez chladič organizovaných únikov do nádrže organizovaných únikov.

Úniky z prírubových spojov

Systém kontroly prírubových spojov je určený pre kontrolu tesnosti prírubových spojov nasledujúcich komponent primárneho okruhu:

- hlavná príruha reaktora
- prírubový spoj PG I.O.
- prírubový spoj KO
- prírubový spoj HSCHZ

Na prírubách jednotlivých zariadení sú inštalované dvojice tesnení, z ktorých medzipriestoru je vyvedená impulzná rúrka, ktorá je zavedená mimo hermetickú zónu do systému kontroly a riadenia. Signál z miesta merania má výstup na BD.

Pri poškodení 1. rádu tesnení, dôjde ku zvýšeniu tlaku v kontrolovanom priestore medzi tesneniami a ako náhle tlak v tomto priestore dosiahne hodnoty 1,96 MPa, uvádza sa do činnosti výstražná signalizácia.

6.2.2.1.3.3.3 Únik neorganizovaný

K neorganizovaným únikom dochádza na hraniciach primárneho a sekundárneho okruhu pri poruchách vyskytujúcich sa pri prevádzke PG. Pri netesnosti prírubového spoja kolektora primárneho okruhu resp. netesnosti v teplovýmennom zväzku dochádza k úniku vody primárneho okruhu do vody

sekundárneho okruhu PG. Veľkosť úniku sa určuje podľa nameranej rádioaktivity v pare a odkaľovacej vode. Kontrola rádioaktivity vody sekundárneho okruhu a pary sa robí každú zmenu so zápisom do prevádzkového denníka. V prípade porušenia tesnosti teplovýmenných rúrok alebo ich spojov s kolektormi musí byť pri dosiahnutí rádioaktivity v sekundárnom okruhu $3,7 \cdot 10^5 \text{ Bq/m}^3$ parogenerátor odstavený v priebehu zmeny.

6.2.2.1.3.3.4 Systémy vyplývajúce z aplikácie LBB (leak-before-break)

Centrálny systém LBB - CS LBB

V Slovenskej republike je požiadavka dozorných orgánov a snaha prevádzkovateľov JE zabezpečiť sledovanie únikov v I.O. tak, aby vyhovovalo medzinárodne uznávanej kvalifikácii detekcie únikov pred roztrhnutím (LBB – Leak Before Break). Na jeho základe je pre danú technológiu stanovené množstvo média, ktorého únik môže viesť k prudkému rozvoju trhliny a tým k roztrhnutiu potrubia. Diagnostické systémy detekcie únikov musia byť schopné detekovať únik o veľkosti desatiny kritického množstva média, pre JE VVER 440 je to požiadavka zachytiť únik 3,8 l/min do jednej hodiny.

Pre zvýšenie spoľahlivosti detekcie únikov v I.O. JE je dozornými orgánmi požadované zaistiť monitorovanie únikov pomocou minimálne troch nezávislých diagnostických systémov sledujúcich navzájom odlišné fyzikálne veličiny. Tým je daná väčšia pravdepodobnosť zachytenia úniku ako aj možnosť vylúčenia falošných indikácií jednotlivých systémov.

Na základe skúseností monitorovania únikov v EMO a EBO sa ako najefektívnejšie ukázali systémy pracujúce na princípe monitorovania:

- **Vlhkosti vzduchu v priestoroch I.O. bloku**
- **Emisie ultrazvukového poľa** – detekcia ultrazvukového signálu, ktorý je generovaný pri výtoku tlakového média z I.O. cez malú netesnosť alebo vznikajúcu trhlínu.
- **Merania rádioaktivity vzduchu v priestoroch I.O.**

Každý z uvedených princípov monitorovania poskytuje odlišné možnosti rýchlosti odozvy na vznik úniku ako aj na jeho lokalizáciu a kvantifikáciu. Taktiež je citlivý na iné vplyvy spôsobujúce falošné indikácie a inak reaguje na zmeny technologických parametrov bloku.

Komplexné zhodnotenie výstupov systémov pri klasifikácii stavu bloku je v konečnom dôsledku na personáli diagnostiky, ktorý pri rozhodovaní potrebuje dostatočnú podporu pre kompetentné a rýchle rozhodovanie. V praxi sa ukázala potreba integrácie systémov LBB formou nadstavbového systému. Ten integruje výstupy jednotlivých monitorovacích systémov, poskytuje personálu stav a vývoj technologických parametrov a realizuje výstup informácií prevádzkovému personálu blokovej dozorne.

6.2.2.1.3.4. Parogenerátor

Podľa vyhlášky **ÚJD SR č.430/2011**, Príloha č.1, zariadenia PG sú zaradené do bezpečnostnej triedy:

- systém teplovýmennej plochy, tvorený dvoma kolektormi („studeným“ a „horúcim“) a rúrkami BT 1,
- plášť PG prenášajúci tlak média sekundárneho okruhu do BT 2.

Parogenerátory sú zaradené do kategórie 1b seizmickej odolnosti. Hranice seizmického z odolnosti sú riešené v seizmickom projekte.

Počas práce výrobného bloku sú všetky parogenerátory, prípadne ich zvolený počet (minimálne 3) v trvalej prevádzke, ktorá je riadená prevádzkovým predpisom. Pri prevádzke bloku na nominálnom výkone pracujú všetky parogenerátory na nominálnych parametroch, vyrábajú nominálne množstvo pary bez

nekontrolovaných únikov. Pri normálnej prevádzke bloku na zníženom výkone pracujú minimálne tri parogenerátory na nominálnom výkone.

Pri riešení havarijných situácií vedúcich k odstaveniu bloku sa parogenerátory odstavujú spolu s blokom postupmi podľa prevádzkového predpisu pre likvidáciu poruchových stavov. Havarijné podmienky nemusia viesť k odstaveniu bloku a všetkých PG, ale iba k úprave prevádzkového režimu (zníženie výkonu) a zníženiu počtu pracujúcich PG. Prípadná porucha PG je veľmi významná.

6.2.2.1.3.4.1 Limity a podmienky bezpečnej prevádzky

Komplex limitov a podmienok prevádzky je obsiahnutý v dokumentoch „**Limity a podmienky bezpečnej prevádzky**“, ktorých cieľom je zabezpečiť bezpečnú prevádzku hlavného technologického okruhu počas životnosti JE. Limitné počty zmien prechodových režimov nesmú byť počas doby životnosti prekročené.

6.2.2.1.3.4.2 Predprevádzkové a prevádzkové kontroly

Po výrobe nádoby vykonal výrobca kontroly v súlade s technickými podmienkami pre dodávku, čo dokladuje protokolmi z vykonaných kontrol a osvedčením o kvalite zariadenia, ktoré sú súčasťou STD PG.

Prevádzkové kontroly a skúšky vykonávané prevádzkovateľom sú špecifikované prevádzkovým predpisom, vykonávajú sa počas prevádzky bloku na výkone a spočívajú v :

- priebežnej kontrole:
 - hladiny vody v PG
 - teploty napájacej vody PG
 - teploty kovu tlakovej nádoby PG
 - tlaku v PG
- vykonávaní skúšok poistných a regulačných zariadení v predpísanom rozsahu a periodicite
- periodickej kontrole tlaku v medzipriestoroch deliacich rovín primárnych kolektorov PG
- periodickej kontrole tlaku v prírubových spojoch sekundárneho okruhu PG
- periodickej kontrole kvality napájacej a odluhovej vody PG
- kontrole rúrok PG vírivými prúdmi

Okrem uvedených kontrol sa v rámci overovania technického stavu zariadenia vykonávajú:

Hydraulické skúšky:

- tesnostná skúška PG a príslušných neoddeliteľných trás po strane II.O. na tlak 5,3 [MPa] sa vykonáva po každom roztesnení PG a neoddeliteľných častí II.O.
- tlaková skúška PG zo strany II.O. na tlak 7,65 [MPa] sa vykonáva 1 krát za 8 rokov a po oprave alebo konštrukčnom zásahu do PG
- tlaková skúška medzikružkových priestorov kolektorov zo strany II.O. na tlak 7,65 [MPa] sa vykonáva po roztesnení sekundárnych kolektorov
- tesnostná skúška impulzných línií vykonávaná vzduchom na tlak 12,68 [MPa] po utesnení prírubového spoja
- tesnostná skúška primárnych kolektorov na tlak 13,7 [MPa] sa vykonáva 1 krát za rok a po roztesnení primárneho kolektora
- pevnostná skúška primárnych kolektorov na tlak 16,8 [MPa] sa vykonáva 1 krát za 4 roky a pri RGO a po oprave zvaráním
- tesnostná skúška medzikružkových priestorov primárnych kolektorov na tlak 16,8 [MPa] po nevyhovujúcej vákuovej skúške

- tesnostná skúška teplovýmenných rúrok na tlak $0,6 \pm 0,8$ [MPa] po NDT a utesnení zistených netesností (vykonáva stredisko defektoskopie),

Prehliadky:

- vonkajšia prehliadka 1 krát za rok
- vnútorná prehliadka 1 krát za 4 roky

Stavebná skúška

Stavebná skúška sa vykonáva po opravách zariadenia a podľa požiadaviek stanovených príslušnými predpismi v súlade s predpismi výrobcu. Prehliadky nádoby a hydraulické skúšky vykonáva oddelenie revízných činností prevádzkovateľa a z vykonaných skúšok sú vypracované a archivované protokoly. Zápisy o výsledkoch vykonaných hydraulických skúšok a prehliadok sú súčasťou revíznej knihy zariadenia.

Rozsah prevádzkových NDT kontrol parogenerátora je spracovaný v smerniciach „Prevádzkové kontroly - NDT“ a podrobnejšie popísaný v [I.12].

6.2.2.1.3.4.3 Monitorovanie parametrov prevádzky

Pre zabezpečenie prevádzky a bezpečného chodu PG sú inštalované:

- tri stavoznaky veľkého rozsahu,
- päť stavoznakov malého rozsahu pre meranie hladiny v PG v prevádzkových režimoch a pre ochranu turbogenerátora,
- systém kontroly tesnosti deliacich rovín kolektorov I. okruhu,
- systém kontroly tesnosti deliacich rovín kolektorov II. okruhu,
- meranie pretlaku pary na výstupe z PG,
- merania aktivity pary,
- meranie prietoku pary z PG,
- meranie prietoku nepretržitého odluhu,
- meranie prietoku periodického odkalovania,
- meranie prietoku napájacej vody,
- meranie teploty napájacej vody,
- meranie aktivity odluhov,
- meranie vlhkosti pary,
- meranie pretlaku v systéme kontroly tesnosti ochranných výklenkov,
- meranie teploty plášťa PG a vyrovnávacích nádob.

Prehľad všetkých meraných parametrov je uvedený v IPZK pre PG V-213. V uvedenom dokumente sú popísané všetky prístroje a zariadenia, ktorými je PG vybavený vrátane špecifikácie vyvedenia signálu.

Na zisťovanie technického stavu PG slúžia diagnostické systémy:

- systémoch monitorovania parametrov chemických režimov
- systém pre monitorovanie voľných častí
- systém pre monitorovanie vibrácií a tlakových pulzácií, teplotnej dilatácie pri nábehu a odstávkach
- systém na monitorovanie nízkocyklovej únavy

Systémy zaisťujú včasnú detekciu vzniku trhliny alebo netesnosti, monitorovanie únikov a nízkocyklovej únavy. Práca diagnostických systémov sa vyhodnocuje na každom bloku za uplynulú kampaň. Spätná väzba na výkon nápravných opatrení je zabezpečená cez správcu zariadenia.

6.2.2.1.3.4.4 Mechanizmy starnutia

PG pracuje v podmienkach, ktoré môžu vyvolať starnutie nádoby pôsobením viacerých degradačných mechanizmov a to s rôznou intenzitou v rôznych častiach PG. Časté a výrazné tlakové a teplotné zmeny môžu vyvolávať v miestach koncentrácie napätia zvýšené únavové namáhanie, ktoré môže spôsobiť únavový rast defektov existujúcich v materiáli alebo iniciáciu a následný rast únavových trhlín. V konečnom dôsledku môže takýto rast trhlín v obidvoch prípadoch spôsobiť narušenie integrity PG a únik primárneho chladiva.

To je charakteristické najmä pre nátrubky a primárne kolektory PG, ale taktiež pre iné oblasti plášťa nádoby. Samotná nádoba, primárne kolektory a teplovýmenné rúrky sú vystavené spolupôsobeniu mechanického a korózneho poškodzovania (korózne praskanie pod napätím). Všetky pôsobiace degradačné mechanizmy sú potenciálne významné s ohľadom na potrebu zaistenia bezpečnej prevádzky JE. Najvýznamnejšie z hľadiska pravdepodobnosti ako aj z hľadiska možných následkov sa ukazujú možné úniky z I.O. do II.O., či už cez teplovýmenné rúrky alebo cez prírubu primárneho kolektora.

6.2.2.1.3.4.5 Predikcia poškodenia

Pre charakterizáciu stupňa únavového poškodenia kritických miest PG je využívaná veličina $D[\%]$ (kumulácia únavového poškodenia) a kritérium $D < 100\%$. Doterajšie výsledky hodnotenia únavového poškodzovania kritických uzlov PG na prevádzkovaných JE VVER 440 a praktické skúsenosti z prevádzky PG ukazujú, že najvýraznejšie je čerpaná životnosť na nátrubkoch napájacej vody.

Sledovanie resp. deterministická predikcia prejavov korózneho poškodenia a korózne-mechanického poškodenia sú v prevádzke PG takmer nemožné vzhľadom na nepredvídateľné rozdiely v podmienkach zaťaženia (napätového, ale hlavne chemického) v jednotlivých lokalitách PG. Charakter týchto degradačných procesov je preto možné považovať za náhodný. V prípade teplovýmenných rúrok je problém úspešne riešený dôslednou periodickou NDT kontrolou a aplikáciou kritérií pre zaslepenie rúrok.

6.2.2.1.3.5. Hlavné cirkulačné potrubie HCP

Podľa vyhlášky ÚJD SR č.430/2011, Príloha č.1, potrubie primárneho okruhu je zaradené do bezpečnostnej triedy BT 1. Potrubie primárneho okruhu je zaradené do kategórie 1b seizmickej odolnosti. Hranice seizmického zodolnenia sú riešené v seizmickom projekte.

Počas normálnej prevádzky bloku sú zvyčajne v prevádzke všetky slučky HCP, ale koncepcia výrobného bloku umožňuje v prípade potreby odpojiť pomocou hlavných uzatváracích armatúr vopred určené počty a kombináciu cirkulačných slučiek od pracujúceho primárneho okruhu. V prevádzke musia byť minimálne 3 zo šiestich cirkulačných slučiek v dvoch povolených kombináciách (1,3,5 alebo 2,4,6). Ak je počet cirkulačných slučiek v prevádzke od 6 do 3, tepelný výkon reaktora je obmedzený podľa počtu slučiek v prevádzke. V režime prirodzenej cirkulácie sú v prevádzke minimálne 2 cirkulačné slučky HCP.

Funkcia HCP DN 500 sa považuje za normálnu, pokiaľ :

- posuvy zo studeného do teplého stavu zodpovedajú výpočtom (kontroluje sa len pri 1. nábehu na teplotu)
- zmena zaťaženia pružiny guľového uloženia pri prechode zo studeného do teplého stavu zodpovedá projektu (kontroluje sa po každej veľkej odstávke a oprave primárneho okruhu)
- tlmiče seizmických účinkov sú v predpísanej polohe
- nie je indikovaná netesnosť či únik z niektorého komponentu

Potrubný systém HCP nepatrí medzi bezpečnostné systémy, pri riešení havarijných stavov sa potrubia odstavujú z prevádzky a zabezpečujú integritu primárneho okruhu do dosiahnutia odstaveného stavu výrobného bloku.

Prípadná porucha HCP je veľmi významná, ide o komponent bezpečnostnej triedy 1.

6.2.2.1.3.5.1 Limity a podmienky bezpečnej prevádzky

V LaP sú okrem iného predpísané dovolené počty výskytu jednotlivých režimov, čo je istý druh prevencie proti únavovému poškodeniu. Je obmedzená rýchlosť zmeny teploty a tlaku v primárnom okruhu ako pri nábehu, tak pri odstavovaní. **Tieto opatrenia slúžia i na zabezpečenia celistvosti HCP.**

6.2.2.1.3.5.2 Predprevádzkové a prevádzkové kontroly

Pravidelné testy potrubného systému HCP sa nevykonávajú, nakoľko systém je počas normálnej prevádzky bloku trvale v prevádzke. Skúška tesnosti sa vykonáva 1 krát za rok a po utesňovaní ľubovoľnej deliacej roviny I.O.. Pevnostná tlaková skúška sa vykonáva pravidelne 1 krát za 4 roky a po takej oprave technologického zariadenia, ktorá vyžaduje zváranie, vŕtanie, alebo výrobu nových častí. Tlakové skúšky (pevnostné a tesnostné) potrubného systému sa vykonávajú podľa smernice pre prevádzkové kontroly. Na potrubnom systéme boli vykonané vstupné defektoskopické kontroly v rozsahu stanovenom v montážnej dokumentácii dodanej výrobcom.

Rozsah prevádzkových NDT kontrol HCP je spracovaný v smerniciach „Prevádzkové kontroly - NDT“ a podrobnejšie popísaný v [I.12]. Smernica obsahuje prehľad kontrol, ktoré sú požadované na základe individuálnych programov zaistenia kvality a výrobcom vypracovaných návodov na overovanie technického stavu zariadení. Smernica určuje miesta kontroly, metódy skúšania, rozsah kontroly, interval kontroly a predpis pre vykonanie a vyhodnotenie kontroly.

