

Technická správa

Predprevádzková bezpečnostná správa

Kapitola 06.01.02 Projekt vnútorných častí reaktora

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	
EPS No / Číslo EPS: PNM34365000			Revision index / Index revízie: 08		Size / Veľkosť	Activity Code / Aktivita	Type / Subtype Typ / Podtyp
File name / Názov súboru:			SE doc. Code / SE číslo dokumentu: PNM34361028		A4	6.01	RS
			Sheet / List	Of / z		Plant System / Systém elektrárne	Plant Unit / Blok elektrárne
			1	66			8

SE Contract No. / Číslo zmluvy SE: 4600003952				VUJE Contract No. / číslo zmluvy VUJE: 1719/00/09			
Part name / Označenie časti: PNM3436102808_S_C00_V				Issued on / Vydané dňa: 23.08.2019			
Kód citlivosti ¹⁾ / Sensitivity code ¹⁾	3	Name / Meno	Organization / Organizácia	Dept. / Útvar	Date / Dátum	Signature / Podpis	
Author / Vypracoval:	•	•	• VUJE, a.s.	• 0350	• 23.08.2019	•	
Co-author / Spolupracoval:	•	•	•	•	•	•	
Checked by / Kontroloval:	•	•	• VUJE, a.s.	• 0220	• 23.08.2019	•	
Verified by / Overil:	•	•	• VUJE, a.s.	• 0720	• 23.08.2019	•	
Approved by / Schválil:	•	•	• VUJE, a.s.	• 1703	• 23.08.2019	•	

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
• Celý dokument	• Zapracovanie pripomienok SE	• V súlade s dokumentom MO34-CS-N012-20190821-013
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•
•	•	•

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 06.01.02 Projekt vnútorných častí reaktora	• PNM3436102808_S_C00_V	• 08
2.	• Kapitola 06.01.02 Projekt vnútorných častí reaktora	• PNM3436102808_S_C01_V	• 08
3.	•	•	•
4.	•	•	•
5.	•	•	•
6.	•	•	•
7.	•	•	•
8.	•	•	•
9.	•	•	•
10.	•	•	•
11.	•	•	•

OBSAH

OBSAH	4
ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A OZNAČENÍ	5
ÚVOD	8
6.1.2 Projekt vnútorných častí reaktora	9
6.1.2.1 Opis konštrukcie VRČ	9
6.1.2.1.1 Šachta reaktora	9
6.1.2.1.2 Dno šachty reaktora	12
6.1.2.1.3 Kôš aktívnej zóny	14
6.1.2.1.4 Blok ochranných rúr	17
6.1.2.1.5 Systém pohonu kaziet HRK	19
6.1.2.1.6 Vložená tyč	20
6.1.2.2 Metodika výpočtu pevnosti VRČ	24
6.1.2.2.1 Použité programové prostriedky	24
6.1.2.2.2 Materiálové charakteristiky	25
6.1.2.2.3 Okrajové podmienky teplotných výpočtov	29
6.1.2.2.4 Silové zaťaženie	30
6.1.2.2.5 Výpočet napätí	31
6.1.2.2.6 Popis skupín kategórií napätí, limitné hodnoty napätí	31
6.1.2.2.7 Únavové poškodenie	32
6.1.2.2.8 Projektové režimy	36
6.1.2.2.9 Zafažovacie bloky	37
6.1.2.2.10 Seizmický výpočet	37
6.1.2.2.11 Výsledky výpočtov pevnosti, životnosti a seizmickej odolnosti	38
6.1.2.3 Monitorovanie a hodnotenie ožiarovania TNR a VRČ	39
6.1.2.3.1 Radiačné poškodenie	39
6.1.2.3.2 Úroveň žiarenia na TNR	39
6.1.2.3.3 Program overovacích vzoriek pre 3. a 4. blok JE Mochovce - MPOV34	45
6.1.2.4 Technické požiadavky na VRČ	50
6.1.2.5 Pravidelná údržba, kontroly a skúšky	53
6.1.2.5.1 Zoznam kontrolovaných zariadení a ich kontrolných miest	53
6.1.2.5.2 Rozsah a druh kontrol na kontrolných miestach	53
6.1.2.5.3 Periodicita vykonávaných kontrol	56
6.1.2.5.4 Kritériá vyhodnotenia skúšok	56
6.1.2.5.5 Požiadavky na kvalifikáciu	56
6.1.2.5.6 Požiadavky na vykonávanie kontrol v miestach indikácií	56
6.1.2.5.7 Organizačné zabezpečenie kontrol	57
6.1.2.6 Program riadenia starnutia VRČ	58
6.1.2.7 Systémy na monitorovanie správania sa a prevádzky aktívnej zóny reaktora	61
6.1.2.7.1 Systém vnútroreaktorovej kontroly (SVRK)	61
6.1.2.7.2 Systém EXCORE	61
6.1.2.7.3 Systémy na riadenie reaktivity	61
LITERATÚRA	63
ZOZNAM OBRÁZKOV	66
ZOZNAM TABULIEK	66

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A OZNAČENÍ

AZ	aktívna zóna
ATU	automatické testovacie zariadenie
ATWS	očakávané udalosti so zlyhaním automatického odstavenia reaktora
BD	bloková dozorňa
BOR	blok ochranných rúr
ČSKAE	Československá komisia pre atómovú energiu
DN	menovitá svetlosť
DNCS	systém kontroly reaktivity a zobrazovania
DPOV	doplňkový program overovacích vzoriek
DPS	dielčí prevádzkový súbor
DPZ	samonapájací detektor neutrónov
DRTS	diverzitný systém rýchleho odstavenia reaktora (Diverse Reactor Trip System)
DŠR	dno šachty reaktora
EMO	elektrárň Mochovce
ESFAS	systém aktivácie technických prostriedkov pre zabezpečenie bezpečnosti
EXCORE	systém merania neutrónového toku
HCČ	hlavné cirkulačné čerpadlo
HCS	hlavná cirkulačná slučka
HP	havarijné podmienky
HRK	havarijná a regulačná kazeta
HSCHZ	havarijný systém chladenia aktívnej zóny
HV	horúca vetva hlavnej cirkulačnej slučky I.O.
IASCC	korózne praskanie pri pôsobení radiácie (Irradiation Assisted Stress corrosion cracking)
IGSCC	medzikryštalické korózne praskanie (Inter Granular Stress corrosion cracking)
I.O.	primárny okruh
II.O.	sekundárny okruh
JE	jadrová elektrárň
JZ	jadrové zariadenie
KAZ	kôš aktívnej zóny
KNI	kanál neutrónovej inštrumentácie
KOK	komplex operatívnej kontroly
KSMTR	kontrolný systém merania teplôt reaktora
LaP	Limity a podmienky prevádzky
LBB	únik pred roztrhnutím (Leak Before Break)
LDU	miestna zobrazovacia jednotka
LOCA	havária s únikom chladiva
MKP	metóda konečných prvkov

MKV	minimálny kontrolovaný výkon
MAAE	Medzinárodná agentúra pre atómovú energiu
MPOV	modernizovaný program overovacích vzoriek
MPOV34	modernizovaný program overovacích vzoriek pre 3. a 4. blok JE Mochovce
MVZ	maximálne výpočtové zemetrasenie
ND	núdzová dozorňa
NDT	nedeštruktívna kontrola
NIS	systém merania neutrónového toku
NNDS	systém neutrónovej šumovej diagnostiky
NPOV	nový program overovacích vzoriek
NPP	normálne prevádzkové podmienky
NPPS	systém spracovania neutrónových parametrov
NTD	normatívne technický dokument
N_{nom}	nominálny výkon
OR	ochrana reaktora
OT	odporový snímač teploty
PICS	počítačový informačno riadiaci systém
PK	palivová kazeta
PNPP	porušenie normálnych prevádzkových podmienok
POV	program overovacích vzoriek
PpBS	predprevádzková bezpečnostná správa
PRS	program riadenia starnutia
PSA	pravdepodobnostné hodnotenie bezpečnosti
PZ	projektové zemetrasenie
RCS	riadiaci systém reaktora
RLS	systém obmedzenia výkonu reaktora
RMS	systém radiačného monitorovania technológie
RRCS	systém ochrany a riadenia reaktora
RTB	havarijný vypínač
RTS	systém rýchleho odstavenia reaktora
RZ	reaktorové zariadenie
SCC	korózne praskanie (Stress corrosion cracking)
SKK	systémy, konštrukcie a komponenty
SKR	systém kontroly a riadenia
SPAS	systém sledovania presnostných a spoľahlivostných charakteristík
SPT	penetračná skúška Small Punch Test
STD	sprievodná technická dokumentácia
SV	studená vetva hlavnej cirkulačnej slučky I.O.
SVRK	systém vnútroreaktorovej kontroly
ŠPOV	štandardný program overovacích vzoriek

ŠR	šachta reaktora
SÚJB ČR	Štátny úrad jadrovej bezpečnosti Českej republiky
TČ	termoelektrický snímač teploty
TER	teplotný etalón
TMDA	Metóda dynamickej seizmickej analýzy (Transient Modal Dynamic Analysis)
TNR	tlaková nádoba reaktora
TP	technické podmienky
TS	tlaková skúška
TVPK	teplota na výstupe z palivových kaziet
ÚJD SR	Úrad jadrového dozoru Slovenskej republiky
UL	vrchná úroveň spracovania
URP	uzol rozdelenia prúdu
VRČ	vnútroreaktorové časti
VT	vložená tyč
VVER	vodo-vodný energetický reaktor

ÚVOD

Uvedená technická správa je časť PpBS MO34. Je vypracovaná podľa [II.17], [II.19], [II.13] a [II.22]. Zaoberá sa detailným opisom projektu vnútroreaktorových častí a poskytuje nasledovné informácie:

- Opis projektu vnútroreaktorových častí;
- Výkresy vnútroreaktorových častí
- opis analytických nástrojov, metód a výpočtových programov (spolu s informáciou o overení, potvrdení a neurčitostiach) použitých na výpočet pevnosti a zaťaženia vnútorných častí reaktora;
- fyzikálne charakteristiky vnútorných konštrukcií / komponentov pre všetky v projekte uvažované stavy JZ vrátane termicko-hydraulických, pevnostných a mechanických charakteristík i očakávaného statického, dynamicko-mechanického zaťaženia, počet cyklov ako aj vplyv ožiarenia na schopnosť vnútorných konštrukcií vykonávať svoje projektom stanovené funkcie počas životnosti JZ;
- významné podporné komponenty vrátane samostatných technických riešení a opatrení pre spomaľovanie neutrónov a umiestnenie paliva so zodpovedajúcimi projektovými výkresmi a uvažovaním vplyvu prevádzky na vykonávanie stanovených funkcií, ako aj programy riadeného starnutia a / alebo programy kontrol / inšpekcií na monitorovanie vplyvu ožiarenia a starnutia na vlastnosti vnútorných konštrukcií;
- informáciu o ožiarení tlakovej nádoby reaktora.

Tlaková nádoba reaktora je detailne opísaná v príslušnom dokumente.

6.1.2 Projekt vnútorných častí reaktora

6.1.2.1 Opis konštrukcie VRČ

Vodovodný energetický reaktor VVER 440/V213 je heterogénny jadrový reaktor telesového typu, pracujúci s tepelnými neutrónmi. Ako moderátor a chladivo sa používa chemicky upravená voda.

Primárne chladivo vstupuje do reaktora šiestimi vstupnými nátrubkami DN500mm. V reaktore chladivo prúdi medzerou medzi vnútorným povrchom tlakovej nádoby reaktora a šachtou smerom ku dnu nádoby. V dolnej časti nádoby reaktora sa chladivo otáča a cez perforované eliptické dno šachty vstupuje do priestoru dna šachty. Cez škrtiace clony vstupuje do palivových kaziet AZ a tlmiacimi kanálmi dna šachty do kaziet HRK. Chladivo vystupuje z palivových kaziet otvormi v dolnej doske bloku ochranných rúr a z kaziet HRK otvormi v ochranných rúrkach bloku ochranných rúr. Ďalej chladivo prechádza cez otvory v hornej časti šachty a vystupuje z reaktora šiestimi výstupnými nátrubkami DN500 mm reaktora.

V telese tlakovej nádoby je na kruhovom osadení zavesená šachta reaktora, ktorá je nosnou konštrukciou dna šachty, koša aktívnej zóny a bloku ochranných rúr. Slúži tiež na usmernenie toku chladiva a chráni TNR pred pôsobením žiarenia z AZ. Proti pootočeniu a vibráciám je šachta zaistená ôsmimi perami, ktoré sú privarené ku konzolám tlakovej nádoby. Na osadenie vo vnútri dolnej časti šachty je na prírubu zavesené dno šachty. Dno šachty je oporou koša AZ a do jeho ochranných rúr sa zasúva palivová časť kaziet HRK pri zasúvaní absorpčnej časti do AZ. V ochranných rúrach DŠR sú umiestnené hydraulické tlmiče pádu kaziet HRK. Dno šachty ďalej usmerňuje tok chladiva pred vstupom do AZ. Proti pootočeniu je dno zaistené 3 perami, ktoré zapadajú do drážok na obvode hornej dosky dna šachty. Na hornej doske dna šachty je ustavený kôš AZ. Aktívna zóna pozostáva z 312 palivových kaziet a 37 kaziet HRK. Pracovné kazety sú spodnými koncovkami zasunuté do otvorov v dolnej doske koša AZ. V hornej časti sú centrované a súčasne pritláčané nadstavcami BOR. Blok ochranných rúr je nad KAZ. BOR zaisťuje polohu KAZ a pracovných kaziet vo vertikálnom smere pomocou pružinových blokov. BOR má v spodnej doske 3 drážky, ktorými sa ustanovuje na perá koša AZ a tým je zaistená jeho poloha.

Ďalej sú opísané šachta reaktora (ŠR), dno šachty reaktora (DŠR), kôš aktívnej zóny (KAZ), blok ochranných rúr (BOR), systém pohonu kaziet HRK a vložená tyč.

6.1.2.1.1 Šachta reaktora

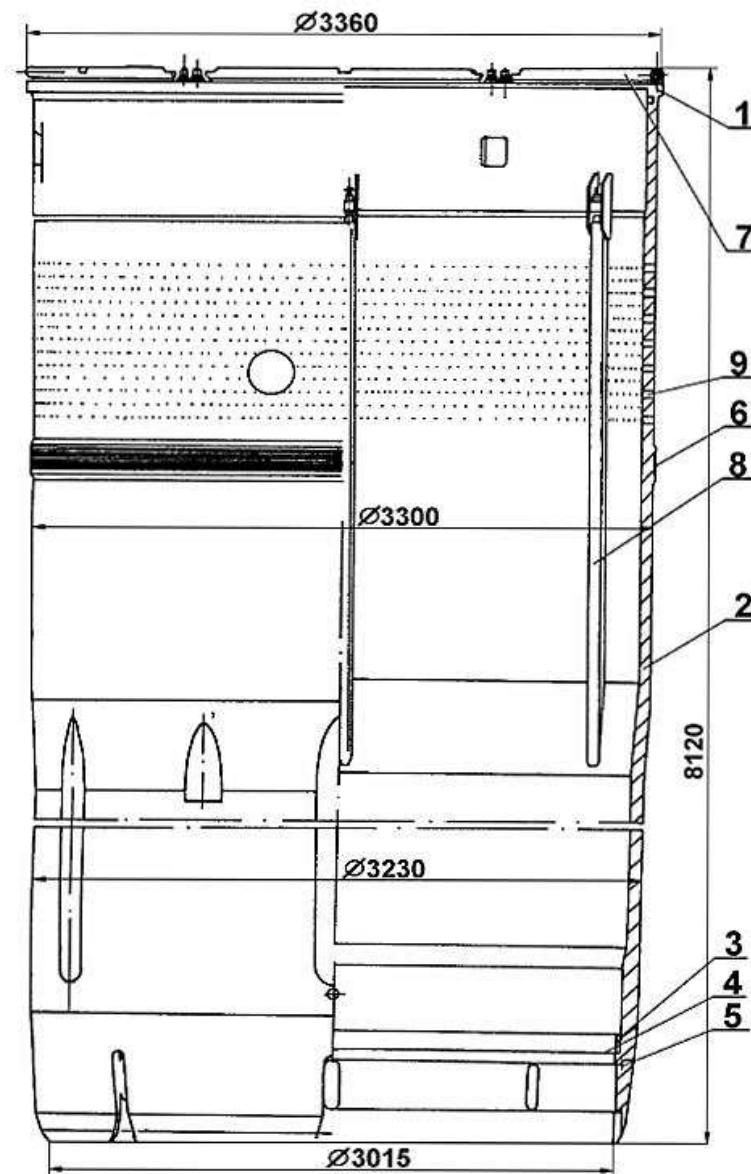
Šachta reaktora je vertikálny valec s maximálnym priemerom $\phi 3366\text{mm}$, maximálnou výškou 8122mm a hrúbkou steny v rozmedzí 50 až 80mm. Šachta reaktora je vyrobená zo 7 navzájom zvarených prstencov a je zavesená za prírubu na kruhové osadenie TNR. Na čele príruby šachty je priskrutkovaných 6 pritlačných segmentov z rúrok $\phi 65 \times 7$ a 12 dorazov. Po dotiahnutí hlavného prírubového spoja TNR sa segmenty deformujú v pružno-plastickej oblasti a vzniknutým pritlakom dotláčajú prírubu šachty k osadeniu TNR. Šachta je centrovaná na deliacom prstenci privarenom na vnútorný povrch TNR (tzv. uzol rozdelenia prúdu – URP). Pomocou labyrintového tesnenia na tomto prstenci je oddelený priestor vstupných nátrubkov od priestoru výstupných nátrubkov. Dolná časť šachty je vedená ôsmimi perami v osovom smere, čím je šachta zaistená proti pootočeniu a vibráciám avšak deformácie vplyvom teplotnej rozťažnosti nie sú obmedzené. V hornej časti je šachta opatrená otvormi pre jej vyberanie z TNR.

Časť šachty reaktora medzi prírubou šachty a uzlom rozdelenia prúdu (URP) je perforovaná 13 radmi otvorov $\phi 32$ mm, slúžiacimi pre vyrovnávanie poľa rýchlostí chladiva pred výstupnými nátrubkami. V počiatočnom stave je medzi stenou šachty a URP vôľa. Počas nábehu reaktora do pracovného režimu dochádza vplyvom rozdielnych koeficientov teplotnej rozťažnosti materiálov šachty a TNR k dosadnutiu URP

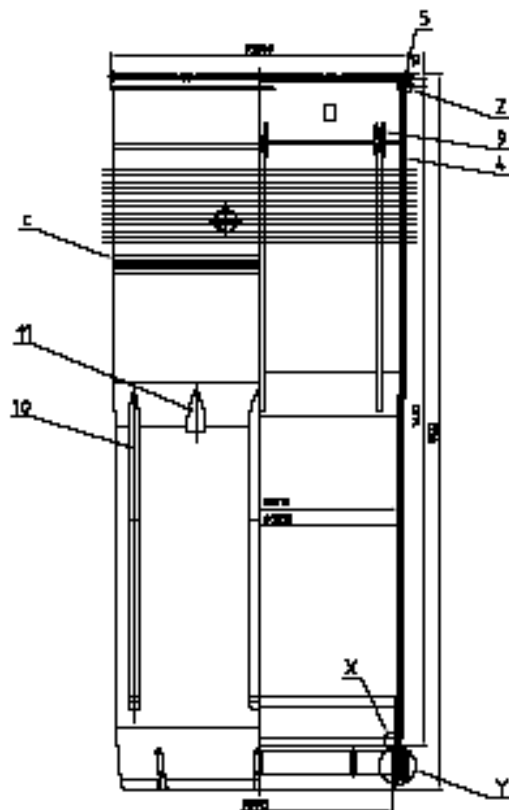
na stenu šachty. Vôľa môže byť v počiatočnom stave v rozmedzí 0,8 až 1,2 mm. Podrobný výkres šachty reaktora je v príslušnom dokumente.

Obrázok 6.1.2-1 Šachta reaktora

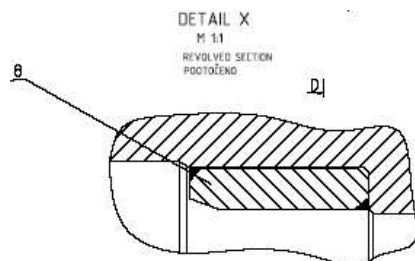
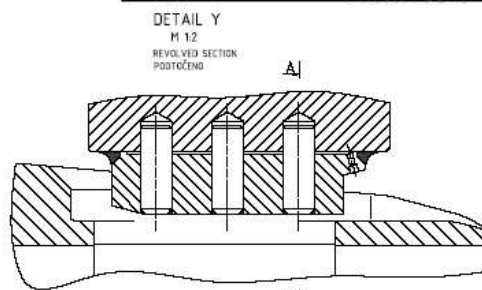
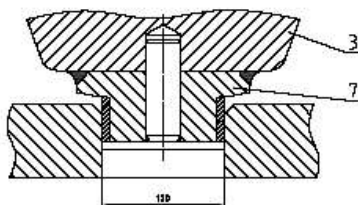
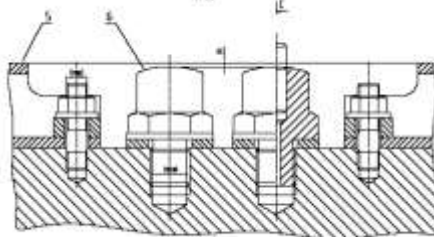
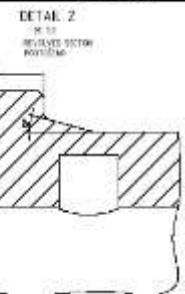
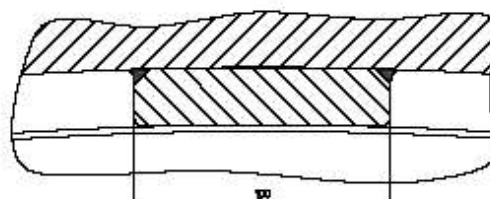
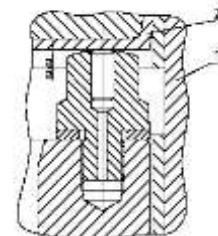
- 1 - oporná príruha
- 2 - nosný valec
- 3 - klin
- 4 - osadenie pre uloženie dna šachty reaktora
- 5 - otvory pre perá
- 6 - labyrint
- 7 - pružný anuloidový segment
- 8 – ožarovací kanál TNR programu MPOV34
- 9 - otvory pre prietok chladiaceho média



Pokračovanie Obrázku 6.1.2-1 Šachta reaktora



SPECIFIKACE/SPECIFICATION		
Pos./Poz	NAME / NÁZEV	MATERIÁL/MATERIAL
1	TLAKOVÁ NÁDOBA REAKTORU (UZEL 11) PRESSURE VESSEL (NODE 11)	-
2	COVER OF REACTION (NODE 12)/VÍK REAKTORU (UZEL 12)	-
3	CONSOLE PRESSURE VESSEL (NODE 1.1)/KONZOLA TLAKOVÉ NÁDOBY (UZEL 1.1)	-
4	CORE BARREL/ŠACHTA	OCHTBN10T
5	TUBE Ø64x8,5/ TRUBKA Ø64x8,5	OCHTBN10T
6	BACKSTOP/DORAZ	OCHTBN10T
7	GROVE OF CORE BARREL/PERO ŠACHTY	OCHTBN10T
8	GROVE OF SHAFT BOTTOM/PERO DNE ŠACHTY	OCHTBN10T
9	CANAL/KANÁL	OCHTBN10T
10	CLOAK OF CANAL/PLÁŠŤ KANÁLU	OCHTBN10T
11	CLOAK/PLÁŠŤ	OCHTBN10T

A-A
M 1:2S-B
M 1:1D-D
M 1:1C-C
M 1:1

6.1.2.1.2 Dno šachty reaktora

Dno šachty reaktora má z funkčného hľadiska za úlohu:

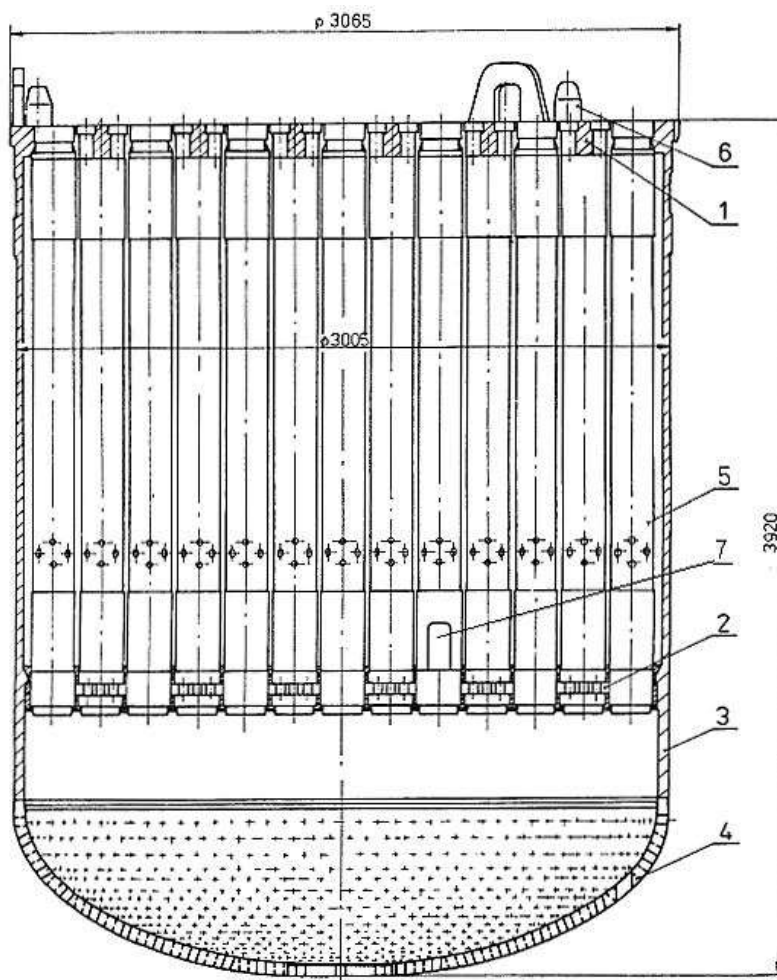
- niesť vlastné technologické časti reaktora (kôš aktívnej zóny);
- viesť a tmiť pád kaziet HRK pri zastavení štiepnej reťazovej reakcie;
- zaisťovať plynulý a rovnomerný prietok vody primárneho okruhu.

