

Vodní hospodářství jaderných energetických zařízení

Chemický a radiochemický režim

Úvod

- chemický režim obecně = složení technologického média v zařízení z hlediska vlivu na jadernou bezpečnost, provozní spolehlivost, ekonomiku procesu a na konstrukční materiály
- základním a nejdůležitějším technologickým médiem je voda \Rightarrow chemický režim se zabývá chemickým složením vody v jednotlivých okruzích \rightarrow cílem je dosažení „optimálního chemického režimu“
- optimální chemický režim – dosažení maximální účinnosti technologického procesu za přijatelných provozních nákladů a minimálním poškození zařízení \rightarrow dále třeba sledovat vliv na zdraví obyvatelstva a životní prostředí
- rozeznáváme:
 - ♦ chemický režim chladiva primárního okruhu
 - ♦ chemický režim sekundárního okruhu
 - ♦ chemický režim vnějších chladících okruhů

Chemický a radiochemický režim / I. okruh

Trocha opakování

- kde všude máme vodu a jaké zajišťuje funkce?
 - ♦ voda jako moderátor - základní funkce bez níž by tento typ reaktoru vůbec nepracoval
 - ♦ voda jako teplotně chladič médium - základní funkce - odvod tepla generovaného štěpnou řetězovou reakcí je třeba spolehlivě zajistit (jaderná bezpečnost)
 - ♦ voda v systému kontinuálního čištění chladičů
 - ♦ voda zajišťující chlazení vyhořelého paliva v bazénu – nutná reaktorová kvalita kvůli výměně
 - ♦ voda v systému doplňování
 - ♦ prací voda pro iontoměniče v systému čištění chladičů při regeneraci
- na jaké narážíme problémy?
 - ♦ radiolýza vody \Rightarrow přítomnost vodíku a kyslíku
 - ♦ peroxidy + další radikály \Rightarrow vznik agresivního prostředí
 - ♦ aktivace materiálů vnesených do aktivní zóny

Chemický a radiochemický režim / I. okruh

Základní požadavky na režim primárního okruhu a chladivo

- hlavním cílem je:
 - ♦ zajištění integrity potrubí a komponent primárního okruhu
 - ♦ zajištění integrity pokrytí
 - ♦ snižování radiačních dávek v okolí I.O. a minimalizace radioaktivního znečištění – výhodné pro revize a údržbu
- chladivo primárního okruhu je tvořeno téměř dokonale čistou vodou s určitými chemickými přísadami
- pro optimální provoz musí splňovat tyto požadavky:
 - ♦ obsahovat minimum nečistot
 - ♦ způsobovat minimální korozní úbytky konstrukčních materiálů
 - ♦ potlačovat selektivní korozi
 - ♦ potlačovat tvorbu nánosů a usazenin na teplosměnných plochách
 - ♦ umožňovat regulaci výkonu pomocí neutrony absorbujících sloučenin (bóru)
 - ♦ potlačovat transport korozních produktů
 - ♦ potlačovat koncentraci kyslíku

Chemický a radiochemický režim / I. okruh

Udržování chemického režimu primárního chladiva

- chemický režim I.O. v podstatě shodný pro všechny bloky s reaktory VVER
- neutrální bezkyslíkový režim (amono-draselný) → $\text{pH} = 7 - 7,2$
- chemický režim I.O. se udržuje prostřednictvím:
 - ♦ dávkování H_3BO_3
 - ♦ dávkování KOH
 - ♦ dávkování NH_3 (N_2H_4)
 - ♦ kontinuálním čištěním chladiva v SVO-1
 - ♦ chemickým čištěním v SVO-2
 - ♦ vodovýměnou (při doplňování ztráty chladiva)

Chemický a radiochemický režim / I. okruh

Využití a vliv chemických látek v I.O.