6.2.2.1.3.5.3 Monitorovania parametrov prevádzky

Na slučkách HCP je realizované prevádzkové meranie tlaku, teploty a prietokov média ako aj chemického režimu chladiva I.O.. Zoznam miest týchto meraní je uvedený v projektovej dokumentácii.

6.2.2.1.3.5.4 Mechanizmy starnutia

Mechanizmy starnutia, ktoré pripadajú do úvahy v prípade HCP sú: **únava a teplotné starnutie.**

Časté a výrazné tlakové a teplotné zmeny môžu vyvolávať v miestach koncentrácie napätia zvýšené únavové namáhanie, ktoré môže spôsobiť únavový rast defektov existujúcich v materiáli alebo iniciáciu a následný rast únavových trhlín. V konečnom dôsledku môže takýto rast trhlín v obidvoch prípadoch spôsobiť narušenie integrity HCP a únik primárneho chladiva.

To je charakteristické najmä pre zvary, kolená a bezpečnostné koncovky potrubí. Podľa niektorých zahraničných skúseností sa môže v heterogenných zvaroch prejavovať teplotné starnutie. Tento efekt zatiaľ nebol v podmienkach prevádzky JE s VVER 440 pozorovaný. Na základe viacerých meraní a pozorovaní sa predpokladá, že tento degradačný mechanizmus výraznejšie pôsobí až pri teplotách nad 350°C.

Pôsobiace degradačné mechanizmy sú potenciálne významné s ohľadom na svoje dopady a na potrebu zaistenia bezpečnej prevádzky MO34. Ich skutočné negatívne prejavy v prevádzke HCP sú však až doteraz v zásade zanedbateľné.

6.2.2.1.3.5.5 Predikcia poškodzovania

Pre charakterizáciu stupňa únavového poškodenia je využívaná veličina $D[\%]$ (kumulácia únavového poškodenia) a kritérium $D < 100 \%$. Doterajšie výsledky hodnotenia únavového poškodenia kritických uzlov HCP na EBO a EMO12 a praktické skúsenosti z prevádzky ukazujú, že prevádzka HCP je bezpečná a používané metódy hodnotenia vystihujú kinetiku sledovaných zmien s dostatočnou bezpečnostnou rezervou. Pôsobenie ostatných možných mechanizmov poškodzovania doteraz nebolo detailne hodnotené.

6.2.2.1.3.5.6 Princíp LBB

Hlavné cirkulačné potrubie je zvarené z rúr, ktoré sú vyrobené z austenitickej ocele. Návrh potrubného systému I.O. a jeho projekt bol vykonaný podľa noriem bývalého ZSSR. Pri konštrukcii blokov typu VVER bolo rešpektované všeobecné konštrukčné kritérium - zvládnutie gilotínového roztrhnutia hlavného cirkulačného potrubia v mieste zvaru. K tomuto účelu boli realizované projektové úpravy spočívajúce v inštalácii obmedzovačov švihov roztrhnutých potrubí a bariér proti účinkom tryskajúceho chladiwa. Tento prístup bol historicky založený na prediktívne deterministickom hodnotení jadrovej bezpečnosti. Postupné uplatňovanie PSA (Pravdepodobnostné hodnotenie bezpečnosti) metód do jadrovej bezpečnosti sa premietlo do podstatného potlačenia veľkej LOCA-havárie ako hlavného prispievateľa k havárii s tavením zóny. V rámci vykonaného rozsiahleho výskumného programu v USA bola preukázaná extrémne nízka pravdepodobnosť tzv. "priamej LOCA" (rast trhliny počas prevádzky), ktorá bola menšia ako 10^{-6} /rok. Na základe týchto prác a ich záverov boli formulované technické postupy v metóde LBB "leak-before-break" (únik pred roztrhnutím). Táto nová metóda je výsledkom technického pokroku, ktorá umožňuje dosiahnuť súčasne zvýšenie bezpečnosti, zníženie dávok prevádzkového personálu a nižšie stavebné náklady a náklady na údržbu. Zavedenie tejto metódy hodnotenia umožňuje odstrániť z potrubia obmedzovače šľahania, bariéry proti tryskajúcemu médiu a vykonať súvisiace zmeny.

Základná filozofia LBB:

Filozofia LBB je postavená na schopnosti **včas** detekovať prípadné úniky z potrubného systému a tak vytvoriť časový priestor pre následné nápravné opatrenia k zamedzeniu úniku, prípadne k bezpečnému odstaveniu. Úspešná aplikácia princípu LBB vo svojom dôsledku potom umožňuje neinštalovať v kritických miestach potrubného systému (vo zvaroch) mohutné a nákladné obmedzovače švihy, ktoré sa pre potrubia bez štatútu LBB inštalujú za účelom zmiernenia následkov možného vzniku gilotínového rozťatia potrubia. V konečnom dôsledku to teda znamená, že pre potrubia so štatútom LBB nie je nutné uvažovať s gilotínovým roztrhnutím.

Na základe S.R.P. 3.6.3. [II.18] a vo väzbe na RG1.45 „Detekčné systémy únikov z tlakového chladiaceho okruhu reaktora“ [II.19], ktorý pojednáva o systémoch detekcie únikov, je postulátne stanovený minimálne detekovateľný únik z potrubného systému ako hodnota odpovedajúca 1 galonu (galUS), čo zodpovedá cca 3.8 l (3.7854 l). Tento únik musí byť preukázateľne spoľahlivo detekovateľný troma nezávislými systémami detekcie únikov, ktoré musia byť navyše založené na rôznych fyzikálnych princípoch monitorovania. (viď **Kap.6.2.2.1.3.3**).

Prípustná veľkosť postulovanej trhliny zodpovedá (na základe prístupu LBB) 10 násobku postulovae stanovenému minimálne detekovateľnému úniku t.j. 10 galónov (cca 38 l). Zároveň musí byť splnená podmienka, že veľkosť tejto trhliny dosahuje maximálne polovicu dĺžky kritickej trhliny (t.j. trhliny, ktorá sa začne nekontrolovateľne šíriť a proces sa ukončí gilotínovým rozťatím).

Veľkosť kritickej trhliny sa určuje pomocou aparátu lomovej mechaniky, pričom sa uvažuje so všetkými potenciálne možnými namáhaniaami a ich najnepriaznivejšej kombinácie.

Aplikácia LBB je možná len:

- na vysokoenergetické potrubia (pracovné tlaky sú vyššie ako 1.87 MPa alebo pracovné teploty sú nad 93°C)
- pre potrubné systémy s priemerom nad 50mm (postulovanému úniku pri malých priemeroch zodpovedajú relatívne veľké dĺžky výpočtovej trhliny)
- pre potrubné systémy BT 1 a BT 2 podľa ASME (alebo príslušného ekvivalentu), pre iné potrubné systémy len za predpokladu vykonávania prevádzkových kontrol ako pre BT 1 a BT 2
- pre potrubné systémy, ktorých uloženia nie sú kotvené do murovaných stavebných konštrukcií (pokiaľ tieto nevyhovujú smernici Multi - Plant Action B-59)
- celé hodnotiteľné časti (pre potrubný úsek medzi kotviacimi bodmi), je neprípustné posudzovať metódou LBB len jednotlivé zvary či potrubné úseky

Postup LBB:

- preukázať presnosť výpočtových analýz (lomová mechanika, určenie úniku) porovnaním napr. s experimentmi, resp. inými prijateľnými metódami
- určenie a špecifikácia materiálových charakteristík
- určenie typu a veľkosti pôsobiacich zaťažení (sily, momenty), definícia najnepriaznivejších miest (z pohľadu materiálových charakteristík a namáhania)
- výpočet veľkosti priechodovej trhliny pre únik 10 galUS/min (asi 40l/min) pri normálnom prevádzkovom zaťažení (algebraický súčet - vlastná váha, dilatácie a tlak)
- určenie kritickej veľkosti priechodovej trhliny so stabilným rastom pre normálne plus SSE (SL-2 - max. výpočtové zemetrasenie) zaťaženie. Jednotlivé zložky zaťaženia sa sčítavajú buď:
 - algebraicky - potom sa ich výsledná hodnota vynásobí koeficientom 1,4;
 - alebo algebraicky v absolútnej hodnote – potom je koeficient 1,0.
- určenie koeficientu bezpečnosti ako pomeru veľkosti trhliny pre únik 40l/min k veľkosti kritickej trhliny (koeficient nesmie byť menší ako 2)
- prípadné úniky z potrubia musia byť monitorované tromi fyzikálne odlišnými systémami detekcie únikov s citlivosťou cca 4 l/min..
- reakčná doba (doba odozvy) systémov detekcie únikov musí byť menšia ako 1 hod.
- jeden zo systémov detekcie únikov (s osvedčením o spôsobilosti práce počas SSE) by mal byť systém pre monitorovanie rádioaktivity ovzdušia
- zvyšné dva systémy detekcie úniku by mali byť schopné pracovať v podmienkach výskytu seizmických udalostí, ktoré nevyžadujú odstavenie reaktora.

Predpoklady:

- LBB analýzy musia byť zrealizované na skutočný stav (nie projektový)
- platnosť štatútu LBB je podmienená primeranou pozornosťou priamym a nepriamym príčinám porušovania potrubia a ostatným degradačným mechanizmom, ktoré by mohli ohroziť integritu potrubí (dokladovanie vylúčenia nežiaducich prejavov) – a to najmä:
 - vodné rázy v potrubí
 - poškodenie tečením
 - erózia
 - korózia
 - mechanická a teplotná únava (stratifikácia - potrubie KO)
 - vonkajšie vplyvy (seizmická udalosť, možné pretlakovanie systému chyby obsluhy, požiar, záplavy, chyby v SKR, letiace úlomky a pod. - Všetky tieto mechanizmy sa posudzujú pre časový horizont životnosti elektrárne)

- pre akékoľvek úpravy v prevádzkových podmienkach alebo v projekte dotýkajúce sa potrubných systémov so štatútom LBB musí byť vykonaná revízia LBB.

Štatút LBB a vzťah k okolitému prostrediu:

- ak má potrubie štatút LBB tak sa uvažuje s výtokom média otvorom D/4t (záplavy)
- uvažuje sa s pôsobením tlaku ekvivalentného prierezu HCP po dobu 3sec s lineárnou závislosťou úniku.

Hodnotenie LBB:

Hodnotenie výsledkov realizácie analýz LBB je podrobne popísané v Kap. 6.2.2.1.1.3.

6.2.2.1.3.6. Hlavná uzatváracia armatúra (HUA)

Podľa vyhlášky ÚJD SR č.430/2011, Príloha č.1 , zariadenia HUA sú zaradené do bezpečnostnej triedy BT 1. HUA sú zaradené do kategórie 1a seizmickej odolnosti, hranice seizmického z odolnenia sú riešené v seizmickom projekte.

Hlavná uzatváracia armatúra je určená na:

- uzatvorenie beztlakovej slučky v prípade potreby práce v parogenerátoroch a reaktore
- čiastočné uzatvorenie slučky pri nábehu HCČ
- uzatvorenie slučky v prípade úniku z primárneho do sekundárneho okruhu

Pôvodným účelom HUA bolo odstavenie defektnej slučky pri pracujúcom reaktore od ostatných slučiek. Možnosť odstavenia však bola problematická (týkala sa len oddeliteľnej časti vrátane PG) a neskôr sa od tejto požiadavky upustilo, nakoľko reaktor z dôvodov nesymetrického prietoku by rovnako nebolo možné s jednou odstavenou slučkou prevádzkovať. V prípade roztrhnutia rúrky PG je možné uzatvoriť HUA po odtlakovaní primárneho okruhu alebo bez odtlakovania (tesnosť nie je zaručená)

Prípadná porucha systému je významná, ide o komponent bezpečnostnej triedy 1.

6.2.2.1.3.6.1 Limity a podmienky bezpečnej prevádzky

Podmienky prevádzky HUA sú detailne popísané v príslušnom prevádzkovom predpise a v technických podmienkach HUA. Sú v nich, okrem iného, predpísané dovolené počty výskytu jednotlivých režimov I.O., čo je istý druh prevencie proti únavovému poškodeniu. Je obmedzená rýchlosť zmeny teploty a tlaku v I.O. ako pri nábehu, tak pri odstavovaní. Tieto opatrenia slúžia i na zabezpečenie integrity HUA.

6.2.2.1.3.6.2 Predprevádzkové a prevádzkové kontroly

Po výrobe HUA vykonal výrobca tieto skúšky :

- na pevnosť a nepriepustnosť telesa - vodou tlakom 20,1 MPa po dobu 10 min., potom zníženie tlaku asi na 16 MPa, kontrola celého povrchu;
- na tesnosť záveru - vodou 19,12 MPa po dobu 10 min., únik sedlom nesmie byť väčší než 1g/10 min;
- na zadieranie a funkciu - čiastočným otváraním a následným úplným zatváraním, naplnená vodou 1,96 MPa;
- na tesnosť upchávky, vodou 19,12 MPa po dobu 10 min., únik upchávkou nesmie byť väčší než 8g/10 min.

Rozsah prevádzkových NDT kontrol HUA je spracovaný v smerniciach „Prevádzkové kontroly - NDT“ a podrobnejšie popísaný v [I.12] . Smernica obsahuje prehľad kontrol, ktoré sú požadované na základe individuálnych programov zaistenia kvality a výrobcom vypracovaných návodov na overovanie

technického stavu zariadení. Podľa tejto smernice sa vykonávajú vizuálne kontroly uzlov HUA počas RGO po vyvezení paliva:

- vnútorný povrch telesa – VT; 100%; interval 1 krát za 8 rokov;
- vodiace; dosadacie; tesniace plochy na telese, - VT; 100%; interval 1 krát za 8 rokov;
- dosadacie; tesniace plochy tlakotesného veka; povrch závitú na veku;
- vodiace; tesniace plochy klina, - VT; 100%; interval 1 krát za 8 rokov;
- vodiace; tesniace plochy odsávacieho krúžku;
- kužel, fazetka; vodiaca plocha na vretene; hádzavosť vretena;
- zvarové spoje nátrubku s kolektorom I. okruhu – VT, PT, UT; 100%; interval 1 krát za 4 roky.

6.2.2.1.3.6.3 Monitorovanie parametrov prevádzky

Kontinuálne sú sledované prietok, tlak a teplota média v slučke. Okrem toho je sledované Δp na kline HUA. Na nastavci sú nátrubky na indikáciu netesnosti príruby HUA a odvodu únikov z upchávky do systému organizovaných únikov.

6.2.2.1.3.6.4 Mechanizmy starnutia

Mechanizmy starnutia, ktoré pripadajú do úvahy v prípade HUA sú : **korózia, únava a opotrebenie**. Časté a výrazné tlakové a teplotné zmeny môžu vyvolávať v miestach koncentrácie napätia zvýšené únavové namáhanie, ktoré môže spôsobiť únavový rast defektov existujúcich v materiáli alebo iniciáciu a následný rast únavových trhlín. V konečnom dôsledku môže takýto rast trhlín v obidvoch prípadoch spôsobiť narušenie integrity HUA a únik primárneho chladiva. To je charakteristické najmä pre zvary, teleso a nátrubky. Tesniace plochy a hriadeľ sú vystavené procesom mechanického opotrebovania. Korózia sa môže prejaviť na deliacich rovinách HUA. Všetky pôsobiace degradačné mechanizmy sú významné vzhľadom na svoje dopady a na potrebu zaistenia bezpečnej prevádzky.

6.2.2.1.3.6.5 Predikcia poškodzovania

Pre charakterizáciu stupňa únavového poškodenia je využívaná veličina $D[\%]$ (kumulácia únavového poškodenia) a kritérium $D[\%]<100$. Doterajšie výsledky hodnotenia únavového poškodenia kritických uzlov a praktické skúsenosti z prevádzky ukazujú, že prevádzka HUA je bezpečná a používané metódy predikcie vystihujú kinetiku sledovaných zmien s dostatočnou bezpečnostnou rezervou.

6.2.2.1.3.7. Kompenzátor objemu – KO

Podľa vyhlášky ÚJD SR č.430/2011, Príloha č.1, zariadenia KO sú zaradené do bezpečnostnej triedy BT 1. KO je zaradený do kategórie 1b seizmickej odolnosti, hranice seizmického z odolnenia sú riešené v seizmickom projekte.

Kompenzátor objemu pracuje v procese normálnej prevádzky bloku nepretržite na nominálnych parametroch stanovených požiadavkami v prevádzkovom predpise. Systém kompenzácie objemu je neoddeliteľne spojený s I.O. a pri riešení havarijných situácií zabezpečuje svoju funkciu na nominálnych parametroch určených prevádzkovým predpisom až do odstavenia pracujúceho bloku. Pre vytvorenie minimálneho počiatočného tlaku pri ohreve I.O. sa používa stlačený dusík.

6.2.2.1.3.7.1 Limity a podmienky bezpečnej prevádzky

V komplexe LaP sú predpísané dovolené počty výskytu jednotlivých režimov, čo je istý druh prevencie proti únavovému poškodeniu. Je obmedzená rýchlosť zmeny teploty a tlaku, rozdiel medzi teplotou vody v KO a v primárnom okruhu, hladinou vody v KO a teplotou primárneho chladiva pri normálnej prevádzke, pri nábehu a pri odstavovaní bloku. Tieto opatrenia slúžia na zabezpečenia integrity častí KO. Limitné počty zmien prechodových režimov nemôžu byť počas životnosti prekročené.