Dno šachty je zavesené v dolnej časti ŠR a nesie KAZ. Skladá sa z hornej valcovanej mreže (dosky) hrúbky 150mm a dolnej mreže (dosky) hrúbky 50mm. Tieto dve dosky sú navzájom spojené vertikálnym valcovým plášťom s maximálnym priemerom $\phi 3005\text{mm}$, výškou cca 3090mm a maximálnou hrúbkou steny 52,5mm. K vertikálnemu plášťu je v dolnej časti privarené perforované eliptické dno. V hornej mreži dna je 312 otvorov so škrtiacimi clonami. K hornej a dolnej doske je privarených aj 37 kanálov pre kazety HRK. V dolnej doske DŠR je 1662 otvorov $\phi 40\text{mm}$. V spodnej časti kanálov kaziet HRK sú privarené tlmíče na zmierňovanie nárazu pri páde kaziet HRK. Maximálne rozmery DŠR sú $\phi 3065\text{mm}$ a výška 4185mm.

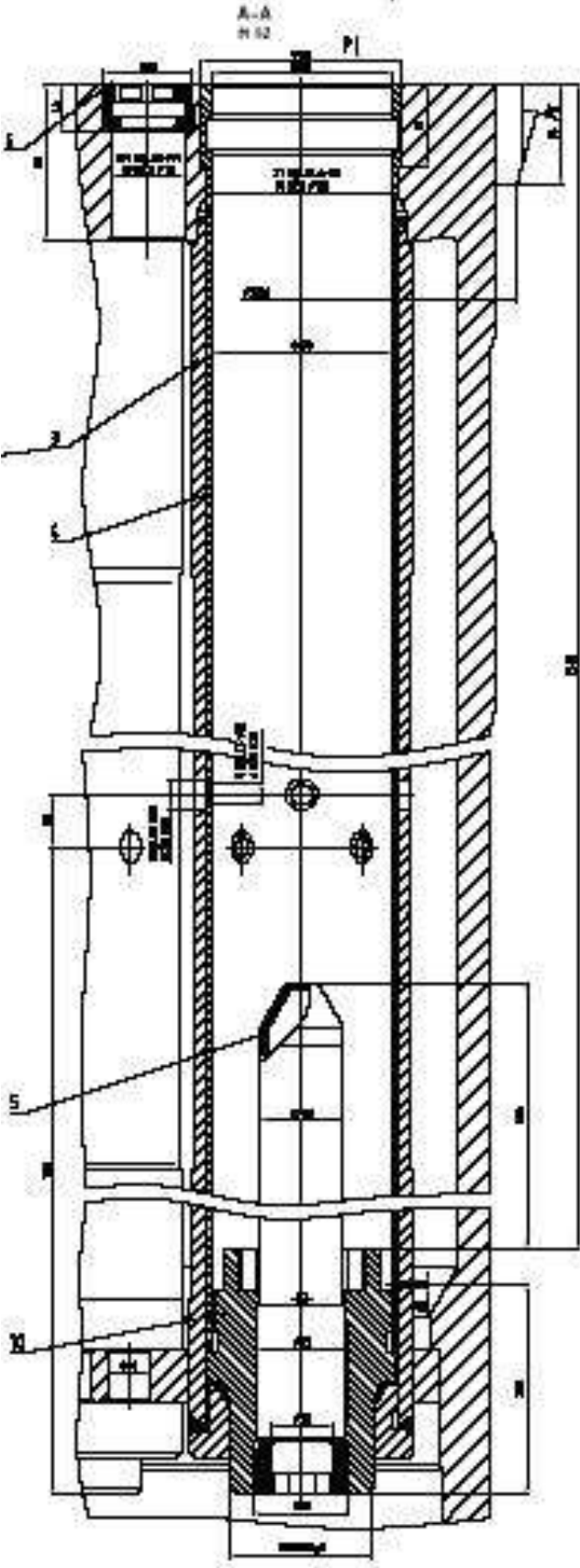
Chladiace médium s teplotou odpovedajúcej teplote na vstupe do reaktora obteká zvonka valcový plášť dna šachty a ďalej cez eliptické perforované dno, spodnú dosku, rúrky a hornú dosku smeruje nahor do aktívnej zóny, pričom vnika i do ochranných rúr pre kazety HRK. Podrobný výkres dna šachty reaktora je v príslušnom dokumente.

Obrázok 6.1.2-2 Dno šachty reaktora

- 1 - horná doska
- 2 - spodná doska
- 3 - plášť
- 4 - eliptické dno
- 5 - vodiaca rúra
- 6 – čap
- 7 – tlmíč pádu kaziet HRK



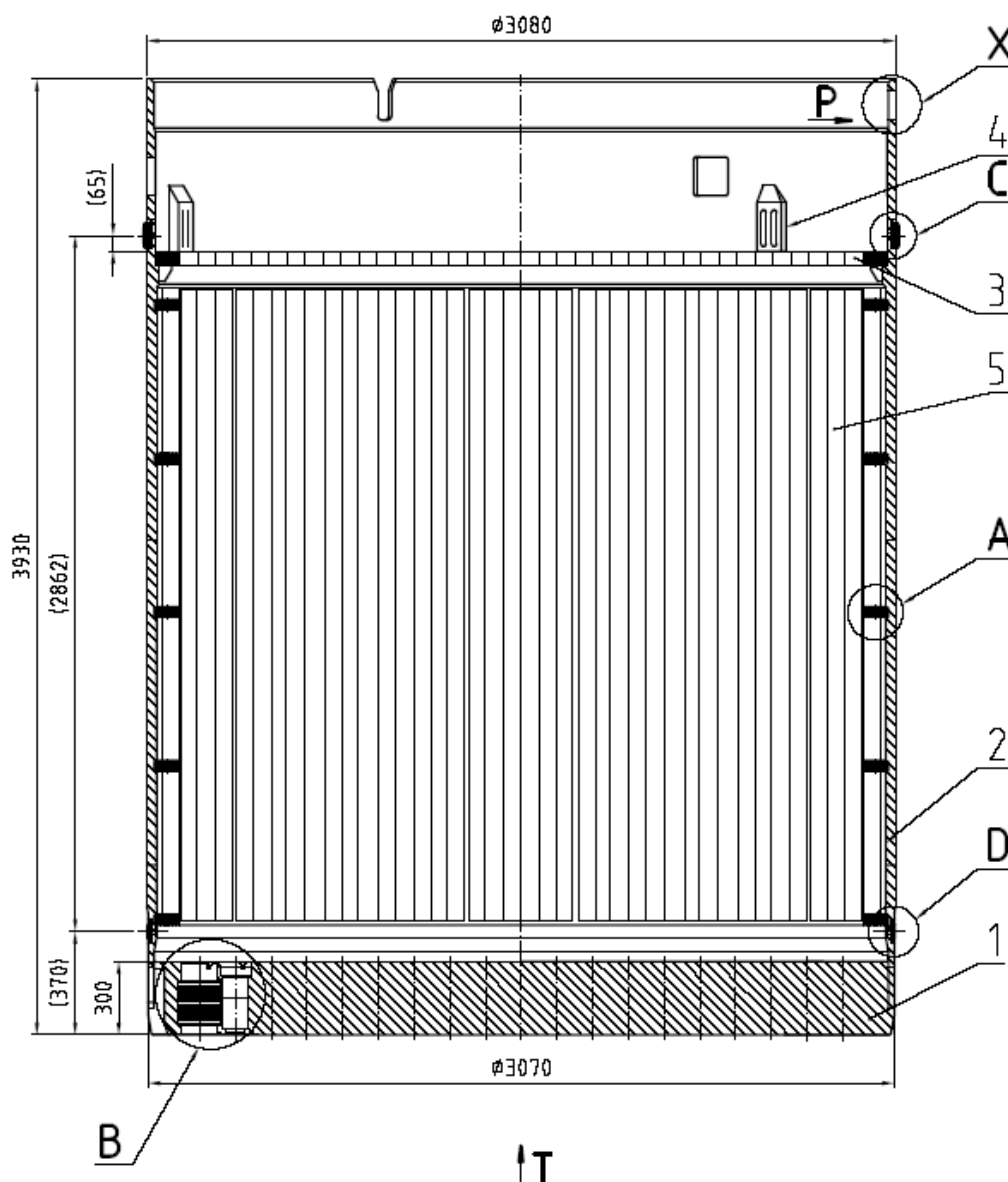
Pokračovanie Obrázku 6.1.2-2 Dno šachty reaktora



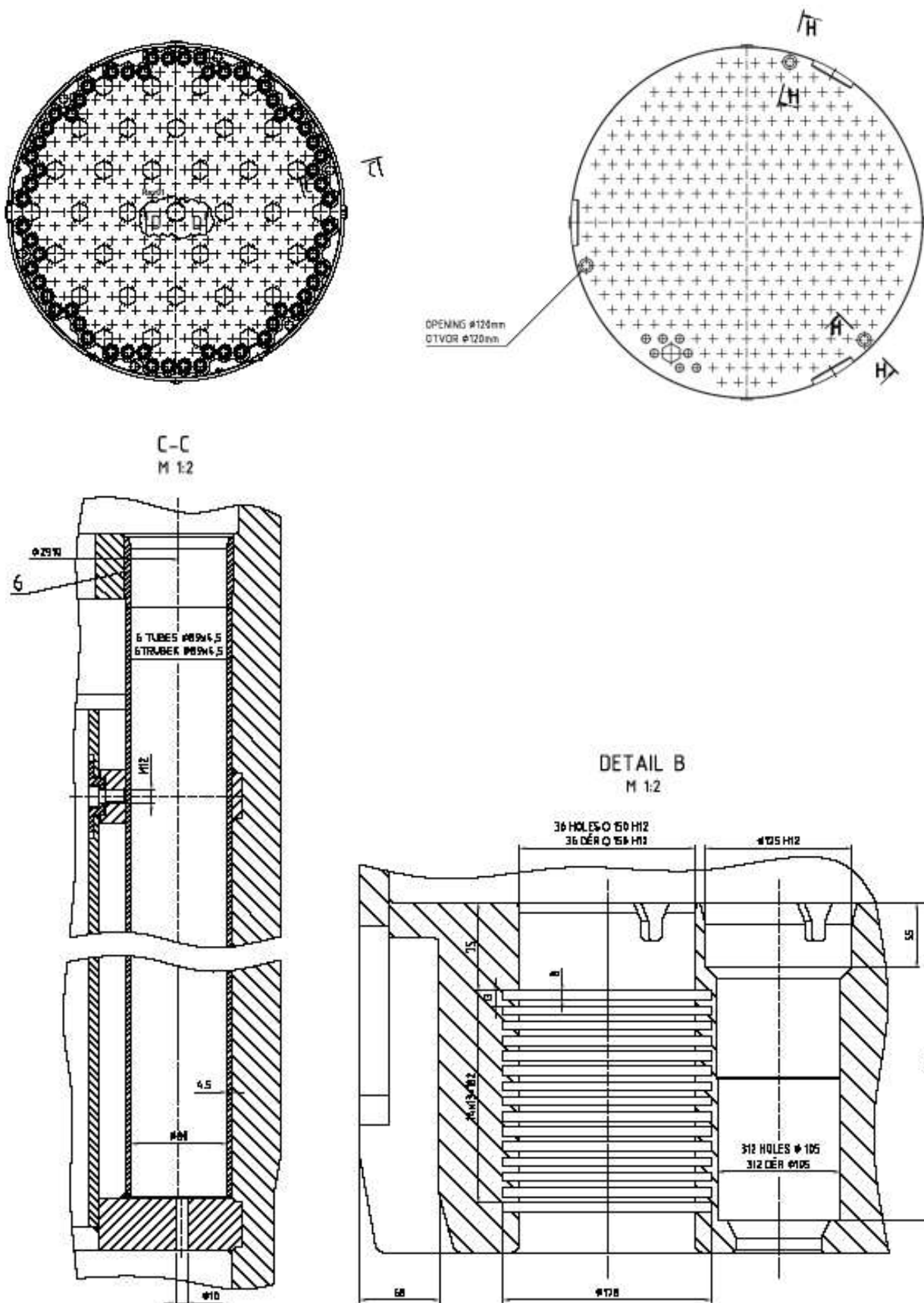
SPECIFIKACE/SPECIFICATION		
Pos./Poz.	NAME / NÁZEV	MATERIÁL/MATERIAL
1	UPPER PLATE/HODNÍ DESKA	QCH10N10T
2	BED PLATE/SPODNÍ DESKA	QCH10N10T
3	OUTER PROTECTION TUBE/VNĚJŠÍ OCHRANNÁ TRUBKA	QCH10N10T
4	INNER TUBE/VNITŘNÍ TRUBKA	QCH10N10T
5	PEG INHIBITOR/ČEP TLUMIČE	QCH10N10T
6	SHUTTER Ø50(MØ5)/CLONA Ø50(MØ5)	CHN35VT-VD
7	SHUTTER Ø50(M100)/CLONA Ø50(M100)	CHN35VT-VD
8	PEG/ČEP	QCH10N10T
9	HANGINGS/ZÁVĚS	QCH10N10T
10	INHIBITOR HEAD/HLAVICE TLUMIČE	QCH10N10T

6.1.2.1.3 Kôš aktívnej zóny

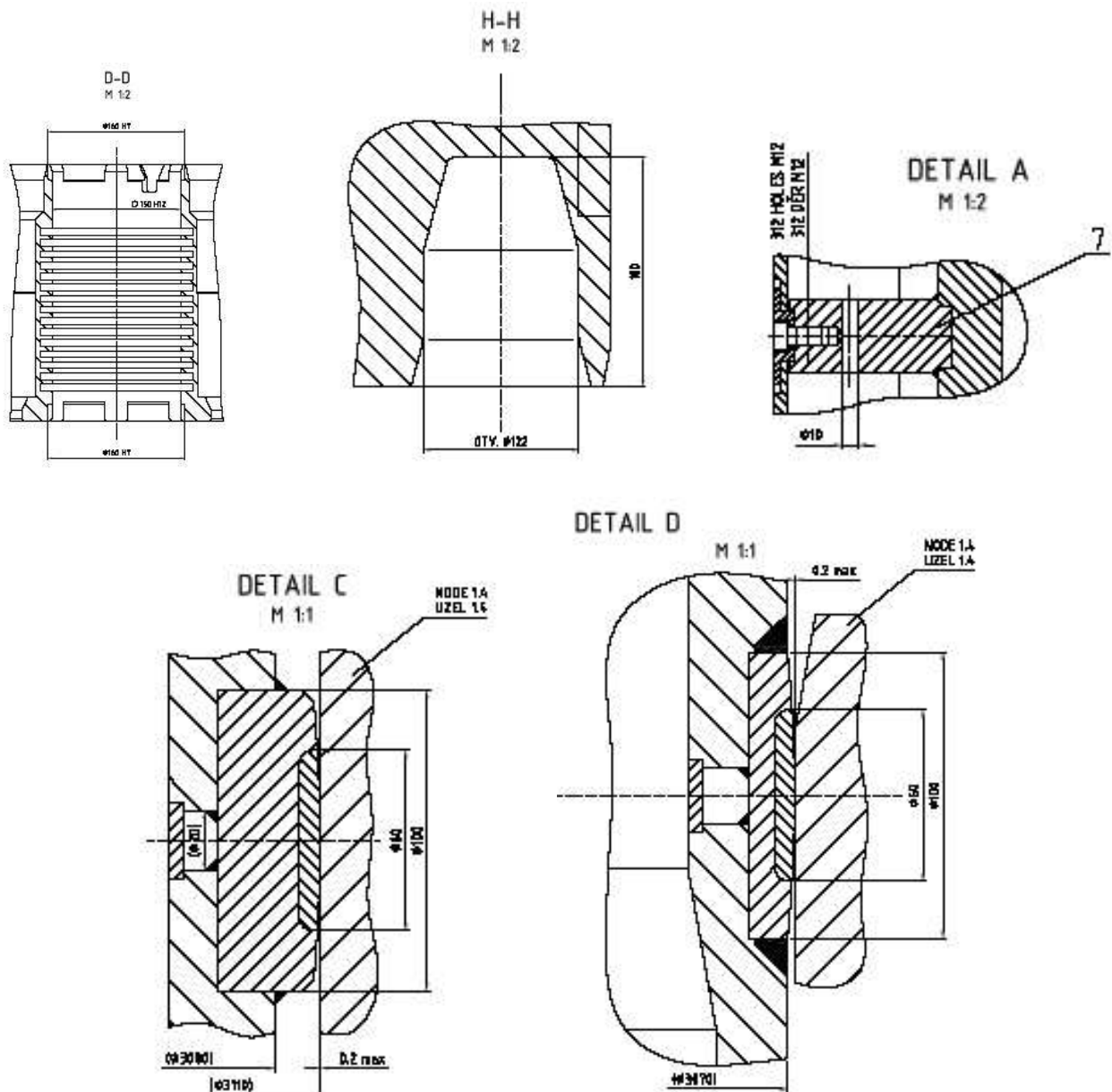
Kôš aktívnej zóny (KAZ) je určený k uloženiu palivových kaziet aktívnej zóny (AZ) a k vedeniu kaziet HRK. Nosnou časťou KAZ je jeho dno, ktoré je vyrobené z dosky hrúbky 300mm a priemeru $\phi 3070$ mm. V doske je 312 otvorov $\phi 125$ mm (v dolnej časti dosky $\phi 105$ mm), do ktorých sú usadené pracovné kazety. Okrem toho je na dne KAZ 37 šesťhranných otvorov pre priechod kaziet HRK. Tieto otvory sú opatrené labyrintovou upchávkou, ktorá znižuje prietok chladiva okolo HRK. Dno KAZ je položené na hornú dosku dna šachty a je centrované tromi čapmi $\phi 120$ mm. Valcový plášť KAZ je zvarovaný z troch prstencov $\phi 3080$ mm a hrúbkou steny 30-40mm. Na vnútornej hornej časti plášťa je profilový nákrúžok na uloženie bloku ochranných rúr. Poloha BOR je istená proti pootočeniu tromi perami. Po výške AZ sú k plášťu KAZ privarené v piatich radoch tvarované segmenty (hranené pásy). Na tieto hranené pásy je pomocou skrutiek M12 pripevnený hranený plech. Tento hranený plech vymedzuje priestor AZ. Maximálne rozmery koša aktívnej zóny sú $\phi 3080$ mm a výška 3930mm. Podrobný výkres koša aktívnej zóny je v príslušnom dokumente.

Obrázok 6.1.2-3 Kôš aktívnej zóny

Pokračovanie 1 Obrázku 6.1.2-3 Kôš aktívnej zóny



Pokračovanie 2 Obrázku 6.1.2-3 Kôš aktívnej zóny



SPECIFIKACE/SPECIFICATION		
Pos./Poz.	NAME / NÁZEV	MATERIÁL/MATERIAL
1	BOTTOM OF CORE/DNO KOŠE	ØCH18N10T
2	CLOAK/PLÁŠŤ	ØCH18N10T
3	SHOULDER/NÁKRUŽEK	ØCH18N10T
4	GROOVE/PERD	ØCH18N10T
5	SQUARE-EDGED METAL PLATE/HRANĚNÝ PLECH	ØCH18N10T
6	PROTECTION TUBE DETECTION SYSTEM VERIFICATION AT TRANSPORT/DCHRANNÁ TRUBKA DETEKCE SYSTÉMU KONTROLY PŘI PŘEKLÁDCE	ØCH18N10T
7	SEGMENTS/SEGMENTY	ØCH18N10T

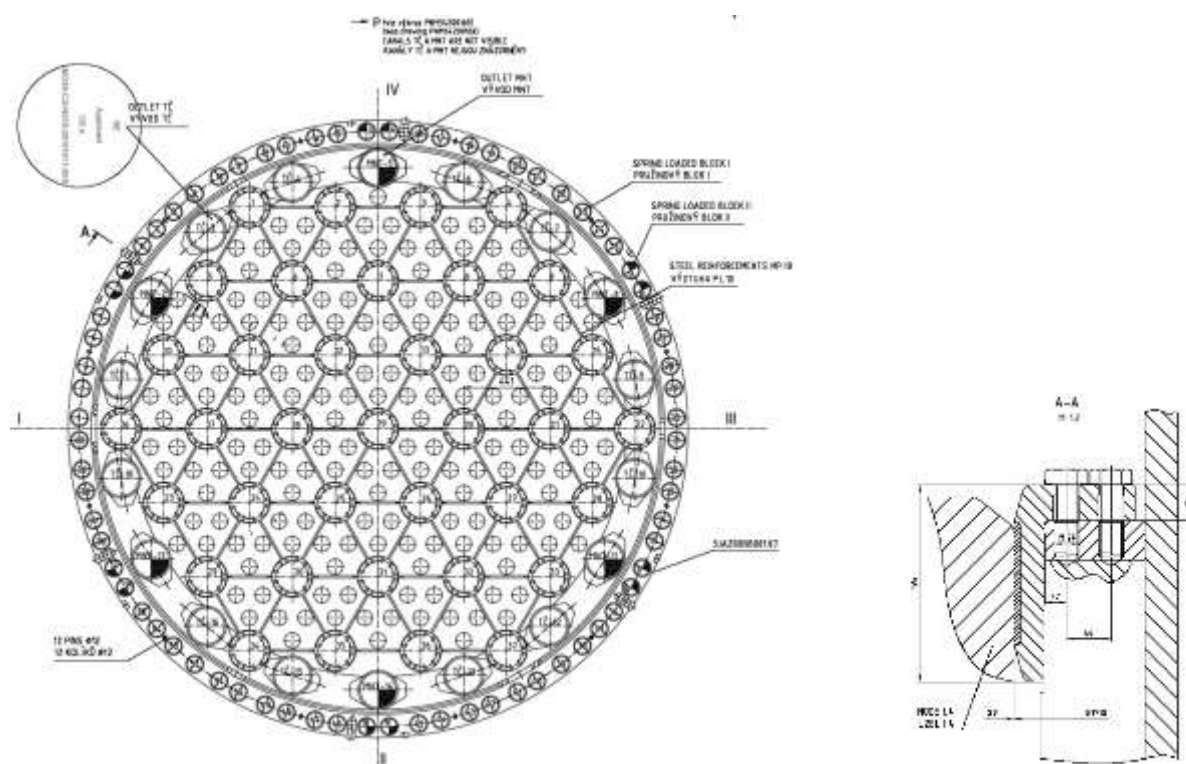
6.1.2.1.4 Blok ochranných rúr

Blok ochranných rúr (BOR) slúži k upevneniu horných častí (hlavíc) palivových kaziet. Blok ochranných rúr je ustavený na kôš aktívnej zóny a BOR zaistuje polohu KAZ a zároveň polohu DŠR v osovom smere vo všetkých pracovných režimoch reaktora. Ďalšou funkciou BOR je zaistenie polohy pracovných kaziet v osovom smere, pretože kazety majú tendenciu vplyvom vztlaku stúpať hore. BOR tieto kazety pomocou pružinových blokov pritláča ku dnu KAZ a zároveň udržiava požadovaný rozstup hlavíc pracovných kaziet. BOR taktiež vedie 37 kaziet HRK s vloženými tyčami a chráni tieto časti pred priamym pôsobením chladiva a pred vibráciami.