• H₃BO₃

- ♦ kompenzace pomalých změn reaktivity
- ♦ zajištění podkritičnosti při odstávce
- ♦ nevýhody
 - H₃BO₃ je slabá málo disociovaná kyselina ⇒ malý vliv na pH → přesto nutná kompenzace acidity dávkováním hydroxidů ⇒ další chemické látky do chladiwa
 - během snižování koncentrace v I.O. (vyvádění bóru) kontaminace odpadních vod ⇒ komplikace jejich následné úpravy (snížení max. zahuštění na odparkách)
 - zvyšování objemu kapalných RaO – tritiová voda ($10B5 + n \rightarrow 2 \cdot 4He2 + 3H1$) → nelze chemicky ani fyzikálně oddělit ⇒ nutnost řízeného vypouštění do ŽP

Chemický a radiochemický režim / I. okruh

Využití a vliv chemických látek v I.O.

- alkalické hydroxidy

- ♦ navzdory nízké aciditě je H_3BO_3 problém pro konstrukční materiály \Rightarrow v I.O. nutná přítomnost složek pro vyrovnání pH
- ♦ KOH – velmi silný hydroxid \Rightarrow postačí malé koncentrace \rightarrow dokonale rozpustný a ekonomicky dostupný \Rightarrow výhodné alkalizační činidlo (problém je příměs NaOH \leftarrow aktivace)
- ♦ přítomen též LiOH ($10B5 + n \rightarrow 7Li3 + 4He2$) – vliv na pH není zcela zanedbatelný
- ♦ PWR využívají LiOH místo KOH – nutno vyloučit $6Li3$ (vznik tritia)

- NH_3 , N_2H_4

- ♦ vliv na pH malý – dávkuje se pro udržení bezkyslíkového režimu
- ♦ při čištění chladiva se dostává do odpadů \Rightarrow nárůst jejich množství
- ♦ některé PWR dávkuje přímo vodík

Chemický a radiochemický režim / I. okruh

Využití a vliv chemických látek v I.O.

- rozpuštěný kyslík
 - ♦ vznik kyslíku radiolýzou vody – reakce s vysokou rychlostí a velkou proměnlivostí v závislosti na okamžitých lokálních podmínkách
 - $\text{H}_2\text{O} + \nu \rightarrow \text{H} + \text{OH}$
 - $\text{OH} + \text{OH} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2$
 - $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$
 - ♦ vznik volného kyslíku \Rightarrow možnost vzniku radikálů \rightarrow společně s volným kyslíkem = riziko pro konstr. materiály (korozní praskání nerez ocelí, napadání zirkoniového pokrytí, atd.) \Rightarrow volný kyslík nutno blokovat
 - ♦ reakce jsou vratné – nadbytek vodíku posouvá rovnováhu v neprospěch kyslíku
 - ♦ zdrojem vodíku je radiolýza a tepelný rozklad NH_3 :
 - $2\text{NH}_3 \rightarrow \text{N}_2 + 3\text{H}_2$
 - $\text{NH}_3 + \text{OH} \rightarrow \text{NH}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 - $\text{NH}_2 + \text{NH}_2 \rightarrow \text{NH}_3 + \text{NH}$
 - $\text{NH} + \text{NH} \rightarrow \text{H}_2 + \text{N}_2$
 - ♦ volný kyslík potlačen \Leftarrow důsledek přebytku vodíku (volný dusík bez problémů)

Chemický a radiochemický režim / I. okruh

Využití a vliv chemických látek v I.O.

- halogeny (Cl a F) – iniciace korozního praskání jinak korozně odolných ocelí ⇒ nutnost jejich potlačení na minimum
- korozní produkty
 - ♦ indikují poškození komponent I.O.
 - ♦ tvoří úsady na teplosměnných plochách
 - ♦ tvoří významný zdroj radioaktivity při odstávce
- organické látky
 - ♦ zdrojem mohou být ionexy
 - ♦ při radiolýze se rozpadají a mohou tvořit vysoce reaktivní látky ⇒ riziko korozního poškození konstrukčních materiálů
 - ♦ rozkladné produkty mohou ovlivnit tvorbu úsad
 - ♦ reagují s jódem (produkt štěpení) → vznik alkyljodidů (metyljodid CH₃I) → horší záchyt na filtrech

