



**ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ – ГРАД СОФИЯ
ЕЛЕКТРОМАШИНОСТРОИТЕЛЕН ФАКУЛТЕТ
КАТЕДРА ТОПЛОЕНЕРГЕТИКА И ЯДРЕНА ЕНЕРГЕТИКА**

ВОДОХИМИЧНИ РЕЖИМИ В АЕЦ КОЗЛОДУЙ

Корозия на металите, водохимични режими

КОРОЗИЯ

- Корозията е процес, при който металите се разрушават под въздействието на околната среда.
- Водохимичният режим, както и неговата поддръжка, е комплекс от мероприятия и технологични операции, чрез които се потиска и управлява протичането на нежелани физикомеханични процеси в топлоенергийните обекти.

КОРОЗИЯ

В зависимост от факторите, които предизвикват корозията се различават следните видове:

- химическата корозия ;
- електрохимическата корозия ;
- корозия-ерозия;
- фретинг-корозия;
- радиационна корозия;
- биокорозия.

КОРОЗИЯ

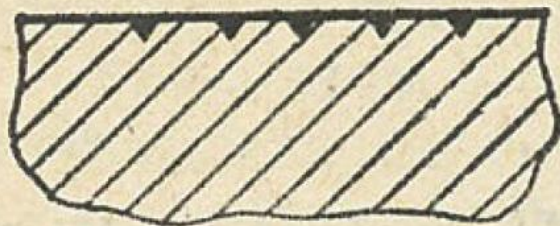
Според вида на корозионното поражение на метала корозията бива обща и местна.

Местната бива:

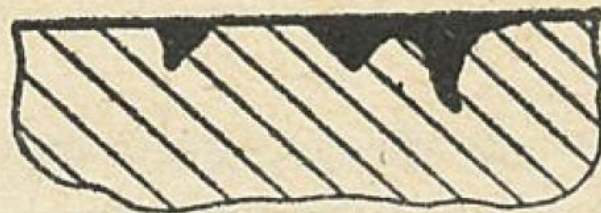
- точкова (питинг) корозия;
- язвена корозия;
- междукристална корозия;
- транскристална корозия.

Водохимични режими в АЕЦ Козлодуй

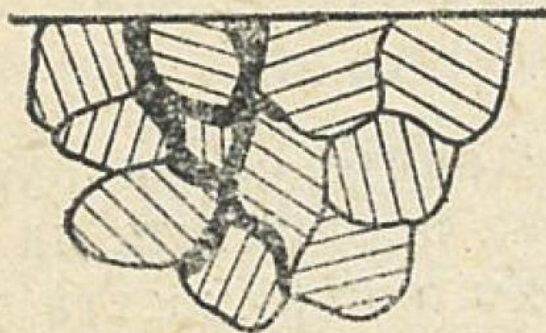
КОРОЗИЯ



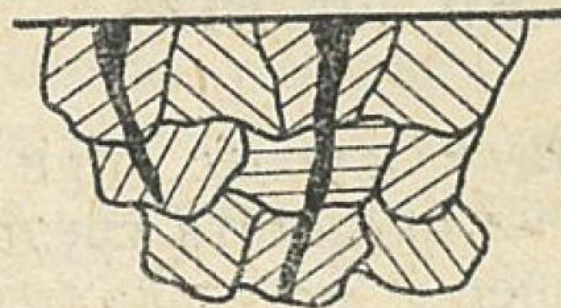
а



б



в



г

а) точкова (питинг) корозия
в) междукристална корозия

б) язвена корозия
г) транскристална корозия

Водохимични режими в АЕЦ Козлодуй

КОРОЗИЯ



Резултат от електрохимична корозия появила се при теч на толоносител в АЕЦ David Basse, САЩ. Реактор тип PWR с мощност $2817 \text{ MW}_{\text{th}}$.