BOR je zváraná konštrukcia pozostávajúca z dolnej dosky s nadstavcami a hornej dosky. Horná a dolná doska sú navzájom spojené 37 ochrannými rúrkami pre vedenie HRK. V stene rúrky HRK je 198 otvorov pre výstup chladiva. V dolnej doske je 37 otvorov pre upevnenie ochranných rúr a 312 otvorov pre priechod chladiva. V hornej doske je 37 otvorov pre rúrky HRK a 212 otvorov pre prietok chladiva.

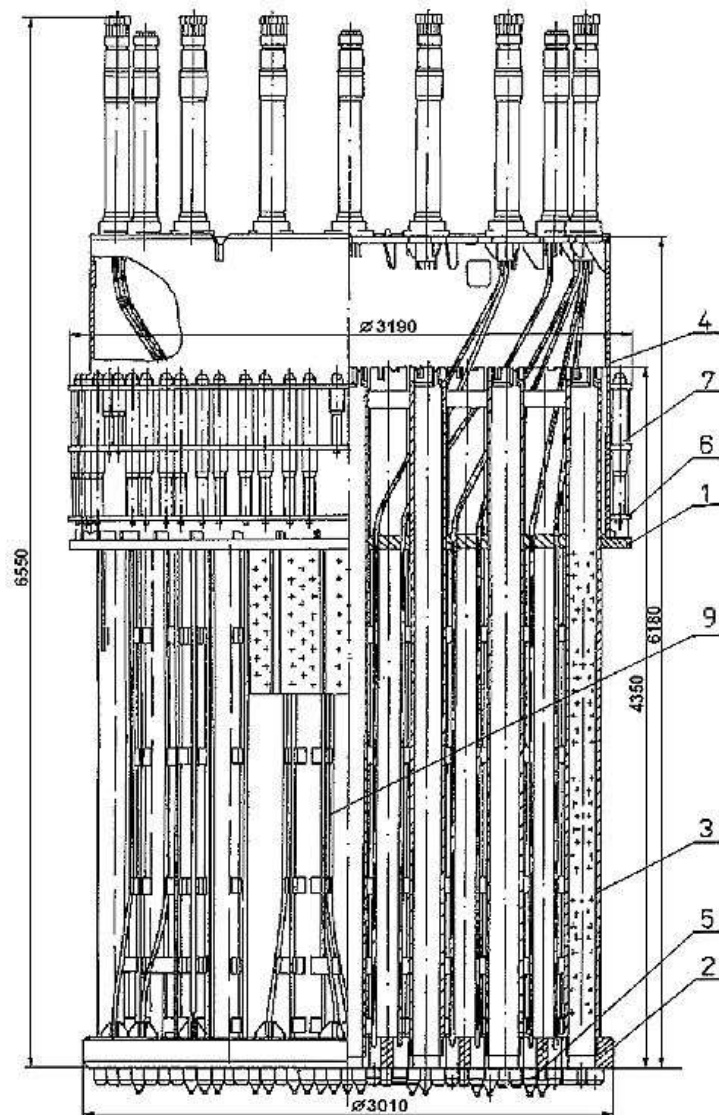
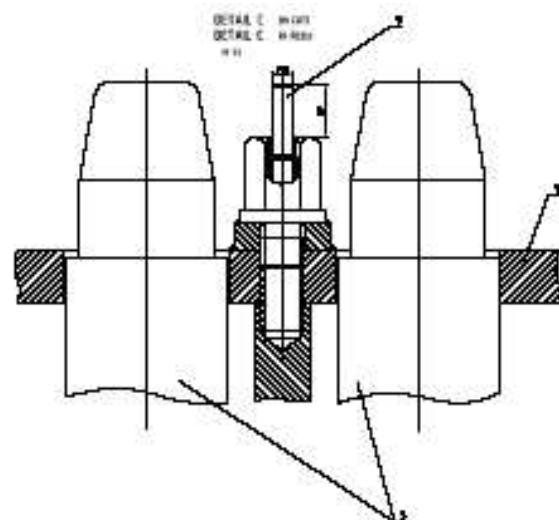
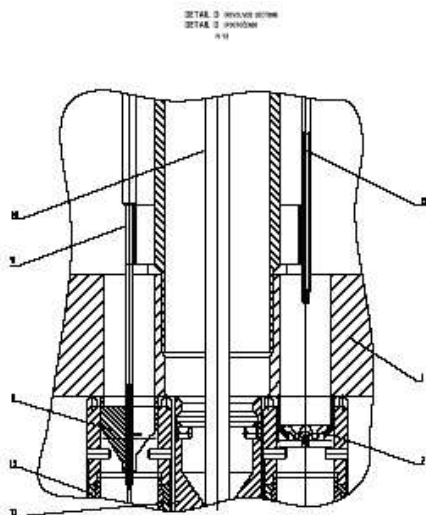
K hornej doske BOR je svojim dolným okrajom privarený plášť BOR. Plášť BOR má rozmery $\phi 2950\text{mm}$, výšku 1877mm a hrúbku steny 30mm . Po obvode dolnej časti plášťa sú privarené tri krúžky, na ktorých je umiestnených 72 pružinových blokov BOR. Tieto pružinové bloky BOR sú stláčané prírubou veka TNR a tlačia dolu BOR spolu s KAZ. Medzi pružinovými blokmi je na hornom krúžku 12 dorazov. Tieto dorazy sú určené na zabránenie pohybu vnútroreaktorových konštrukcií smerom hore pri havarijných prípadoch. Podrobný výkres bloku ochranných rúr je v príslušnom dokumente.

Obrázok 6.1.2-4 Blok ochranných rúr



Pokračovanie 1 Obrázku 6.1.2-4 Blok ochranných rúr

- 1 - horná doska
- 2 - spodná doska
- 3 - ochranná rúra
- 4 - plášť
- 5 - nadstavec
- 6 - krúžok
- 7 - pružinový blok
- 9 - ochranná rúrka pre vyvedenie merania

**Pokračovanie 2 Obrázku 6.1.2-4 Blok ochranných rúr**

6.1.2.1.5 Systém pohonu kaziet HRK

Aktívna zóna reaktora VVER440 V-213 sa skladá z 349 šesťhranných kaziet, z ktorých 312 je pracovných - nepohyblivých a 37 je pohyblivých tzv. havarijných, regulačných a kompenzačných kaziet (HRK). Všetky kazety HRK majú rovnakú konštrukciu a sú rozdelené do šiestich skupín (5x po 6 kazetách a 1x 7 kaziet).

HRK sú tvorené palivovou časťou a absorpčnou časťou. Môžu sa pohybovať vo vertikálnom kanále, tvorenom rúrami v bloku ochranných rúr, šiestimi susednými pracovnými kazetami v aktívnej zóne reaktora, šesťhranným otvorom v dne koša aktívnej zóny a ochrannými rúrami dna šachty reaktora. Ak je kazeta HRK v dolnej polohe, palivová časť HRK je v rúrach dna šachty reaktora a absorpčná časť je v aktívnej zóne.

Pohybovanie HRK sa uskutočňuje pomocou pohonu regulačného orgánu. Spojenie pohonu HRK s vlastnou kazetou HRK je realizované vloženou tyčou, ktorá je s pohonom a kazetou spojená bajonetovým uzáverom. Pohon HRK je výkonným mechanizmom systému riadenia a ochrany reaktora, zaisťuje spúšťanie, reguláciu výkonu, kompenzáciu prebytočnej reaktivity a zastavenie reaktoru tým, že spúšťa do aktívnej zóny alebo z nej vysúva kazetu HRK.

Každý pohon môže pracovať nezávisle na ostatných pohonoch alebo súčasne s nimi. Pre premiestňovanie kazety HRK alebo zaisťovanie jej polohy vo všetkých režimoch je nutné elektrickú energiu dodávať. Automatické odstavenie reaktora sa realizuje vypnutím napájania pohonu a voľným pádom všetkých skupín kaziet HRK do AZ.

Pohon je teda elektromechanické zariadenie hrebeňového typu, ktoré je určené pre prácu v podmienkach chladiaceho média primárneho okruhu reaktora typu VVER440 V-213, t.j. pracovný tlak 12,25 MPa, pracovná teplota chladiaceho média 300°C, teplota vody v oblasti hrebeňového pastorka pohonu HRK v hermetickom puzdre veka reaktora a vyššie má definované maximum. Táto teplota, prijateľná z hľadiska funkčnosti pohonu, sa zaisťuje konštrukciou pohonu a prietokom chladiacej vody chladičom, ktorý je súčasťou systému pohonu HRK.

Pohon je dimenzovaný na premiestňovanie vlastných pohyblivých častí, vlozenej tyče a kazety HRK, spolu o hmotnosti do 500 kg. Rýchlosť posuvu v režime regulácie je 20 ± 1 mm/s, pri signáli AO1 podľa pracovných podmienok v rozsahu 200 ÷ 300 mm/s.

Pohon sa skladá z nasledujúcich častí:

1. Senzor ukazovateľa polohy - je určený na indikáciu polohy hrebeňa s kazetou HRK v priebehu pracovného zdvihu a k vymedzeniu krajných polôh. Je hermeticky montovaný na ložiskový štít elektromotora.

2. Elektromotor - tzv. synchronno-reakčný typ elektromotora má hermetickú konštrukciu a je určený na premiestňovanie a zaisťovanie polohy hrebeňa s kazetou HRK v pracovnej polohe. Satorové vinutie má uložené v hermetickom priestore. Tento priestor je chladený pretekajúcou vodou. Rotor, uložený v ložiskách z nehrdzavejúcej ocele, pracuje v prostredí primárneho okruhu. Elektromotor je napájaný cez hermetický konektor.

3. Vretenové zariadenie - je určené k prenosu krútiaceho momentu z elektromotora na reduktor a k obmedzeniu rýchlosti pádu hrebeňa s kazetou HRK v režime automatického odstavenia. Nosnou časťou je teleso zvarené z rúry a prírub. V tomto telese ja na ložiskách z nehrdzavejúcej ocele uložené vreteno. Do vretena sa zasúva hrebeň pri pohybe smerom nahor. Spojenie vretena s rotorom elektromotora je realizované poistnou spojkou a s reduktorom ozubeným kolesom. Poistná spojka chráni ozubené kolesá a ložiská pred preťažením - pri prekročení danej hodnoty krútiaceho momentu dôjde k vzájomnému kĺzaniu

hnanej a hnacej časti spojky. Na dolnej časti vretena je umiestnený odstredivý regulátor, brániaci trením brzdových čeľustí o puzdro telesa (pri zvyšovaní otáčok vretena v režime automatického odstavenia) zvyšovaniu rýchlosti pádu hrebeňa s kazetou HRK. Zmenou predpätia pružín odstredivého regulátora je možné túto rýchlosť meniť.

4.Reduktor - mení otáčavý pohyb elektromotora na posuvný pohyb hrebeňa. Centrálnym otvorom reduktora, vedeného vodiacimi kladkami, prechádza hrebeň. V hornej časti reduktora je puzdro, slúžiace ako dolná zarážka hrebeňa. Toto puzdro dosadá na pružinový tlmič, ktorého úlohou je pohltiť kinetickú energiu padajúcich častí uzla hrebeňa a otáčajúcich sa častí pohonu pri dosadnutí na spodnú zarážku (po páde kazety HRK v režime automatického odstavenia). Je najzložitejším kinematickým uzlom pohonu HRK a preto je po celej dĺžke zakrytý plášťom, ktorý ho chráni pred znečisťovaním.

5.Hrebeňový uzol - slúži na spojenie pohonu s vloženou tyčou (a tým priamo s kazetou HRK) a je tvorený objímkou, ozubeným hrebeňom, tyčami, záchytným a západkou. Záchytný vytvára ukončenie hrebeňového uzla a slúži na prepojenie s vloženou tyčou. Záchytný má možnosť osového posunu vzhľadom k hrebeňu pre vymedzenie úchylov dĺžok jednotlivých častí pohonu HRK a kanála reaktora. Tyč so západkou slúži na spájanie a rozpájanie pohonu s vloženou tyčou.

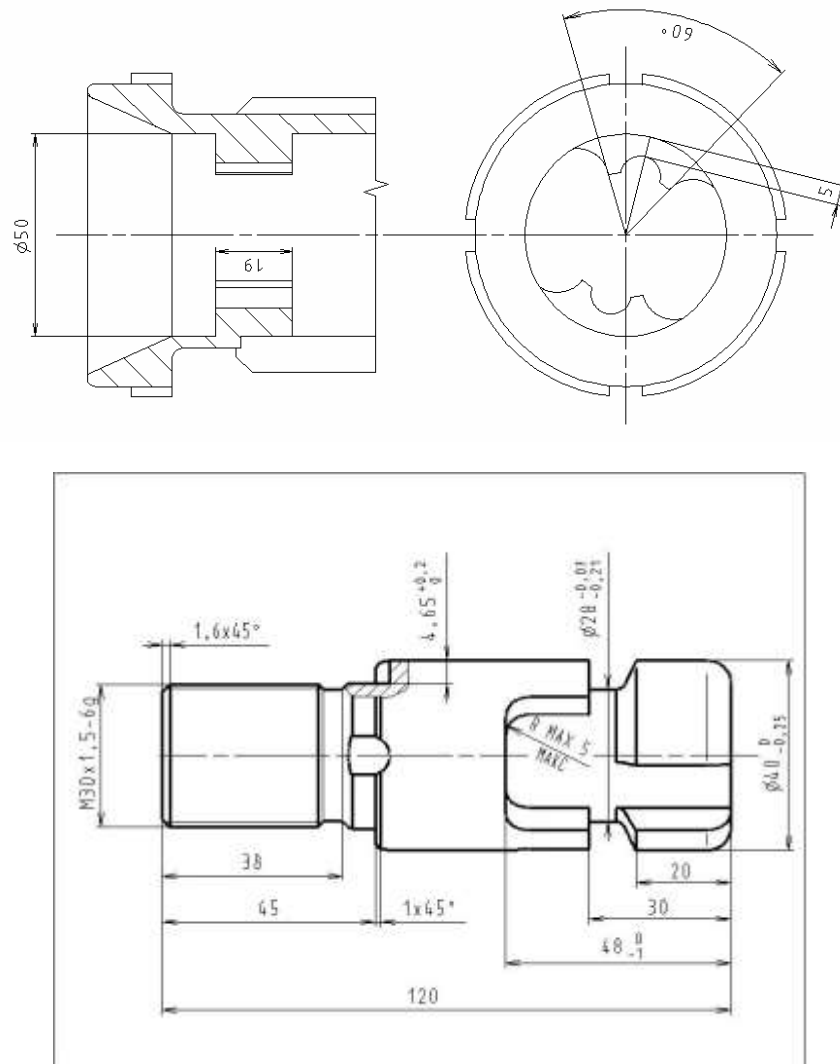
6.Chladič - slúži na zabezpečenie požadovaných tepelných podmienok pre prácu pohonu v hermetickom puzdre veka reaktora. Je tvorený rúrkami a chladiacim hadom. Rúrky sú privarené k nátrubkom elektromotora, cez ktoré vstupuje chladiaca voda do jednej zo skrutkovitých drážok statora elektromotora, prechádza chladičom a vracia sa druhou skrutkovitou drážkou do výstupu z pohonu HRK.

7.Hydraulická zarážka - bráni vysunutiu hrebeňa s kazetou HRK v prípade porušenia hermetickosti priestoru, tvoreného puzdrom veka reaktora a pohonom. Hlavnou časťou zarážky je piest s tesniacimi krúžkami a guľkami. V prípade, že dôjde k porušeniu hermetickosti uvedeného priestoru, vznikne tlakový spád, pôsobením ktorého sa piest (držaný za normálnych pracovných podmienok v dolnej polohe pružinou) začne posúvať nahor, guľkami zaklinuje hrebeňovú tyč v puzdre a znemožní jej pohyb ďalej nahor. Odklinovanie sa vykoná pohybom hrebeňa smerom nadol.

6.1.2.1.6 Vložená tyč

Vložená tyč (VT) je určená pre spojenie pohonu s kazetou HRK. Jedná sa o skrutkovanú a zváranú konštrukciu. Hornú časť vlozenej tyče tvorí plášť s tromi perami. K vnútrajšku plášťa je tromi privarenými rebrami pripojený prechodový diel. Prechodovým dielom prechádza posuvne uložené tiahlo, ktorého zdvih je obmedzený oválnymi drážkami, a ktoré je tlakom pružiny držané v spodnej polohe. Tiahlo je pevne spojené s puzdrom, posuvne uloženým na prechodovom diele. Do prechodového dielu je naskrutkovaný a zaistený v určenej polohe úchyt (horný zámok) bajonetového spoja vlozenej tyče s hrebeňovou tyčou pohonu HRK. Spodnú časť vlozenej tyče tvorí rúrka $\varnothing 40 \times 5$, na ktorej konci je naskrutkovaný a zaistený záchytný s drážkami (spodný zámok), pre zavesenie kazety HRK. Vnútrajškom rúrky prechádza tiahlo zakončené západkou s trojhrianným profilom.

Obrázok 6.1.2-5 Úchyt vloženej tyče



Pokračovanie 1 Obrázku 6.1.2-6 Vložená tyč

SPECIFIKACE/SPECIFICATION		
Pos./Poz.	NAME / NÁZEV	MATERIÁL/MATERIAL
1	FIXTURE/ÚCHYT	14CH17N2
2	MODERNIZE HANDHOLD/MODERNIZOVANÝ ZÁCHYT	14CH17N2
3	DRAW BAR PIN/ČEP TÁHLA	08CH18N10T
4	SELF-LOCKING BOLT/POJISTNÝ ŠROUB	08CH18N10T
5	SPRING/PRUŽINA	CHN77TJUR
6	PEG CASE/ČEP POUZDRA	08CH18N10T
7	PULL/TÁHLŮ	08CH18N10T
8	OUTER CASE/VNĚJŠÍ POUZDRO	08CH18N10T
9	TRANSITION PIECE/PŘECHODOVÝ KUS	08CH18N10T
10	INNER TUBE/VNITŘNÍ TRUBKA	08CH18N10T
11	CASE/POUZDRO	08CH18N10T
12	GROOVE/PERO	08CH18N10T
13	BED/PODLOŽKA	08CH18N10T

Tabuľka 6.1.2-1 Hlavné rozmery VRČ

VRČ	Maximálny priemer [mm]	Maximálna výška [mm]	Maximálna hrúbka steny [mm]	Materiál	Hmotnosť [kg]
ŠR	3366	8122	80	08Ch18N10T	37900
DŠR	3065	4185	52,5	08Ch18N10T	30795
KAZ	3080	3930	40	08Ch18N10T	22000
BOR	3190	6685	30	08Ch18N10T	35200

6.1.2.2 Metodika výpočtu pevnosti VRČ

Pre výpočet pevnosti VRČ bol urobený trojrozmerný priestorový model, ktorý okrem VRČ obsahoval aj TNR vrátane návaru, veko reaktora, svorníky a nátrubky. Na výpočty nestacionárnej teplotnej analýzy, pevnostný výpočet, ako aj seizmický výpočet, bol použitý programový systém **ABAQUS 6.9.3** aplikujúci metódu konečných prvkov (MKP).

Pre vyhodnotenie pevnosti a nízkocyklovej únavy boli vo výpočtovom modeli vo vybratých miestach definované rezy a body. Hodnoty vypočítaných napätí boli použité pri hodnotení pevnosti a únavovej životnosti podľa [II.1] a [II.2]. Hodnotenie nízkocyklovej únavy bolo urobené výpočtovým programom STATES.

6.1.2.2.1 Použité programové prostriedky

Programové prostriedky použité vo výpočtoch pevnosti VRČ sú na súpise autorizovaného SW.

ABAQUS

Programový systém ABAQUS bol vytvorený firmou SIMULIA, ktorej vlastníkom je korporácia Dassault Systemes a je určený pre numerickú analýzu mechanických konštrukcií. Programový systém umožňuje tvorbu modelov konštrukcií a ich následnú analýzu metódou konečných prvkov (MKP). Najprv je vytvorený geometrický model a jednotlivé geometrické útvary sa vyplnia zvoleným typom elementov. Tak dôjde k vytvoreniu tzv. siete MKP. Okrem skupiny elementov je každému elementu priradená množina reálnych konštánt a materiálových vlastností. Nakoniec sa elementom alebo uzlom siete priradia okrajové podmienky a definuje sa zaťaženie a typ úlohy. Riešenie takto vzniknutého výpočtového modelu vedie na sústavu lineárnych algebraických rovníc, ktorá je riešená obvyklými postupmi. Výsledné vektory (napr. teploty, deformácie, napätia v konštrukcii) sa dajú zobrazit' formou izočiar, vektorov alebo farebných izoplôch. Príslušné hodnoty je možno odčítať z farebnej stupnice s číselnými hodnotami. Je možno zobrazovať čiarové i rovinné rezy konštrukcií.

Program umožňuje riešiť stacionárne i nestacionárne a nelineárne úlohy. Nestacionárne úlohy zahrnujú prípady, kedy materiálové vlastnosti a okrajové podmienky sú časovo závislé. Ďalej môže byť zahrnutá nelinearita geometrická, (napr. riešenie kontaktného problému, stability apod.). Je možno uvažovať i nelinearitu teplotnú, kedy materiálové a okrajové podmienky sú teplotne závislé.

Výpočtový systém bol hodnotený podľa Smernice VDS 030, vydanej SÚJB ČR pre účely hodnotenia výpočtových programov. Program bol posúdený Odbornou hodnotiacou komisiou č. 5 SÚJB pre pevnostné výpočty komponent a potrubných systémov ako vhodný k vytváraniu podkladov pre bezpečnostnú dokumentáciu (č. 527). Je prevádzkovaný a udržiavaný v súlade s ustanoveniami riadiacich postupov pre zaistenie kvality ŠKODA JS a.s. ISO 9001:2000, Software-tvorba a overovanie, Návodka NR03.

STATES

Pre hodnotenie výsledkov výstupov z programu ABAQUS bol použitý programový systém STATES, ktorý bol vytvorený v Ústave aplikovanej mechaniky Brno. Program slúži pre posudzovanie tlakových nádob a ocelových konštrukcií pri statickom (monotónnom) zaťažení (STATESM) i na únavu v etape iniciácie defektu (výpočet únavového poškodenia – STATESF). Metodika zapracovaná v programe je v súlade s normou [II.1].

Vstupom do programu STATES sú výsledné napätia a teploty z programu ABAQUS pre jednotlivé zaťažovacie režimy. Posudzovanie na statickú pevnosť sa deje po rezoch. Pre únavový výpočet je treba

zadať súpis sledu zaťažovacích blokov vrátane počtu opakovaní a ďalšie nutné špecifikácie. Výstupom sú hodnoty únavového poškodenia pre jednotlivé zaťažovacie bloky vrátane celkového únavového poškodenia.

Program bol hodnotený podľa Smernice VDS 030, vydanéj SÚJB-ČR pre účely hodnotenia výpočtových programov. Program bol posúdený Odbornou hodnotiacou komisiou č. 5 SÚJB pre pevnostné výpočty komponent a potrubných systémov ako vhodný k vytváraniu podkladov pre bezpečnostnú dokumentáciu (č. 504). Je prevádzkovaný a udržiavaný v súlade s ustanoveniami riadiacich postupov pre zaistenie kvality ŠKODA JS a.s. ISO 9001:2000, Software-tvorba a overovanie, Návodka NR03.

6.1.2.2.2 Materiálové charakteristiky

Všetky VRČ (šachta reaktora, dno šachty reaktora, kôš aktívnej zóny, blok ochranných rúr) sú vyrobené z titanom stabilizovanej austenitickej nehrdzavejúcej ocele 08CH18N10T podľa normy GOST 5632-72 (podľa ASTM A240 je ekvivalent oceli 321). Oceľ je ekvivalentná oceli 17247.4 podľa STN 417247 (Slovenská technická norma). Podrobnejší popis chemického zloženia, mechanických vlastností, prídavných materiálov zvarovania je uvedený v príslušnom dokumente.