Chemický a radiochemický režim / II. okruh

Trocha opakování

- kde všude máme vodu a jaké zajišťuje funkce?
 - ♦ napájecí voda – prostor mezi napaječkami a parogenerátory (velká změna teploty)
 - ♦ voda v parogenerátorech – hlavní funkce odvod tepla z I.O. (změna fáze)
 - ♦ odluh a odkal – odvod nečistot z míst jejich zahuštění a usazování v PG
 - ♦ kondenzát – prostor mezi kondenzátními čerpadly a napaječkami (velká změna teploty)
 - ♦ voda doplňovaná do sekundárního okruhu
- na jaké narážíme problémy?
 - ♦ změna fáze vody (var a kondenzace)
 - ♦ mechanismy spojené se změnou fáze (skrývání solí, zakoncentrovávání solí, přechod solí do páry)
 - ♦ pronikání cizích vod (I.O. a III.O.) \Leftarrow záporný tlakový gradient
 - ♦ požadavky na životnost materiálů okruhu \rightarrow někdy protichůdné \Rightarrow nutnost volit kompromis

Chemický a radiochemický režim / II. okruh

Základní nároky na sekundární chladivo

- podobně jako v primárním je i chladivo v sekundárním okruhu tvořeno vysoce čistou vodou → chemické úpravy výraznější než v I.O.
- požadavky pro optimální provoz prakticky shodné v I.O. (není požadavek na regulaci reaktivity)
- mnohem složitější situace
 - ♦ fázová změna → problémy (přechod solí do páry ⇒ nánosy); nevhodný rozdělovací koeficient aditiv ⇒ komplikace pro ochranu některých částí okruhu
 - ♦ netěsnost na obou koncích (parogenerátory a kondenzátory) → pronikání cizí vody do okruhu ⇒ nechtěná změna chemického režimu
 - ♦ pestrá kombinace konstrukčních materiálů (nerez oceli, uhlíkaté oceli, slitiny mědi, slitiny titanu) ⇒ dostáváme se do protichůdných požadavků „co vyhovuje jednomu, ničí druhé“ (např. pH při kombinaci ocel – mosaz)
 - ♦ parametry (tlak a teplota) různých částí okruhu se značně liší ⇒ změna rozpustnosti a účinnosti aditiv → změna dalších vlastností (schopnost rozpouštět konstrukční materiály apod.)

Chemický a radiochemický režim / II. okruh

Základní požadavky na chemický režim

- klíčovou komponentu je parogenerátor → nutná ochrana sekundárních teplosměnných ploch ⇒ chemický režim se volí optimální pro PG
- ochrana PG je spojená s ochranou celého okruhu → koroze v ostatních částech → negativní vliv na PG → tvorba úsad na trubkách PG → štěrbinová koroze pod úsadami
- hlavním zdrojem železa v napájecí vodě je erozní koroze vlhkou párou (separátor za VT dílem turbíny) → lze potlačit zvýšením pH
- zvýšené pH problém pro slitiny mědi → za přítomnosti NH_3 dochází ke korozi → velké nebezpečí v případě přítomnosti kyslíku
- **udržování chemického režimu je daleko obtížnější ⇒ optimální režim je kompromisem**
- pro řízení chemického režimu možné různé přístupy