Tabuľka 6.2.2-4 Hlavné prevádzkové parametre KO

Názov parametra	
Pracovný pretlak [MPa abs]	
Pracovná teplota [°C]	
Výpočtový pretlak [MPa abs]	
Výpočtová teplota [°C]	
Skúšobný pevnostný pretlak [MPa abs]	
Tlaková skúška vo výrobnom závode	
Prvá tlaková skúška na bloku JE	
Druhá a ďalšie tlakové skúšky	
Objem pary (za normálneho režimu) [m ³]	
Objem vody (za normálneho režimu) [m ³]	
Hmotnosť KO [kg]	
Celkový počet elektroohrievačov	
Celkový výkon elektroohrievačov [kW]	

6.2.2.1.3.7.2 Predprevádzkové a prevádzkové kontroly

Prevádzkové kontroly a skúšky vykonávané prevádzkovateľom sú špecifikované prevádzkovým predpisom a spočívajú v:

- priebežnej kontrole hladiny chladiva,
- rýchlosti ohrevu a ochladzovania kompenzátora,
- rozdielov teplôt medzi KO a I.O.,
- vykonávaní skúšok poistných a regulačných zariadení v predpísanom rozsahu a periodicite.

Okrem uvedených kontrol sa vykonávajú hydraulické skúšky:

- tesnostná skúška tlakom 13,7 MPa sa vykonáva 1/rok a po každom utesnení niektorej deliacej roviny I.O.,
- tlaková skúška tlakom 16,8 MPa sa vykonáva 1/4roky a po oprave alebo konštrukčnom zásahu do technologického zariadenia I.O..

Technický stav nádoby je kontrolovaný revíziami:

- prevádzková revízia 1/rok,
- vnútorná revízia 1/4roky.

Revízie sú vykonávané podľa požiadaviek stanovených príslušnými predpismi v súlade s predpismi výrobcu. Revízie nádoby vykonáva odbor revízných činností prevádzkovateľa a z vykonaných revízií sú vypracované a archivované protokoly. Zápisy o výsledkoch vykonaných hydraulických skúšok a revízií sú súčasťou revíznej knihy zariadenia.

Rozsah prevádzkových NDT kontrol KO je spracovaný v smerniciach „Prevádzkové kontroly - NDT“ a podrobnejšie popísaný v [I.12]. Smernica obsahuje prehľad kontrol, ktoré sú požadované na základe individuálnych programov zaistenia kvality a výrobcom vypracovaných návodov na overovanie technického stavu zariadení. Smernica určuje miesta kontroly, metódy skúšania, rozsah kontroly, interval kontroly a predpis pre vykonanie a vyhodnotenie kontroly.

6.2.2.1.3.7.3 Monitorovanie parametrov prevádzky

K nátrubkom kompenzátora objemu sú pripojené potrubia pre odbery odvedené ku kontrolným prístrojom umiestneným na BD. Zoznam odberových miest týchto meraní je uvedený v projektovej dokumentácii. Okrem odberov pre merania hladiny, tlaku, teploty média, kontrolu kvality média a tesnosti prírubového spoja prielezu sú na nádobe kompenzátora pripevnené čidlá pre povrchové meranie teploty a dodatočne inštalované snímače prevádzkovej diagnostiky.

6.2.2.1.3.7.4 Mechanizmy starnutia

Mechanizmy starnutia, ktoré pripadajú do úvahy v prípade KO sú: **korózia, teplotné starnutie a únava**. Časté a výrazné tlakové a teplotné zmeny môžu vyvolávať v miestach koncentrácie napätia zvýšené únavové namáhanie, ktoré môže spôsobiť únavový rast defektov existujúcich v materiáli alebo iniciáciu a následný rast únavových trhlín. V konečnom dôsledku môže takýto rast trhlín v obidvoch prípadoch spôsobiť narušenie integrity KO a únik primárneho chladiva. To je charakteristické najmä pre nátrubky potrubí, ktoré sú pripojené ku KO a taktiež samotnú nádobu KO. Tesniace plochy veka prielezu sú potenciálne vystavené procesom **korózie a mechanického opotrebovania**. Teplotnému starnutiu môže podliehať základný materiál nádoby KO.

Všetky pôsobiace degradačné mechanizmy sú významné s ohľadom na svoje dopady a na potrebu zaistenia bezpečnej prevádzky EMO.

6.2.2.1.3.7.5 Predikcia poškodzovania

Pre charakterizáciu stupňa únavového poškodenia je využívaná veličina $D[\%]$ (kumulácia únavového poškodenia) a kritérium $D < 100\%$. Doterajšie výsledky hodnotenia únavového poškodenia kritických uzlov KO a praktické skúsenosti z prevádzky ukazujú, že prevádzka KO je bezpečná a používané metódy predikcie vystihujú kinetiku sledovaných zmien s dostatočnou bezpečnostnou rezervou.

6.2.2.1.3.8. Komponenty pre systém vstreku chladiva do KO

Vyrovňavacie potrubie KO spája slučku s kompenzátorom objemu a vytvára tak systém určený na :

- udržiavanie prevádzkového tlaku v I.O.;
- kompenzáciu tlakových a objemových zmien pracovného média v prevádzkových a prechodových režimoch bloku.

Počas normálnej prevádzky bloku je systém KO a jeho potrubia trvale v prevádzke. Potrubia spájajúce kompenzátor objemu s neoddeliteľnou časťou studenej a horúcej vetvy slučky, sú trvale

naplnené chladivom primárneho okruhu a zabezpečujú funkčnosť kompenzátora objemu pri zabezpečení integrity I.O. a dostatočnej zásoby primárneho chladiva.

Potrubný systém KO nepatrí medzi bezpečnostné systémy, pri riešení havarijných stavov sa odstavuje z prevádzky a zabezpečuje integritu I.O. do dosiahnutia odstaveného stavu výrobného bloku.

6.2.2.1.3.8.1 Limity a podmienky bezpečnej prevádzky

Komplex limitov a podmienok prevádzky bloku je detailne popísaný v príslušnom prevádzkovom predpise. Sú v nich, okrem iného, predpísané dovolené počty výskytu jednotlivých režimov, čo je istý druh prevencie proti únavovému poškodeniu. Je obmedzená rýchlosť zmeny teploty a tlaku v I.O. ako pri nábehu, tak pri odstavovaní. Tieto opatrenia slúžia i na zabezpečenie integrity a životnosti častí I.O..

6.2.2.1.3.8.2 Predprevádzkové a prevádzkové kontroly

Pravidelné testy potrubia od HCP do KO sa nevykonávajú nakoľko systém je počas normálnej prevádzky výrobného bloku trvale v prevádzke. Skúška tesnosti sa vykonáva 1/rok a po utesňovaní ľubovoľnej deliacej roviny I.O.. Pevnostná tlaková skúška sa vykonáva pravidelne 1x za 8 rokov a po takej oprave technologického zariadenia, ktorá vyžaduje zváranie, vŕtanie, alebo výrobu nových častí. Tlakové skúšky (pevnostné a tesnostné) potrubného systému sa vykonávajú na základe metodiky pre prevádzkové kontroly. Na potrubí boli vykonané vstupné defektoskopické kontroly v rozsahu stanovenom v montážnej dokumentácii dodanej výrobcom v STD.

Prevádzkové NDT kontroly potrubia HCP-KO sú definované v smerniciach „Prevádzkové kontroly - NDT“ a podrobnejšie popísané v [I.12]. Smernica obsahuje prehľad kontrol, ktoré sú požadované na základe individuálnych programov zaistenia kvality a výrobcom vypracovaných návodov na overovanie technického stavu zariadení. Na základe tejto smernice sa kontrolujú:

1. Potrubie vstreku z chladnej vetvy HCP do KO:

- obvodový zvar priem. 108 x 9, T-kus DN 100, miesto styku vetvy vstreku do KO – VT, PT, RT; 100%; interval 1 krát za rok
- obvodový zvar priem. 108 x 9, T-kus DN 100, napojenie obtoku ventilov z chlad. vetvy– VT, PT, RT; 100%; interval 1 krát za rok

2. Spojovacie potrubie od slučky č.1 (6) HCP do KO (vyrovnávacie potrubie)

- obvodové zvary priem. 325 x 24- T-kus DN 300, prívod ku KO – VT, PT, UT; 100%; interval 1 krát za 4 roky
- obvodový zvar potrubia DN 300, dolné hrdlo KO – VT, PT, UT; 100%; interval 1 krát za 4 roky.

Skratky: PT–Kapilárna skúška; UT–Ultrazvuková skúška; VT-Vizuálna kontrola; RT- Skúška prežarováním.

6.2.2.1.3.8.3 Monitorovanie parametrov prevádzky

Na potrubných trasách od HCP do KO je realizované prevádzkové meranie teploty média. Zoznam miest týchto meraní je uvedený v projektovej dokumentácii. Na potrubíach spájajúcich HCP a KO je inštalovaný systém na monitorovanie vplyvu teplotných zmien vrátane teplotnej stratifikácie na únavu.

6.2.2.1.3.8.4 Mechanizmy starnutia

Mechanizmy starnutia, ktoré pripadajú do úvahy v prípade potrubia od HCP do KO sú: **únava a teplotné starnutie**. Časté a výrazné tlakové a teplotné zmeny môžu vyvolávať v miestach koncentrácie napätia zvýšené únavové namáhanie, ktoré môže spôsobiť únavový rast defektov existujúcich v materiáli

alebo iniciáciu a následný rast únavových trhlín. V konečnom dôsledku môže takýto rast trhlín v obidvoch prípadoch spôsobiť narušenie integrity a únik primárneho chladiva. To je charakteristické najmä pre zvary, kolená a bezpečnostné koncovky potrubí.

Pre vyrovnávacie potrubie KO je charakteristické čerpanie únavového poškodenia vyvolaného rozvrstvením vody po obvode potrubia – stratifikáciou. Napätia vyvolané stratifikáciou spôsobujú dilatáciu potrubia a vznik prídavných pnutí, rozloženie ktorých závisí aj od geometrie celého vyrovnávacieho potrubia.

Všetky pôsobiace degradačné mechanizmy sú významné s ohľadom na svoje dopady a na potrebu zaistenia bezpečnej prevádzky MO34. Na základe doterajších výsledkov hodnotenia únavového poškodenia na iných JE VVER 440 je možné predpokladať, že poškodenie môže v niektorých hodnotených miestach počas projektovanej životnosti **prekročiť limitné hodnoty**.

6.2.2.1.3.8.5 Predikcia poškodenia

Pre charakterizáciu stupňa únavového poškodenia je využívaná veličina $D[\%]$ (kumulácia únavového poškodenia) a kritérium $D < 100 \%$.

6.2.2.1.3.9. Systém kontinuálneho čistenia chladiva I.O.

Podľa vyhlášky ÚJD SR č.430/2011, Príloha č.1, zariadenia sú zaradené do bezpečnostnej triedy BT 2. Systém je zaradený do kategórie 1a seizmickej odolnosti. Hranice seizmického z odolnenia sú riešené v seizmickom projekte.

Podľa vyhlášky ÚJD SR č.430/2011, príloha č.3, Časť II, odsek B - Systém čistenia chladiva I.O. musí byť vyprojektovaný tak, aby bol schopný odstraňovať produkty korózie a produkty štiepenia, ktoré unikajú z porušených palivových článkov a pritom udržiavať požadované parametre čistoty chladiva I.O..

Systém kontinuálneho čistenia chladiva I.O. je tvorený **dvoma funkčne rovnocennými a vzájomne zastupiteľnými filtračnými linkami**, ktoré zaisťujú zachytávanie korózných a rádiochemických nečistôt na nízkoteplotných iontomeničových filtroch.

6.2.2.1.3.10. Systém drenáže a odvzdušnenia

Zariadenia systému filtračných liniek sú v zmysle vyhlášky ÚJD SR č.430/2011, príloha č.1 zaradené do BT 3. Systém je zaradený do kategórie 1a seizmickej odolnosti. Hranice seizmického z odolnenia sú riešené v seizmickom projekte.

Systém súvisí s jadrovou bezpečnosťou ako **výkonný systém**. Systém drenáže a odvzdušnení pracuje prevažne s médiom, ktoré je zdrojom ionizujúceho žiarenia, preto technologický proces je navrhnutý tak, aby bolo nebezpečenstvo úniku, ohrozenia personálu a životného prostredia znížené na minimum.

6.2.2.1.3.11. Systém organizovaných únikov

Zariadenia systému filtračných liniek sú v zmysle vyhlášky ÚJD SR č.430/2011, príloha č.1 zaradené do BT 3.

Okrem drenážneho čerpadla HCP a potrubia odvzdušnenia chladičov vložených okruhových HCČ je celý systém zaradený do kategórie 1a seizmickej odolnosti. Hranice seizmického z odolnenia sú riešené v seizmickom projekte.

Systém nepatrí medzi bezpečnostné systémy a preto sa vyžaduje štandardná prevádzková spoľahlivosť. Systém súvisí s jadrovou bezpečnosťou ako výkonový systém, je zálohovaný, so zaisteným elektrickým napájaním a požadované podmienky sú v projekte splnené.

Systém organizovaných únikov pracuje prevažne s médiom, ktoré je zdrojom ionizujúceho žiarenia, preto technologický proces je navrhnutý tak, aby bolo nebezpečenstvo úniku, ohrozenia personálu a životného prostredia znížené na minimum.

Integrita primárneho okruhu počas podmienok uvažovaných v projekte

6.2.2.2.1 Požiadavky a predpisy pre pevnostné analýzy

Pri projektovaní a výstavbe 3. a 4. bloku JE Mochovce (Úvodný projekt je z roku 1986) boli platné právne predpisy, zákony a normy, ktorých podrobný prehľad je uvedený v dokumente „Základné požiadavky na projekt MO34“ EMO3420015.

Pôvodné pevnostné analýzy systémov, konštrukcií a komponent I.O. boli urobené v súlade s vtedy platnými technickými normami a predpismi. Pri spracovaní projektovej, výrobnéj a sprievodnej dokumentácie pre zariadenia primárneho okruhu boli pre pevnostné analýzy uplatňované najmä ustanovenia nasledujúcich dokumentov:

1. Predpisy pre výstavbu a bezpečnú prevádzku zariadení jadrových elektrární, experimentálnych a výskumných reaktorov a súborov vrátane dodatkov (Gosgortekhnadzor ZSSR, 1973 a Dodatok predpisov, Gosgortekhnadzor ZSSR, 1975). Tieto predpisy obsahujú záväzné požiadavky na výstavbu a bezpečnú prevádzku zariadení jadrových elektrární a okrem iného zahŕňajú:

- všeobecné ustanovenia,
- požiadavky na konštrukciu,
- materiály,
- výrobu a montáž zariadení a potrubí,
- kontrolu zvarových spojov,
- technické prehliadky zariadení,
- údržbu a obsluhu zariadení,
- kontrolu a dodržiavanie predpisov.

2. Normy výpočtov na pevnosť elementov reaktorov, PG, nádob a potrubí atómových elektrární, experimentálnych a výskumných jadrových reaktorov a zariadení, Gosgortekhnadzor ZSSR, 1973;

3. Normy pevnostných výpočtov zariadení a potrubí atómových elektrární s vodnými reaktormi proti seizmickému pôsobeniu, Moskva 1980;

4. Základné predpisy pre zváranie a naváranie uzlov a konštrukcií jadrových elektrární, experimentálnych a výskumných reaktorov a súborov, OP 1513-72, Moskva 1974;

Tieto predpisy sú usmerňujúcim podkladom pre projektovanie, výrobu, montáž a opravy zváraných dielov a potrubí primárneho a sekundárneho okruhu, platia i pre antikorozné a tesniace návary, vrátane ich tepelného spracovania pred a po zváraní resp. naváraní. Obsahujú zásadné technologické požiadavky a pokyny pre zváranie a naváranie, ktorých splnenie je nevyhnutné pre zaistenie spoľahlivej funkcie zvarových spojov a návarov. Taktiež obsahujú formou náčrtkov prehľad úprav zvarových hrán pre používané typy a hrúbky zvarových spojov používaných ocelí, vždy pre jednotlivé technológie zvárania.

5. Predpisy pre kontrolu zvarových spojov a návarov uzlov a konštrukcií jadrových elektrární, experimentálnych a výskumných jadrových reaktorov a súborov PK 1514-72, Moskva 1974;

Sú usmerňujúcim podkladom pre projektovanie, výrobu, montáž a opravy zvarovaných dielov a potrubí primárneho a sekundárneho okruhu jadrových elektrární. Určujú metódy, rozsah a kritériá hodnotenia akosti zvarových spojov a návarov, prevádzaných podľa požiadaviek OP-1514/72

6. Špecifikácia materiálov SM 567/84;

Charakterizuje základné a zvaracie materiály použité pre výrobu parogenerátorov, uvádza ich požadované chemické zloženie a hodnoty ich mechanických a iných špecifických vlastností.

7. Program kontroly kvality PKK 567/84;

Stanovuje zoznam kontrolných operácií, rozsah a metodiku kontrol, požiadavky na kontroly, kritériá hodnotenia výsledkov kontrol a spôsob záznamu o vykonaných kontrolných operáciách v priebehu celého výrobného cyklu parogenerátora.

Prílohou PKK sú schémy kontrol základných materiálov a zvarových spojov, ktoré v tabuľkovej forme jednoznačne určujú vykonanie kontrolných operácií jednotlivých dielov, zvarov a návarov, počínajúc vstupnou kontrolou a končiac expedíciou z výrobného závodu.