Tabuľka 6.1.2-2 Chemické zloženie ocele 08Ch18N10T

Polotovary	Obsah prvkov v %									
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	Co	N	S	P
Výkovky plechy, tyče	max.	max.	1,00-	17,0-	9,0-	5x%C-	max.	max.	max.	max.
	0,08	0,80	2,00	19,0	11,0	0,60	0,050	0,050	0,020	0,035
Rúrky	max.	max.	max.	17,0-	9,0-	5x%C-	max.	max.	max.	max.
	0,08	0,80	1,50	19,0	11,0	0,60	0,050	0,050	0,020	0,035

Tabuľka 6.1.2-3 Mechanické vlastnosti materiálov

Materiál	T = 20°C			T = 125°C		T = 350°C		
	R _m	R _{p0,2}	Z	R _m	R _{p0,2}	R _m	R _{p0,2}	Z
	[MPa]		[%]	[MPa]		[MPa]		[%]
08CH18N10T	490,0	196,0	50,0	446,5	189,8	353,0	177,0	45,0
EA-400/10T	539,0	343,0	30,0	504,6	311,8	431,0	245,0	–
CHN35VT-VD	834,0	490,0	40,0	–	474,4	–	441,0	–
14CH17N2	687,0	540,0	40,0	661,9	530,5	608,0	510,0	34,0

Tabuľka 6.1.2-4 Fyzikálne vlastnosti materiálov

Materiál	T	E . 10 ⁻³	ν	α . 10 ⁵	λ	c	ρ
	[°C]	[MPa]	[-]	[K ⁻¹]	[Wm ⁻¹ K ⁻¹]	[Jkg ⁻¹ K ⁻¹]	[kgm ⁻³]
08CH18N10T	20	201,0	0,3	1,660	15,07	461	7 900
	100	198,1	0,3	1,693	16,33	494	
	200	193,2	0,3	1,720	17,58	515	
	300	186,3	0,3	1,750	18,84	536	
Zvarový materiál EA-400/10T	20	194,0	0,3	–	40,20/15,07	499/461	7 800/ 7 900
	100	184,0	0,3	1,500	39,80/16,33	499/494	
	200	178,0	0,3	1,640	38,80/17,58	506/515	
	300	170,5	0,3	1,680	37,90/18,84	549/536	

Tabuľka 6.1.2-5 VRČ EMO 3.blok - Materiálové vlastnosti ocele 08CH18N10T (z pasportov [I.2]- [I.5])

EMO - 3. blok									
08Ch18N10T		Teplota 20°C				Teplota 325°C			
		R _m	R _p ⁰²	E	ρ	R _m	R _p ⁰²	E	ρ
VRČ	Polotovár *	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[kg/m ³]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[kg/m ³]
Šachta reaktora	Prstenec 1	544	239	201000	7900	372	168	186000	7800
	Prstenec 2	518	234	201000	7900	390	180	186000	7800
	Prstenec 3	553	260	201000	7900	392	209	186000	7800
	Prstenec 4	535	219	201000	7900	371	166	186000	7800
	Prstenec 5	561	270	201000	7900	399	183	186000	7800
	Prstenec 6	545	237	201000	7900	377	173	186000	7800
Dno šachty reaktora	Prstenec 1	550	223	201000	7900	386	171	186000	7800
	Prstenec 2	559	226	201000	7900	387	177	186000	7800
	Prstenec 3	569	275	201000	7900	392	201	186000	7800
	Dno	535	236	201000	7900	373	163	186000	7800
	Mreža horná	565	283	201000	7900	404	236	186000	7800
	Mreža dolná	538	266	201000	7900	382	206	186000	7800
	Rúrky	541	288	201000	7900	358	167	186000	7800
KAZ	Prstenec 1	555	232	201000	7900	392	163	186000	7800
	Prstenec 2	545	205	201000	7900	390	196	186000	7800
	Prstenec 3	558	233	201000	7900	381	164	186000	7800
	Prstenec 4	552	236	201000	7900	391	172	186000	7800
	Dno	545	248	201000	7900	358	181	186000	7800
BOR	Horná doska	558	239	201000	7900	377	171	186000	7800
	Dolná doska	532	241	201000	7900	377	180	186000	7800
	Plášť	594	251	201000	7900	410	180	186000	7800
	Rúrky	546	-	201000	7900	358	185	186000	7800

* polotovár na výrobu príslušného dielu VRČ

Tabuľka 6.1.2-6 VRČ EMO 4.blok - Materiálové vlastnosti ocele 08CH18N10T (z pasportov [I.6]-[I.9])

EMO – 4. blok									
08Ch18N10T		Teplota 20°C				Teplota 325°C			
		R _m	R _p ⁰²	E	ρ	R _m	R _p ⁰²	E	ρ
VRČ	Polotovár *	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[kg/m ³]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[kg/m ³]
Šachta reaktora	Prstenec 1	538	232	201000	7900	368	166	186000	7800
	Prstenec 2	558	255	201000	7900	392	183	186000	7800
	Prstenec 3	557	242	201000	7900	380	182	186000	7800
	Prstenec 4	556	239	201000	7900	388	187	186000	7800
	Prstenec 5	557	237	201000	7900	394	176	186000	7800
	Prstenec 6	535	223	201000	7900	378	159	186000	7800
Dno šachty reaktora	Prstenec 1	559	275	201000	7900	399	184	186000	7800
	Prstenec 2	555	261	201000	7900	358	185	186000	7800
	Prstenec 3	563	234	201000	7900	382	172	186000	7800
	Dno	538	265	201000	7900	369	214	186000	7800
	Mreža horná	540	273	201000	7900	380	218	186000	7800
	Mreža dolná	536	246	201000	7900	401	194	186000	7800
	Rúrky	554	221	201000	7900	358	175	186000	7800
KAZ	Prstenec 1	565	209	201000	7900	390	160	186000	7800
	Prstenec 2	563	234	201000	7900	388	173	186000	7800
	Prstenec 3	572	214	201000	7900	392	164	186000	7800
	Prstenec 4	564	229	201000	7900	390	158	186000	7800
	Dno	529	222	201000	7900	373	187	186000	7800
BOR	Horná doska	560	266	201000	7900	387	191	186000	7800
	Dolná doska	547	242	201000	7900	390	186	186000	7800
	Plášť	599	346	201000	7900	420	292	186000	7800
	Rúrky	541	-	201000	7900	358	172	186000	7800

- polotovár na výrobu príslušného dielu VRČ

6.1.2.2.3 Okrajové podmienky teplotných výpočtov

Pre teplotný výpočet VRČ boli uvažované okrajové podmienky 3. druhu premenné v čase, ktoré popisujú prestup tepla medzi chladivom a povrchmi VRČ obtekanými primárnym chladivom. Jednotlivé okrajové podmienky a im odpovedajúce parametre (hodnoty súčiniteľa prestupu tepla a teplota okolia t.j. teplota primárneho chladiwa) sú v nasledujúcej tabuľke.

Výpočtový model uvažoval aj vývin tepla v materiáli šachty v úseku ohraničenom úrovňou dolného a horného okraja aktívnej zóny.

Maximálna hodnota vývinu tepla bola uvažovaná v úrovni stredu aktívnej zóny:

$$q_0 = 0,61 \cdot 10^6 \text{ [Wm}^{-3}\text{]}$$

Po výške aktívnej zóny bol predpokladaný sínusový priebeh rozloženia vývinu tepla:

$$q_v(y) = q_0 \cdot \sin\left(\pi \frac{y - Y_1}{Y_2 - Y_1}\right)$$

Y_1 – výšková súradnica dolného okraja AZ

Y_2 – výšková súradnica horného okraja AZ

Vývin tepla v príslušnej oblasti šachty a v čase t sa rovná súčinu: $q_v(y, t) = q_v(y) \cdot qt$

kde qt je súčiniteľ rovný 1, ak je reaktor na výkone 100%

Tabuľka 6.1.2-7 Parametre okrajových podmienok VRČ

Úsek	Súčiniteľ prestupu tepla [Wm ⁻² K ⁻¹]	Teplota okolia [°C]
vnútorný povrch TNR pod URP vonkajší povrch šachty pod URP vonkajší povrch šachty pod dosadnutím dna šachty	2400	T_1
vnútorný povrch šachty nad dosadnutím dna šachty a pod AZ	1350	T_1
vnútorný povrch šachty v oblasti AZ	1350	▪ úroveň spodného okraja AZ: T_1 ▪ úroveň horného okraja AZ: $\frac{1}{2}(T_1 + T_2)$ ▪ medziľahlé hodnoty: lineárna interpolácia
vnútorný povrch šachty nad AZ a pod horným okrajom KAZ	1350	$\frac{1}{2}(T_1 + T_2)$
vnútorný povrch šachty nad KAZ vonkajší povrch šachty nad URP vnútorný povrch TNR nad URP	2400	T_2

Poznámka: T_1 – teplota chladiwa na vstupe do TNR
 T_2 – teplota chladiwa na výstupe z TNR

6.1.2.2.4 Silové zaťaženie

Silové zaťaženia pôsobiace na šachtu reaktora v smere osi reaktora boli uvažované nasledovné:

$Q_K = 208\,900\text{ N}$	tiaž koša aktívnej zóny
$Q_{DNV} = 304\,000\text{ N}$	tiaž dna šachty
$Q_{PK} = 642\,500\text{ N}$	tiaž pracovných kaziet
$Q_{BOT} = 345\,200\text{ N}$	tiaž bloku ochranných rúr
$Q_{PR} = 730\,600\text{ N}$	silá prítlačných pružín
$Q_{PRK} = 94\,700\text{ N}$	silá pružín pracovných kaziet

Výsledná statická osová sila pôsobiaca na šachtu:

$$Q_{\Sigma} = Q_K + Q_{DNV} + Q_{PK} + Q_{BOT} + Q_{PR} + Q_{PRK} = 2\,325\,900\text{ N}$$

V okamihu pádu kazety HRK (projektové režimy 3.1, 3.3.1 a 3.3.2) pôsobí na uzol uloženia dna šachty ešte osová sila:

$$Q_{H1} = k_d \cdot n \cdot G_k = 18 \cdot 37 \cdot 9,81 \cdot 330 = 2\,156\,042\text{ N}$$

kde

$k_d = 18$ – dynamický súčiniteľ

$n = 37$ – počet kaziet HRK

$G_k = 330\text{ kg}$ – hmotnosť kazety HRK s tyčou

Po odznení dynamického účinku pádu kaziet HRK s tyčami pôsobí na uzol uloženia dna šachty okrem Q_{Σ} , tiež sila:

$$Q_{H2} = n \cdot G_k = 37 \cdot 9,81 \cdot 330 = 119\,780\text{ N}$$

Osová sila Q_1 pôsobiaca na šachtu reaktora v mieste uloženia dna šachty je potom pre jednotlivé výpočtové stavy určená kombináciou Q_{Σ} , Q_{H1} , Q_{H2} .

Prítlačná sila od pružných rúrkových elementov Q_2 pôsobiaca na uzol príruby šachty je:

$$Q_2 = 7,02 \cdot 10^6\text{ N}$$

Výpočtový model je potom zaťažený odpovedajúcim tlakom:

- v mieste uloženia dna šachty

$$p_{21} = \frac{Q_1}{\pi (R_{n1}^2 - R_{v1}^2)} = \frac{Q_1}{\pi (1\,532,5^2 - 1\,507,5^2)} = 4,1883 \cdot 10^{-6} \cdot Q_1 \text{ [MPa]}$$

- v mieste príruby šachty

$$p_{22} = \frac{Q_2}{\pi (R_{n2}^2 - R_{v2}^2)} = \frac{Q_2}{\pi (1\,683^2 - 1\,600^2)} = 1,1682 \cdot 10^{-6} \cdot Q_2 \text{ [MPa]}$$

6.1.2.2.5 Výpočet napätí

Teplotné pole v zadaných zaťažovacích režimoch bolo získané riešením úlohy prenosu tepla vedením. Následne boli vo vybraných časových okamihoch vypočítané polia napätia a deformácie. Výstup obsahuje celkové kombinované napätie v danom bode. Toto napätie musí byť potom rozdelené na zložky membránového, ohybového a špičkového napätia. V najviac namáhaných oblastiach boli vyhodnotené skupiny kategórií napätí a hodnoty súčtového únavového poškodenia v danom výpočtovom bode, spôsobené radom po sebe idúcich napäťových cyklov.

6.1.2.2.6 Popis skupín kategórií napätí, limitné hodnoty napätí

Pre posúdenie pevnosti konštrukcie sa redukované napätie, vypočítané podľa hypotézy maximálnych šmykových napätí (Tresca), rozdeľujú do kategórií. Jednotlivé kategórie napätí sa združujú do 4 skupín kategórií, ktoré sa porovnávajú s odpovedajúcimi limitnými hodnotami napätí. Jednotlivé skupiny kategórií napätí sú v súlade s [II.1] a [II.2] definované nasledovne:

- $(\sigma)_1$ Celkové membránové napätie od mechanických zaťažení
- $(\sigma)_2$ Celkové alebo miestne membránové a celkové ohybové napätia od mechanických zaťažení
- $(\sigma)_{RV}$ Rozkmit celkových alebo miestnych membránových, celkových a miestnych ohybových a celkových teplotných napätí
- $(\sigma_{aF})_V$ Amplitúda celkových alebo miestnych membránových, celkových a miestnych ohybových, celkových a miestnych teplotných a miestnych napätí v zónach koncentrácie. Posudzovanou hodnotou je súčtové únavové poškodenie D.

Pre spojovacie časti (skrutky) sa uvažujú nasledujúce skupiny kategórií napätí:

- $(\sigma)_{1w}$ Priemerné napätie po priereze skrutky od utiahnutia a od zaťaženia mechanického pôvodu
- $(\sigma)_{3w}$ Ťahové napätie priemerné po priereze skrutky od utiahnutia a od zaťaženia mechanického a teplotného pôvodu
- $(\sigma)_{4w}$ Redukované napätie určené zo súčtu zložiek ťahových a ohybových napätí a zo zložiek šmykových napätí od krútenia v priereze skrutky, a to od zaťaženia mechanického pôvodu vrátane predpätia skrutky a od zaťaženia teplotného pôvodu
- $(\sigma_{aF})_w$ Amplitúda redukovaného zmluvného napätia v skrutke. Posudzovanou hodnotou je súčtové únavové poškodenie D.

Menovité dovolené napätie sa pre jadrové zariadenia okrem skrutiek určí podľa [II.1]:

$$[\sigma] = \min \{ R_m^T / n_m ; R_{p0,2}^T / n_{0,2} \}$$

kde

$n_m = 2,6$ – súčiniteľ bezpečnosti k medzi pevnosti

$n_{0,2} = 1,5$ – súčiniteľ bezpečnosti k medzi klzu

Menovité dovolené napätie pre skrutky sa určí ako:

$$[\sigma]_w = R_{p0,2}^T / n_{0,2}$$

kde

$n_{0,2} = 2$ – súčiniteľ bezpečnosti k medzi klzu

Stredné napätie na otláčenie nesmie prevýšiť hodnotu $1,5 R_{p0,2}^T$.

Stredné šmykové napätie, vyvolané účinkom mechanických zaťažení $\tau(p)$, nesmie prevýšiť hodnotu $0,5 [\sigma]$, v závitoch $0,25 R_{p0,2}^T$.

Stredné šmykové napätie vyvolané účinkom mechanických zaťažení a s uvažovaním teplotných účinkov $\tau(p+T)$ nesmie byť vyššie než 0,65 $[\sigma]$, v závitoch $0,32 R_{p0,2}^T$.

Z hľadiska prevádzky reaktorového zariadenia sa výpočtové režimy vyskytujú pri:

- Tlakové skúšky (TS)
- Normálnych podmienkach prevádzky (NPP)
- Porušení normálnych podmienok prevádzky (PNPP)
- Havarijných podmienkach (HP) – LOCA havárii

Napätia pre jednotlivé prevádzkové podmienky nemôžu pre uzly reaktora v súlade s [II.1] prekročiť limity dovolených napätí. Limitnou hodnotou skupiny kategórií napätí $(\sigma_{aF})_V$ je podľa [II.1] definované súčtové únavové poškodenie.

Napätie pre jednotlivé prevádzkové podmienky nesmie pre spojovacie časti v súlade s [II.1] prekročiť limity dovolených napätí.

Seizmické zaťaženie bolo posudzované pre prípad kombinácií zaťaženia pri:

- NPP + MVZ
- PNPP + MVZ
- NPP + PZ
- PNPP + PZ

Redukované napätia nemôžu v danej skupine kategórií napätí pre seizmickú kategóriu 1 prekročiť limity.

Kombinácia projektových režimov MVZ + LOCA sa neuvažuje z dôvodu aplikácie prístupu LBB v súlade s príslušnými požiadavkami.

6.1.2.2.7 Únavové poškodenie

Únavové poškodenie spôsobené cyklickým namáhaním je kumulatívne a sumácia tohto poškodenia počas životnosti nesmie prekročiť 1. Únavové poškodenie je definované faktorom poškodenia. Čiastkový faktor poškodenia sa získa pomerom $N_i/[N]_i$. Kumulatívny faktor poškodenia D , známy ako Palmgren-Miner lineárna hypotéza poškodenia, sa získa ako sčítanie pomerov čiastkových faktorov poškodenia:

$$D = \sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^k \frac{N_i}{[N]_i} \right)_j, [-]$$

kde

- N_i – počet opakovaní i-teho cyklu napätia v j-tom zaťažovacom bloku
 $[N]_i$ – najmenší dovolený počet opakovaní i-teho cyklu napätia
 k – celkový počet cyklov napätia v zaťažovacom bloku
 n – celkový počet zaťažovacích blokov.

Únavová životnosť sa považuje za vyhovujúcu, ak je splnená podmienka:

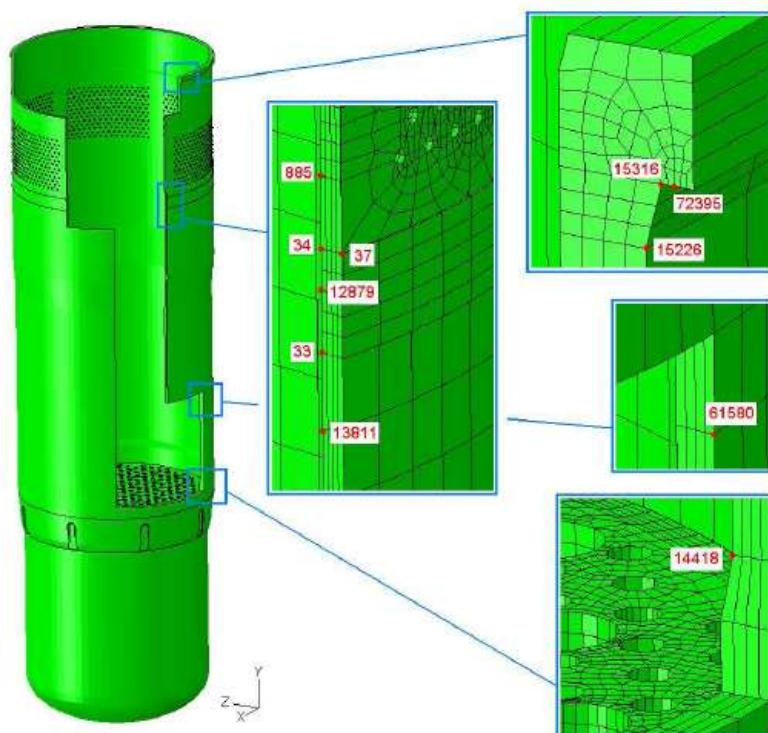
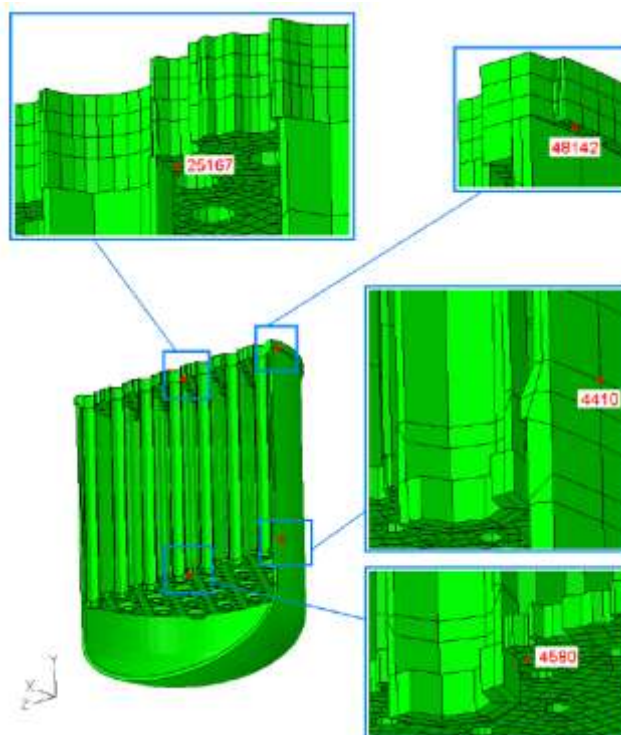
$$D \leq 1$$

Vstupné parametre výpočtu:

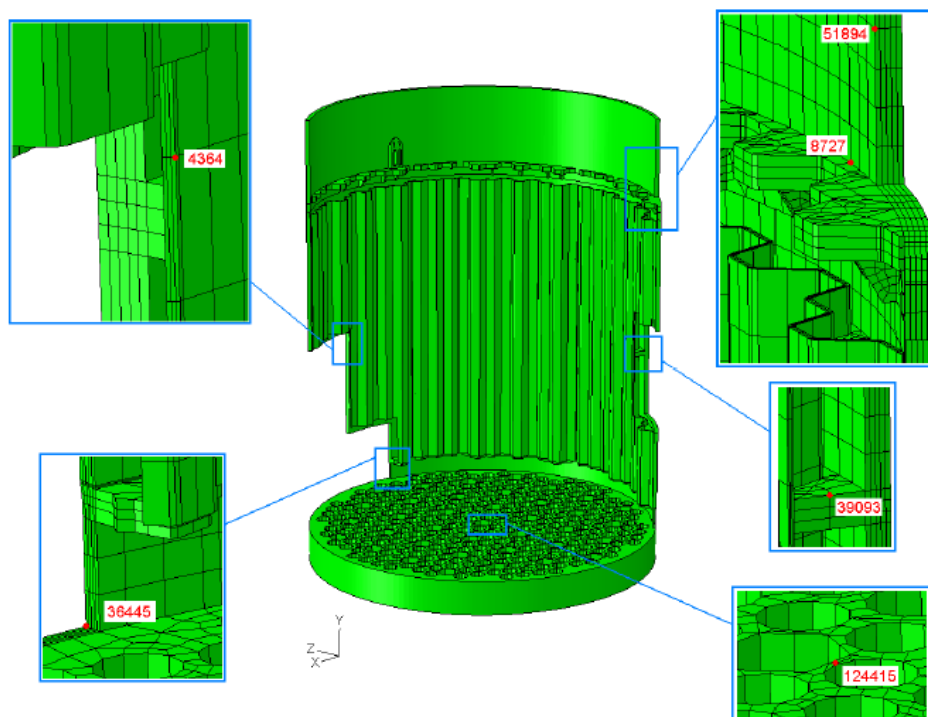
- teória pevnosti - max. šmykových napätí
- koncepcia výpočtu pružne plastickej deformácie - Neuberova teória
- závislosť napätia na deformácii – so spevnením
- krivka nízkocyklovej životnosti - typ Langer
- súčiniteľ bezpečnosti n_{σ} - 2,00 (u skrutiek 1,5)
- súčiniteľ bezpečnosti n_N - 10,0 (u skrutiek 3)

Základom vstupných dát výpočtu únavového poškodenia sú zaťažovacie bloky cyklických zaťažení, ktoré popisujú históriu zaťažovania výpočtových uzlov za sledované obdobie. Zaťažovacie bloky sú tvorené postupnosťou poradových čísel výpočtových stavov, zostavovanou na základe radenia výpočtových režimov.