Водохимични режими в АЕЦ Козлодуй

ВОДОХИМИЧЕН РЕЖИМ НА I^{БИ} КОНТУР

В I^{БИ} контур при работа на енергоблока на мощност трябва да се поддържа слабоалкален корекционен амонячно-калиев водохимичен режим с борно регулиране на мощността. Водохимичния режим осигурява:

- подтискане образуването на окислителни продукти при радиолиза на водата;
- Намаляване на отложенията на топлообменните повърхности;
- минимални отложения на повърхността на ТОЕ;
- минимално натрупване на активирани продукти на корозията.

Водохимични режими в АЕЦ Козлодуй

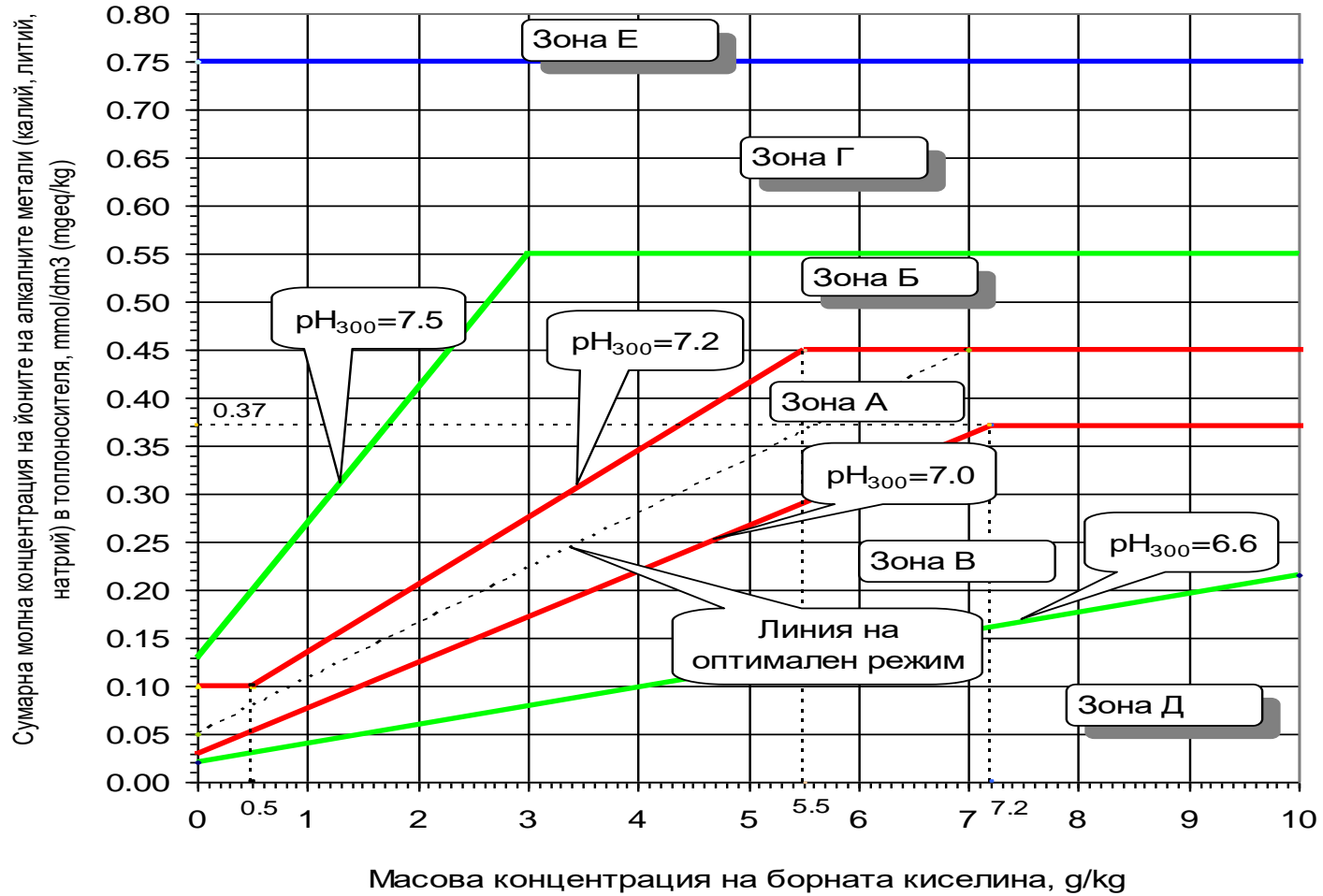
ВОДОХИМИЧЕН РЕЖИМ НА I^{ВИ} КОНТУР

таблица 1. Показатели на реакторната вода.

Нормируеми химични показатели				
Химичен показател	Норма	Отклонение от нормируемите химични показатели		
		1 ^{во} ниво (7 денонощия)	2 ^{ро} ниво (24 часа до МКН)	3 ^{то} ниво (студено състояние)
Хлориди, mg/kg	$\leq 0,100$	–	0,100÷0,200	> 0,200
Кислород, mg/kg	$\leq 0,005$	0,005÷0,020	0,020÷0,100	> 0,100
Водород, nml/kg	25÷50	50÷80 15÷25	80÷100 5÷15	> 100 < 5
$\Sigma K^+, Li^+, Na^+$	Зона А	Зона Б	Зона В	Зона Г
Диагностични химични показатели				
Химичен показател				Норма
pH _{25°C}				5,8÷10,3
Концентрация на Амоняк, mg/kg, не по-малко				5,0
Концентрация на Желязо, mg/kg, не по-малко				0,05
Концентрация на Флуор, mg/kg, не по-малко				0,1
Концентрация на Сулфати, mg/kg, не по-малко				0,2
Концентрация на Нитрати, mg/kg, не по-малко				0,2
Концентрация на общ органичен въглерод, mg/kg, не по-малко				0,5