Program kontroly kvality, Špecifikácia materiálov a schémy kontroly sú dokumenty, ktoré sa vzájomne dopĺňajú a je nutné ich posudzovať spoločne.

8. Špecifikácia materiálov SM 336/75-04;

Charakterizuje základné a zvaracie materiály použité pre výrobu kompenzátora objemu, uvádza ich požadované chemické zloženie a hodnoty ich mechanických a iných špecifických vlastností.

9. Program kontroly kvality PKK 336/75-04.

Dokument stanovujúci zoznam kontrolných operácií, rozsah a metodiku kontrol, požiadavky na kontroly a spôsob záznamu o vykonaných kontrolných operáciách v priebehu celého výrobného cyklu kompenzátora objemu. Program kontroly kvality, špecifikácia materiálov a schémy kontroly sú dokumenty, ktoré sa vzájomne dopĺňajú, a preto je nutné ich posudzovať spoločne.

Pôvodná sprievodná technická dokumentácia každého systému, konštrukcie a komponentu primárneho okruhu obsahuje kontrolný pevnostný výpočet, urobený podľa požiadaviek vyššie popísaných predpisov a normatívnych dokumentoch. **V týchto pevnostných výpočtoch je dokladované, že počas stavu normálnej prevádzky, pri abnormálnej prevádzke a pri projektových haváriách bude s dostatočnou rezervou zabezpečená požadovaná pevnosť, životnosť a funkčná spoľahlivosť častí a zariadení primárneho okruhu a bude zachovaná ich integrita.**

V rámci dostavby 3. a 4. bloku JE Mochovce boli dodávané chýbajúce komponenty I.O. a na niektorých systémoch I.O. boli realizované rôzne konštrukčné úpravy. Tieto zmeny konštrukcií boli zohľadnené v sprievodnej dokumentácii pevnosti, životnosti a seizmickej odolnosti systémov, konštrukcií a komponent I.O. Pri niektorých konštrukciách (napr. PG) bolo nutné revidovať aj pôvodný návrhový výpočet rozmerov (pôvodne spracovaný podľa ruskej normy z roku 1973). Nový návrh základných rozmerov bol urobený podľa NTD A.S.I. SEKCE III [II.13]. Vypočítané základné rozmery boli porovnané so skutočnými rozmermi už dodaných komponent I.O. a ich navrhovanými konštrukčnými zmenami.

Súčasne s návrhom základných rozmerov boli vypracované aj nové kontrolné výpočty pevnosti, životnosti a seizmickej odolnosti [I.49], [I.50]. Tieto výpočty preukázali splnenie všetkých predpísaných a požadovaných limitov podľa v súčasnosti platných noriem a predpisov pre normálne prevádzkové

podmienky (NPP), abnormálne prevádzkové podmienky (APP) a projektové havárie (HP). V týchto pevnostných výpočtoch bolo taktiež zohľadnené plánované predĺženie životnosti JE z 30 na 40 rokov .

Pre systémy, konštrukcie a komponenty I.O. MO34 boli urobené nasledovné pevnostné výpočty:

- Kontrolní výpočet šoupátka HUA DN500 [I.34];
- Souhrnná závěrečná správa analýzy KO V-213 [I.39];
- Analýza parogenerátoru PGV-213 vč. uložení JEA [I.49];
- Výpočty pevnosti, seizmickej odolnosti a životnosti, systémov
- Vykonávací projekt MO34, Kontrolný výpočet na statickú pevnosť, životnosť a seizmickú odolnosť, Výpočtový potrubný systém [I.29]
- Vykonávací projekt MO34, Kontrolný výpočet na statickú pevnosť, životnosť a seizmickú odolnosť, Výpočtový potrubný systém [I.30]

6.2.2.2.2 Materiály, postupy zhotovenia a metódy inšpekcie

6.2.2.2.2.1. Špecifikácia materiálov komponentov primárneho okruhu

Všetky konštrukčné materiály použité na výrobu častí primárneho okruhu sú dané pôvodným sovietskym technickým projektom a vychádzajú z príslušnej normatívno-technickej dokumentácie dodanej sovietskou stranou.

Okrem normatívnych dokumentov popísaných v [I.3] platia pre materiály častí primárneho okruhu nasledovné normatívno-technické dokumenty (NTD):

Materiály pre zariadenia a potrubia JE

- NTD A.S.I. Sekcia II, Charakteristiky materiálov pre zariadenia a potrubia JE typu VVER,
- Materiály pre zariadenia a potrubia JE. Všeobecné požiadavky na základné materiály. – NTD IAE 440.51-84.
- Materiály pre zariadenia a potrubia JE. Kontrola akosti základných materiálov. Základné požiadavky. – NTD IAE 440.52-84.
- Materiály pre zariadenia a potrubia JE. Polotovary. Všeobecné technické požiadavky. – NTD IAE 440.53-85.
- Materiály pre zariadenia a potrubia JE. Požiadavky na použitie a atestáciu nových materiálov. – NTD IAE 442.50-85.
- Materiály pre zariadenia a potrubia jadrových elektrární. Stanovenie charakteristík. Kritická teplota krehkosti základných materiálov, zvarových spojov a návarov. – NTD IAE 443.51-84.
- Materiály pre zariadenia a potrubia jadrových elektrární. Stanovenie charakteristík. Vplyv tepelného starnutia na posuv kritickej teploty krehkosti základných materiálov, zvarových spojov a návarov. – NTD IAE 443.52-81.
- Materiály pre zariadenia a potrubia jadrových elektrární. Stanovenie charakteristík. Vplyv cyklického poškodenia na posuv kritickej teploty krehkosti základných materiálov, zvarových spojov a návarov. – NTD IAE 443.53-81.
- Materiály pre zariadenia a potrubia JE. Stanovenie charakteristík základných materiálov, zvarových spojov a nataveného kovu. Odolnosť proti krehkému porušeniu. – NTD IAE 443.56-86.
- Materiály pre zariadenia a potrubia JE. Stanovenie charakteristík. Vplyv pracovného prostredia na nízkocyklovú únavu základných materiálov, zvarových spojov a navareného kovu. – NTD IAE 443.60-84.
- Stanovenie charakteristík základných materiálov, zvarových spojov a zvarového kovu zariadenia a potrubí jadrových elektrární. – NTD RVHP 05.07.57.

Uvedené normatívno technické dokumenty stanovujú nasledovné všeobecné požiadavky na použitie základných materiálov na výrobu zariadení a potrubí jadrových elektrární, na ktoré sa vzťahujú požiadavky NTD MHS Interatomenergo „Predpisy pre výstavbu a bezpečnú prevádzku zariadení a potrubí JE: Všeobecné ustanovenia.“

- Pri voľbe materiálov na výrobu zariadení a potrubí JE sa prihliada na ich fyzikálne a mechanické vlastnosti, chemické zloženie, technologičnosť, zvariteľnosť a spôsobilosť na prevádzku v podmienkach využitia zariadenia počas výpočtovej doby životnosti.
- Na výrobu zariadení a potrubí jadrových elektrární sa používajú materiály, ktorých značky a charakteristiky sú uvedené v normatívno technickej dokumentácii MHS Interatomenergo "Materiály pre zariadenia a potrubia JE. Značky a charakteristiky materiálov prípustných pre použitie". Pri použití materiálov **neuvedených** v tejto normatívno technickej dokumentácii sa postupuje podľa normatívno

technickej dokumentácie MHS Interatomenergo **"Materiály pre zariadenia a potrubia JE. Požiadavky na použitie a atestáciu nových materiálov"**.

- Chemické zloženie materiálov **musí** vyhovovať požiadavkám noriem alebo technických podmienok na materiály a polotovary uvedených na výkresoch výrobku.
- Kontrola akosti materiálov, prípustných pre použitie v súlade s bodom 2, sa robí metódami uvedenými v normatívno technickej dokumentácii MHS Interatomenergo **"Materiály pre zariadenia a potrubia JE. Kontrola akosti základných materiálov. Všeobecné požiadavky"** a v prípustných normách a technických podmienkach na materiály alebo polotovary uvedených na výkresoch výrobku.
- Odberateľ **má právo** robiť vstupnú kontrolu materiálu metódami uvedenými v normatívno technickej dokumentácii podľa bodu 4 alebo inými metódami odsúhlasenými medzi dodávateľom a odberateľom. Ak sú výsledky vstupnej kontroly **nevyhovujúce**, potom sa materiály **neprípúšťajú pre použitie**.
- Materiály používané na výrobu zariadení a potrubí JE musia mať **atesty**, ktoré potvrdzujú súlad medzi používanými materiálmi a normami alebo technickými podmienkami na tieto materiály /polotovary/.
- Atesty musia obsahovať minimálne tieto údaje:
 - názov (ochrannú značku) výrobného podniku
 - názov materiálu (polotovaru) s uvedením jeho druhu, normy alebo technických podmienok a v prípade potreby označenie výkresu (napríklad pre tvarované výkovky a odliatky)
 - značku materiálu (oceľe alebo zliatiny) s uvedením normy alebo technických podmienok
 - číslo série
 - číslo tavby alebo pretavenia
 - chemické zloženie a druh vytavenia alebo pretavenia
 - spôsob tepelného spracovania
 - výsledok skúšok, ktoré boli urobené v súlade s normami a technickými podmienkami na materiály a polotovary
 - pečiatku príslušného OTK
- V závislosti na požiadavkách noriem alebo technických podmienok na materiály alebo polotovary môže byť rozsah údajov uvedených v atestoch rozšírený. V akomkoľvek prípade musí byť zaistená príslušnosť atestu k danej partii materiálov (polotovarov) alebo konkrétnemu polotovaru.
- Ak **chýbajú atesty**, alebo **sú neúplné**, je možno materiál použiť až po urobení **nevyhnutných skúšok** potvrdzujúcich súlad medzi materiálmi a požiadavkami noriem alebo technických podmienok. Stanovené skúšky materiálu a polotovarov je dovolené robiť, pokiaľ sú materiály a polotovary označené.
- Obsah, rozsah, miesto a spôsob značenia sa stanoví v normách, technických podmienkach alebo konštrukčnej dokumentácii na materiály a polotovary.
- Značenie materiálov **musí** byť zreteľné a trvanlivé, ale použité spôsoby značenia **nesmú** negatívne pôsobiť na akosť týchto materiálov.
- V prípade, že je materiál alebo polotovar počas výroby rozdelený na časti, je **nutné** preniesť úplné značenie na oddelené časti. Správnosť preneseného značenia sa potvrdzuje značkou orgánu technickej kontroly (vyrazením alebo iným spôsobom).
- Ak **nie je možné** preniesť značenie na oddelené časti kvôli nedostatočným rozmerom alebo z iných príčin, dovoľuje sa urobenie skráteného alebo zmluvného značenia (vrátane štítkov upevnených na jednotlivých dieloch).
- Materiály a polotovary, ktoré nie sú označené, sú pri **použití nepripustné**.

Systémy, komponenty a konštrukcie (SKK) I.O. sú zvárané z jednotlivých konštrukčných častí a polotovarov výrobnými zvarmi resp. spojené s ostatnými časťami montážnymi zvarmi. Pri zváraní a naváraní musia byť splnené požiadavky nasledovných predpisov a normatívnych dokumentoch:

Základné predpisy pre zváranie a naváranie.

- BNS II.5.1/2007 Zváranie jadrových zariadení. Základné požiadavky a pravidlá
- BNS II.5.2/2007 Kontrola zvárania a kvality zvarových spojov strojno-technologických komponentov jadrových elektrární typu VVER 440. Požiadavky
- BNS II.5.3/20011 Zváracie materiály na zváranie strojno-technologických komponentov jadrových elektrární. Technické požiadavky a pravidlá výberu
- Základné predpisy pre zváranie a naváranie. Požiadavky na konštrukciu zvarových spojov a ich základné typy. – NTD IAE 460.50-87.
- Základné predpisy pre zváranie a naváranie. Prídavné materiály. Všeobecné požiadavky. – NTD IAE 462.51-83.
- Základné predpisy pre zváranie a naváranie. Príprava a zostavenie dielcov na zváranie a naváranie. – NTD IAE 463.50-83.
- Základné predpisy pre zváranie a naváranie. Požiadavky na postupy zvárania-NTD IAE 464.50-84.
- Základné predpisy pre zváranie a naváranie. Naváranie nehrdzavejúcej výstelky. – NTD IAE 465.50-84.
- Základné predpisy pre zváranie a naváranie. Tepelné spracovanie zvarových spojov a navarených výrobkov. - NTD IAE 466.50-84.
- Základné predpisy pre zváranie a naváranie. Oprava chýb zvarových spojov a navarených súčiastok. – NTD IAE 467.50-84.
- Výrobná atestácia technológie výroby zvarových spojov a navárania výrobkov-NTD IAE 468.50-85.
- Stanovenie charakteristík zvarových spojov a zvarového kovu. – NTD IAE 469.52-84.

V nasledujúcich kapitolách sú popísané základné materiály použité pre výrobu jednotlivých častí primárneho okruhu.

6.2.2.2.1.1 Materiály HCČ**Tabuľka 6.2.2-5 Základné materiály HCČ**

Názov súčasti	Značka materiálu podľa GOST	Značka materiálu podľa ASTM
Základný materiál	08CH18N10T	321 podľa A240
Zvary	Sv-04CH19N11M3	321 podľa A240
Obežné koleso	10CH18N9TL	321 podľa A240

6.2.2.2.1.2 Materiály PG a KO

Všetky kovové i nekovové materiály, použité pri výrobe tlakových nádob PG a KO sú uvedené v sprievodnej technickej dokumentácii (STD) jednotlivých dodávok. Podrobný zoznam materiálov, chemické zloženie, mechanické vlastnosti, špecifické vlastnosti, spôsob overovania ich akosti a iné podstatné technické údaje sú uvedené v príslušných špecifikáciách materiálov parogenerátora [I.57] a kompenzátora objemu [I.59], programoch kontroly kvality (PKK) parogenerátora [I.58], kompenzátora objemu [I.60] a ďalšej technickej dokumentácii. Dodávka nových komponent je v súlade s SM VPE 804 010/09. Ďalšie potrebné materiálové charakteristiky sú v NTD A.S.I. SECTION II [II.14], NTD A.S.I. SECTION I [II.15] a PNAE G-7-002-86 [II.9].

Konštrukčné materiály použité pri výrobe PG a KO sú dané sovietskym technickým projektom a vychádzajú z normatívno-technickej dokumentácie dodanej sovietskou stranou. Pre všetky dodávky

materiálov a polotovarov boli medzi výrobcom a dodávateľom dojednané **Technické dodacie podmienky**.

Tieto technické dodacie podmienky obsahujú:

- **všeobecnú časť obsahujúcu:**
 - rozsah platnosti
 - predmet dodávky
 - technické náležitosti dodávky
- **technické požiadavky zahrňujúce:**
 - spôsob výroby
 - chemické zloženie, príp. iné charakteristické vlastnosti
 - hodnoty mechanických, príp. iných špecifických vlastností
 - vymedzenie prípustnosti vnútorných väd
 - tepelné spracovanie materiálu
 - metodiku a rozsah skúšania
 - medzné odchýlky rozmerov a geometrického tvaru
 - akosť povrchu, príp. povrchové ochrany alebo konzervácie, balenie a iné
 - opravy väd
- **požiadavky na kontrolu a skúšanie zahrňujúce:**
 - kontrolu spôsobu výroby
 - značenie materiálu
 - kontrolu výroby ocele, odlievania ingotov, kontrolu kovania alebo valcovania, tepelného spracovania
- **požiadavky na odber vzoriek pre skúšanie, zahrňujúce:**
 - vyhodnotenie kontrol
 - dokumentáciu o materiáli, vrátane citácie noriem ČSN, GOST a iné.
 - preberanie materiálu
 - expedíciu materiálu
 - záruky

Okrem toho boli tieto dodávky z hľadiska ich kvality preverované podľa **Programu vstupných kontrol základných materiálov a polotovarov** a **Programu vstupných kontrol zvracích materiálov**. Tieto „**Programy**“, v prípade vzniku pochybností o akosti dodaných materiálov, stanovili povinnosť urobenia kontrolných skúšok, overujúcich, či kvalita vyhovuje požiadavkám technických podmienok, noriem a iných dokumentov, podľa ktorých boli dodané.

Názvy konštrukčných materiálov základných častí PG a KO sú uvedené v nasledujúcich Tabuľka 6.2.2-6 a Tabuľka 6.2.2-7 .