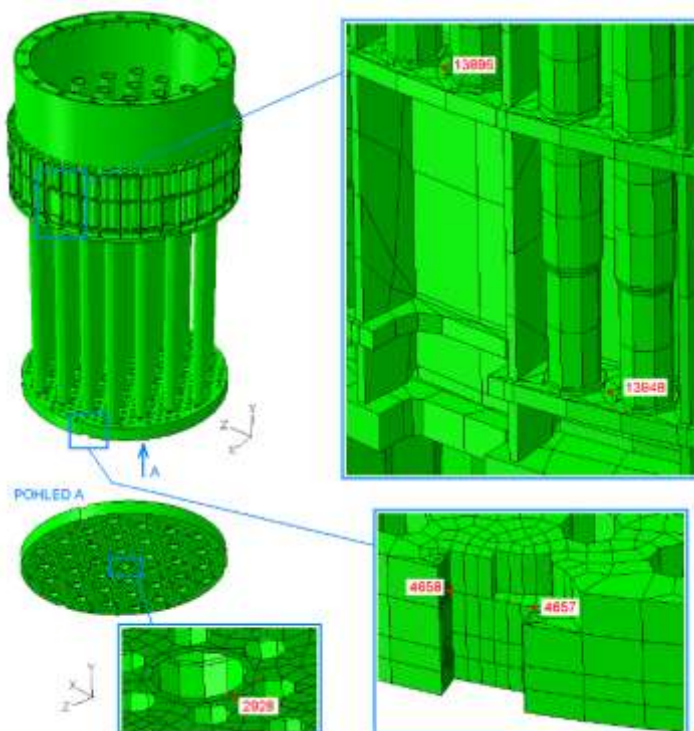
Nízkocyklová únava VRČ sa vyhodnocovala iba vo vybratých bodoch znázornených pre ŠR, DŠR, KAZ a BOR na **Obrázok 6.1.2-7** až **Obrázok 6.1.2-10**.

Obrázok 6.1.2-7 Výpočtové body ŠR vybrané pre kontrolu únavovej životnosti**Obrázok 6.1.2-8 Výpočtové body DŠR vybrané pre kontrolu únavovej životnosti**

Obrázok 6.1.2-9 Výpočtové body KAZ vybrané pre kontrolu únavovej životnosti



Obrázok 6.1.2-10 Výpočtové body BOR vybrané pre kontrolu únavovej životnosti



6.1.2.2.8 Projektové režimy

Podkladom výpočtov boli projektové režimy a ich postupnosti zostavené do zaťažovacích blokov, definované v projektovej dokumentácii.

Z hľadiska výpočtov VČR sú projektové režimy popísané časovým priebehom tlaku primárneho chladiva a teploty primárneho chladiva na vstupe a výstupe z reaktora. Spolu s vývinom tepla sú časové priebehy teplôt vstupnými hodnotami pre výpočty teplotných polí v jednotlivých komponentoch.

Popis prechodového javu, definovaný časovými priebehmi termodynamických parametrov primárneho chladiva reaktorového bloku, je ďalej nazývaný výpočtovým režimom. Výpočtové režimy rozdeľujú podľa prevádzkových podmienok na režimy, ktoré sa vyskytujú pri tlakovej skúške (TS), normálnych podmienkach prevádzky (NPP), porušenie normálnych podmienok prevádzky (PNPP) a havarijných podmienkach (HP) – LOCA havárii.

Súhrn zaťažovacích parametrov a odozvy konštrukcie (teplotné, deformačné a napäťové) v určitom časovom okamžiku výpočtového režimu je nazývaný výpočtový (zaťažovací) stav. Najmenej priaznivé teplotné polia sú zobraté ako zaťažovacie stavy pre pevnostné výpočty spolu s rozložením tlaku chladiva po povrchu týchto častí.

Pevnostné výpočty boli urobené pre nasledujúce projektové režimy.

- Zariadenie vychladené, roztesnené (stacionárny režim)
- Zariadenie utesnené a naplnené (stacionárny režim)
- „Horúci“ stav (stacionárny režim)
- Stacionárny režim pri výpočtovom tlaku a pracovných teplotách
- Normálny nábeh zo „studeného“ stavu
- Normálny nábeh zo „studeného“ stavu s tesnostnou tlakovou skúškou
- Normálny nábeh zo „studeného“ stavu s pevnostnou tlakovou skúškou
- Normálny nábeh zo „studeného“ stavu s pevnostnou tlakovou skúškou pri uvádzaní JE do prevádzky
- Nábeh z „polohorúceho“ stavu
- Normálne (plánované) odstavenie s dochladzovaním do „studeného“ stavu
- Normálne (plánované) odstavení s dochladzovaním do „polohorúceho“ stavu
- Havarijné odstavenie (chybná činnosť OR)
- Nábeh z „horúceho“ stavu po havarijnom odstavení
- Plné odľahčenie zaťaženia (zo 100% na výkon vlastnej spotreby na 10%) a následný nábeh z úrovne výkonu vlastnej spotreby na výkon 100%, plynulá zmena
- Plné odľahčenie zaťaženia (zo 100% na výkon vlastnej spotreby na 10%) a následný nábeh z úrovne výkonu vlastnej spotreby na výkon 100%, skoková zmena
- Stupňovité zníženie zaťaženia zo 100% na 50% menovitého výkonu a následné zvýšenie zaťaženia z 50% na 100% menovitého výkonu, plynulá zmena
- Stupňovité zníženie zaťaženia zo 100% na 50% menovitého výkonu a následné zvýšenie zaťaženia z 50% na 100% menovitého výkonu, skoková zmena
- Skokové zníženie zaťaženia a následné skokové zvýšenie zaťaženia v rozsahu 10-20% $N_{nom.}$, s rýchlosťou nad 3% $N_{nom.}/min$
- Odpojenie hlavného cirkulačného čerpadla s následným nábehom
- Previerka správnej činnosti poisťovacích ventilov parogenerátora pri spustení bloku
- Úplné vysušenie sekundárneho okruhu jedného PG bez zníženia tlaku zo strany sekundárneho okruhu
- Zadrenie (rýchle zastavenie) hlavného cirkulačného čerpadla
- Úplný výpadok prúdu jadrovej elektrárne
- Roztrhnutie parovodu
- Roztrhnutie potrubí napájacej vody

- Neuzatvorenie poisťovacích ventilov parogenerátora
- Roztrhnutie potrubí primárneho okruhu DN 500
- Roztrhnutie potrubí primárneho okruhu DN 250, DN 200, DN 135 a menší než DN 90
- Roztrhnutie potrubí primárneho okruhu – roztrhnutie teplovýmennej rúrky v parogenerátore

6.1.2.2.9 Zaťažovacie bloky

Hodnotenie pevnosti a životnosti uzlov VRČ bolo urobené pre projektové režimy a zaťažovacie bloky. Radenie projektových režimov v zaťažovacích blokoch je podrobne popísané v príslušnom dokumente. V radení režimov v zaťažovacích blokoch bola urobená substitúcia všetkých projektových režimov 8 náhradnými, ktoré boli reprezentované 36 výpočtovými stavmi a zlúčením príslušných zaťažovacích blokov.

6.1.2.2.10 Seizmický výpočet

Pre seizmické výpočty bola použitá metóda spektra odozvy alebo (v prípade, kedy vzhľadom k účinkom by metóda spektra odozvy bola príliš konzervatívna) bola aplikovaná metóda TMDA (Transient Modal Dynamic Analysis), u ktorej je odozva konštrukcie na seizmické zaťaženie riešená integráciou pohybových rovníc v čase.

Metódou TMDA je formou časovej funkcie riešená odozva výpočtového modelu na časový priebeh zaťaženia. Základom pre riešenie odozvy konštrukcie je transformácia do modálnych súradníc s využitím sady vybraných vlastných tvarov (módov) systému, učených procedúrou na výpočet vlastných frekvencií. Aby mohla byť dynamická odozva odpovedajúcim spôsobom modelovaná, musí sa na základe úsudku riešiteľa zvoliť dostatočný počet módov.

Ďalej potom je urobená integrácia časových priebehov amplitúd modálnych súradníc. Výsledná odozva je získaná zlúčením týchto modálnych odoziev. Metóda TMDS je pre lineárne modely podstatne menej výpočtovo náročná než priama integrácia celej sústavy rovníc.

Pokiaľ je model lineárny a pokiaľ je reprezentovaný dostatočným počtom použitých módov (ktoré spravidla tvoria iba veľmi malú podmnožinu všetkých módov modelu vytvoreného metódou konečných prvkov), je metóda TMDA veľmi presná. Dôvodom je presná integrácia v prípade, ak je budiaca funkcia v čase po častiach lineárna. Preto je zaistené, že definícia budiacej funkcie a voľba časového kroku sú vždy konzistentné. Napríklad, ak je budiacou funkciou seizmický záznam, v ktorom sú hodnoty zrýchlenia zaznamenané každú milisekundu, a predpokladá sa, že zrýchlenie sa mení medzi zaznamenanými hodnotami lineárne, časový krok, užitý pre integráciu v metóde TMDA by mal byť 1 milisekunda.

Pri užití metódy TMDA nie je možné priamo predpísať do uzlov modelu nenulové posuvy a rotácie ako okrajové podmienky. V týchto procedúrach musí byť budenie v uzloch zadané použitím tzv. okrajovej podmienky "Base Motion".

Hodnotenie seizmickej odolnosti TNR a VČR bolo urobené v súlade s príslušným dokumentom. Pre vybrané komponenty bola určená hodnota dosiahnutej hraničnej seizmickej odolnosti:

$$HCLPF_{MO34} = F_S \cdot PGA_{SL-2}$$

kde

F_S bezpečnostný koeficient, ktorý odpovedá násobku výslednej seizmickej odozvy určenej pre SL-2 ($PGA = 0,15 \text{ g}$), pri ktorej dôjde k vyčerpaniu rozhodujúceho akceptačného kritéria, použitého pre hodnotenie danej komponenty.

$$F_S = (C - R_{NS})/R_S$$

C kapacita komponenty (dovolené napätie)

RNS výsledná odozva na pôsobiace neseizmické zaťaženie (napr. napätie, posuvy aj.),

RS výsledná odozva na seizmické zaťaženie daná SL-2 (PGA = 0,15 g),

Pre zaručenie seizmickej odolnosti na požadovanej úrovni musí byť splnené:

$$HCLPF_{MO34} \geq 0,15 \text{ g}$$

U seizmického výpočtu metódou spektier odozvy bolo seizmické budenie zadané v troch smeroch (X, Y, Z) spektrami odozvy v mieste uchytenia zariadenia do stavby. Pri modálnej analýze bola rešpektovaná požiadavka zahrnutia takého počtu vlastných tvarov kmitov, aby kumulatívna efektívna kmitajúca hmota bola väčšia než 90%. Výsledné maximá odoziev zariadení sa kombinovali pomocou pravidla SRSS (Square Root of Sum of Squares).

V prípade aplikácie metódy TMDA bolo budenie zadané vo forme syntetických akcelorogramov, vygenerovaných v dĺžke 20s z príslušných spektier odozvy. Pre riešenie bola veľkosť časového kroku zvolená tak, aby bola najviac 1/20 najkratšej periódy vlastných kmitov, ktoré sú pre seizmickú odozvu významné.

V súlade s Metodikou (tlakové nádoby, tlakové rozhranie) boli pre úroveň maximálneho výpočtového zemetrasenia (MVZ) prijaté spektrá pre útlm 3%, pre úroveň projektového zemetrasenia (PZ) spektrá pre útlm 2%. Projektové zemetrasenie sa uvažovalo ako ½ MVZ. Z pomerov pre maximálne hodnoty zrýchlenia odpovedajúcich spektier vyplýva:

$$\text{smer X, frekvencia 5,27 Hz} \quad \frac{0,5 \text{ MVZ}_{2\%}}{\text{MVZ}_{3\%}} = \frac{0,5 \cdot 18,164}{14,994} = 0,61$$

$$\text{smer Y, frekvencia 7,98 Hz} \quad \frac{0,5 \text{ MVZ}_{2\%}}{\text{MVZ}_{3\%}} = \frac{0,5 \cdot 23,044}{18,776} = 0,61$$

$$\text{smer Z, frekvencia 13,33 Hz} \quad \frac{0,5 \text{ MVZ}_{2\%}}{\text{MVZ}_{3\%}} = \frac{0,5 \cdot 9,129}{6,877} = 0,66$$

Vo výpočtoch seizmickej odolnosti pre úroveň PZ bol preto prijatý obecný predpoklad, že zaťaženie pri PZ neprevyšuje 66 % zaťaženia pri MVZ.

6.1.2.2.11 Výsledky výpočtov pevnosti, životnosti a seizmickej odolnosti

Pevnostný rozbor VRČ bol urobený v súlade s podmienkami normy [II.1] ako kontrolný výpočet pevnosti a životnosti uzlov VRČ pre všetky požadované skupiny kategórií napätí.

Hodnoty skupín kategórií napätí $(\sigma)_1$, $(\sigma)_2$ a $(\sigma)_{RV}$ neprevyšujú limitné hodnoty napätí pre žiadnu časť VRČ.

Hodnoty súčtového únavového poškodenia pre vybrané výpočtové body nepresahujú limitnú hodnotu 1 v žiadnej časti VRČ.

Pevnosť a únavová životnosť vloženej tyče reaktora VVER 440 vyhovuje pre projektové režimy požiadavkám normy [II.1].

Detailný popis výsledkov pevnosti, životnosti a seizmickej odolnosti VRČ VVER 440 MO34 je uvedený v príslušných dokumentoch.

6.1.2.3 Monitorovanie a hodnotenie ožiarenia TNR a VRČ

6.1.2.3.1 Radiačné poškodenie

Výraz „**radiačné poškodenie**“ znamená súbor zmien v štruktúre materiálu spôsobených ožiarением.

Pre účinky žiarenia na kovové materiály sú z celého spektra reaktorového žiarenia najvýznamnejšie neutróny, pretože ich hmotnosť i energia je vysoká. Keďže nemajú elektrický náboj, ľahko prenikajú k jadrám atómov. Pri interakcii neutrónu s materiálom, neutrón odovzdá časť svojej energie atómu prostredníctvom elastickej kolízie. Výsledkom tohto procesu je porušenie usporiadania atómov v kryštálovej mriežke kovu.

Najčastejším mikroskopickým prejavom radiačného poškodenia je vyrazenie atómu z uzlového bodu mriežky za vzniku základnej mriežkovej poruchy Frenkelovho páru (vakancia a intersticiál). Najzávažnejším účinkom ožiarenia rýchlymi neutrónmi je však vznik kolíznych kaskád v kryštalickej mriežke. Následkom je vznik mikroskopických oblastí s vysokou koncentráciou bodových defektov. Vakancie sa pri vyšších koncentráciách zhlučujú, kondenzujú a vytvárajú dislokačné slučky alebo aj mikrodutiny.

Tieto mikroskopické procesy ovplyvňované ožarovaním rýchlymi neutrónmi spôsobujú významné zmeny mechanických vlastností konštrukčných materiálov. Hodnoty medze klzu a medze pevnosti v ťahu výrazne narastajú a tvrdosť je väčšia. Neutrónové ožiarenie spôsobí tiež pokles lomovej a vrubovej húževnatosti, resp. posun kriviek lomovej a vrubovej húževnatosti smerom k vyšším teplotám. Toto je často merané posunom prechodových resp. kritických teplôt medzi krehkou a húževnatou oblasťou T_K .

Proces radiačného poškodzovania je čiastočne eliminovaný regeneračnými difúznymi procesmi a preto je výsledná veľkosť zmien závislá na celkových podmienkach ožarovania materiálu.

TNR a VRČ sú počas životnosti vystavené intenzívnemu poľu žiarenia. Dopad tohto poľa žiarenia je hodnotený v projekte a monitorovaný počas prevádzky. Kapitola 6.1.2.3.2 sumarizuje výsledky analýzy urobenej za účelom určenia zdrojov žiarenia a úrovne žiarenia v okolí reaktora počas prevádzky pri nominálnom výkone ako aj určenia hustoty toku rýchlych neutrónov dopadajúcich na TNR; kapitola 6.1.2.3.3 popisuje Program overovacích vzoriek pre 3. a 4. blok JE Mochovce (MPOV34) zavedený za účelom monitorovania zmien materiálov TNR a VRČ počas prevádzky.

6.1.2.3.2 Úroveň žiarenia na TNR

Základný zdroj žiarenia pre TNR a VRČ predstavuje aktívna zóna reaktora.

Úroveň žiarenia v rôznych bodoch v okolí aktívnej zóny reaktora (to však nie je cieľ tohto dokumentu) bola určená s uvažovaním rôznych príspevkov poľa žiarenia (t.j. príspevky rýchlych neutrónov, gama žiarenia pri záchyťe, kyslíkovej aktivity chladiva primárneho okruhu, štiepnej aktivity chladiva primárneho okruhu).

Radiálne a axiálne rozloženie hustoty zdrojov štiepenia v aktívnej zóne použité v príslušnom dokumente je na **Obrázok 6.1.2-11** a **Obrázok 6.1.2-12**.

Štúdia tiež uvažovala stlmenie poľa žiarenia indukovaného aktívnou zónou v osovom smere smerom dolu a hore a v radiálnom smere vrstvami zobrazenými na **Obrázok 6.1.2-13** a **Obrázok 6.1.2-14**.

Ako ochrana pred žiarením z aktívnej zóny v smere pozdĺž osi smerom hore sa používa blok ochranných rúr a chladivo, ktoré sú umiestnené nad aktívnou zónou, veko reaktora a kovová konštrukcia horného bloku vyplnené chladivom; zoslabenie veľmi prenikavého žiarenia, prenikajúceho týmto smerom medzerami/špármi von z nádoby reaktora, je zaistené biologickou ochranou hornou a dolnou, a tiež súčiastkami upevnenia reaktora.

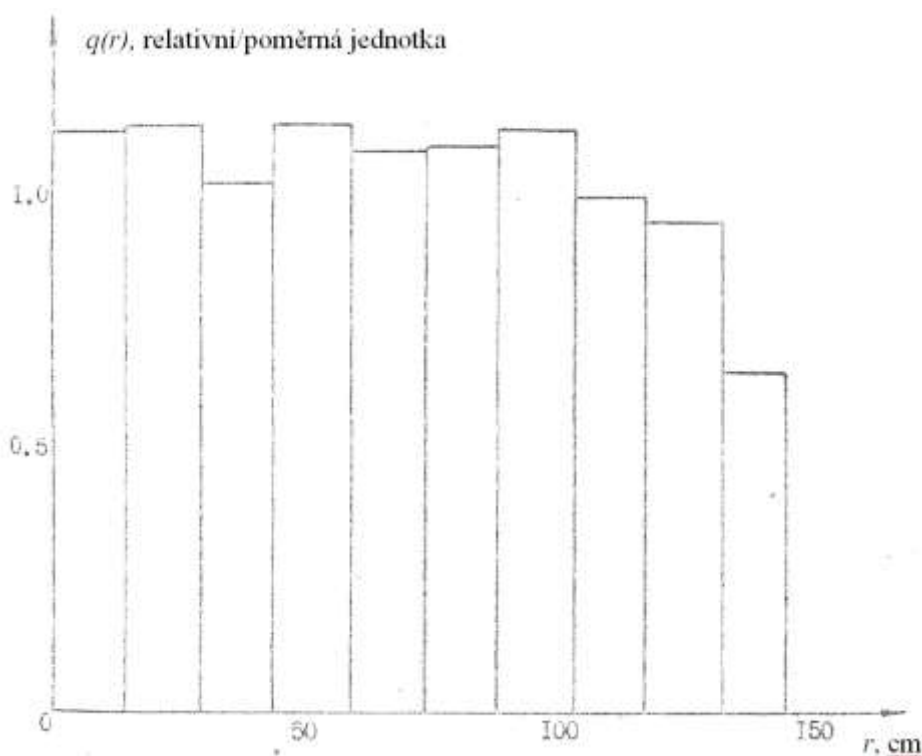
Ako ochrana pred žiarením z aktívnej zóny v smere dolu sa využívajú kovové konštrukcie dna koša a dna nádoby reaktora, a tiež chladivo, ktoré sa nachádza v objeme pod aktívnou zónou; zoslabenie žiarenia prenikajúceho týmto smerom z medzery medzi nádobou reaktora a „suchou“ ochranou do blízkeho priestoru pod reaktorom je zaistené konštrukciou veľkorozmerných ochranných dielov.

Ako ochrana pred žiarením z aktívnej zóny v radiálnom smere slúži chladivo, zariadenie vo vnútri reaktora, nádoba reaktora, „suchá“ ochrana, a tiež stavebný betón.

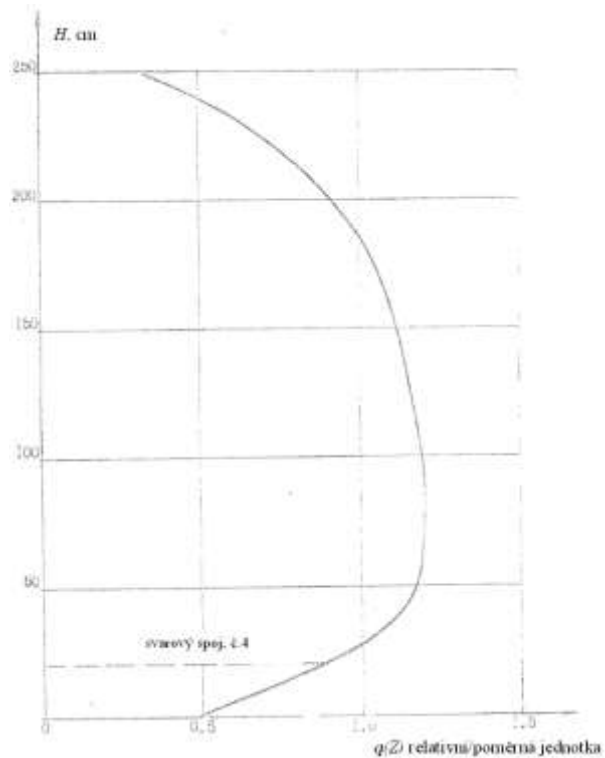
Šíreniu žiarenia z aktívnej zóny do priestoru hlavného zariadenia I.O. bráni konštrukcia uzla upevnenia nádoby reaktora a špeciálne koše. Koše sú vyplnené zásypom s minimálnou hustotou $3,5 \text{ g.cm}^{-3}$, ktorý sa skladá zo serpentinitovej drviny, liatinovej drviny a kryštalického karbidu bóru.

Zoslabenie žiarenia pozdĺž kanála ionizačnej komory je zaistené dĺžkou a zakrivením kanála.

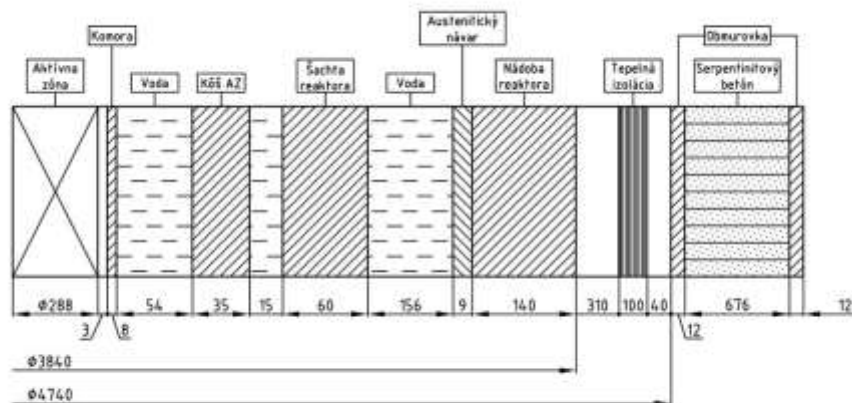
Obrázok 6.1.2-11 Radiálne rozloženie hustoty zdrojov štiepenia v aktívnej zóne



Obrázok 6.1.2-12 Pomerné rozloženie trosky na výšku periférnych kaziet (od spodku aktívnej zóny)



Obrázok 6.1.2-13 Výpočtová schéma rozloženia vrstiev v radiálnom smere



Obrázok 6.1.2-14 Výpočtová schéma rozloženia vrstiev v osovom smere



Nižšie sú popísané hlavné výsledky popísanej štúdie.

Výpočet hustoty toku rýchlych neutrónov, dopadajúcich na nádobu reaktora, sa robí podľa metodiky popísanej v príslušnom dokumente.

Vypočítané rozloženie hustoty toku neutrónov s energiou $E_n \geq 0,5$ MeV vzhľadom k hrúbke kovu nádoby je uvedené v **Tabuľka 6.1.2-8** a **Obrázok 6.1.2-15** (maximálne hodnoty).

Na základe údajov z **Tabuľka 6.1.2-8** bolo vypočítané rozloženie prenosu rýchlych neutrónov s energiou $E_n \geq 0,5$ MeV vzhľadom k hrúbke nádoby uvedené v **Tabuľka 6.1.2-9** a na **Obrázok 6.1.2-16** za podmienky, že reaktor je v prevádzke na menovitom výkone 7 000 hodín ročne.

Rozloženie prenosu neutrónov na výšku nádoby v hraniciach výšky aktívnej zóny bolo prijaté proporcionálne vzhľadom k rozloženiu trosky na výšku periférnych kaziet za rok prevádzky v rovnovážnom cykle vyhorevania zobrazenému na **Obrázok 6.1.2-12**.