Chemický a radiochemický režim / II. okruh

Standardní chemické režimy

• kyslíkový

- ♦ ověřen jako jeden z režimů použitelných pro spolehlivý provoz vysokotlakých energetických zařízení
- ♦ použití zejména v průtlačných kotlích anebo jaderných elektrárnách s varnými reaktory
- ♦ využívá mechanismus vzniku pasivační vrstvy na povrchu kovu při určitých koncentracích kyslíku
- ♦ pH v pásmu 6,9 až 7,3 → možné dosáhnout vhodnou volbou iontoměníčů
- ♦ podmínkou vysoká čistota kondenzátu → měrná elektrická vodivost $< 0,3 \mu\text{S/cm}$ (např. deionizovaná voda až do $10 \mu\text{S/cm}$) \Rightarrow potřeba 100% úpravy turbínového kondenzátu
- ♦ doporučená koncentrace O_2 v napájecí vodě je $200\text{-}400 \mu\text{g/kg}$
- ♦ minimální obsah aniontů ve vodě (požadovaná nízká vodivost) → silné potlačení dílčích procesů elektrochemické koroze
- ♦ u kyslíku je v daném rozpětí koncentrací potlačena jeho katodická funkce a posílena anodická \Rightarrow tvorba ochranné vrstvy magnetitu Fe_3O_4
- ♦ pokles koncentrace kyslíku → rozrušení ochranné vrstvy a intenzivní koroze u uhlíkatých a nízkolegovaných ocelí \Rightarrow nutnost zabránit tomuto stavu

Chemický a radiochemický režim / II. okruh

Standardní chemické režimy

• kyslíkový

- ♦ optimální koncentrace se řeší dávkováním kyslíku anebo peroxidu vodíku do kondenzátu
- ♦ dávkování H₂O₂ je složitější → tepelný rozklad závisí na teplotě (při 50°C rozložení za 9 hodin/ při 70°C za 5 hodin / při 140°C za 3 hodiny) ⇒ odlišné rychlosti rozkladu na prvních regeneračních stupních a možnost koroze na NTO I, II a III
- ♦ peroxid při teplotách 40-60°C tvoří Fe(O₂H)⁺⁺ hydrogenperokomplex železa → při teplotě nad 60°C rozklad a vznik magnetitové vrstvy
- ♦ v ČR se v jaderné energetice nepoužívá → problémy se použitím slitin mědi → převládal názor, že při kyslíkovém režimu je to nepřijatelné
- ♦ existuje modifikace v podobě tzv. kombinovaného režimu s dávkováním H₂O₂ a pH25 v pásmu 7,5-8,5
- ♦ pro použití v ČR doporučena čistota vody s odpovídající měrnou elektrickou vodivostí <0,1 - 0,2 μS/cm a zajištění mírného přebytku kyslíku

Chemický a radiochemický režim / II. okruh

Standardní chemické režimy

- hydrazínový
 - ♦ provozně blízký kyslíkovému režimu, ale chemicky odlišný
 - ♦ místo oxidačních činidel O₂ nebo H₂O₂ se dávkuje naopak činidlo dezoxigenační – hydrazín N₂H₄ → váže volný kyslík
 - ♦ $N_2H_4 + O_2 \rightarrow N_2 + H_2O$
 - ♦ problém – malá rychlost reakce za studena → vyvinut aktivovaný hydrazin (Levoxin)
 - ♦ při dávkování Levoxinu se neaktivovaná forma přidává až za termickým odplyňovákem → takzvané chemické doodplynění
 - ♦ protikorozní účinek hydrazinu i v chladném kondenzátu → urychlování přeměny rozpuštěného Fe(OH)₂ na magnetit a jeho vylučování (tzv. Schikorova reakce)
 - ♦ hydrazin má též alkalizační účinky → disociace ⇒ zvýšení hodnoty pH
 - ♦ pH dle norem 8,7-9,0 ⇒ bazický charakter režimu
 - ♦ významný přínos – hydrazin vykazuje protikorozní účinky též na slitiny mědi ⇒ možnost použití mosazi jako konstrukčního materiálu (teplosměnné plochy NTO a kondenzátory)
 - ♦ podobně jako kyslíkové vodní režimy vyžaduje hydrazínový režim vysokou čistotu vody

Chemický a radiochemický režim / II. okruh

Standardní chemické režimy

• hydrazínový

- ♦ z hlediska slitin železa není hydrazínový režim plně optimální, nicméně umožňuje využívat pro konstrukci slitiny mědi a je relativně šetrný k náplním ionexů
- ♦ hydrazínový vodní režim sekundárního okruhu využívají u nás bloky s reaktory VVER 440 (Dukovany) → po rekonstrukci možná změna

• vysokobazický

- ♦ ve světě značně rozšířený
- ♦ dávkováním čpavku se hodnoty pH se udržují v rozmezí 9,5-9,6
- ♦ dosahuje podobně dobrých výsledků jako při kyslíkových režimech
- ♦ vyšší pH vede k potlačení erozní koroze
- ♦ vysoká alkalita → prakticky nelze použít mosazi jako konstrukčního materiálu na teplosměnné plochy → koroze mědi v přítomnosti amoniaku → při proniknutí kyslíku koroze velmi intenzivní
- ♦ kde nám může vniknout kyslík do okruhu ???