Tabuľka 6.2.2-6 Materiály použité pri výrobe hlavných častí PG

Názov súčasti	Značka materiálu podľa GOST	Značka materiálu podľa ASTM
Plášť PG	22K	Gr.A podľa A662, Gr.60 podľa A515 Gr.D podľa A414
Nátrubok napájacej vody	22K	Gr.A podľa A662, Gr.60 podľa A515 Gr.D podľa A414
Prielez a veko prielezu	22K	Gr.A podľa A662, Gr.60 podľa A515 Gr.D podľa A414
Nátrubok parného kolektora	22K	Gr.A podľa A662, Gr.60 podľa A515 Gr.D podľa A414
Parný kolektor	12 022.1	Gr.A podľa A662
Primárny kolektor	08CH18N10T	321 podľa A240
Veko primárneho kolektora	08CH18N10T	321 podľa A240
Rozvod napájacej vody	12Ch18N10T	321 podľa A240
Rúrky teplovýmenné	08CH18N10T	321 podľa A240

Tabuľka 6.2.2-7 Materiály použité pri výrobe jednotlivých častí KO

Názov súčasti	Značka materiálu podľa GOST	Značka materiálu podľa ASTM
Valcový plášť KO	22K	Gr.A podľa A662, Gr.60 podľa A515 Gr.D podľa A414
Veko a dno KO	22K	Gr.A podľa A662, Gr.60 podľa A515 Gr.D podľa A414
Prielez a veko	22K	Gr.A podľa A662, Gr.60 podľa A515 Gr.D podľa A414
Dolný nátrubok	22K	Gr.A podľa A662, Gr.60 podľa A515 Gr.D podľa A414
	08CH18N10T	321 podľa to A240
Nátrubok vstreku	22K	Gr.A podľa A662, Gr.60 podľa A515 Gr.D podľa A414
	08CH18N10T	321 podľa A240
Nátrubok prepúšťania pary	22K	Gr.A podľa A662, Gr.60 podľa A515 Gr.D podľa A414
	08CH18N10T	321 podľa A240
Nátrubok elektrických ohrievačov	22K	Gr.A podľa A662, Gr.60 podľa A515 Gr.D podľa A414
	08CH18N10T	321 podľa A240
Austenitický návar KO	Sv-07Ch25N13 Sv-08CH19N10G2B	321 podľa A240
Vyrovňavacie potrubie KO	08CH18N10T	321 podľa A240

6.2.2.2.1.3 Materiály HCP

Materiál HCP je austenitická nehrdzavejúca oceľ **08CH18N10T a 08CH18N12T (321 podľa ASTM A240)**. Chemické zloženie je zvolené tak, aby oceľ mala vysoké mechanické hodnoty za tepla a bola zaručená odolnosť proti medzikryštalickej korózii (preto je stabilizovaná titanom). Z hľadiska zvariteľnosti je obsah prímiesí (síra, fosfor) zaručený na nízkej hodnote. Obsah feritu v tavbovej vzorke musí byť nenulový, najviac však 8 %. Odolnosť proti medzikryštalickej korózii skúšaná na vzorkách varom v iniciačnom roztoku po predchádzajúcom scitlivení 650°C / 2 hod. Obsah feritu kontrolovaný magnetometrickým feritometrom. Kontrolovaný obsah nekovových prímiesí (kyslíčniky, kremičitany, karbonitridy titanu a nitridy, sírniky) a veľkosť zrna, ktorého stredná veľkosť nesmie byť väčšia ako 0,111 mm. Tým je zaručená vysoká metalurgická čistota ocele s vysokým pomerom povrchu zŕn k ich objemu a tým výhodným rozložením a hustotou nekovových prímiesí. Ako prídavné materiály pre zvary sa používajú materiály **Sv-04Ch19N11M3 a Sv-10Ch16N25AM6**.

6.2.2.2.1.4 Materiály HUA

Teleso HUA je vyrobené z austenitickej ocele 08Ch18N10T a zvary z materiálu Sv-04CH19N11M3.

Tabuľka 6.2.2-8 Materiály HUA

Názov súčasti	Značka materiálu podľa GOST	Značka materiálu podľa ASTM
Základný materiál	08CH18N10T	321 podľa A240
Zvary	EA 400 /10T	321 podľa A240

6.2.2.2.1.5 Materiály HSCHZ

Zariadenia HSCHZ a havarijného dochladzovacieho systému JNB sú vyrobené z materiálov **08CH18N10T a 08CH18N12T (321 podľa ASTM A240)**. V nasledujúcej tabuľke sú uvedené konštrukčné materiály hlavných častí HSCHZ.

Tabuľka 6.2.2-9 Materiály aparátov systému HSCHZ

Názov súčasti	Značka materiálu podľa GOST	Značka materiálu podľa ASTM
VT havarijné doplňovacie čerpadlo		
Skriňa, hriadeľ, obežné koleso	08CH18N10T	321 podľa A240
NT havarijné doplňovacie čerpadlo		
Skriňa	-	9.4460 KSB Pumpen
Hriadeľ	-	1.4462 KSB Pumpen
Obežné koleso	-	1.4408 KSB Pumpen
Tepelný výmenník HSCHZ		
Plášť	17 247.4 mod.A + 11 416.1	Shell materials for ECCS heat exchanger
Rúrky	17 353.4	316 podľa A276
Rúrkovnica	17 247.4 mod.A	321 podľa A240
Nádrž sprchového systému s hydrouzáverom		
Plášť, veko, dno, potrubie	17 247.4 mod.A	321 podľa A240
Nádrž VT systému s hydrouzáverom		
Plášť, veko, dno, potrubie	17 247.4 mod.A	321 podľa A240
Tlakový zásobník		
Plášť, veko, dno, potrubie	22K+08Ch19N10G2B	Special steel for primary circuit vessels / hydroaccumulator
Elektroohrievače nádrží VT a NT systému a tlakových zásobníkov		
Elektroohrievač	08CH18N10T	321 podľa A240
Potrubie		
Rúry, ohyby, kolená	08CH18N10T	321 podľa A240
Armatúry		
Ventily, spätné klapky	08CH18N10T	321 podľa A240

6.2.2.2.1.6 Materiály systému kontinuálneho čistenia vody I.O.

Systém sa skladá z 2 ks regeneračných výmenníkov s dochladzovačmi, 3 ks filtrov a 2 ks lapačov ionexových častíc. Všetky aparáty sú prepojené potrubím, na ktorých sú umiestnené vlnovcové jadrové armatúry. Systém pracuje automaticky. Pri seizmickom ohrození sa automaticky vyradujú z činnosti filtre a lapače ionexových častíc. V prevádzke zostávajú regeneračné výmenníky s obtokmi, ktoré sú na seizmicitu počítané.

Tabuľka 6.2.2-10 Materiály aparátov systému kontinuálneho čistenia vody I.O.

Názov súčasti	Značka materiálu podľa GOST	Značka materiálu podľa ASTM
Filter katexový		
Skriňa (valcová vertikálna nádoba)	08CH18N10T	321 podľa A240
Prevádzková náplň	Katex	Katex
Vostavba	08CH18N10T	321 podľa A240
Filter anexový		
Skriňa (valcová vertikálna nádoba)	08CH18N10T	321 podľa A240
Prevádzková náplň	Anex	Anex
Vostavba	08CH18N10T	321 podľa A240
Lapač ionexových častíc		
Skriňa (valcová vertikálna nádoba)	08CH18N10T	321 podľa A240
Vostavba	17 247.4	321 podľa A240
Zmesný filter		
Skriňa (valcová vertikálna nádoba)	08CH18N10T	321 podľa A240
Prevádzková náplň	Anex + Katex	Anex + Katex
Vostavba	08CH18N10T	321 podľa A240
Výmenník regeneračný		
Plášť	08CH18N10T	321 podľa A240
Rúrky	08CH18N10T	321 podľa A240
Rúrkovnice	17 247.4 mod.A	321 podľa A240
Dochladzovač		
Plášť	17 247.4 mod.A	321 podľa A240
Rúrky	08CH18N10T	321 podľa A240
Rúrkovnice	17 247.4 mod.A	321 podľa A240
Armatúry		
Ventily, spätné klapky, priechodky	08CH18N10T	321 podľa A240

6.2.2.2.1.7 Materiály systému drenáže a odvzdušnenie I.O.

Tabuľka 6.2.2-11 Materiály systému drenáže a odvzdušnenia I.O.

Názov súčasti	Značka materiálu podľa GOST	Značka materiálu podľa ASTM
Predradené čerpadlo s elektropohonom		
Skriňa, hriadeľ, obežne koleso	08CH18N10T	321 podľa A240
Čerpací agregát systému doplňovania a bórovej regulácie s elektropohonom		
Skriňa, hriadeľ, obežne koleso	08CH18N10T	321 podľa A240
Čerpadlo pre odpúšťanie chladiva z I.O. s elektropohonom		
Skriňa, hriadeľ, obežne koleso	08CH18N10T	321 podľa A240
Olejové čerpadlo		
Skriňa, hriadeľ, obežne koleso	11 416	Gr.A podľa A662
Filter olejový mechanický		
Skriňa	11 353	1020 podľa 519-82
Prevádzková náplň	sitová vložka	Screen cartridge
Olejový filter		
Skriňa	11 353	1020 podľa 519-82
Prevádzková náplň	sitová vložka	Screen cartridge
Chladič doplňovanej vody		
Plášť, rúrky, rúrkovnica	08CH18N10T	321 podľa A240
Dochladzovač doplňovanej vody		
Plášť, rúrky, rúrkovnica	08CH18N10T	321 podľa A240
Chladič koncentráту technologickej pary odplyňovača		
Plášť, rúrky, rúrkovnica	08CH18N10T	321 podľa A240
Chladič oleja		
Plášť, rúrky, rúrkovnica	11 353	1020 podľa 519-82
Odplyňovač doplňovanej vody I.O.		
Plášť, veko, dno, potrubie	08CH18N10T	321 podľa A240
Odplyňovač bórovej regulácie		
Plášť, veko, dno, potrubie	08CH18N10T	321 podľa A240
Olejová nádrž		
Plášť, veko, dno, potrubie	11 416	Gr.A podľa A662
Armatúry		
Ventily, spätné klapky, škrtiace clony	08CH18N10T	321 podľa A240

6.2.2.2.1.8 Materiály systému organizovaných únikov I.O.

Tabuľka 6.2.2-12 Materiály systému organizovaných únikov I.O..

Názov súčasti	Značka materiálu podľa GOST	Značka materiálu podľa ASTM
Drenážne čerpadlo membránové s pneupohonom		
Skriňa, hriadeľ, obežne koleso	08CH18N10T	321 podľa A240
Čerpadlo nádrže organizovaných únikov s elektropohonom		
Skriňa, hriadeľ, obežne koleso	08CH18N10T	321 podľa A240
Chladič organizovaných únikov		
Plášť, rúrky, rúrkovnica	08CH18N10T	321 podľa A240
Nádrž organizovaných únikov		
Plášť, veko, dno, potrubie	17 247.4	321 podľa A240
Nádrž-hydrouzáver		
Plášť, veko, dno, potrubie	17 247.4	321 podľa A240
Armatúry		
Ventily, spätné klapky, škrtiace clony	08CH18N10T	321 podľa A240

6.2.2.2.2.2. Postupy zhotovenia a metódy inšpekcie

Po výrobe systémov, konštrukcií a komponentov (SKK) primárneho okruhu vykonal výrobca kontroly v súlade s technickými podmienkami pre dodávku, čo dokladuje protokolmi z vykonaných kontrol a osvedčením o kvalite zariadenia, ktoré sú súčasťou STD každého SKK primárneho okruhu.

Rozsah prevádzkových NDT kontrol častí primárneho okruhu je súčasťou smernice „Prevádzkové kontroly - NDT“ a podrobnejšie je popísaný v [I.12]. Táto smernica obsahuje prehľad kontrol, ktoré sú požadované na základe IPZK a výrobcom vypracovaných návodov na overovanie technického stavu zariadení. Smernica taktiež určuje miesta kontroly, metódy skúšania, rozsah a interval kontroly, predpis pre vykonanie a vyhodnotenie kontroly.

V nasledujúcich kapitolách 6.2.2.2.2.2.1 až 6.2.2.2.2.2.8 sú popísané „Postupy zhotovenia a metódy inšpekcie“ pre systémy, konštrukcie a komponenty primárneho okruhu.

6.2.2.2.2.2.1 Hlavné cirkulačné čerpadlo

HCČ GCN-317 je dovozový výrobok, ktorého detailné projektové a konštrukčné zásady boli spracované ruským projektantom reaktorového bloku VVER 440. Konštrukcia HCČ zaisťuje jeho prevádzkyschopnosť v podmienkach súčasného pôsobenia prevádzkových a seizmických zaťažení až do hodnoty projektového zemetrasenia (vrátane).

Konštrukciou HCČ je zaistená jeho pevnosť a technickými podmienkami stanovený dobeh pri prekročení pôsobenia projektového zemetrasenia až do maximálneho výpočtového zemetrasenia (vrátane), po ktorom je nutná revízia HCČ. Pri súčasnom výskyte maximálneho výpočtového zemetrasenia a maximálnej projektovej havárie je zaistená celistvosť konštrukcie HCČ s ohľadom na okolité prostredie. Konštrukčne je každé HCČ pred účinkami seizmického pôsobenia zaistené pomocou 3 ks viskózných tlmičov typu RRD 200. Pred účinkami maximálnej projektovej havárie je každé HCČ zabezpečené pomocou havarijných obmedzovačov, ktoré zabraňujú čerpadlu v neprípustnom pohybe v zvislom i vodorovnom smere pre dané zrýchlenia.

Za prevádzky čerpadla GCN-317 je nevyhnutné sa riadiť:

- technickými podmienkami čerpadla ,
- formulárom čerpadla ,
- technickým preukazom (vyberateľné časti),
- technickým preukazom telesa čerpadla ,
- inštrukciami pre montáž hlavného prírubového spoja ,
- prevádzkovými dokladmi elektromotora , a pomocného zariadenia GCN-317 (pomocné čerpadlo VCEN-315).

Uvedené podklady sú súčasťou sprievodnej dokumentácie GCN-317, ktorá bola odovzdaná prevádzkovateľovi s dodávkou HCČ.

6.2.2.2.2.2.2 Parogenerátor

Parogenerátor PGV-213 bol vyrobený podľa sovietskeho technického projektu (kontrakt č. 85-121/91400 z 31.3.1983) a pod dohľadom sovietskych poradcov a inšpektorov. V priebehu výroby v rokoch 1987 až 1990 boli uplatnené požiadavky TP VŽ 567/84 - Technické podmienky pre parogenerátor (antiseizmické prevedenie) PGV-213 , SM 567/848 - Špecifikácia materiálov pre parogenerátor PG V-213, PKK 567/84 Program kontroly kvality pre parogenerátor PG V-213. Základné požiadavky a záruky kvality sú uvedené v technických podmienkach TP VŽ 567/84, ktoré boli prílohou IPZK. Značenie základných

materiálov prebiehalo v súlade s „Inštrukciou pre značenie základného materiálu a zvarových spojov PG VVER 440“ arch. č. 4-001000-105.

Rozsah kontrol komponent pre výrobu už dodaných PG je v súlade s PKK 567/84. Rozsah kontrol pre dodávku nových komponent je v súlade s PKJ VPE 804 010/09.

V rámci dostavby 3. a 4. bloku EMO boli v dvoch etapách vypracované revízie IPZK parogenerátorov PGV-213 pre 3. blok EMO [I.45] a pre 4. blok EMO [I.46]. Tieto IPZK sú aktualizáciou Dodatku č.1 pôvodného IPZK, spracovaného v roku 1987 a schváleného rozhodnutím ČSKAE č. 122/87 zo dňa 13.11.1987.

Pôvodný Dodatok č. 1 IPZK bol vypracovaný na základe:

- Výnosu ČSKAE č. 5/79 o zaistení akosti vybraných zariadení v jadrovej energetike z hľadiska jadrovej bezpečnosti
- Výnosu ČSKAE č. 2/78 o zaistení jadrovej bezpečnosti pri navrhovaní, povoľovaní a prevádzkovaní stavieb s jadrovou energetickým zariadením
- Výnosu ČSKAE č. 6/80 o zaistení jadrovej bezpečnosti pri spúšťaní a prevádzke jadrovou energetických zariadení
- Metodického pokynu pre spracovanie IPZK, ich jednotlivých častí pre vybrané zariadenia 2. stavby jadrovej elektrárne Mochovce (GDt JE Škoda Praha -03/85).

Všetky činnosti vyplývajúce z pôvodného Dodatku č.1 IPZK sú v súlade s:

- Pravidlami pre výstavbu a bezpečnú prevádzku zariadení atómových elektrární, experimentálnych a výskumných jadrových reaktorov a souborov a ich dodatkami (Moskva 1973),
- Základnými predpisy pre zváranie a naváranie uzlov a konštrukcií JE [OP 1513-72],
- Predpismi pre kontrolu zvarových spojov a návarov uzlov a konštrukcií JE [PK 1514-72],
- Technickými podmienkami pre PG V-213 [TP VŽ 567/84],
- Špecifikáciou materiálov pre PG V-213 [SM 567/84] a jej dodatkami,
- Programom kontroly kvality pre PG V-213 [PKJ 567/84] a jeho dodatkami-

Spôsob zaistenia kvality počas výroby

Funkčné zodpovednosti za zaisťovanie kvality počas výroby boli dané organizačným poriadkom k.p. VŽSKG, ako výrobcu PG. V prípade dodávok dielov od iného výrobcu, bol za dodávateľa považovaný k.p. VŽSKG, prípadne jeho právny nástupca VÍTKOVICE, a.s. Funkčnú zodpovednosť za riadenie kvality a vnútropodnikovú kontrolnú činnosť vykonával útvar Riadenia kvality.

Spôsob zaistenia kvality bol uvedený vo výrobnej technickej dokumentácii. Popis jednotlivých kontrolných operácií, metodika kontroly a kritériá hodnotenia kvality sú obsiahnuté v [SM 567/84] a [PKJ 567/84].

Kvalita zariadenia bola dokumentovaná v pasporte, ktorý ako súčasť STD je archivovaný nielen u výrobcu, ale taktiež u prevádzkovateľa počas doby plánovanej životnosti zariadenia. Prvotná technická dokumentácia je archivovaná u výrobcu v rozsahu odsúhlasenom vtedajšími orgánmi štátneho dozoru nad bezpečnosťou práce a technických zariadení.