Výpočty zahŕňajú:

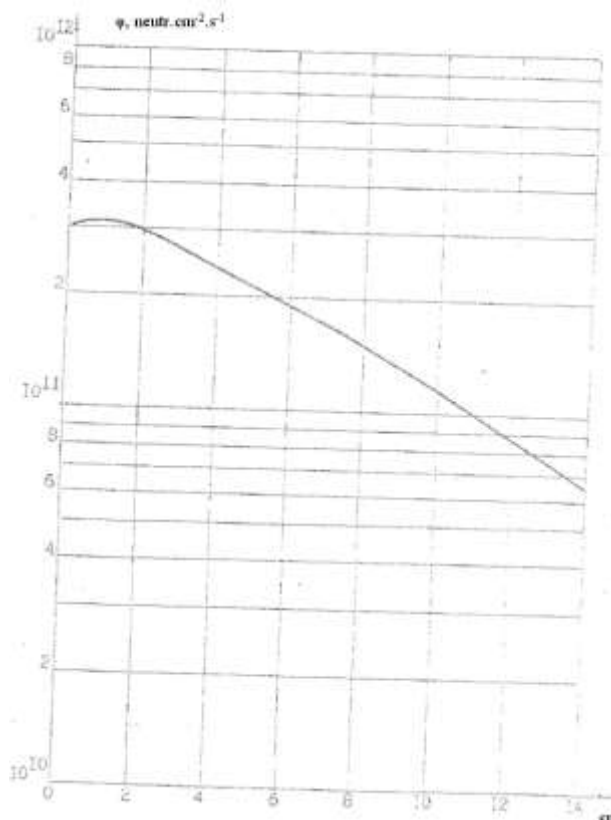
- integrálnu energetickú závislosť hustoty toku neutrónov s energiou vyššou než E v bodoch, odpovedajúcich vnútornému povrchu základného kovu nádoby reaktora a miestu umiestnenia skúšobných vzoriek ocele nádoby,
- priestorové rozloženie hustoty reakcií zachytu neutrónov vo vrstvách heterogénnej zmesi v **radiálnom smere** na úrovni stredu/centra aktívnej zóny
- priestorové rozloženie hustoty reakcií zachytu neutrónov v homogenizovaných vrstvách výpočtovej schémy v **smere osi „nahor“** a **„dolu“** od aktívnej zóny.

Získané vypočítané údaje môžu byť využité k stanoveniu životnosti častí zariadení reaktorového bloku, a tiež za účelom zistenia možnosti krátkodobého prístupu k jednotlivým systémom reaktorového bloku, umiesteným v hraniciach ochranného plášťa reaktora.

Tabuľka 6.1.2-8 Rozloženie hustoty toku rýchlych neutrónov s energiou vyššou ako 0,5 MeV vzhľadom k hrúbke základného kovu nádoby (maximálne hodnoty) neutr.cm⁻².s⁻¹

Súradnica vzťažného bodu z vnútorného povrchu základného kovu nádoby, cm	Hustota toku neutrónov
0	$3,0 \cdot 10^{11}$
1	$3,2 \cdot 10^{11}$
2	$2,9 \cdot 10^{11}$
3	$2,7 \cdot 10^{11}$
4	$2,4 \cdot 10^{11}$
5	$2,2 \cdot 10^{11}$
6	$1,9 \cdot 10^{11}$
7	$1,8 \cdot 10^{11}$
8	$1,6 \cdot 10^{11}$
9	$1,3 \cdot 10^{11}$
10	$1,2 \cdot 10^{11}$
11	$1,0 \cdot 10^{11}$
12	$8,8 \cdot 10^{10}$
13	$7,5 \cdot 10^{10}$
14	$6,6 \cdot 10^{10}$

Obrázok 6.1.2-15 Rozloženie hustoty toku rýchlych neutrónov s energiou vyššou než 0,5MeV vzhľadom k hrúbke základného kovu nádoby neutr.cm⁻².s⁻¹

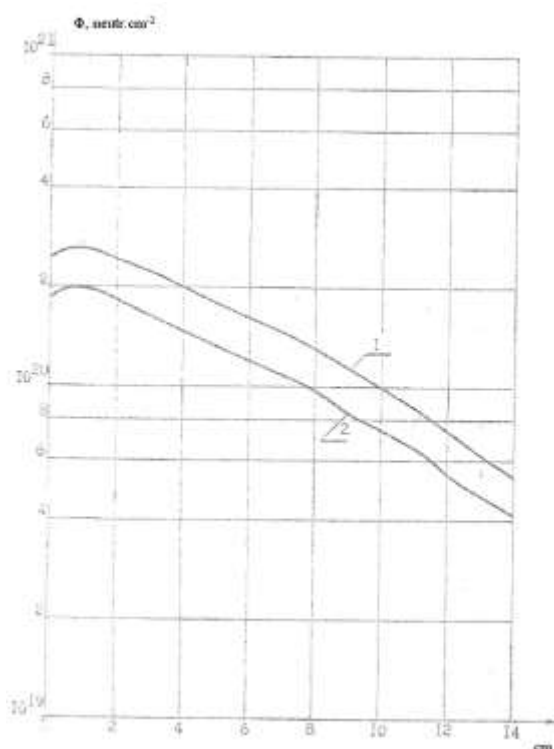


Tabuľka 6.1.2-9 Rozloženie prenosu rýchlych neutrónov s energiou vyššou než 0,5MeV vzhľadom k hrúbke nádoby neutr.cm⁻²

Súradnice vzťažného bodu z vnútorného povrchu hlavného kovu nádoby, cm	Prenos rýchlych neutrónov	
	na základný kov nádoby (maximálne hodnoty)	na kov zvarového spoja
0	$2,5 \cdot 10^{20}$	$1,9 \cdot 10^{20}$
1	$2,6 \cdot 10^{20}$	$2,0 \cdot 10^{20}$
2	$2,4 \cdot 10^{20}$	$1,8 \cdot 10^{20}$
3	$2,2 \cdot 10^{20}$	$1,6 \cdot 10^{20}$
4	$2,0 \cdot 10^{20}$	$1,5 \cdot 10^{20}$
5	$1,8 \cdot 10^{20}$	$1,3 \cdot 10^{20}$
6	$1,6 \cdot 10^{20}$	$1,2 \cdot 10^{20}$
7	$1,5 \cdot 10^{20}$	$1,1 \cdot 10^{20}$
8	$1,3 \cdot 10^{20}$	$9,7 \cdot 10^{19}$
9	$1,1 \cdot 10^{20}$	$8,2 \cdot 10^{19}$
10	$1,0 \cdot 10^{20}$	$7,4 \cdot 10^{19}$
11	$8,9 \cdot 10^{19}$	$6,6 \cdot 10^{19}$
12	$7,3 \cdot 10^{19}$	$5,4 \cdot 10^{19}$
13	$6,2 \cdot 10^{19}$	$4,6 \cdot 10^{19}$
14	$5,5 \cdot 10^{19}$	$4,1 \cdot 10^{19}$

Obrázok 6.1.2-16 Rozloženie prenosu rýchlych neutrónov s energiou vyššou než 0,5MeV vzhľadom k hrúbke kovu nádoby neutr.cm⁻²

- 1 - pre základný kov (maximálne hodnoty)
2 – pre zvarový spoj č.4



6.1.2.3.3 Program overovacích vzoriek pre 3. a 4. blok JE Mochovce - MPOV34

Na stanovenie zmien mechanických vlastností materiálu telesa tlakovej nádoby a vnútroreaktorových častí, ktoré vznikli účinkom radiácie v prevádzkových podmienkach práce reaktora sa využíva systém založenia vzoriek ocele telesa reaktora, tzv. **Program overovacích vzoriek**. Podľa programu sa vzorky týchto materiálov vkladajú a potom vyberajú z reaktora a na skúšobných vzorkách sa urobia skúšky. Porovnaním výsledkov týchto skúšok s výsledkami kontrolných skúšobných vzoriek (neožiarených) sa hodnotia zmeny materiálu telesa reaktora spôsobené vplyvom prevádzkových podmienok. Pre kontrolu neutrónového toku v určených puzdrách sú vložené indikátory neutrónového toku. Pre kontrolu teploty sú v určených puzdrách vložené indikátory teploty.

V rámci realizácie dostavby MO34 je navrhnutá a prijatá „Konceptia programu overovacích vzoriek POV MO34“, pod názvom **MPOV34**. Predkladaný návrh koncepcie projektu MPOV34 spĺňa požiadavky týkajúce sa monitorovania ožiarenia materiálu TNR uvedené v [II.12] a [II.10]. Cieľom MPOV34 je monitorovať radiačné poškodenie TNR počas **celej životnosti JE**, t.j. **aj nad pôvodne plánovanú životnosť**.

Modernizovaný program overovacích vzoriek pre 3. a 4. blok JE Mochovce **MPOV34** je založený na:

- Doplnkový program overovacích vzoriek pre 3.a 4. blok JE Bohunice (**DPOV**)
- Modernizovaný program overovacích vzoriek pre 1.a 2. blok JE Mochovce (**MPOV**)
- Nový program overovacích vzoriek pre 1.blok JE Bohunice (**NPOV**)
- Štandardný program overovacích vzoriek pre JE Bohunice (**ŠPOV**)

Veľkou výhodou v prípade monitorovania radiačnej degradácie TNR v MO34 je fakt, že bloky sú v takom stave, že umožnia pomerne jednoducho prísť k zásadnej modernizácii programu overovacích vzoriek. Hlavné prvky tohto prístupu sú nasledovné:

- vykonať mechanické skúšky na neožiarených vzorkách („0“ stav) podľa pôvodného **ŠPOV**;
- z častí jednotlivých vzoriek po vykonaní mechanických skúšok v „0“ stave vyrobiť vzorky pre prvých 6 ožarovacích reťazcov MPOV34 pre konkrétny blok MO34;
- pôvodné reťazce ŠPOV demontovať a rozobrať jednotlivé ožarovacie schránky tak, aby bolo možné zabezpečiť monitorovanie radiačnej degradácie ocele TNR počas celej životnosti bloku;
- v súvislosti s požiadavkami na zvyšovanie výkonu a predlžovanie životnosti a v súvislosti s požiadavkami hodnotiť **radiačnú degradáciu materiálov vnútorných častí reaktora**, zahrnúť do programu, okrem **základného materiálu TNR** a **materiálu zvaru č. 4 TNR**, aj **materiály vnútorných častí** a **výstelky TNR**;
- do nového navrhovaného programu **MPOV34** zahrnúť aj také metodiky skúšania, ktoré na základe najnovších poznatkov umožnia s oveľa lepšou presnosťou a výpovednou hodnotou posúdiť degradáciu materiálu TNR.

„Program overovacích vzoriek pre 3. a 4. blok JE Mochovce MPOV34“ predpokladá vloženie do aktívnej zóny reaktora vzorky materiálu **TNR** (t.j. **15CH2MFA**) a vzorky materiálu **VRČ** (t.j. austenitická oceľ **08Ch18N10T**) v rôznych pozíciách a pre rôzny čas expozície za účelom sledovania zmien ich vlastností spôsobených takým ožiarением, ktorému sú vystavené počas celej životnosti JE.

Materiály sledované v rámci **MPOV34** sú nasledovné:

- Základný materiál TNR
- Zvarový materiál TNR

- Materiál tepelne ovplyvnenej zóny zvarov TNR
- Základný materiál VRČ

Ako základné metódy pre stanovenie posunu prechodovej teploty sú navrhnuté v zhode so súčasnými požiadavkami a materiálovými možnosťami realizovať nasledovné typy skúšok:

- skúška rázom v ohybe (Charpy test);
- skúška lomovej húževnatosti COD;
- skúška vtláčaním na malých vzorkách SPT (obecne používaná skratka z anglického Small Punch Test).

Typy vzoriek z originálneho materiálu pre monitorovanie radiačného krehnutia sú nasledovné:

- telieska (inzerty) o rozmeroch 10 x 10 x 11 mm, z ktorých budú po ožiarení rekonštituované štandardné vzorky typu Charpy-V;
- rovnaké inzerty aj pre COD vzorky s trhlinou nacyklovanou po ožarovaní;
- vzorky s rozmermi Ø 8 mm x 0,5 mm pre SPT skúšku.

Na stanovenie prechodovej teploty T_{kf} daného materiálu zo skúšky vrubovej húževnatosti, bude použitých 12 teliesok a na stanovenie J integrálu a J-R krivky zo skúšky lomovej húževnatosti vzoriek typu COD tiež 12 rekonštituovaných skúšobných teliesok. Pre stanovenie základných mechanických vlastností zodpovedajúcich skúške ťahom, ako aj na stanovenie hodnôt prechodových teplôt T_{kf} je potrebné exponovať z jedného typu materiálu 25 ks SPT vzoriek.

MPOV34 rieši výrobu a zavezenie 8 ožarovacích reťazcov, kontinuálne meranie ožarovacej teploty pomocou termočlánkov a meranie fluencie pomocou aktivačných detektorov neutrónového toku. V rámci MPOV34 bol počet ožarovacích reťazcov zvýšený zo 6 na 8 kvôli monitorovaniu materiálu VRČ.

Ožarovacie reťazce, meranie ožarovacej teploty a meranie fluencie neutrónov pre MPOV34 nie sú označované podľa SJZ. Každý reťazec je označený 5-miestnym alfa-numerickým číslom. V kanáloch šachty každého reaktora JE EMO34 bude zavezených 8 reťazcov s označením uvedeným v **Tabuľka 6.1.2-10**.

Tabuľka 6.1.2-10 Označenie ožarovacích reťazcov na 3. bloku EMO

3MM1A	3MM1B
3MM2A	3MM2B
3MM3A	3MM3B*
3MM4A	3MM4B*
3MM5A	3MM5B*
3MM6A	3MM6B*

Posledné písmeno A a B označujú pár reťazcov, ktoré sú v šachte reaktora vedľa seba.

* kanál je prázdny uzavretý len so zátkou

Pre sledovanie vplyvu prevádzkových podmienok na zmenu mechanických vlastností **materiálu TNR** sa vkladajú do reaktora ožarovacie vzorky v **6 reťazcoch** s predpokladanými expozičnými dobami počas **1, 2, 3, 5, 7 a 10 kampaní**. Tento návrh harmonogramu je flexibilný a môže byť v priebehu realizácie projektu MPOV34 priebežne upravovaný podľa výsledkov analýz z jednotlivých reťazcov.

Pre sledovanie zmeny mechanických vlastností **materiálu VRČ** sa vkladajú do reaktora 2 reťazce č.7 a č.8, ktoré budú skúšané po **10 a 20 kampaniach**. Toto je úplne nový prístup pre tieto typy reaktorov, ktorý zvýši dlhodobú spoľahlivosť a bezpečnosť prevádzky 3. a 4. bloku JE Mochovce.

Každý reťazec (okrem špeciálneho reťazca pre priame meranie teploty ožiarenia) pozostáva z 5 puzdier $\varnothing 27 \times 100 \text{ mm}$. V týchto puzdriach sú umiestnené vzorky materiálov reaktora, detektory neutrónového toku a tavné monitory ožarovacích teplôt. Reťazce sú ukončené zátkou kanála. Zátka a puzdrá sú spojené ohybnými závesmi, ktoré umožňujú spoľahlivé zasunutie a vysunutie reťazca z ožarovacieho kanála. Priame a presné meranie tepelného zaťaženia je počas prvej kampane realizované v jednom kanáli tromi termočlánkami.

Pre program MPOV34 bolo navrhnuté použiť osvedčenú konštrukciu ožarovacích reťazcov s úpravami na základe doterajších skúseností získaných v rámci DPOV a MPOV. Hlavnými prínosmi tohto prístupu sú:

- umožňuje priamo porovnávať výsledky DPOV, MPOV12 a MPOV34;
- splňuje požiadavky na fixnú orientáciu ožarovacích puzdier voči aktívnej zóne reaktora, čo má výrazný vplyv na presnosť určenia hodnôt fluencií;
- umožňuje zostrojenie krivky prechodovej teploty v rovnakých ožarovacích podmienkach s minimálnym rozptylom hodnôt fluencie;
- zabezpečuje jednoznačné uloženie ožarovacích schránok po výške AZ s vhodným faktorom urýchlenia;
- umožňuje uloženie rôznych i nových typov vzoriek v ožarovacích puzdriach s príslušnou úpravou konštrukcie vnútorných hliníkových výplní.

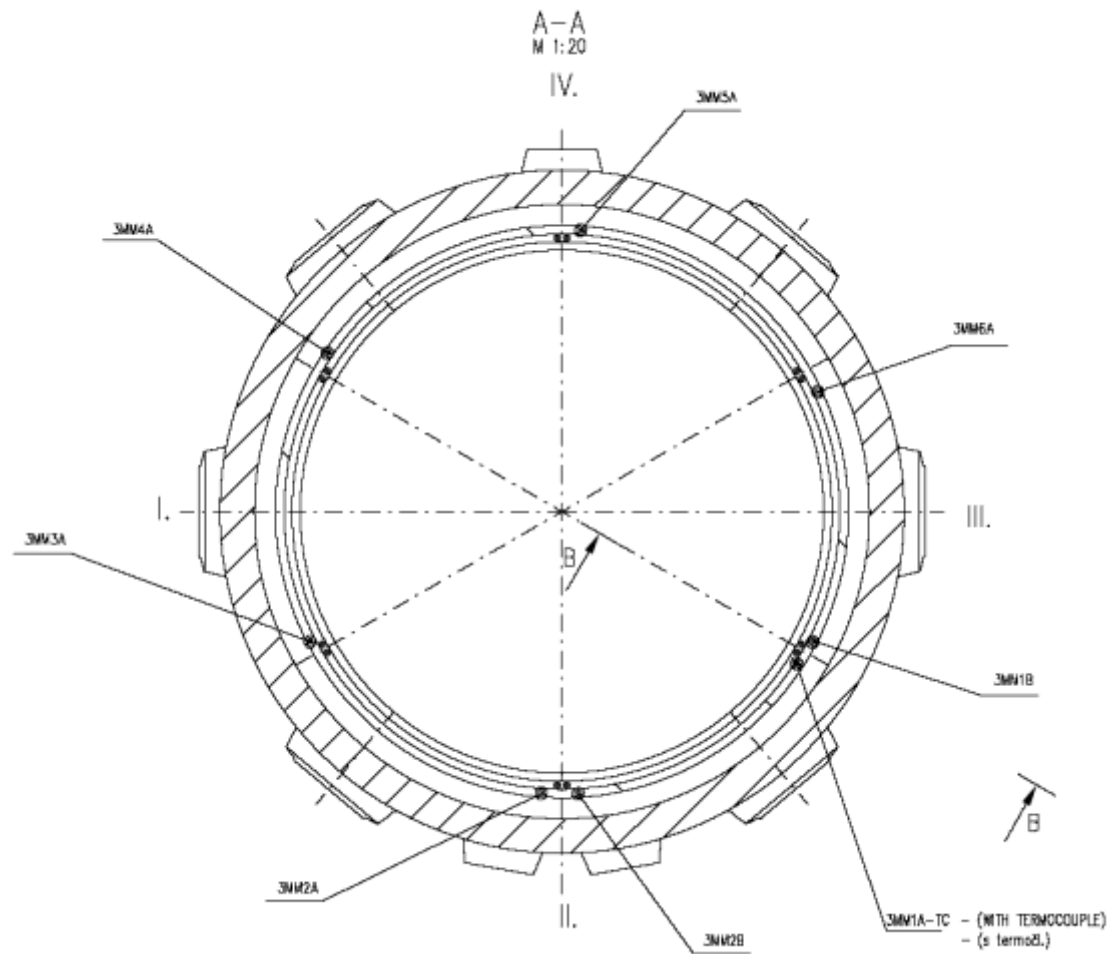
Detailná schéma a umiestnenie ožarovacích reťazcov MPOV EMO34, detailné výkresy ožarovacích reťazcov **A**, **A-TC** a **B**, funkčné schémy meracích reťazcov merania teploty ožarovacích vzoriek MPOV a blokové schémy meracích reťazcov merania teploty ožarovacích vzoriek sú v príslušných dokumentoch. Podrobný popis systému založenia vzoriek z ocele tlakovej nádoby, popis merania teplôt ožarovacích vzoriek, popis merania fluencie neutrónov v ožarovacích puzdriach, typov a rozmerov vzoriek z originálneho materiálu sú v príslušných dokumentoch.

Rozmiestnenie ožarovacích reťazcov na šachte reaktora je na **Obrázok 6.1.2-17**, schéma ožarovacích reťazcov je na **Obrázok 6.1.2-18** a schéma štandardného ožarovacieho reťazca je na **Obrázok 6.1.2-19**. Popis typov vzoriek a použitých monitorovaných materiálov je v **Tabuľka 6.1.2-11**. Požiadavka na umiestnenie jednotlivých typov vzoriek je, aby vzorky zo ZK a TOZ boli umiestnené po výške AZ na úrovni kritického zvaru č. 4.

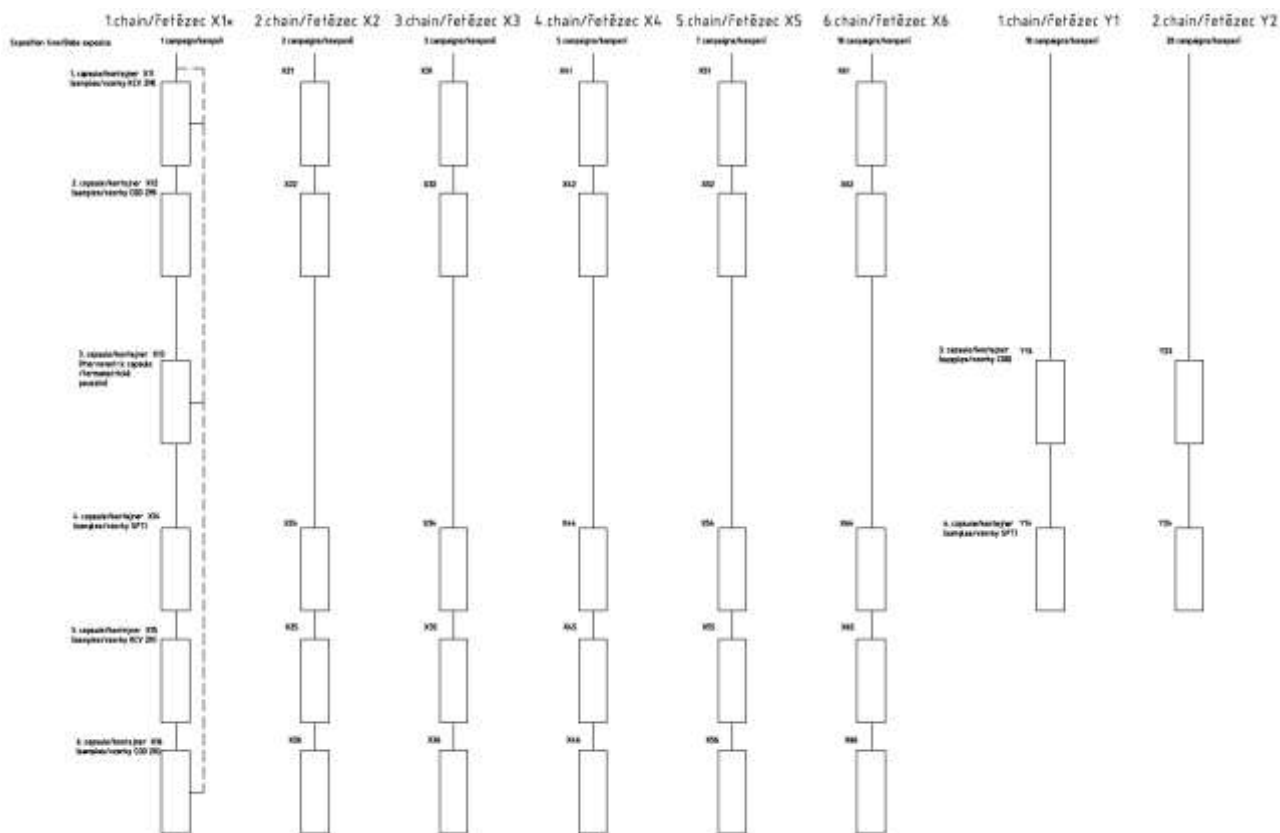
Tabuľka 6.1.2-11 Umiestnenie vzoriek v jednotlivých puzdriach štandardných reťazcov

číslo puzdra	typ vzorky	materiál
M1	rekonštitučné telieska KCV	základný materiál TNR daného bloku
M2	rekonštitučné telieska COD	základný materiál TNR daného bloku
M3	SPT vzorky	4 sady vzoriek (ZM, ZK, TOZ 1, TOZ 2)
M4	rekonštitučné telieska KCV	zvarový kov TNR daného bloku
M5	rekonštitučné telieska COD	zvarový kov TNR daného bloku

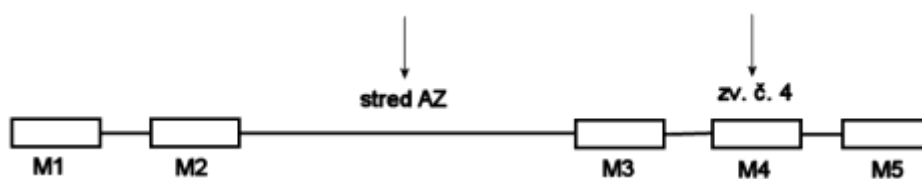
Obrázok 6.1.2-17 Rozmiestnenie ožarovacích reťazcov na šachte reaktora



Obrázok 6.1.2-18 Schéma ožarovacích reťazcov



Obrázok 6.1.2-19 Schéma štandardného ožarovacieho reťazca



6.1.2.4 Technické požiadavky na VRČ

Ak bude komplet „Vnútroreaktorových častí reaktora V-213-Č“ dodávaný v súlade s technickými podmienkami, bude správne zmontovaný a správne prevádzkovaný, tak jeho životnosť je 40 rokov, s výnimkou vlozenej tyče. Pre vložení tyč typ I je jej životnosť 5 rokov, pre vložení tyč typ II je jej životnosť 15 rokov.