Chemický a radiochemický režim / II. okruh

Standardní chemické režimy

- vysokobazický
 - ♦ výhoda – možnost využívání kondenzátu a přídavné vody nižší kvality včetně vyšší úrovně solnosti
 - ♦ nevýhoda – rychlejší vyčerpávání náplní katexů používaných v rámci úpravy turbínového kondenzátu ÚTK ⇒ problém při trvale zapojené ÚTK
 - ♦ výhodný v kombinaci s použitím titanových kondenzátorů → vysoká stálost a těsnost ⇒ malé přísávání chladicí vody → + snížené požadavky na kvalitu napájecí vody ⇒ možnost vyřadit ÚTK z trvalého provozu
 - ♦ tam kde se musí z jiných důvodů provozovat ÚTK trvale (např. teplárenské režimy) není tento režim provozně ani ekonomicky vhodný

Chemický a radiochemický režim / II. okruh

Standardní chemické režimy

- bazický
 - ♦ hodnotou pH 8,5 - 9,5 odpovídá hydrazínovému až vysokobazickému režimu → v ČR pro energetická zařízení s tlakem nad 8MPa je podle norem zpravidla stanovováno pH v rozsahu 8,7 - 9,2
 - ♦ je kompromisem mezi snahou potlačit co nejvíce korozi ocelí (vysokobazické režimy) a minimalizací vyčerpávání ionexů a množství dávkovaných chemikálií (hydrazínový režim)
 - ♦ z hlediska koroze ocelí není tento typ režimu ideální
 - ♦ při použití teplosměnných ploch z mosazi se pH udržuje v rozmezí 8,7-9,0 a čpavek se dávkuje až za termickým odplyněním

Chemický a radiochemický režim / II. okruh

Udržování chemického režimu

- II. okruh provozujeme v bezkyslíkatém, vysokobazickém amono-hydrazínovém režimu
- chemický režim II. okruhu se udržuje:
 - ♦ termickým a vakuovým odplyněním
 - ♦ dávkováním NH_3
 - ♦ dávkováním N_2H_4 a Levoxinu
 - ♦ čištěním chladiva
 - BÚK – dimenzována na plný průtok kondenzátu (při vysokobaz. neprovozujeme)
 - SVO-5 – čistící stanice odluhu parogenerátorů (mechanické filtry + ionexy) → vyčištěný odluh a odkal se vrací zpět do II. okruhu

Chemický a radiochemický režim / II. okruh

Udržování chemického režimu

- chemický režim II.O. je ve značné míře závislý na použitých konstrukčních materiálech \Rightarrow může se lišit elektrárnu od elektrárny (blok od bloku)
- teplosměnné plochy z mosazi (Dukovany – bylo) \Rightarrow pH je kompromisem \rightarrow potlačení erozní koroze ocelí (udržovat vysoké pH) / vyhnout se napadání slitin mědi (příčinou vysoké pH) \Rightarrow hydrazínový režim
- teplosměnné plochy z titanu \Rightarrow možnost provozovat vysoké pH \rightarrow potlačení erozní koroze ocelí \rightarrow nechtěný doprovodný efekt možný nárůst biologických rizik v III.O.
- rozpuštěný kyslík = vysoké nebezpečí \rightarrow zvýšení rychlosti koroze slitin železa + náchylnost k lokálním formám koroze u austenitů (klíčový faktor při praskání kolektorů v PG \rightarrow **nebezpečný typ havárie**)
- za provozu kyslík odstraňován jak?
- vývěvami v kondenzátoru, termickým odplyněním v odplynovacím výměníku a chemicky v celém okruhu (hydrazin, levoxin)