Výrobca zariadenia uvádzal v dokumentácii výsledky vykonania výrobných kontrol a skúšok základného materiálu, zvarových spojov a návarov, hlavne mechanické vlastnosti a chemické zloženie materiálu, miesto, veľkosť a početnosť defektov zistených kontrolou a spôsob ich opravy. Defekty na

hranici prípustnosti podľa technických podmienok sú dokladované v dokumentácii iba u tých uzlov zariadenia, ktoré podliehajú prevádzkovým kontrolám. Ostatné výsledky kontrol sú uvedené v pasporte.

Pre defekty prípustnej veľkosti, ktoré boli na jednotlivých parogenerátoroch ponechané (registrované vady), sú vypracované mapy defektov, ktoré sú prílohou pasportu príslušného PG.

6.2.2.2.2.3 HCP

Pôvodné technické podmienky na HCP500, podľa ktorých je dodaná väčšina montážnych zostáv pre 3. a 4. blok EMO, boli vypracované v súlade s vtedy platnou dokumentáciou „Pravidlá pre konštrukciu a bezpečnú prevádzku zariadení atómových elektrární, skúšobných a výskumných jadrových reaktorov a zariadení“ [II.22], „Pravidlami OP 1513 – 72“ [II.24], „Pravidlami PK 1514 – 72“ [II.26], „Normami výpočtov na pevnosť častí reaktorov, parogenerátorov, tlakových nádob a potrubí jadrových elektrární, skúšobných a výskumných jadrových reaktorov a zariadení“ [II.23].

Jednotlivé časti HCP sú dodané z oceli 08Ch18N12 T podľa GOST 5632 – 72 so spresneným chemickým zložením vzorky tavby v percentách podľa slovenských predpisov BNS II.3.3/2007 (Hutnícke výrobky pre jadrové zariadenie – vydal Úrad jadrového dozoru SR)

Hodnoty mechanických vlastností sa stanovujú z tangenciálnych a pozdĺžnych vzoriek materiálu:

pri teplote 293 K (20°C)	Medza pevnosti	R_m	MPa	
	Medza klzu	$R_p^{0,2}$	MPa	
	Ťažnosť	A_5	%	
	Zúženie	Z	%	
	Vrubová húževnatosť	K_{CU2}	J/cm ²	

Pri teplote 598 K (325°C)	Medza pevnosti	R_m	MPa	
	Medza klzu	$R_p^{0,2}$	MPa	
	Ťažnosť	A_5	%	
	Zúženie	Z	%	

Pri výrobe materiálu nemôžu byť v kove stiahnutia, plynové bubliny, rozvrstvenie, trhliny a hrubé troskové alebo iné nekovové primiešaviny.

Spôsob výroby bol kontrolovaný príslušnými orgánmi Oddelenia riadenia kvality (ORK) výrobcu a prípadné odchýlky od dielenských technologických postupov sú zaznamenané u výrobcu. Zástupcovia TK odberateľa a predstavitelia odberateľa mali právo zúčastniť sa náhodne každej kontroly prevádzanej v priebehu výroby a skúšania orgánmi ORK výrobcu.

V priebehu celej výroby boli jednotlivé výrobky sledované a značené tak, aby nedošlo k zámene materiálu – výrobku a jeho orientácii vzhľadom k „A“ a „Z“ konci ingotu. Kontrolu vykonáva výrobca.

Priebeh kovania vrátane ohrevov je výrobcom priebežne kontrolovaný a zaznamenávaný. Dielenské technologické postupy a záznamy o kontrole sú archivované u výrobcu.

Priebeh tepelného spracovania po kovaní je kontrolovaný a zaznamenávaný. Záznamy o kontrole sú archivované u výrobcu.

Kontrola tepelného spracovania na kvalitu sa vykonáva vyhodnotením registračného záznamu pece, ktorý je archivovaný u výrobcu. Režim sa dokumentuje diagramom tepelného spracovania, ktorý ďalej obsahuje údaje o spôsobe vsádzky v peci, druhu pece a spôsobe merania teploty.

Pre skúšky mechanických hodnôt pre všetky skúšané výkovky sa odoberie po konečnom tepelnom spracovaní na kvalitu skúšobný materiál a to z konca odpovedajúceho vrchnej časti ingotu. („A“ koniec).

Kontrola chemického zloženia sa robí pri každej tavbe zo vzoriek, odobraných dle ČSN 42 1210 a 42 1211 (odpovedá GOST 7565 – 73). Pri rozbere sa určujú tieto prvky: C, Mn, Si, Cr, P, S, Ni, Ti, Cu, Co, Mo, Nb, Al, Sn, As, N.

Spôsob výroby HCP bol kontrolovaný príslušnými útvarmi riadenia kvality výrobcu a boli vykonané nasledovné výrobné kontroly:

- Identifikácia materiálu
- Kontrola kovania
- Kontrola tepelného spracovania
- Odber skúšobných vzoriek
- Kontrola chemického zloženia
- Skúšky ťahom pri 20°C a 325°C
- Skúška vrubovej húževnatosti
- Skúška lámavosti
- Kontrola obsahu feritu
- Kontrola náchylnosti ocele na medzikryštalickú koróziu
- Kontrola mikročistoty
- Kontrola veľkosti zrna
- Kontrola ultrazvukom
- Kapilárna kontrola
- Kontrola rozmerov
- Kontrola akosti povrchov
- Vizuálna kontrola

Každý výrobok je doložený preberacím protokolom a dokumentáciou o výsledkoch všetkých skúšok stanovených v technických podmienkach.

Primárne potrubie, zložené z priamych rúr, hladkých ohybov, kolien a odbočníc (T-kusov), je vyrobené z kovaných, bezšvových rúr na obidvoch stranách obrábaných. Potrubie teda ani v priamych úsekoch, ani v kolenách neobsahuje pozdĺžne zvary.

A. Výroba bezšvových rúr pre priame úseky, pre lisované kolená a hladké ohyby

Pre výrobu priamych úsekov HCP platia „**Technické podmienky na bezšvové rúry z austenitickej ocele**“ [I.18]. Tieto technické podmienky (TPE) sa vzťahujú na dodávky bezšvových rúr z ocele typu 08CH18N10T, určených pre výrobu potrubí a ďalších komponent **aktívnych systémov jadrových elektrární**. Trubky sú dodávané valcované za studena alebo lisované za tepla. Rúry lisované za tepla musia byť dodávané s vonkajším a vnútorným povrchom opracovaných na konečný rozmer.

Chemické zloženie hotových rúr sa zaručuje na základe hutného inšpekčného certifikátu výrobcu vsádzkového materiálu. Obsah stopových prvkov a odchýlky chemického zloženia musí odpovedať norme GOST 5632 – 72 (Mo max. 0,3%, V max. 0,2%).

Rúry vyrábané kovaním na tŕni ako duté valcové telesá, pričom technológia kovania, teplotné režimy pri dokovávaní a režimy tepelného spracovania volené tak, aby bolo dosiahnuté čo najvyšších mechanických hodnôt pri pracovnej teplote. Konečný rozmer výkovku je 630/430, nasleduje tepelné spracovanie a obrobenie vonkajšieho a vnútorného povrchu na rozmery 595x470. V tomto stave sa vykonávajú UZ skúšky a po ich úspešnom vyhodnotení urobené konečné opracovanie na konečný rozmer.

Týmto rozmerom je pre:

- priame úseky $\varnothing$ 566 x 35
- rúry na ohyby $\varnothing$ 570 x 37
- rúry na kolená $\varnothing$ 586 x 45
- rúry na tvarovky $\varnothing$ 590 x 47

pričom je zachovaná zásada jednotného vnútorného priemeru $D_i = 496$ mm.

B. Výroba kolien

Pre výrobu kolien HCP platia „**Technické podmienky pre kolená nerezové pre potrubné systémy jadrových elektrární VVER**“ [I.17]. Tieto technické požiadavky platia pre objednávanie, výrobu, skúšanie, dokumentáciu a dodávku bezšvových kolien ako polotovarov pre aktívne potrubné systémy jadrových elektrární typu VVER z austenitických chromniklových ocelí. Kolená podľa týchto TPE sú vyrábané z bezšvových rúr z ocele 08CH18N10T podľa [I.18] (TP- JE- 02/89 – aktualizácia 2009). Výrobnú technológiu volí výrobca kolien tak, aby boli splnené kvalitatívne požiadavky podľa týchto TPE.

Valcové rúry pod lisom sploštené do elipsy, urobené skosenie koncov, napechovanie pieskom, viečkovanie, predpnutie za tepla na $R=1300$, ohnutie v zápustke za tepla na $R=620$ a nasleduje kalibrácia za tepla na presné rozmery. Brúsenie obidvoch povrchov, UZ skúška hrúbky stien, kapilárna skúška na trhlínky pozdĺž najdlhšej povrchy.

Podrobne sú technické podmienky výroby kolien HCP popísané v [I.17].

C. Výroba hladkých ohybov

Pre výrobu hladkých ohybov HCP platia „**Technické podmienky pre ohyby nerezové pre potrubné systémy jadrových elektrární VVER**“ [I.16]. Tieto technické podmienky platia pre objednávanie, výrobu, skúšanie, dokumentáciu a dodávku hladkých ohybov pre potrubné systémy z austenitických chromniklových ocelí jadrových elektrární typu VVER, ktoré prichádzajú do kontaktu s aktívnymi médiami. Hladké ohyby podľa týchto TPE sú vyrábané z bezšvových rúr z ocele 08CH18N10T s kontrolovaným obsahom kobaltu podľa [I.18] (TP-JE-02/89 - aktualizácia 2009).

Hladké ohyby sa vyrábajú ohýbaním za tepla (1050°C) na elektrickom indukčnom ohýbacom stroji a to vonkajším ohrevom a súčasným vnútorným predohrevom, po ohnutí voľné chladnutie na vzduchu. Po ohnutí sa ohyby tepelne nespracovávajú. Nasleduje skúška ultrazvukom na hrúbku steny a na prítomnosť trhlínok na vnútornom povrchu. Konečná operácia je potom kapilárna skúška vonkajšieho povrchu na trhlínky pozdĺž najdlhšej povrchy. U každého ohybu je sledovaná oválnosť a minimálna a maximálna hrúbka steny. Konce ohybov môžu byť rovno zarezané alebo s úkosom pre zvar.

Podrobne sú technické podmienky výroby hladkých ohybov popísané v [I.16].

D. Výroba odbočníc

Odbočnice DN 225 (prepojenie s KO) a DN 250 (prepojenie s HSCHZ) sa vyrábajú ako zvárané, s hrdlami zapustenými do hrúbky steny základného telesa v eliptickom, napäťovo vyrovnanom prevedení. Teleso je vyrobené zo zosilnených rúr (hrúbka steny asi 47 mm). Odbočnice DN 80 až 225 s hrdlami

kruhovými, zapustenými do hrúbky steny. Hrdlá DN < 80 sú prikladané k vonkajšiemu povrchu, privarené kútovým zvarom.

E. Uloženie hlavného cirkulačného potrubia

Horúca vetva každej slučky uložená pomocou HUA, chladná slučka na zvláštnom uložení medzi HCC a PG. Uloženie v oboch prípadoch urobené ako valivé (na guliach) a pružné (na tanierových pružinách). V projekte je pre každé uloženie stanovené predpätie za studena (po montáži) a za tepla (za prevádzky).

Výroba východzej ocele, výkovku pre rúry, výroba rúr a kolien, výroba ohybov a zvarencov, ako i montáž prebieha podľa technických podmienok, ktoré obsahujú kritériá, určujúce medznú kvalitu a medznú veľkosť prípustných defektov. Tieto prípustné defekty a kritériá sú pre jednotlivé komponenty presne definované.

1. **Základným kritériom** pre výrobu oceli je jej chemické zloženie a obsah fáze : meria sa na konečnom výrobku (nie v tavebnej vzorke) a musí byť nenulový, nie však väčší než 8%. Obsah síry max 0,02, fosforu 0,035, medi 0,3, kobaltu max. 0,05.
2. **Rúry pre priame úseky**, pre ohyby a pre výrobu lisovaných kolien sa skúšajú ultrazvukom na vnútorné vady sondami z vonkajšieho povrchu automatizovaným spôsobom.
3. **Lisované kolená** sa po ohnutí kontrolujú UZ na hrúbku steny a kapilárnou skúškou na trhliny z vonkajšieho povrchu. Indikácia defektu typu trhlina je neprípustná.
4. **Hladké ohyby** sa po ohnutí kontrolujú kapilárnou metódou na trhlinky v príslušnom pásme okolo najdlhšej povrchu a ultrazvukom z vonkajšieho povrchu na trhlinky na vnútornom povrchu.
5. **Zvarové spoje** hlavného cirkulačného potrubia boli vyhodnocované podľa PK 1514-72, kategória zvarov I, pre hrúbku 30-34,5mm.
6. **Pre predprevádzkové a prevádzkové prehliadky** boli vybrané miesta s maximálnym namáhaním, v ktorých je predpísaná kontrola ultrazvukom a skúška kapilárna po určitom počte hodín. Pre všetky UZ skúšky boli dodané etalóny pre nastavovanie citlivosti a pre úroveň, počínajúc ktorou musí byť výrobca o ich výskyte informovaný. Etalóny sú dodané pre vady v základnom materiáli i v zvarových spojoch. Podrobnejšie sú nedeštruktívne kontroly hlavného cirkulačného potrubia popísané v [I.12].

6.2.2.2.2.4 HUA

Vo výrobnom závode sa každá zmontovaná HUA podrobuje nasledovným výrobným a preberacím skúškam na skúšobnej stolici:

- Hydraulická skúška pevnosti a nepriepustnosť materiálu telesa - demivodou pri tlaku 21 MPa po dobu 10 min., potom zníženie tlaku asi na 16,8 MPa, kontrola celého povrchu.
- Skúška prevádzkovej spôsobilosti – pri tlaku 12,26MPa
- Skúška tesnosti - demivodou pri tlaku 19,12 MPa po dobu 5 min., prienik sedlom nesmie byť väčší než 1g/10 min.
- Skúška na zadieranie a funkciu – čiastočným otváraním a následným úplným zatváraním, naplnené vodou 1,96 MPa.
- Na tesnosť v upchávke, vodou 19,12 MPa po dobu 10 min., prienik upchávkou nesmie byť väčší než 8g/10 min.

Spoľahlivostné kritériá tejto armatúry možno z hľadiska požiadaviek na jej funkciu posudzovať v týchto parametroch :

Spoľahlivosť celistvosti, t.j. pevnosti a tesnosti telesa a základných pevnostných konštrukčných prvkov. Vypočítané namáhanie jednotlivých dielov sú značne hlboko pod dovolenými namáhania jednotlivých kategórií, takže je vysoká záruka, že i v prípade iniciácie eventuálnych vnútorných defektov nedôjde k ich šíreniu.

Spoľahlivosť vonkajšej tesnosti, t.j. tesnosť v upchávke a v samotesnení je riešená jednak delenou upchávkou s odsávaním (do systému 0,7 - 0,9), jednak špeciálnym grafitovým tesnením od fy Burgmann. Po urobených úpravách upchávkových priestorov (na základe skúšky z JE Dukovany) je možno spoľahlivosť tohto uzla považovať za plne vyhovujúci pokiaľ budú dodržané montážne pokyny uvedené v Návodoch na prevádzku.

Spoľahlivosť vnútornej tesnosti v sedle, t.j. tesnosť uzáveru pri jednostrannom tlaku. Je skúšaná v závode pri záverečných skúškach vo výrobnom závode (vodou tlakom 19,12MPa po dobu 10 minút), takže v čase dodania je tesnosť zaručená.

Spoľahlivosť pohybová, t.j. spoľahlivé zatvorenie a otvorenie, je daná hlavne povrchovou úpravou vretena a kvalitou upchávkových krúžkov.

6.2.2.2.2.5 Kompenzátor objemu

Kompenzátor objemu V-213 bol vyrobený podľa sovietskeho technického projektu č. 0125 a pod dohľadom sovietskych expertov a inšpektorov. V priebehu výroby v rokoch 1987 až 1990 boli uplatnené požiadavky TP VŽ 336/75-04 Technické podmienky na dodávku KO JE VVER-440, SM 336/75-04 Špecifikácia materiálov pre kompenzátor objemu V-213, PKK 336/75-04 Program kontroly kvality pre kompenzátor objemu V-213. Základné požiadavky a záruky akosti sú uvedené v technických podmienkach TP VŽ 336/75-04, ktoré boli prílohou IPZK. Značenie základných materiálov je uvedené v operácii, značenie zvarových spojov KO a v Inštrukcii pre značenie základného materiálu a zvarových spojov KO VVER 440.

Výroba a rozsah skúšok novo dodávaných komponent prebiehal v súlade so „**Špecifikáciou materiálov pre výrobu novo dodávaných častí**“ [I.47] (SM VPE 804 010/09), „**Technickými podmienkami KO V-213 pre výrobu novo dodávaných komponent**“ [I.37] a „**Programom kontroly kvality pre výrobu novo dodávaných komponent KO**“ [I.41] (PKJ VPE 804 014/10).

Spôsob zaistenia kvality počas výroby

Funkčné zodpovednosti za zaisťovanie kvality počas výroby boli určené organizačným poriadkom k.p. VŽSKG, ako výrobcu KO. V prípade dodávok dielov od iného výrobcu, bol za dodávateľa považovaný k.p. VŽSKG, prípadne jeho právny nástupca VÍTKOVICE, a.s. Funkčnú zodpovednosť za riadenie kvality a vnútropodnikovú kontrolnú činnosť vykonával útvar Riadenia kvality.