Dodávateľ vypracoval dokument **Ae11538/Dok – Program operácií a technickej kontroly riadenia doby starnutia**. Tento dokument obsahuje program kontrol na vizuálnu prehliadku a skúšku tvrdosti pre riadenie doby starnutia vlozenej tyče u reaktora VVER 440, typ V-213 –Č po dobe prevádzky danou projektom. Riadenie doby starnutia je možné uskutočniť iba za podmienok, že vložené tyče budú podrobené technickej kontrole podľa tohto programu a dosiahnuté hodnoty tvrdosti u záchytoch typu I nebudú vyššie než 450HB a u záchytoch typu II vyššie než 550HB. Zároveň musia vložené tyče spĺňať podmienky vizuálnej kontroly a maximálnej doporučenej doby prevádzky predpísanej týmto programom.

Vnútroreaktorové časti sú počas prevádzky v styku s primárnym chladivom, ktorého parametre počas prevádzky musia byť nasledovné:

- Teplota chladiva na vstupe do reaktora: $263 \div 270^{\circ}\text{C}$
- Stredná teplota chladiva na výstupe z reaktora: $290,2\text{--}300^{\circ}\text{C}$
- Absolútny tlak chladiva na výstupe z reaktora: $12,062 \div 12,454\text{MPa}$
- Definovaný rozsah hydraulického odporu reaktora
- Definovaný výpočtový absolútny tlak chladiva reaktora
- Prietok chladiva v reaktore v definovanom rozsahu
- Tlaková pulzácia chladiva na vstupe do reaktora nesmie prevýšiť tieto hodnoty :

- rozsah frekvencie $0 \div 10\text{ Hz}$	9,80 kPa
- rozsah frekvencie $10 \div 30\text{ Hz}$	6,86 kPa
- rozsah frekvencie $30 \div 150\text{ Hz}$	3,92 kPa
- rozsah frekvencie nad 150 Hz	3,92 kPa
- Je prípustné zníženie prietokového množstva chladiva pri odpojení jedného alebo niekoľkých HCČ pri súčasnom znížení výkonu reaktora.

Parametre okolitého prostredia obklopujúceho reaktorové zariadenie V-213-Č, umiestneného v hermetických priestoroch atómovej elektrárne sú pre normálne prevádzkové podmienky a projektové havárie definované v TP VRČ.

Ako chladivo v primárnom okruhu slúži odsolená voda, ktorej chemické zloženie (koncentrácia O_2 , H_2 , K, amoniaku, kyseliny boritej, chloridov a floridov, hodnota pH) musí byť dodržované v medziach definovaných v TP VRČ.

Pre dezaktiváciu VRČ reaktoru môžu byť použité definované roztoky.

Vnútroreaktorové časti reaktora môžu byť počas prevádzky namáhané zmenou prevádzkových režimov, ktorých maximálny povolený počet je uvedený v **Tabuľka 6.1.2-12**.

Ak nastane havarijný režim „malej netesnosti“, potom nasledujúca prevádzka zariadenia je dovoľená iba vtedy, ak je urobená revízia a nutné opravy.

Ak nastane režim maximálnej havárie, t.j. porušenie potrubia primárneho okruhu $\varnothing 500\text{mm}$, je nevyhnutné urobiť úplnú kontrolu vnútroreaktorových častí reaktora a na základe výsledkov tejto kontroly stanoviť za akých podmienok je možné ďalej vnútroreaktorové časti reaktora prevádzkovať. Ďalšia prevádzka je prípustná iba po urobení všetkých opráv.

Tabuľka 6.1.2-12 Prevádzkové režimy

NORMÁLNE PODMIENKY PREVÁDZKY (NPP)			
Číslo	Označ.	Popis projektového režimu	Počet cyklov
1.1	a/	Normálny nábeh zo „studeného“ stavu	300
1.2	b/	Nábeh z „polohorúceho“ stavu	700
1.3	c/	Normálne (plánované) odstavenie s dochladzovaním: --- do „studeného“ stavu --- do „polohorúceho“ stavu	300 700
1.4	d/	Havarijné odstavenie (chybná činnosť OR)	600
1.5	e/	Nábeh z „horúceho“ stavu po havarijnom odstavení	600
1.6	f/	Plné odľahčenie zaťaženia (zo 100% na výkon vlastnej spotreby na 10%) a následný nábeh z úrovne výkonu vlastnej spotreby na výkon 100%: --- plynulá zmena s rýchlosťou do 3% $N_{nom./min.}$ --- skoková zmena s rýchlosťou nad 3% $N_{nom./min.}$	800 160
1.7	g/	Stupňovité zníženie zaťaženia zo 100% na 50% menovitého výkonu a následne zvýšenie zaťaženia z 50% na 100% menovitého výkonu: --- plynulá zmena s rýchlosťou do 3% $N_{nom./min.}$ --- skoková zmena s rýchlosťou nad 3% $N_{nom./min.}$	2000 400
1.8	h/	Skokové zníženie zaťaženia a následné skokové zvýšenie zaťaženia v rozsahu 10-20% $N_{nom.}$, s rýchlosťou nad 3% $N_{nom./min.}$	400
1.9	i/	Skokové zníženie zaťaženia a následné skokové zvýšenie zaťaženia v rozsahu 5-10% $N_{nom.}$, s rýchlosťou nad 3% $N_{nom./min.}$	20 000
1.10	j/	Plynulé zníženie zaťaženia a následné plynulé zvýšenie zaťaženia v rozsahu 80-100% $N_{nom.}$, s rýchlosťou do 1% $N_{nom./min.}$	432 000
1.11	k/	Zmena výkonu v rozmedzí 85-100% $N_{nom.}$ podmienená pracou systému regulácie frekvencie siete s rýchlosťou do 3% $N_{nom./min.}$	neohraničené
1.12	l/	Plynulá zmena zaťaženia bloku o 10% $N_{nom.}$ s rýchlosťou do 3% $N_{nom./min.}$ v rozsahu 10-100% $N_{nom.}$	neohraničené
1.13	m/	Odpojenie vysokotlakového ohrievača pri práci parogenerátora na výkone	200
1.14	n/	Odpojenie cirkulačnej slučky	50
1.15	o/	Pripojenie cirkulačnej slučky	50
1.16	p/	Oddelené hydraulické skúšky I. a II. Okruhu: --- na tesnosť --- na pevnosť	70 20
1.17	q/	Stacionárny režim pri výpočtovom tlaku a pracovných teplotách	neohraničené

1.18	r/	Odpojenie hlavného cirkulačného čerpadla	50
1.19	s/	Preverka správnej činnosti poistovacích ventilov parogenerátora: --- pri spúšťaní bloku --- pri práci na výkone	70 30
1.20	t/	Preverka správnej činnosti poistovacích ventilov kompenzátora objemu bez prevýšenia nominálneho tlaku: --- pri spúšťaní bloku --- pri práci na výkone	70 30

PORUŠENIE NORMÁLNYCH PODMIENOK PREVÁDZKY (PNPP)

Číslo	Označ.	Popis projektového režimu	Počet cyklov
2.1	a/	Úplné vysušenie sekundárneho okruhu jedného PG bez zníženia tlaku zo strany sekundárneho okruhu	10
2.2	b/	Zadrenie (rýchle zastavenie) hlavného cirkulačného čerpadla	1
2.3	c/	Výpadok jedného napájacieho čerpadla a nezapojenia rezervného čerpadla	10
2.4	d/	Úplný výpadok prúdu jadrovej elektrárne	10
2.5	e/	Roztrhnutie parovodu	1
2.6	f/	Roztrhnutie potrubia napájacej vody	1
2.7	g/	Neuzatvorenie poistovacích ventilov parogenerátora	1

HAVARIJNÉ REŽIMY (HP)

Číslo	Označ.	Popis projektového režimu	Počet cyklov
3.1	a/	Roztrhnutie potrubia primárneho okruhu DN 500	1
3.2	b/	Maximálne výpočtové zemetrasenie	1
3.3	c/	Roztrhnutie potrubia primárneho okruhu DN 250, DN 200, DN 135, DN 90 a rúrok parogenerátora	po 1 (celkovo max. 10)
3.4	d/	Neuzatvorenie poistných ventilov kompenzátora objemu	1
3.5	e/	Pre reaktor: Roztrhnutie potrubia DN 500 súčasne s maximálnym výpočtovým zemetrasením	1

6.1.2.5 Pravidelná údržba, kontroly a skúšky

Zaistenie prevádzkovej spoľahlivosti jadrových zariadení je na JE MO34 zabezpečované formou pravidelnej údržby a kontroly vybraných zariadení. Týmto sa dosahuje zabezpečenie spoľahlivosti a funkčnosti vybraných zariadení v súlade s projektom a príslušnými požiadavkami pre spoľahlivú a bezpečnú prevádzku v definovaných medziach limitov a podmienok. Údržba a prevádzkové kontroly vybraných zariadení sa vykonávajú podľa „**Program prevádzkových kontrol vybraných zariadení 3. blok**“, „**Program prevádzkových kontrol vybraných zariadení 4. blok**“ a podľa osobitných predpisov pre údržbu.

Pre plánovanie pravidelnej údržby a kontroly sú pre jednotlivé typy generálnych opráv spracované harmonogramy prevádzkových kontrol vybraných zariadení. Pre zistenie stavu zariadení po vykonaných údržbárskych činnostiach sú jednotlivé zariadenia a systémy overované v zmysle spracovaných programov a výsledky skúšok sú dokumentované v protokoloch zo skúšok.

Prevádzkové kontroly mechanických komponentov a potrubných systémov ktoré podliehajú kvalifikovanej kontrole v zmysle požiadaviek ÚJD SR sú realizované systémami pre nedeštruktívne skúšanie ktoré boli kvalifikované v rozsahu postupov skúšania, skúšobného zariadenia a personálu. Kvalifikácia systémov pre realizáciu prevádzkových kontrol vyhovuje požiadavkám **BNS II.5.4 Požiadavky a návody. Kvalifikácia systémov pre nedeštruktívne skúšanie v jadrovej energetike.**

6.1.2.5.1 Zoznam kontrolovaných zariadení a ich kontrolných miest

Zoznam vybraných zariadení JE MO34 pre jednotlivé bloky je spracovaný v dokumentoch: **Zoznam vybraných zariadení pre 3. blok MO34 a spoločné zariadenia 3. a 4. bloku** a **Zoznam vybraných zariadení pre 4. blok MO34**. Prevádzkové kontroly na vybraných zariadeniach technologickej časti sa zabezpečujú v zmysle „**Program prevádzkových kontrol vybraných zariadení 3. blok**“ a „**Program prevádzkových kontrol vybraných zariadení 4. blok**“.

6.1.2.5.2 Rozsah a druh kontrol na kontrolných miestach

Rozsah a druh kontrol s vyznačením kontrolných miest je pre každé kontrolované vybrané zariadenie stanovený v „**Program predprevádzkových a prevádzkových kontrol**“.

Vnútorne časti reaktora sú v súlade s Vyhláškou ÚJD SR č. 431/2011 Z. z. vybraným zariadením zaradením do bezpečnostnej triedy I.

Predprevádzkové kontroly sa vykonávajú za účelom zistenia a dokumentovania počiatočného stavu VČR podľa Programu predprevádzkových kontrol VČR. Cieľom týchto kontrol je overenie prevádzkyschopnosti zariadenia v podmienkach maximalne sa blížiacim podmienkam prevádzky.

Predprevádzkové kontroly VČR musia byť vykonané podľa programu predprevádzkových kontrol najneskôr do ukončenia rozšírenej revízie po 2. HZ.

Pred zahájením predprevádzkových kontrol sa vykoná kontrola zariadenia z hľadiska prístupnosti ku kontrolovaným miestam, čistoty, osvetlenia a zásad bezpečnej práce. K vykonaniu kontrolných činností musí byť k dispozícii potrebné pomocné média (NT vzduch z rozvodu JE, provizórny elektrický napájač, prenosné elektrické svietidlo, schválené mazadlá pre použitie v kontrolovanom pásme apod.).

V prípade realizácie skúšok v rámci predprevádzkových kontrol, pre ktoré je predpísaná kvalifikácia metód a zariadení (prípadne personálna kvalifikácia) musí vykonávajúca organizácia túto kvalifikáciu úspešne absolvovať v súlade s platnou revíziou Návodu ÚJD BNS II.5.4/2009 „Kvalifikácia systémov pre

nedeštruktívne skúšanie v jadrovej energetike. Požiadavky a návody“ a pracovným postupom PP 15.01 „Proces kvalifikácie personálu“.

Súčasťou predprevádzkovej kontroly je zistenie počiatočného stavu zariadenia:

- kontrolou základného materiálu;
- kontrolou zvarových spojov a návarov;
- vizuálnou kontrolou,
- kontrolou čistoty;

Rozdelenie kontrolných prác je uvedené v tabuľkách a prílohách Programu predprevádzkových a prevádzkových kontrol.

Vyhodnotenie všetkých skúšok bude urobené podľa kritérií stanovených v dokumente s názvom Predpis pre vyhodnocovanie predprevádzkových a prevádzkových kontrol častí reaktorov jadrových elektrární EBO a EMO.

Pri zistení neprípustných indikácií musí byť rozhodnuté o ďalšom postupe na základe technického riešenia (TR), ktoré bude vypracované a odsúhlasené v súlade s požiadavkami platnej legislatívy. Týmto TR môže byť rozhodnuté o prípadnej oprave alebo o ďalšej prípustnosti zistených indikácií.

V prípade opravy indikácie musí mať organizácia vykonávajúca opravu vypracovaný technologický postup opravy. Opravu indikácie je možné nahradiť výmenou celkov alebo časti zariadenia, na ktorom bola daná indikácia nájdená.

V prípade opravy indikácie vystaví organizácia vykonávajúca opravu protokol o oprave, ktorého súčasťou bude dokumentácia stavu pred a po oprave, technické riešenie a technologický postup spolu s údajmi o pracovníkoch, ktorí túto opravu vykonávali. O vykonanej oprave sa urobí zápis do pasportu.

Dokumentácia predprevádzkových kontrol

Na všetky predpísané kontroly vystaví vykonávajúca organizácia protokoly, ktoré budú obsahovať:

- identifikáciu kontrolovaných miest;
- druh a parametre kontroly;
- výsledky kontroly (v prípade indikácie popis charakteru, rozmery a umiestnenie);
- vyhodnotenie kontroly;
- identifikačné údaje o útvere a pracovníkoch, ktorí kontrolu vykonávali;
- dátum kontroly.

Po ukončení ucelenej skupiny kontrol vyhotovia vykonávajúce organizácie záverečné správy z vykonaných skúšok. Správy budú obsahovať minimálne:

- zoznam všetkých realizovaných skúšok (rozsah skúšania);
- prehľad použitých zariadení a prístrojov;
- prehľad výsledkov jednotlivých skúšok;
- informácie o nastavení prístrojov parametrov skúšok.

Súčasťou dokumentácie z automatizovane vykonaných skúšok sú aj dáta uložené na elektronických médiách. Všetky protokoly o vykonaných skúškach pri predprevádzkových kontrolách budú vystavené v aplikácii ASSIK.

V prípade nevyhovujúceho protokolu z konkrétnej skúšky bude na základe vykonanej opravy alebo na základe posúdenia prípustnosti zistených indikácií vystavený protokol nový s uvedeným odkazu na protokol nevyhovujúci. Všetky protokoly vystavené na základe vykonaných skúšok v rámci predprevádzkových kontrol musia byť pred začiatkom FS a ES vyhovujúce.

Podmienkou spôsobilosti VČR k FS a ES je okrem iného i to, že budú vykonané všetky skúšky v súlade s programom predprevádzkových a prevádzkových kontrol, ak nebude iným spôsobom (napr. technickým riešením) stanovené inak.

Na základe príslušných protokolov a ich výsledkov bude vypracovaný „Záverečný protokol vyhodnotenia PPK“. Vyhodnotenie musí obsahovať rozhodnutie o spôsobilosti VČR k ďalším skúškam.

Po každej etape predprevádzkových kontrol bude vypracovaná „Záverečná správa o PPK“. Správa bude obsahovať súhrn informácií o vykonaných skúškach a ich konečnom výsledku. Správa musí obsahovať rozhodnutie o spôsobilosti VČR k ďalším skúškam.

Do pasportu urobí oprávnený pracovník zápis, ktorý bude obsahovať prehľad protokolov z realizovaných skúšok na VČR pri predprevádzkových kontrolách.

Protokolárne vyhodnotenie výsledkov predprevádzkových kontrol predloží oprávnený zástupca organizácie vykonávajúcej predprevádzkové kontroly ku schváleniu výrobcovi, zástupcovi odberateľa a investorovi. Tento protokol musí obsahovať konštatovanie spôsobilosti VČR k FS a ES a k nasledujúcej prevádzke.

Evidencia a archivácia dokumentácie je zaisťovaná odberateľom podľa príslušných vyhlášok a podľa organizačného poriadku odberateľa. Odberateľ zaistí vyhodnotenie predprevádzkových skúšok a jeho odovzdanie investorovi pre spracovanie PpBS najneskôr do zahájenia FS.

Programy prevádzkových kontrol zohľadňujú možný výskyt degradačných mechanizmov (prípadne kombinácie rôznych degradačných mechanizmov) počas prevádzky JE a stanovujú vhodnú kombináciu použitých NDT metód (povrchové, objemové a pod.). Taktiež zohľadňujú stav súčasných skúšobných metód a postupov a doterajších skúseností z prevádzkovaných JE typu VVER 440. Pri spracovaní jednotlivých Programov prevádzkových kontrol bolo zohľadnené že rozsah je spravidla rovnaký ako rozsah predprevádzkových kontrol. Pri samotnej realizácii prevádzkových kontrol sa z dôvodov porovnateľnosti výsledkov, používajú rovnaké alebo porovnateľné systémy skúšania (metódy, prístroje, manipulátory) aké boli použité pri realizácii predprevádzkových kontrol. Prevádzková kontrola sa vykonáva podľa noriem, postupov skúšania a návodov podľa ktorých bola vykonávaná i predprevádzková kontrola.

Pri realizácii prevádzkových kontrol sú používané nasledovné metódy kontroly.

- Vizuálna kontrola
- Vizuálna prehliadka
- Kontrola magnetickou metódou práškovou
- Kontrola kapilárnou metódou
- Ručná kontrola ultrazvukom
- Meranie hrúbky steny ultrazvukom
- Automatizovaná kontrola ultrazvukom
- Automatizovaná kontrola vírivými prúdmi

- Akustická emisia
- Kontrola prežarováním
- Kontrola tesnosti a tlaková skúška
- Skúšky hermetických priestorov

6.1.2.5.3 Periodicita vykonávaných kontrol

Periodicita vykonávaných prevádzkových kontrol pre JE typu VVER 440 vychádza v zásade z predpisov „Predpisy pre výstavbu a bezpečnú prevádzku zariadení jadrových elektrární, experimentálnych a výskumných reaktorov a zariadení“ [II.7].

Periodicita kontrol pre vybrané zariadenia JE MO34 je uvedená v Programoch prevádzkových kontrol vybraných zariadení. Pri určení periodicity skúšania rozhodujúcich zariadení sa prihliadalo na analýzy výsledkov a skúseností z predchádzajúcich kontrol a skúšok na elektrárnach JE MO12, JE EBO V2, prípadne z iných elektrární typu VVER 440 a zohľadnili sa možnosti analýzy spoľahlivosti a štúdií PSA.

6.1.2.5.4 Kritériá vyhodnotenia skúšok

Hlavným kritériom úspešnosti vykonaných prevádzkových kontrol na jednotlivých vybraných zariadeniach je kladný výsledok všetkých realizovaných kontrol a schopnosť vybraného zariadenia vykonávať funkciu v zmysle projektu.

6.1.2.5.5 Požiadavky na kvalifikáciu

Všetci pracovníci realizujúci nedeštruktívne kontroly vybraných zariadení JE MO34 podliehajúce kontrole kvalifikovanými systémami sú kvalifikovaní v príslušných nedeštruktívnych metódach na výkon týchto metód v zmysle uvedených požiadaviek.

Všetci pracovníci realizujúci nedeštruktívne kontroly vybraných zariadení JE MO34 nepodliehajúce kvalifikácii skúšobných systémov sú kvalifikovaní v príslušných nedeštruktívnych metódach na výkon týchto metód v zmysle uvedených požiadaviek.

Všetky bežne používané kontrolné prístroje a meradlá pri výkone prevádzkových kontrol spĺňajú požiadavky vyplývajúce z predpisov o metrológií - majú platný doklad napr. kalibračný list, osvedčenie, evidenčnú kartu ktoré potvrdzujú funkčnosť a identifikovateľnosť kontrolného prístroja alebo meradla.

O kalibrácii pracovných prístrojov a meradiel sa vedie evidencia. Okrem kontrolných prístrojov a meradiel sú pravidelne preverované aj materiály pre nedeštruktívne skúšky, ktoré sú skladované dlhšie ako jeden rok.

Kontrolné prístroje a meradlá sa uschovávajú v podmienkach ktoré zabezpečujú ich funkčnosť pre výkon kontrol a skúšok.

6.1.2.5.6 Požiadavky na vykonávanie kontrol v miestach indikácií

V programe prevádzkových kontrol u komponentov bezpečnostnej triedy 1 a 2 sú v prevádzkových kontrolách zahrnuté nasledovné miesta:

- na ktorých boli počas výroby v rámci výrobných kontrol zistené indikácie podliehajúce registrácií v zmysle požiadaviek na zaistenie kvality počas výroby a ktoré boli ponechané bez opravy
- na ktorých boli počas montáže v rámci montážnych kontrol zistené indikácie podliehajúce registrácií v zmysle požiadaviek na zaistenie kvality počas montáže a ktoré boli ponechané bez opravy

- miesta, ktoré boli na základe výrobných a montážnych kontrol na základe zistených indikácii opravované
- na ktorých boli počas prevádzky v rámci prevádzkových kontrol zistené indikácie podliehajúce registrácii v zmysle požiadaviek na zaistenie kvality počas prevádzky a ktoré boli ponechané bez opravy

Týmto je zabezpečená následná kontrola miest u ktorých môže byť náchylnosť k tvorbe nových poškodení alebo k rozvoju ponechaných zvyškov predošlých chýb, ktoré mohli po oprave zostať v danom zariadení.

6.1.2.5.7 Organizačné zabezpečenie kontrol

Prevádzkové kontroly vybraných zariadení JE MO34 sú zabezpečované oprávneným útvarom prevádzkovateľa resp. externými organizáciami, ktoré sú na túto činnosť preukázateľne kvalifikované a oprávnené. Po ukončení prevádzkových kontrol na základe protokolov z jednotlivých kontrol je vystavený záverečný protokol vyhodnotenia prevádzkovej kontroly za príslušný DPS, prípadne systém. Všetky dokumenty, záznamy a výsledky prevádzkových kontrol vybraných zariadení sú archivované v archíve po celú dobu životnosti elektrárne.

Pravidelná údržba, kontrola a skúšky vybraných zariadení JE MO34 sú podrobne popísané v príslušnom dokumente.

6.1.2.6 Program riadenia starnutia VRČ

Povinnosť vykonávať pravidelné, komplexné a systematické hodnotenie jadrovej bezpečnosti („periodické hodnotenie jadrovej bezpečnosti“) vyplýva držiteľovi povolenia z §23, odsek (2) zákona [II.17]. Jednu z oblastí komplexného periodického hodnotenia jadrovej bezpečnosti predstavuje riadenie starnutia ako je uvedené v [II.20].