Chemický a radiochemický režim / II. okruh

Udržování chemického režimu

- pro udržování pH dávkován NH_3 → dalším zdrojem NH_3 je termický rozklad hydrazinu a levoxinu (vázání kyslíku)
- nutná maximální těsnost II. okruhu ⇒ možnost provozovat blok bez BÚK – bloková úprava kondenzátu
- BÚK = ionexové filtry (H^+ OH^- forma) ⇒ najetí = ztracení veškerého NH_3
- potřebné množství čpavku roste s pH výrazně nelineárně ⇒ provoz BÚK při vysoké koncentraci značně neekonomický

Chemický a radiochemický režim / II. okruh

Využití a vliv chemických látek v II.O.

• hydrazin

- ♦ napomáhá pasivaci – urychlení oxidace dvojmocného železa na trojmocné → tvorba magnetitu
- ♦ vázání kyslíku – $N_2H_4 + O_2 \rightarrow N_2 + H_2O$
- ♦ alkalizace – je slabším činidlem než amoniak → uplatňuje se zejména po rozkladu $3N_2H_4 \rightarrow 4NH_3 + N_2$
- ♦ omezení vzniku inkrustací v místech vysokého tepelného zatížení
- ♦ inhibiční účinek umožňuje tzv. mokrou konzervaci zařízení při odstávce ⇒ úspora nákladů

• sodík

- ♦ funguje jako účinný a snadno stanovitelný indikátor celé řady forem znečištění II. okruhu
- ♦ zdrojem mohou být netěsnosti kondenzátoru, přídavná voda, korekční chemikálie, regeneranty z anexů na BUK nebo SVO-5

Chemický a radiochemický režim / II. okruh

Využití a vliv chemických látek v II.O.

- kyslík

- ♦ koroze železných slitin a zvyšování náchylnosti k lokálním formám koroze u austenitů
- ♦ nutná nepřítomnost nejen během provozu ale i za odstávky

- železo

- ♦ koncentrace celkového železa se monitoruje kvůli kvantifikaci a transportu a hromadění kalu v PG a monitoringu koroze potrubních tras
- ♦ hlavním zdrojem je erozní koroze v místech kde proudí velkou rychlostí pára nebo parovodní směs
- ♦ rychlost koroze závislá na rychlosti, turbulenci, obsahu kapalné fáze, teplotě média, pH, složení oceli atd.
- ♦ potlačení materiálovým složením oceli a vyšším pH

Chemický a radiochemický režim / II. okruh

Využití a vliv chemických látek v II.O.

- chloridy

- ♦ agresivní působení zejména na austenitické materiály (korozní praskání)
- ♦ schopnost se kumulovat ve štěrbinách (iontové řetězce \Rightarrow napomáhání transportu Fe^{++} do vody) a pod úsadami
- ♦ mohou za určitých podmínek celkově narušovat pasivní vrstvu
- ♦ zdrojem mohou být netěsnosti kondenzátoru, přídavná voda, chemikálie z BUK nebo SVO-5

- sírany

- ♦ na austenitu je chování v prostředí PG/upínka/kolektor podobné jako u chloridů
- ♦ riziko transkrystalického napadání austenitů
- ♦ zdroje podobné jako u chloridů + uvolněné sulfoskupiny ze silně kyselých katexů

Chemický a radiochemický režim / III. okruh

Trocha opakování

- kde všude máme vodu a jaké zajišťuje funkce?
 - ♦ chladící voda kondenzátoru
 - ♦ voda v prostoru chladících věží
 - ♦ technická voda důležitá
 - ♦ technická voda nedůležitá
- na jaké narážíme problémy?
 - ♦ otevřený okruh \Rightarrow kromě předávání tepla též přestup hmoty
 - ♦ částečná výměna média s životním prostředím (doplňování a odluh) \Rightarrow nelze používat látky škodlivé k životnímu prostředí
 - ♦ vypouštěné látky se nečistí \Rightarrow jejich složení musí být limitováno
 - ♦ proměnlivé složení vstupu (doplňovaná voda)
 - ♦ značný objem cirkulujícího média
 - ♦ biologické oživení (řasy, houby, mušle atd.)