Spôsob zaistenia kvality bol premietnutý vo výrobnej technickej dokumentácii. Popis jednotlivých kontrolných operácií, metodika kontroly a kritériá hodnotenia kvality sú obsiahnuté v **SM 336/75-04** špecifikácia materiálov pre kompenzátor objemu V-213 [I.59] a **PKK 336/75-04** Program kontroly kvality pre kompenzátor objemu V-213 [I.60].

Kvalita zariadenia bola zdokumentovaná v pasporte, ktorý ako súčasť STD je archivovaný nielen u výrobcu, ale taktiež u prevádzkovateľa počas doby plánovanej životnosti zariadenia.

Výrobca zariadenia uviedol v dokumentácii výsledky urobených výrobných kontrol a skúšok základného materiálu, zvarových spojov a návarov, hlavne mechanické vlastnosti a chemické zloženie

materiálu, miesto, veľkosť a počet defektov zistených kontrolou a spôsob ich opravy. Defekty na hranici prípustnosti podľa technických podmienok sú dokladované v dokumentácii, iba pri tých uzloch zariadenia, ktoré podliehajú prevádzkovým kontrolám. Ostatné výsledky urobených kontrol sú v pasporte.

Pre defekty prípustnej veľkosti, ktoré boli na jednotlivých kompenzátoroch objemu ponechané (registrované vady), sú vypracované mapy defektov, ktoré sú prílohou pasportu príslušného KO.

V rámci dostavby 3. a 4. bloku EMO boli vypracované revízie **IPZK** kompenzátora objemu V-213 3. bloku a 4. bloku jadrovej elektrárne Mochovce [I.40]. Pôvodný IPZK, položka B2 arch.č. 4-001000-114/a bol vypracovaný v roku 1985 a schválený rozhodnutím ČSKAE č.99/88 zo dňa 19.5.1988.

Pôvodný IPZK bol vypracovaný na základe:

- Výnosu ČSKAE č. 5/79 o zaistení akosti vybraných zariadení v jadrovej energetike z hľadiska jadrovej bezpečnosti
- Výnosu ČSKAE č. 2/78 o zaistení jadrovej bezpečnosti pri navrhovaní, povoľovaní a prevádzkovaní stavieb s jadrovou energetickým zariadením
- Výnosu ČSKAE č. 6/80 o zaistení jadrovej bezpečnosti pri spúšťaní a prevádzke jadrovou energetických zariadení
- Metodického pokynu pre spracovanie IPZK

Všetky činnosti vyplývajúce z pôvodného Dodatku č.1 IPZK sú v súlade s:

- Pravidlami pre výstavbu a bezpečnú prevádzku zariadení atómových elektrární, experimentálnych a výskumných jadrových reaktorov a súborov a ich dodatkami (Moskva 1973),
- Základnými predpisy pre zváranie a naváranie uzlov a konštrukcií JE [OP 1513-72],
- Predpismi pre kontrolu zvarových spojov a návarov uzlov a konštrukcií JE [PK 1514-72],
- Technickými podmienkami pre dodávku KO JE VVER-440 [TP VŽ 336/75-04],
- Špecifikáciou materiálov pre kompenzátor objemu V-213 [SM 336/75-04] a jej dodatkami,
- Programom kontroly kvality pre kompenzátor objemu V-213 [PKJ 336/75-04] a jeho dodatkami,

Kompenzátor objemu je spôsobilý k prevádzke na jadrovej elektrárni v súlade s požiadavkami „Inštrukcie pre prevádzku kompenzátora objemu VVER-440“.

6.2.2.2.2.6 Systém systému kontinuálneho čistenia vody I.O.

Regeneračný výmenník s dochlazovačom

Predprevádzkové kontroly

- kontrola zvarových spojov vizuálnou prehliadkou (všetkých zvarov vrátane kútových)
- kontrola zvarových spojov farebnou defektoskopiou
- meranie hrúbky steny na miestach vyznačených na výkrese (špeciálne plôšky pre UZ sondy)
- pretlaková skúška vodným pretlakom a to 1,2 násobkom pracovného tlaku úseku potrubnej vetvy, v ktorej je aparát zaradený

Tieto kontrolné operácie môžu byť urobené v ktorejkoľvek etape výroby alebo montáže.

Katexový filter, anexový filter, zmesný filter**Predprevádzkové kontroly**

- kontrola zvarových spojov a oblasti základného materiálu priliehajúceho k zvarovému spoju vizuálnou prehliadkou - robí sa vo vzdialenosti 20 mm od hranice zvaru na každú stranu, na zvaroch vovarených hrdiel do nádoby a na zvaroch privarenia zdvíhacích čapov a operných krúžkov
- kontrola zvarových spojov farebnou defektoskopiou
- meranie hrúbky steny na miestach vyznačených na výkrese (špeciálne plôšky pre UZ sondy)
- pretlaková skúška vodným pretlakom a to 1,2 násobkom pracovného tlaku úseku potrubnej vetvy, v ktorej je aparát zaradený
- kontrola spojovacieho materiálu - skrutky - celého povrchu metódou farebnej defektoskopie
 - predĺženie v dotiahnutom stave ($0,24 \pm 0,02$ mm)
 - matice - vizuálna prehliadka

Tieto kontrolné operácie môžu byť urobené v ktorejkoľvek etape výroby alebo montáže.

Lapač ionexových častí**Predprevádzkové kontroly**

- kontrola zvarových spojov vizuálnou prehliadkou (všetkých zvarov vrátane kútových podperných pätičiek)
- kontrola zvarových spojov farebnou defektoskopiou – zvary plášťa s kužeľovými dnami
- meranie hrúbky steny na miestach vyznačených na výkrese (špeciálne plôšky pre UZ sondy), meranie sa robí:
- pretlaková skúška vodným pretlakom a to 1,2 násobkom pracovného tlaku úseku potrubnej vetvy, v ktorej je aparát zaradený

Tieto kontrolné operácie môžu byť urobené v ktorejkoľvek etape výroby alebo montáže.

Potrubie

Všetky aparáty sú prepojené potrubím, na ktorých sú umiestnené vlnovcové jadrové armatúry. Systém pracuje automaticky. Pri seizmickom ohrození sa automaticky vyradujú z činnosti filtre a lapače ionexových častí. V prevádzke zostávajú regeneračné výmenníky s obtokmi, ktoré sú na seizmicitu počítané.

Predprevádzkové kontroly

- vizuálna kontrola vonkajšieho povrchu
- vizuálna kontrola zvarových spojov
- kontrola zvarových spojov prislúchajúcich oblúku, na ktorom sa robí meranie hrúbok farebnou defektoskopiou
- tlaková skúška vodných pretlakom
- kontrola urobenia náterov a čistoty vonkajších povrchov

Kontroly pri prevádzke

Kontroly pri prevádzke sa pre všetky časti systému čistenia chladiva I.O. (Katexový filter, anexový filter, zmesný filter, lapač ionexových častí a potrubie) robia v rozsahu predprevádzkových najneskôr do 3 rokov prevádzky JE. Ďalšie kontroly sa robia periodicky každé 3 roky prevádzky aparátu. Ak sa zistia pri prevádzkových kontrolách vady, musí byť ich prípustnosť posúdená individuálne s ohľadom na rozmer a charakter vady a jej posúdenie. Všetky predpísané kontroly sa urobia na prístupných miestach, t.j. v takých miestach, kde kontrolnému úkonu nebránia vonkajšie neodstrániteľné prekážky.

6.2.2.2.2.7 Systém drenáže a odvzdušnenia I.O.**Potrubie****Predprevádzkové kontroly**

- vizuálna kontrola vonkajšieho povrchu
- vizuálna kontrola zvarových spojov a oblasti základného materiálu priľahlého k zvarovému spoju u obidvoch zvarových spojov každého oblúka
- kontrola zvarových spojov prislúchajúcich oblúku, na ktorom sa robí meranie hrúbok farebnou defektoskopiou a to vždy na jednom zvare oblúka; pri zistení vád musí byť kontrola rozšírená na 100%
- tlaková skúška vodným pretlakom
- kontrola hrúbky steny na 10% oblúkov a ohybov každej vetvy, minimálne však u dvoch kusov
- kontrola urobenia náterov a čistoty vonkajších povrchov

Kontroly pri prevádzke

Kontroly pri prevádzke sa robia v rozsahu predprevádzkových kontrol najneskôr do 3 rokov prevádzky JE. Ďalšie kontroly sa robia periodicky každé 3 roky prevádzky aparátu. Meranie korózných úbytkov sa robí na miestach predprevádzkového merania hrúbky steny zariadenia. Ak sa zistia pri prevádzkových kontrolách vady, musí byť ich prípustnosť posúdená individuálne s ohľadom na rozmer a charakter vady a jej posúdenie. Všetky predpísané kontroly sa urobia na prístupných miestach, t.j. v takých miestach, kde kontrolnému úkonu nebránia vonkajšie neodstrániteľné prekážky.

6.2.2.2.2.8 Systém organizovaných únikov I.O.**Nádrž organizovaných únikov****Predprevádzkové kontroly**

- vizuálna prehliadka vonkajšieho povrchu
- vizuálna kontrola zvarových spojov
- kontrola zvarových spojov hrdiel a prielezu farebnou defektoskopiou
- hydrostatická skúška
- kontrola čistoty vonkajšieho povrchu

Hydrouzáver**Predprevádzkové kontroly**

- vizuálna prehliadka vonkajšieho povrchu
- vizuálna kontrola zvarových spojov
- kontrola zvarových spojov vovarených hrdiel do hydrouzáveru farebnou defektoskopiou
- kontrola tupého obvodového zvaru dna s plášťom farebnou defektoskopiou
- kontrola hrúbky steny
- hydrostatická skúška
- kontrola čistoty vonkajšieho

Súčasťou predprevádzkových kontrol je i kontrola prístupnosti ku kontrolovaným miestam

Chladič organizovaných únikov**Predprevádzkové kontroly**

- vizuálna prehliadka vonkajšieho povrchu
- vizuálna kontrola zvarových spojov
- kontrola zvarových spojov farebnou defektoskopiou

- kontrola hrúbky steny chladiča
- kontrola čistoty vonkajšieho povrchu

Súčasťou predprevádzkových kontrol je i kontrola prístupnosti ku kontrolovaným miestam

Potrubie

Predprevádzkové kontroly

- vizuálna kontrola vonkajšieho povrchu
- vizuálna kontrola zvarových spojov a oblasti základného materiálu priliehajúceho ku zvarovému spoju u oboch zvarových spojov každého oblúka
- kontrola zvarových spojov prislúchajúcich oblúku, na ktorom sa robí meranie hrúbok farebnou defektoskopiou a to vždy na jednom zvare oblúka; pri zistení väd musí byť kontrola rozšírená na 100%
- tlaková skúška vodným pretlakom
- kontrola hrúbky steny na 10% oblúkov a ohybov každej vetvy, minimálne však dvoch kusov
- kontrola urobenia náterov a čistoty vonkajších povrchov

Kontroly pri prevádzke

Kontroly pri prevádzke sa robia v rozsahu predprevádzkových kontrol najneskôr do 3 rokov prevádzky JE. Ďalšie kontroly sa robia periodicky každé 3 roky prevádzky aparátu. Meranie korózných úbytkov sa robí na miestach predprevádzkového merania hrúbky steny zariadenia. Ak sa zistia pri prevádzkových kontrolách vady, musí byť ich prípustnosť posúdená individuálne s ohľadom na rozmer a charakter vady a jej posúdenie. Všetky predpísané kontroly sa urobia na prístupných miestach, t.j. v takých miestach, kde kontrolnému úkonu nebránia vonkajšie neodstrániteľné prekážky.

6.2.2.3 Záver

Podľa vyhlášky ÚJD SR č.430/2011, príloha č.3, Časť II, odsek A. Primárny okruh, tlaková nádoba a aktívna zóna jadrového reaktora, bod (1) sa musia primárny okruh a jeho pomocné systémy projektovať tak, aby:

- a) počas stavu normálnej prevádzky, pri abnormálnej prevádzke a pri projektových haváriách bola s dostatočnou rezervou zabezpečená požadovaná pevnosť, životnosť a funkčná spoľahlivosť ich častí a zariadení
- b) nedochádzalo k neprípustným únikom chladiva
- c) materiály použité na ich výrobu sa vyberali tak, aby sa čo najmenej aktivovali počas normálnej prevádzky
- d) boli dostatočne odolné proti vzniku a rozvoju porúch

Zariadenia primárneho okruhu vyhovujú podmienkam uvedeným v **bode a)**. Primárny okruh je projektovaný tak, vrátane všetkých zmien vyplývajúcich z revízie a dopracovania úvodného projektu [I.2], že je zaistený vysoký stupeň jeho integrity počas prevádzky. Konštrukcia zariadení I.O. zaručuje ich prevádzkyschopnosť a pevnosť v podmienkach súčasného pôsobenia prevádzkového a seizmického zaťaženia. Neprípustné zmeny pracovných parametrov primárneho okruhu sú eliminované systémom kompenzácie objemu, systémom ochrany reaktora, systémom poistovacích ventilov kompenzátoru objemu a na primárny okruh nadväzujúcimi bezpečnostnými systémami. Úniky chladiva primárneho okruhu (**bod b)** sú monitorované **Systémom detekcie únikov** (popísaný v **Kap.6.2.2.1.3.3**). Zariadenia primárneho okruhu sú vyrobené z materiálov (**bod c)**, pre ktoré je garantovaná požadovaná radiačná odolnosť a pevnosť počas celej doby prevádzky jadrového bloku. Materiály použité na výrobu častí primárneho okruhu sú popísané v **Kap.6.2.2.2.1**. Analýzami bezpečnosti uvedenými v [I.11] je preukázané, že pri žiadnej nehode postulovanej v projekte nemôže dôjsť k ťažkej havárii. Bezpečnostné systémy odvodu tepla - HSCHZ, systém SHN a PS-A sú riešené s rešpektovaním princípu jednoduchšej poruchy, so seizmickou odolnosťou, so zaisteným elektrickým napájaním z troch systémov zaisteného napájania.

Sprievodná technická dokumentácia každého systému, konštrukcie a komponentu primárneho okruhu obsahuje kontrolný pevnostný výpočet, urobený podľa požiadaviek platných predpisov a normatívnych dokumentoch. V pevnostných výpočtoch je dokladované, že počas normálnej prevádzky, pri abnormálnej prevádzke a pri v projekte uvažovaných haváriách bude s dostatočnou rezervou zabezpečená požadovaná pevnosť, životnosť a funkčná spoľahlivosť častí a zariadení primárneho okruhu a bude **zachovaná ich integrita, aby nedochádzalo k neprípustným únikom chladiva**.

V tejto kapitole je uvedené a preukázané, že projekt primárneho okruhu MO34 vrátane všetkých zmien vyplývajúcich z **Revízie a dopracovania úvodného projektu [I.2]** zohľadňuje požiadavky na jeho funkčnosť, požiadavky priemyselných štandardov a noriem a požiadavky dozorného orgánu. V kapitole sú uvedené dôkazy, preukazujúce správnosť projektových vlastností a správania sa primárneho okruhu a k nemu pripojených systémov, ktoré slúžia na zaistenie splnenia bezpečnostných požiadaviek projektu a zachovanie **integrity primárneho okruhu**.