Kritéria prijateľnosti stavu jednotlivých SKK z hľadiska starnutia vychádzajú z požiadaviek príslušnej normatívno-technickej dokumentácie a sú v súlade s kritériami iných programov (MPOV, diagnostika, údržba...). Program riadenia starnutia rieši spätnú väzbu na prevádzku, údržbu, prevádzkové kontroly a zároveň výstupy z programu riadenia starnutia slúžia ako jeden z podkladov pre program modernizácie JE. Všetky činnosti, predpisy a spôsob ich dokumentovania sú v súlade so schváleným systémom zabezpečenia kvality prevádzkovateľa JE.

Riadenie starnutia je dynamický proces, v ktorom sa pomocou dostupných inžinierskych, výskumných a diagnostických prostriedkov zisťuje aktuálny stav SKK, ktorý vyvoláva adekvátnu efektívnu reakciu vo forme prevádzkových opatrení a údržbárskych zásahov.

Proces riadenia starnutia pozostáva z nasledujúcich krokov:

- Definovanie rozsahu SKK pre RS;
- Definovanie rozsahu dokumentácie pre RS;
- Tvorba, riadenie a aktualizácia programov riadenia starnutia;
- Výstupy programov riadenia starnutia.

Podľa BNS UJD SR [II.12] program riadenia musí byť samostaným programom a musí definovať najmä nasledujúce oblasti:

1. zoznam vybraných systémov, konštrukcií a komponentov podliehajúcich hodnoteniu starnutia
2. databázu materiálových, konštrukčných a prevádzkových údajov, nevyhnutných pre hodnotenie stavu SKK
3. databázu o zisteniach a analýzach príčin degradácie materiálov, porúch a porušení limit a podmienok bezpečnej prevádzky
4. všeobecné zhodnotenie procesu starnutia na základe existujúcich limitných projektových údajov pre jednotlivé SKK
5. požiadavky na realizáciu periodického hodnotenia stavu SKK vrátane periodicity hodnotenia
6. požiadavky na zber, spracovanie a archivovanie údajov nevyhnutných prehodnotenie stavu SKK
7. metodiky na hodnotenie vplyvu existujúcich, alebo predpokladaných mechanizmov starnutia vrátane kritérií prijateľnosti
8. návrhy opatrení na odstránenie alebo zmiernenie príčin starnutia, resp. degradácie, vrátane zhodnotenia účinnosti predtým prijatých opatrení
9. metodiky a výsledky hodnotenia zostatkovej životnosti SKK
10. požiadavky a metodiky na hodnotenie efektívnosti programu riadenia starnutia vrátane definície indikátorov na hodnotenie efektívnosti programu riadenia starnutia

Pre účely riadenia starnutia SKK **MO34** bol na základe opodstatnených kritérií definovaných v [II.10], [II.12] a prevádzkových skúseností z **EBO34** a referenčnej elektrárne **EMO12** urobený výber systémov, konštrukcií a komponentov podrobne popísaný v príslušnom dokumente. Tlaková nádoba reaktora vrátane vnútroreaktorových častí je v tomto „Zozname vybraných komponentov pre riadenie starnutia MO34 – strojná časť“. Konštrukcie vnútroreaktorových častí s dominantnými mechanizmami starnutia sú uvedené v **Tabuľka 6.1.2-13**.

Program riadenia starnutia 3. a 4. bloku JE Mochovce je založený na programe riadenia starnutia EMO12 a EBO 34 „**Návod JE. Program riadenia starnutia vnútroreaktorových častí, číslo JE/NA-312.06-13**“ [I.10] schválený Rozhodnutím **UJD SR 319/2013**.

Základná metodická schéma programu riadenia starnutia slúžiaca ako podklad pre spracovanie jednotlivých špecifických schém vytypovaných systémov, konštrukcií a komponentov vychádza z postupu publikovaného v [II.10].

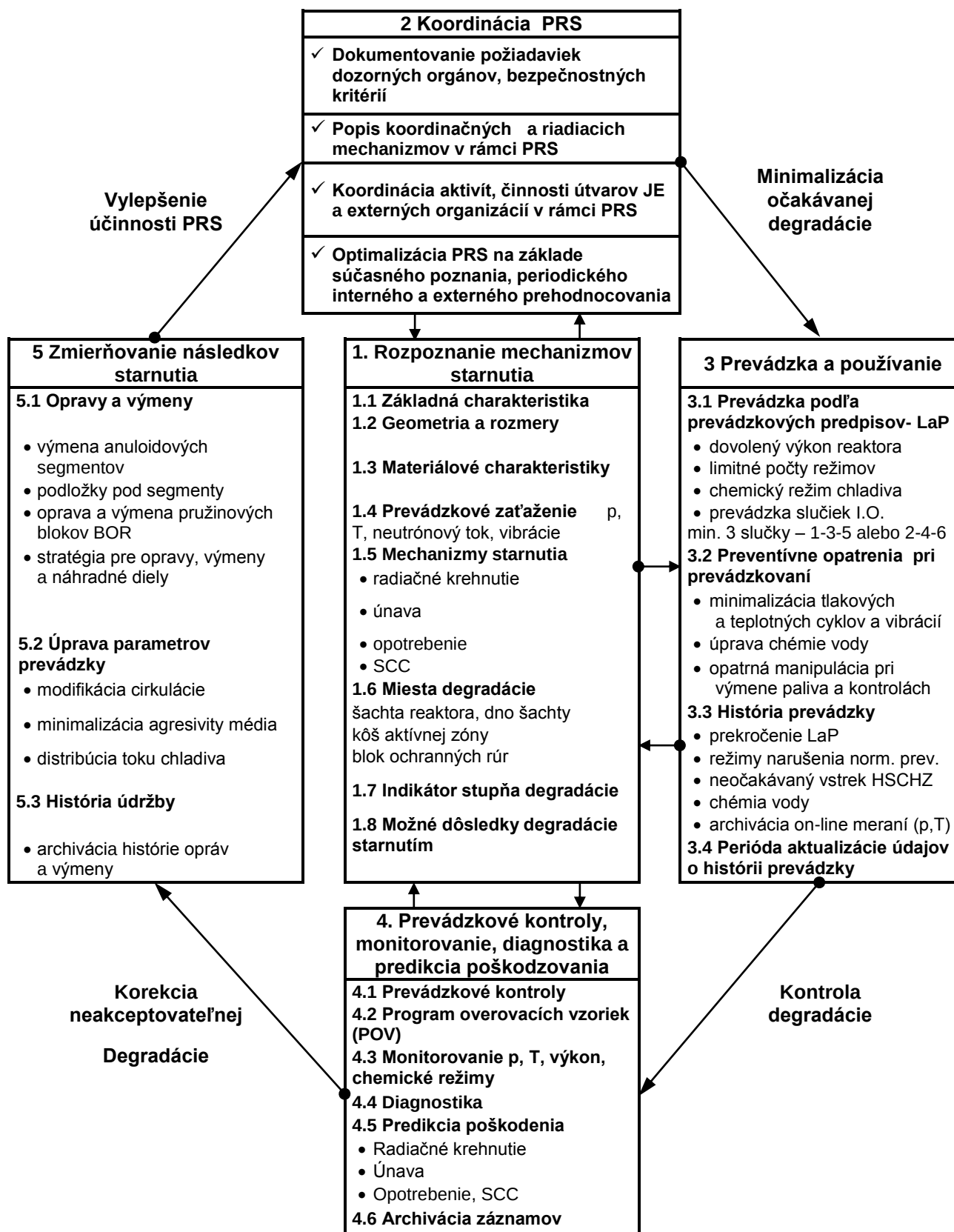
Aplikácia základnej schémy PRS na podmienky VRČ je na **Obrázok 6.1.2-20**.

Všeobecné požiadavky definované pre PRS v [II.12] sú aplikované v PRS Mo34.

Tabuľka 6.1.2-13 Zoznam VRČ pre riadenie starnutia a potenciálnych mechanizmov starnutia

Komponent	Časť	Dominantné mechanizmy starnutia
Vnútroreaktorové časti reaktora VVER 440 V-213	šachta, dno šachty	opotrebenie, IGSCC, IASCC, únava, radiačné krehnutie
	kôš aktívnej zóny	opotrebenie, IGSCC, IASCC, únava, radiačné krehnutie
	blok ochranných rúr	opotrebenie, IGSCC, IASCC, únava, radiačné krehnutie

Obrázok 6.1.2-20 Schéma návrhu PRS VRČ



6.1.2.7 Systémy na monitorovanie správania sa a prevádzky aktívnej zóny reaktora

6.1.2.7.1 Systém vnútroreaktorovej kontroly (SVRK)

Programovo-technický systém vnútroreaktorovej kontroly (SVRK) 3. a 4. bloku jadrovej elektrárne Mochovce patrí do zostavy komplexu informačných systémov energobloku JE. Základným určením SVRK je kontrola vývinu energie a rozloženia teploty v aktívnej zóne reaktora a kontrola tepelného výkonu aktívnej zóny v rozsahu úrovni výkonu od 10 do 110% nominálneho výkonu.

Hlavnou úlohou SVRK je zaistiť spoľahlivú a bezpečnú prevádzku reaktora, vrátane zaistenia jadrového - fyzikálnych a termo - hydraulických parametrov reaktora. Systém SVRK je modernizovaný nástroj pre kontrolu, monitorovanie, analýzu a predpoveď neutrónovo - fyzikálneho a termohydraulického chovania aktívnej zóny. SVRK je informačný systém určený k automatickému zberu údajov k ich ďalšiemu spracovaniu podľa určených algoritmov a ich prezentácie prevádzkovému personálu. Zabezpečuje spoľahlivú a bezpečnú prevádzku reaktorového zariadenia v energetickom rozsahu AZ. Systém umožňuje sledovanie výkonového poľa na kazetovej aj poprútkovej úrovni s kontrolou prekročenia sledovaných prevádzkových limit.

6.1.2.7.2 Systém EXCORE

Systém merania neutrónového toku (NIS) vykonáva tieto hlavné funkcie:

- monitorovanie neutrónového toku na účely monitorovania a ochrany;
- meranie výkonu reaktora podľa signálov prichádzajúcich z dvoch typov detektorov zabezpečujúcich celý rozsah detekcie: proporcionálny čítač a kompenzačná ionizačná komora;
- riadenie výkonu reaktora a procesov v rámci limitov pri súčasnom zabezpečení prevádzky reaktora bez prekročenia parametrov normálnej prevádzky;
- Výpočet periódy reaktora;
- Vysielanie signálov pre príslušné systémy;
- Vysielanie radiacích signálov.

Podrobný popis systému EXCORE je v príslušných častiach **PpBS MO34 Kapitola 6.5**.

6.1.2.7.3 Systémy na riadenie reaktivity

Systém pozostáva z 37 kaziet HRK spojených pomocou vložených tyčí s pohonmi, ktoré sa nachádzajú v hornom bloku reaktora. Pohony kaziet HRK sú ovládané systémom skupinového a individuálneho ovládania RRCS, ktorý prijíma pokyny z ovládacích prvkov na pulte operátora v BD a ND (príp. cez pracovnú stanicu PICS), automatického regulátora výkonu reaktora RCS, systému obmedzenia výkonu reaktora RLS, z výkonových vypínačov BREAKEROV, RTB, systému INCORE a EXCORE. Pri potrebe rýchleho odstavenia reaktora je prerušenie napájania pohonov kaziet HRK zabezpečené rozopnutím výkonových vypínačov BREAKEROV na pokyn operátora z BD alebo ND alebo automaticky na signál zo systémov RTS, DRTS, EXCORE alebo ESFAS.

Systém bórovej regulácie slúži na riadenie reaktivity zmenou koncentrácie bóru v chladiči I.O. počas normálnej a abnormálnej prevádzky.

Bórová regulácia umožňuje kompenzáciu dlhodobých zmien reaktivity v priebehu kampane (vyhorievania), plynulé dosiahnutie prvého kritického stavu reaktora po výmene paliva, udržiavanie polohy regulačných kaziet v dovolenom rozsahu (prekompenzácia), vytvorenie a udržanie bezpečnej podkritickosti reaktora pri výmene paliva alebo pri potrebe vychladiť blok.

Riadenie reaktivity pomocou bórovej regulácie sa vykonáva zmenou koncentrácie rozpustného absorbátora (roztok kyseliny boritej), ktorý je rovnomerne rozložený v objeme chladiwa I.O. Zvyšovanie koncentrácie kyseliny boritej sa vykonáva dávkovaním C_{VP/H_3BO_3} do I.O. Pri zvyšovaní koncentrácie kyseliny boritej dochádza k zlepšovaniu absorpčných vlastností moderátora a k utlmovaniu štiepnej reakcie (vnesenie zápornej reaktivity). Znižovanie koncentrácie kyseliny boritej sa vykonáva dávkovaním čistého kondenzátu do I.O. Pri znižovaní koncentrácie kyseliny boritej dochádza k zhoršovaniu absorpčných vlastností moderátora a k rozvoju štiepnej reakcie (vnesenie kladnej reaktivity).

Podrobne je systém bórovej regulácie popísaný v príslušnom dokumente.

LITERATÚRA

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

- [I.1] Revízia a dopracovanie úvodného projektu (ÚP) pre MO34, EGP Praha
- [I.2] Komplet reaktorového zariadení V-213-4, dodávkový uzol 1.4, Šachta, Pasport, Škoda, k.p. Plzeň, závod Energetické strojírenství, Ae 4557/Dok1, Číslo kompletu 20, Plzeň
- [I.3] Komplet reaktorového zariadení V-213-4, dodávkový uzol 1.5, Dno šachty, Pasport, Škoda, k.p. Plzeň, závod Energetické strojírenství, Ae 4558/Dok1, Číslo kompletu 20, Plzeň
- [I.4] Komplet reaktorového zariadení V-213-4, dodávkový uzol 1.6, Kôš aktívnej zóny, Pasport, Škoda, k.p. Plzeň, Energetické strojírenství, Ae 4559/Dok1, Číslo kompletu 20, Plzeň
- [I.5] Komplet reaktorového zariadení V-213-4, dodávkový uzol 1.7, Blok ochranných rúr, Pasport, Škoda, k.p. Plzeň, Energetické strojírenství, Ae 4560/Dok1, Číslo kompletu 20, Plzeň
- [I.6] Komplet reaktorového zariadení V-213-4, dodávkový uzol 1.4, Šachta, Pasport, Škoda, k.p. Plzeň, závod Energetické strojírenství, Ae 4557/Dok1, Číslo kompletu 21, Plzeň
- [I.7] Komplet reaktorového zariadení V-213-4, dodávkový uzol 1.5, Dno šachty, Pasport, Škoda, k.p. Plzeň, závod Energetické strojírenství, Ae 4558/Dok1, Číslo kompletu 21, Plzeň
- [I.8] Komplet reaktorového zariadení V-213-4, dodávkový uzol 1.6, Kôš aktívnej zóny, Pasport, Škoda, k.p. Plzeň, Energetické strojírenství, Ae 4559/Dok1, Číslo kompletu 21, Plzeň
- [I.9] Komplet reaktorového zariadení V-213-4, dodávkový uzol 1.7, Blok ochranných rúr, Pasport, Škoda, k.p. Plzeň, Energetické strojírenství, Ae 4560/Dok1, Číslo kompletu 21, Plzeň
- [I.10] Návod JE Program riadenia starnutia vnútroreaktorových častí JE-NA-312.06-13

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

- [II.1] Normy rasčeta na pročnosť oborudovaniya i truboprovodov atomnykh energetičeskikh ustanovok, PNAEG G-7-002-86, Energoatomizdat, Moskva 1989
- [II.2] NTD A.S.I. Sekcia III., Hodnotenie pevnosti zariadení a potrubí jadrových elektrární typu VVER, identifikační číslo NTD ASI-III-Z-5/07, vydané v Prahe a Brne, máj 2007
- [II.3] NTD A.S.I. Sekcia II. Charakteristiky materiálu pre zariadenia a potrubia JE typu VVER, Sekcia II, identifikační číslo NTD-ASI-II-Z-5/07, vydané v Prahe a Brne, máj 2007
- [II.4] NTD A.S.I., Sekcia I. Zváranie zariadení a potrubí jadrových elektrární typu VVER, identifikační číslo NTD-ASI-I-Z-5/07, vydané v Ostrave, máj 2007
- [II.5] OP 1513-72, Základné predpisy pre zváranie a naváranie uzlov a konštrukcií jadrových elektrární, experimentálnych a výskumných reaktorov a súborov, Moskva 1974
- [II.6] 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.7] Predpisy pre výstavbu a bezpečnú prevádzku zariadení jadrových elektrární, experimentálnych a výskumných reaktorov a súborov vrátane dodatkov, Gosgortekhnadzor ZSSR, 1973

- [II.8] Normy výpočtov na pevnosť elementov reaktorov, PG, nádob a potrubí atómových elektrární, experimentálnych a výskumných jadrových reaktorov a zariadení, Gosgortekhnadzor ZSSR, 1973
- [II.9] Unified Procedure for Lifetime Assessment of Components and Piping in WWER NPPs "VERLIFE", Version 2008 – Final, April 2008
- [II.10] IAEA Safety Guide, No. NS-G-2.12, Riadenie starnutia jadrových elektrární, IAEA, Viedeň, 2009
- [II.11] IAEA TECDOC-1557 Report "Assessment and management of ageing of major nuclear power plant components important to safety: PWR Vessel Internals", June 2007
- [II.12] BNS ÚJD SR 1.9.2/2001, Riadenie starnutia jadrových elektrární: Požiadavky, ÚJD SR, Bratislava
- [II.13] BNS ÚJD SR I.1.2 / 2008, Rozsah a obsah bezpečnostnej správy, ÚJD SR, Bratislava, 11/2008
- [II.14] BNS ÚJD SR II.5.1/2007 Zváranie jadrových zariadení. Základné požiadavky a pravidlá, ÚJD SR, Bratislava
- [II.15] 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
- [II.16] BNS ÚJD SR II.5.3/20011, Zváracie materiály na zváranie strojno-technologických komponentov jadrových elektrární. Technické požiadavky a pravidlá výberu, ÚJD SR, Bratislava
- [II.17] Zákon č. 541 / 2004 Z. z. o mierovom využívaní jadrovej energie (atómový zákon)
- [II.18] Vyhláška ÚJD SR č. 430 / 2011 Z. z, ktorou sa ustanovujú podrobnosti o požiadavkách na jadrovú bezpečnosť jadrových zariadení pri ich umiestňovaní, projektovaní, výstavbe, uvádzaní do prevádzky, prevádzke, vyradovaní a pri uzatvorení úložiska, ako aj kritériá pre kategorizáciu vybraných zariadení do bezpečnostných tried
- [II.19] 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.20] Vyhláška ÚJD SR č. 33/2012 o pravidelnom, komplexnom a systematickom hodnotení jadrovej bezpečnosti, ÚJD SR, Marec 2012
- [II.21] PNAE G-7-008-89, Predpisy výstavby a bezpečnej prevádzky zariadení a potrubí atómových elektrární, Energoatomizdat, Moskva, 1990
- [II.22] Format and Content of the Safety Analysis Report for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. GS-G-4.1, Vienna, 5/2004

III Zdrojové dokumenty, ktoré sú spravidla vytvorené VUJE, a.s.

- [III.1] P.Hermanský, M.Krajčovič: The Dynamical Loading of the WWER440/V213 Reactor Pressure Vessel Internals during LOCA Accident in Hot and Cold Leg of the Primary Circuit, International conference Nuclear Energy for New Europe 2010, Portorož, Slovenia, Sept.6-9 2010
- [III.2] P.Hermanský, M.Krajčovič: Numerická simulácia odozvy vnútorných častí reaktora VVER440/V213 na dynamické namáhanie pri LOCA havárii, Energetika, 6/2010

- [III.3] P.Hermanský, M.Krajčovič: The numerical simulation of the WWER440/V213 reactor pressure vessel internals response to maximum hypothetical large break loss of coolant accident, European Nuclear Conference, 30 May-2June 2010, Barcelona, Spain
- [III.4] P.Hermanský, M.Krajčovič: The numerical simulation of the WWER440/V213 reactor pressure vessel internals response to maximum hypothetical large break loss of coolant accident, Nuclear Engineering and Design, April 2011
- [III.5] P.Hermanský, M.Krajčovič, M.Hrázský: Analýza vnútroreaktorových častí reaktorov V213, Správa VUJE, a.s. Ev.č. MP0350/2008/05/01
- [III.6] P.Hermanský, M.Krajčovič: The numerical simulation of the WWER440/V213 reactor pressure vessel internals response to maximum hypothetical large break loss of coolant accident, International conference Nuclear Energy for New Europe, Bled, Slovenia, Sept.14-17 2009

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obrázok 6.1.2-1 Šachta reaktora	10
Obrázok 6.1.2-2 Dno šachty reaktora.....	12
Obrázok 6.1.2-3 Kôš aktívnej zóny.....	14
Obrázok 6.1.2-4 Blok ochranných rúr	17
Obrázok 6.1.2-5 Úchyt vloženej tyče.....	21
Obrázok 6.1.2-6 Vložená tyč	22
Obrázok 6.1.2-7 Výpočtové body ŠR vybrané pre kontrolu únavovej životnosti.....	34
Obrázok 6.1.2-8 Výpočtové body DŠR vybrané pre kontrolu únavovej životnosti	34
Obrázok 6.1.2-9 Výpočtové body KAZ vybrané pre kontrolu únavovej životnosti.....	35
Obrázok 6.1.2-10 Výpočtové body BOR vybrané pre kontrolu únavovej životnosti.....	35
Obrázok 6.1.2-11 Radiálne rozloženie hustoty zdrojov štiepenia v aktívnej zóne	40
Obrázok 6.1.2-12 Pomerné rozloženie trosky na výšku periférnych kaziet (od spodku aktívnej zóny)	41
Obrázok 6.1.2-13 Výpočtová schéma rozloženia vrstiev v radiálnom smere.....	41
Obrázok 6.1.2-14 Výpočtová schéma rozloženia vrstiev v osovom smere.....	42
Obrázok 6.1.2-15 Rozloženie hustoty toku rýchlych neutrónov s energiou vyššou než 0,5MeV vzhľadom k hrúbke základného kovu nádoby $\text{neutr.cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$	43
Obrázok 6.1.2-16 Rozloženie prenosu rýchlych neutrónov s energiou vyššou než 0,5MeV vzhľadom k hrúbke kovu nádoby neutr.cm^{-2}	44
Obrázok 6.1.2-17 Rozmiestnenie ožarovacích reťazcov na šachte reaktora	48
Obrázok 6.1.2-18 Schéma ožarovacích reťazcov	49
Obrázok 6.1.2-19 Schéma štandardného ožarovacieho reťazca.....	49
Obrázok 6.1.2-20 Schéma návrhu PRS VRČ.....	60

ZOZNAM TABULIEK

Tabuľka 6.1.2-1 Hlavné rozmery VRČ.....	23
Tabuľka 6.1.2-2 Chemické zloženie ocele 08Ch18N10T	25
Tabuľka 6.1.2-3 Mechanické vlastnosti materiálov	25
Tabuľka 6.1.2-4 Fyzikálne vlastnosti materiálov	26
Tabuľka 6.1.2-5 VRČ EMO 3.blok - Materiálové vlastnosti ocele 08CH18N10T (z pasportov [I.2]- [I.5]).....	27
Tabuľka 6.1.2-6 VRČ EMO 4.blok - Materiálové vlastnosti ocele 08CH18N10T (z pasportov [I.6]-[I.9]).....	28
Tabuľka 6.1.2-7 Parametre okrajových podmienok VRČ	29
Tabuľka 6.1.2-8 Rozloženie hustoty toku rýchlych neutrónov s energiou vyššou ako 0,5 MeV vzhľadom k hrúbke základného kovu nádoby (maximálne hodnoty) $\text{neutr.cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$	43
Tabuľka 6.1.2-9 Rozloženie prenosu rýchlych neutrónov s energiou vyššou než 0,5MeV vzhľadom k hrúbke nádoby neutr.cm^{-2}	44
Tabuľka 6.1.2-10 Označenie ožarovacích reťazcov na 3. bloku EMO.....	46
Tabuľka 6.1.2-11 Umiestnenie vzoriek v jednotlivých puzdrách štandardných reťazcov	47
Tabuľka 6.1.2-12 Prevádzkové režimy	51
Tabuľka 6.1.2-13 Zoznam VRČ pre riadenie starnutia a potenciálnych mechanizmov starnutia	59