Chemický a radiochemický režim / III. okruh

Vnější chladicí okruhy

- mezi vnější chladicí okruhy řadíme:
 - ♦ okruh cirkulační chladicí vody CCHV
 - ♦ okruhy technické vody nedůležité TVN
 - ♦ okruhy technické vody důležité TVD
- okruhy nejsou zcela samostatné – CCHV a TVN využívají k odvodu tepla chladících věží
- doplňování do okruhu TVN \Rightarrow složení vody v okruhu závisí na doplňované vodě a celkové bilanci okruhu \rightarrow při větším odběru mísení s vodou CCHV
- okruhy TVD striktně odděleny \rightarrow chlazení rozstříkem v bazénech
- pro celkovou bilanci je určující okruh CCHV (doplňování vs. odpar + únos)
 - \rightarrow odparem odchází čistá voda \Rightarrow soli a nerozpustné látky zůstávají ve vodě
 - \Rightarrow nutnost odluhu jako ochrana proti jejich zakoncentrování
- stupeň zahuštění = poměr doplňované vody ku odluhu \rightarrow důležitý parametr
 - \rightarrow nízké zahuštění = velká spotřeba vody / vysoké = roste agresivita

Chemický a radiochemický režim / III. okruh

Udržování chemického režimu

- nelze pevně nadefinovat hodnotami konkrétních ukazatelů \Leftarrow optimum závislé na složení vstupní vody
- složení vody chladících okruhů ovlivňuje:
 - ♦ kvalita surové vody
 - ♦ technologie úpravy vody
 - ♦ režim chladícího okruhu a procesy, které zde probíhají
 - ♦ požadavky na složení odpadních vod

Chemický a radiochemický režim / III. okruh

Udržování chemického režimu

- uhličitanová rovnováha – velmi sledovaný parametr → vliv na chování vody v okruhu (agresivní / inkrustující)
- mechanismus vápenato-uhličitanové rovnováhy:
$$\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{Ca}^{++} + 2\text{HCO}_3^-$$
 - ♦ větší koncentrace CO₂ (kyselé charakter) → voda dokáže rozpouštět CaCO₃ (napadání zdiva a betonu)
 - ♦ menší koncentrace CO₂ (zásaditý charakter) → voda má tendenci vylučovat CaCO₃ ⇒ tvorba nánosů
- lze identifikovat pomocí pH → normálně kolem 8
 - ♦ pH dáno poměrem zastoupení jednotlivých forem uhličitanového mixu, tj. CO₂, HCO₃⁻ a CO₃²⁻
 - ♦ při poklesu (pH < 6) → agresivit
 - ♦ při vzestupu (pH > 9) → vylučování nerozpustných solí, inkrustace

Chemický a radiochemický režim / III. okruh

Udržování chemického režimu

- další důležitá veličina – obsah nerozpuštěných látek (NL)
 - ♦ dostávají se do okruhu s doplňovanou vodou, ze vzduchu nebo zde vznikají
 - ♦ při špatném chemickém režimu mohou vznikat sraženiny solí nebo korozní produkty
 - ♦ riziko ucpávání trubek malých průměrů
 - ♦ podpora vzniku úsad \Rightarrow riziko koroze pod nánosy (anaerobní zóny)
 - ♦ odstraňování
 - u TVD – obtoková filtrace na pískových filtrech
 - CCHV – čiření části chladicí vody nebo surové vody (ÚCHV)
- biologické oživení
 - ♦ souvisí s kvalitou přídavné vody (Vltava X Jihlava)
 - ♦ může být dalším zdrojem NL
 - ♦ potlačuje se dávkováním biocidů – v okruhu TVD možnost dávkovat v provozním uzlu boční filtrace
 - ♦ může souviset s použitými konstrukčními materiály \rightarrow mosazný kondenzátor (měď) \Rightarrow algicidní účinek (likvidace řas)