LITERATÚRA**I Zdrojové dokumenty, ktoré sú vlastníctvom SE, a.s.**

- [I.1] Úvodný projekt (ÚP) pre JE Mochovce, 3. stavba, EGP Praha, 1985
- [I.2] Revízia a dopracovanie úvodného projektu (ÚP) pre MO34, EGP Praha, 21.1.2008
- [I.3] PpBS MO34 Kapitola 2.1 Použité predpisy, normy a štandardy
- [I.4] PpBS MO34 Kapitola 6.1 Reaktor
- [I.5] PpBS MO34 Kapitola 6.2 Primárny okruh a jeho pomocné systémy
- [I.6] PpBS MO34 Kapitola 6.2.1 Popis primárneho okruhu
- [I.7] PpBS MO34 Kapitola 6.2.3 Tlaková nádoba reaktora
- [I.8] PpBS MO34 Kapitola 6.2.4 Návrh komponentov primárneho okruhu
- [I.9] PpBS MO34 Kapitola 6.4.1 Systém havarijného chladenia AZ
- [I.10] PpBS MO34 Kapitola 6.5.4.1 Prevádzková diagnostika I.O.
- [I.11] PpBS MO34 Kapitola 7 Analýzy bezpečnosti
- [I.12] PpBS MO34 Kapitola 9.4 Pravidelná údržba, kontroly a skúšky
- [I.13] PpBS MO34 Kapitola 10 Limity a podmienky bezpečnej prevádzky
- [I.14] Projektové režimy reaktorových bloku VVER 440/213, Aplikace pro dostavbu MO34, ŠKODA JS, a.s., 2010
- [I.15] Technické podmienky - Výroba hlavného cirkulačného potrubí DN500, ŠKODA JS a.s., Modřanská potrubní a.s. , 2010
- [I.16] Technické podmienky pre ohyby nerezové pre potrubné systémy jadrových elektrární VVER, ŠKODA JS a.s., Modřanská potrubní a.s. , 2009
- [I.17] Technické podmienky pre kolena nerezové pre potrubné systémy jadrových elektrární VVER, ŠKODA JS a.s., Modřanská potrubní a.s. , 2010
- [I.18] Technické podmienky pre bezšvové rúry z austenitickej ocele 08Ch18N10T, ŠKODA JS a.s., Modřanská potrubní a.s. , 2009
- [I.19] Vykonávací projekt MO34, Průkazy pevnosti, seismické odolnosti a životnosti systému, ŠKODA JS a.s., Modřanská potrubní a.s. , 2010
- [I.20] Vykonávací projekt MO34, Průkazy pevnosti, seismické odolnosti a životnosti systému, ŠKODA JS a.s., Modřanská potrubní a.s. , 2010
- [I.21] Vykonávací projekt MO34, Průkazy pevnosti, seismické odolnosti a životnosti systému, ŠKODA JS a.s., Modřany Power, a.s. , 2010
- [I.22] Vykonávací projekt, Průkazy pevnosti, seismické odolnosti a životnosti systému, ŠKODA JS, a.s., Modřany Power, a.s., 2011

- [I.23] Vykonávací projekt MO34, Průkazy pevnosti, seismické odolnosti a životnosti, ŠKODA JS a.s., Modřany Power, a.s. , 2011
- [I.24] Vykonávací projekt MO34, Průkazy pevnosti, seismické odolnosti a životnosti, ŠKODA JS a.s., Modřany Power, a.s. , 2011
- [I.25] Vykonávací projekt MO34, Průkazy pevnosti, seismické odolnosti a životnosti, ŠKODA JS a.s., Modřany Power, a.s. , 2011
- [I.26] Vykonávací projekt MO34, Průkazy pevnosti, seismické odolnosti a životnosti, ŠKODA JS a.s., Modřany Power, a.s. , 2011
- [I.27] Vykonávací projekt MO34, Průkazy pevnosti, seismické odolnosti a životnosti, ŠKODA JS a.s., Modřany Power, a.s. , 2011
- [I.28] Vykonávací projekt MO34, Systém havarijného chladenia AZ, Pevnostné výpočty potrubných vetví, ENSECO a.s., Královopolská RIA, a.s./KP SAG s.r.o., 2011
- [I.29] Vykonávací projekt MO34, Kontrolný výpočet na statickú pevnosť, životnosť a seizmickú odolnosť, Výpočtový potrubný systém 3025/EM3, ENSECO a.s., Královopolská RIA, a.s./KP SAG s.r.o., 2011
- [I.30] Vykonávací projekt MO34, Kontrolný výpočet na statickú pevnosť, životnosť a seizmickú odolnosť, Výpočtový potrubný systém 3029/EM3, ENSECO a.s., Královopolská RIA, a.s./KP SAG s.r.o., 2011
- [I.31] Technické podmienky šoupátka HUA DN500
- [I.32] Návrhová špecifikácia pro šoupátka HUA DN500, Šoupátko HUA DN 500, Škoda JS a.s., Modřanská potrubní, a.s., UAM Brno s.r.o.,2010
- [I.33] Návrhový výpočet HUA DN500
- [I.34] Kontrolní výpočet šoupátka HUA DN500, Škoda JS a.s., Modřanská potrubní, a.s., UAM Brno s.r.o.,2011.
- [I.35] Průkaz pevnosti, životnosti a seizmickej odolnosti HUA DN500
- [I.36] (TPE VŽ 336/75-04-2010) Technické podmienky na dodávku kompenzátora objemu V-213, ŠKODA JS, a.s., Modřanská potrubní, a.s., Vítkovice Power Engineering, a.s., 2010
- [I.37] Technické podmienky kompenzátora objemu V-213 pre výrobu novo dodávaných komponent, ŠKODA JS, a.s., Modřanská potrubní, a.s., Vítkovice Power Engineering, a.s., 2010
- [I.38] Návrhová špecifikace pro návrhový a kontrolní výpočet KO VVER 440MW pro dostavbu JE Mochovec 3. a 4. blok
- [I.39] Průkaz pevnosti, životnosti a seismické odolnosti kompenzátorů objemu VVER 440 určených pro dostavbu EMO 3. a 4. Blok - Závěrečná správa, ŠKODA JS, a.s., 2011
- [I.40] Revízia IPZK Kompenzátor objemu V-213, ŠKODA JS, a.s., Modřanská potrubní, a.s., Vítkovice Power Engineering, a.s., 2010
- [I.41] (PKJ VPE 804 014/10) Program kontroly jakosti pro výrobu nově dodávaných komponent KO, ŠKODA JS, a.s., Modřanská potrubní, a.s., Vítkovice Power Engineering, a.s., 2010

- [I.42] Návrhová špecifikácia komponentov, Návrhová špecifikace pro návrhový a kontrolní výpočet PG VVER 440 MW (PGV-213) pro dostavbu JE Mochovce 3. blok, ŠKODA JS, a.s., 2010
- [I.43] Technické podmienky na dodávku parogenerátora PGV-213, ŠKODA JS, a.s., Vítkovice Power Engineering, a.s., 2010
- [I.44] Technické podmienky parogenerátora PGV-213 pre výrobu novo dodávaných komponent, ŠKODA JS, a.s., Vítkovice Power Engineering, a.s., 2010
- [I.45] Revízia IPZK Parogenerátor PGV-213 (3.blok) , ŠKODA JS, a.s., Vítkovice Power Engineering, a.s., 2011
- [I.46] Revízia IPZK Parogenerátor PGV-213 (4.blok) , ŠKODA JS, a.s., Vítkovice Power Engineering, a.s., 2011
- [I.47] Špecifikácia materiálov pre výrobu novo dodávaných komponent PG, ŠKODA JS, Vítkovice Power Engineering, a.s., 2010
- [I.48] Program kontroly kvality pre výrobu novo dodávaných komponent PG, ŠKODA JS, Vítkovice Power Engineering, a.s., 2010
- [I.49] Průkazná dokumentace prováděcího projektu, Analýza parogenerátoru PGV-213 vč. uložení, Souhrnná správa, ŠKODA JS, a.s., 2010
- [I.50] Průkazná dokumentace prováděcího projektu, Analýza parogenerátoru PGV-213 vč. uložení - Výpočtové správy, ŠKODA JS, a.s., 2010
- [I.51] Vyhladené podlažné spektrá odozvy
- [I.52] VTP-87 Všeobecné technické požiadavky na armatúry pre zariadenia a potrubia JE, SE, a.s. (ENSECO, a.s.), 2010
- [I.53] Technické podmienky systému MS-A: Monitorovanie únikov I.O. na princípe merania vlhkosti - 3. a 4. blok EMO, VUJE, 2010
- [I.54] Technické podmienky systému MS-B. Monitorovanie únikov I.O. a akustickej emisie na základe merania ultrazvukového poľa, VUJE, 2010
- [I.55] Technické podmienky systému MS-C: Monitorovanie únikov I.O. na princípe merania rádioaktivity - 3.a 4.blok, VUJE, 2010
- [I.56] Analýza p-T kriviek podľa metódy VERLIFE, VUJE, ŠKODA JS, 2011
- [I.57] Špecifikácia materiálov SM 567/84 Základné a zvaracie materiály použité pre výrobu parogenerátorov
- [I.58] Program kontroly kvality PKK 567/84
- [I.59] Špecifikácia materiálov SM 336/75-04 Základné a zvaracie materiály použité pre výrobu KO
- [I.60] Program kontroly kvality KO PKK 336/75-04
- [I.61] System Specification of the Reactor Protection System (RPS) for the "Project MO34" – Completion of Nuclear Power Plant Mochovce, Units 3&4 RPS, Areva, 2010
- [I.62] System Specification of the Reactor Power Limitation System (RLS), based on the digital I&C system platform TELEPERM XS, for "Project MO34" – Completion of Nuclear Power Plant Mochovce, Units 3&4, Areva, 2010

- [I.63] I&C Function Specification for Reactor Power Limitation System (RLS - Level 3) for the "Project MO34" – Completion of Nuclear Power Plant Mochovce, Units 3&4, Areva, 2010
- [I.64] Provádecí projekt, Systém kompenzace objemu, Technická správa, Škoda JS, 2011
- [I.65] Vykonávací projekt MO34, Průkazy pevnosti, seismické odolnosti a životnosti systému, ŠKODA JS a.s., Modřany Power, a.s., 2012
- [I.66] Vykonávací projekt MO34, Průkazy pevnosti, seismické odolnosti a životnosti systému, ŠKODA JS a.s., Modřany Power, a.s., 2012
- [I.67] Metodika na vypracovanie a aktualizáciu preukaznej dokumentácie technologického zariadenia pre MO34, SE, a.s.
- [I.68] Požadavky na hodnotenie seizmickej odolnosti konštrukcií, systémov a komponentov JE Mochovce 3. a 4. blok
- [I.69] Požadavky pro sestavení a obsah bezpečnostních zpráv a jejich dodatku. Postup pro stanovení prukazu únik před roztržením. Detekční systémy úniku z tlakového chladicího okruhu jaderného reaktoru. ČSKAE, 1/1991, ÚJI Praha-Zbraslav
- [I.70] NUREG 0800 Standard Review Plan (SRP), Chapter SRP 3.6.3, US NRC
- [I.71] Metodika LBB, SE, a.s., 2009
- [I.72] Analysis of applicability of the concept of safety «Leak before break» for Mochovce NPP Units 3 and 4, Task 1: Collection of input data. Analysis and verification of the input data. Definition of critical areas of pipelines. Development of handbook on pipelines (Part 1), JSC VNIIAES, 2013
- [I.73] Analysis of applicability of the concept of safety «Leak before break» for Mochovce NPP Units 3 and 4, Task 2: Collection of input data. Analysis and verification of the input data. Definition of critical areas of pipelines. Development of handbook on pipelines, JSC VNIIAES, 2013
- [I.74] Analysis of applicability of the concept of safety «Leak before break» for Mochovce NPP Units 3 and 4, Task 3: Experimental justification of calculation methods of fracture mechanics, JSC VNIIAES, 2013
- [I.75] Analysis of applicability of the concept of safety «Leak before break» for Mochovce NPP Units 3 and 4, Task 4: Calculations of fracture mechanics. Definition of critical dimensions of through-wall cracks for all critical areas of pipelines, JSC VNIIAES, 2013
- [I.76] Analysis of applicability of the concept of safety «Leak before break» for Mochovce NPP Units 3 and 4, Task 4: Calculations of fracture mechanics. Definition of critical dimensions of through-wall cracks for all critical areas of pipelines (Part 2), JSC VNIIAES, 2013
- [I.77] Analysis of applicability of the concept of safety «Leak before break» for Mochovce NPP Units 3 and 4, Task 5: Calculation of crack opening areas and coolant leakage intensity for critical areas of pipelines, JSC VNIIAES, 2013
- [I.78] Analysis of applicability of the concept of safety «Leak before break» for Mochovce NPP Units 3 and 4, Task 6: Calculations in terms of LBB concept and definition of requirements to leakage monitoring systems. Probabilistic analysis of pipeline reliability with regard to operating conditions, manufacturing quality, detectability of non-destructive examination and conditions of strength hydraulic testing. Development of recommendations on avoiding pipeline rupture on Unit 3, Mochovce

NPP, during their operation, and about installation of restraints of MCL whips and barriers against jet effects of coolant from the MCL, JSC VNIIAES, 2013

II Legislatívne dokumenty (zákony, vyhlášky, normy, dokumenty MAAE, apod.)

- [II.1] Zákon č. 541 / 2004 Z. z. o mierovom využívaní jadrovej energie (atómový zákon)
- [II.2] Vyhláška ÚJD SR č.430/2011 Z. z. o požiadavkách na jadrovú bezpečnosť, ÚJD SR, Bratislava, november 2011
- [II.3] 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.
- [II.4] Vyhláška č. 58/2006 Z.z. Úradu jadrového dozoru SR, ktorou sa ustanovujú podrobnosti o rozsahu, obsahu a spôsobe vyhotovovania dokumentácie jadrových zariadení, potrebnej k jednotlivým rozhodnutiam, 5/2006
- [II.5] BNS ÚJD SR I.1.2 / 2008, Rozsah a obsah bezpečnostnej správy, ÚJD SR, Bratislava, 11/2008
- [II.6] BNS ÚJD SR II.5.1/2007 Zváranie jadrových zariadení. Základné požiadavky a pravidlá, ÚJD SR, Bratislava, 2007
- [II.7] BNS ÚJD SR II.5.2/2007 Kontrola zvárania a kvality zvarových spojov strojno-technologických komponentov jadrových elektrární typu VVER 440. Požiadavky, ÚJD SR, Bratislava, 2007
- [II.8] BNS ÚJD SR II.5.3/20011 Zváracie materiály na zváranie strojno-technologických komponentov jadrových elektrární. Technické požiadavky a pravidlá výberu, ÚJD SR, Bratislava, 2011
- [II.9] PNAE G-7-002-86 Normy rasčota na pročnosť oborudovania i truboprovodov atomnykh energetičeskikh ustanovok, Energoatomizdat, Moskva, 1989
- [II.10] RTM 108.020.01-75 Rasčot truboprovodov atomnykh elektrostancii na pročnosť. CKTI, Leningrad, 1976.
- [II.11] Normalizace v jaderné technice č.4/1988, Normy výpočtu pevnosti zařízení a potrubí JE (NTD MHS Interatomenergo)
- [II.12] Metodika opredelenija resursa korpusov atomnykh reaktorov v procese ekspluatácii, MRK-SCHR-2000, ROSENERGOATOM, 2000
- [II.13] NTD A.S.I. Sekce III., Hodnocení pevnosti zařízení a potrubí jaderných elektráren typu VVER, identifikační číslo NTD ASI-III-Z-5/07, vydané v Prahe a Brně, květen 2007
- [II.14] NTD A.S.I. Sekce II. Charakteristiky materiálu pro zařízení a potrubí JE typu VVER, Sekce II, identifikační číslo NTD-ASI-II-Z-5/07, vydané v Prahe a Brně, květen 2007.
- [II.15] NTD A.S.I., Sekce I. Svařování zařízení a potrubí jaderných elektráren typu VVER, identifikační číslo NTD-ASI-I-Z-5/07, vydané v Ostrave, květen 2007
- [II.16] ASME Boiler & Pressure Vessel Code, Section III, Rules for construction of nuclear facility components, Division 1 – Subsection NB, Class 1 Components, 2001 Edition, July 1, 2001
- [II.17] ASME Boiler & Pressure Vessel Code, Section, Section III, Rules for construction of nuclear facility components, Division 1 – Subsection NC, Class 2 Components, 2001 Edition, July 1, 2001

- [II.18] NUREG 0800, Přehled a doporučení pro použití normy (Standard Review Plan), SRP 3.6.3
Postupy pro hodnocení úniku před roztržením, Říjen 1986
- [II.19] Detekční systémy úniku z tlakového chladicího okruhu reaktora, Předpis 1.45, Americká atomová
komise, Ředitelství úseku norem, Květen 1973
- [II.20] Guidelines on PTS Analysis for WWER Nuclear Power Plant, IAEA-EBP-WWER-08, Revision 1,
IAEA, 2005
- [II.21] Unified Procedure for Lifetime Assessment of Components and Piping in VVER NPPs, VERLIFE
project of the 5th Framework Programme of the EU, Version 5 –final
- [II.22] Predpisy pre výstavbu a bezpečnú prevádzku zariadení jadrových elektrární, experimentálnych a
výskumných reaktorov a súborov vrátane dodatkov, Gosgortekhnadzor ZSSR, 1973
- [II.23] Normy výpočtov na pevnosť elementov reaktorov, PG, nádob a potrubí atómových elektrární,
experimentálnych a výskumných jadrových reaktorov a zariadení, Gosgortekhnadzor ZSSR, 1973
- [II.24] OP 1513-72, Základné predpisy pre zváranie a naváranie uzlov a konštrukcií jadrových elektrární,
experimentálnych a výskumných reaktorov a súborov, Moskva 1974
- [II.25] Normy pevnostných výpočtov zariadení a potrubí atómových elektrární s vodnými reaktormi proti
seizmickému pôsobeniu, Moskva 1980
- [II.26] PK 1514-72, Predpisy pre kontrolu zvarových spojov a návarov uzlov a konštrukcií jadrových
elektrární, experimentálnych a výskumných jadrových reaktorov a súborov, Moskva 1974
- [II.27] Vyhláška č. 31/2012 Z.z. Úradu jadrového dozoru SR, ktorou sa ustanovujú podrobnosti
o rozsahu, obsahu a spôsobe vyhotovovania dokumentácie jadrových zariadení, potrebnej
k jednotlivým rozhodnutiam
- [II.28] Format and Content of the Safety Analysis Report for Nuclear Power Plants, IAEA Safety
Standards Series No. GS-G-4.1, Vienna, 5/2004

ZOZNAM TABULIEK

Tabuľka 6.2.2-1 Zoznam potrubných trás DPS 3.01.07 – 1.časť	14
Tabuľka 6.2.2-2 Zoznam potrubných trás DPS 3.01.07 – 2.časť	16
Tabuľka 6.2.2-3 Zoznam potrubných trás DPS 3.01.07 – 3.časť	17
Tabuľka 6.2.2-4 Hlavné prevádzkové parametre KO	48
Tabuľka 6.2.2-5 Základné materiály HCC	57
Tabuľka 6.2.2-6 Materiály použité pri výrobe hlavných častí PG	59
Tabuľka 6.2.2-7 Materiály použité pri výrobe jednotlivých častí KO	59
Tabuľka 6.2.2-8 Materiály HUA	60
Tabuľka 6.2.2-9 Materiály aparátov systému HSCHZ.....	61
Tabuľka 6.2.2-10 Materiály aparátov systému kontinuálneho čistenia vody I.O.	62
Tabuľka 6.2.2-11 Materiály systému drenáže a odvzdušnenia I.O.	63
Tabuľka 6.2.2-12 Materiály systému organizovaných únikov I.O.....	64