Водохимични режими в АЕЦ Козлодуй

ВОДОХИМИЧЕН РЕЖИМ НА I-ВИ КОНТУР



Водохимични режими в АЕЦ Козлодуй

ВОДОХИМИЧЕН РЕЖИМ НА I^{БИ} КОНТУР

- Показателят рН се контролира като рН_{25°C} в граници 5,8÷10,3 в зависимост от концентрацията на Н₃ВО₃ и алкално действащите елементи.
- Показателят рН се поддържа в границите 7,0÷7,2 при Т = 280÷300 °С чрез дозиране на КОН в I^{БИ} контур в количество, отговарящо на концентрацията на Н₃ВО₃.
- Йоните на Cl⁻ и F⁻ препятстват образуването на защитен окисен слой и увеличават скоростта на общата корозия почти на всички материали. В съчетание с O₂ даже малки концентрации Cl⁻ и F⁻ предизвикват корозионно разпукване на аустенитната стомана.
- При наличие на разтворен O₂, Н⁺ и окислителни вещества, които вземат участие в катодния процес, се нарушава равновесието в потенциалната разлика между анодните и катодните процеси.
- Присъствието на молекулярен Н₂ в нормируеми граници в топлоносителя на I^{БИ} контур е необходимо за свързване на генерирания молекулярен O₂ в следствие радиолиза на водата в активната зона по реакцията: $2H_2O \xrightarrow{n\gamma} 2H_2 + O_2$
- Молекулярният Н₂ в топлоносителя I^{БИ} контур не трябва да превишава 50 nml/kg, за да се предотврати нарушаване на якостните показатели на циркониите обвивки на ТОЕ вследствие получаване на трошлив циркониев хидрид ("наводородяване" на циркония).

Водохимични режими в АЕЦ Козлодуй

ВОДОХИМИЧЕН РЕЖИМ НА I^{-ВИ} КОНТУР

- За поддържане на слабоалкално $\text{pH}_{300^{\circ}\text{C}}$ (7,0÷7,2 ед.) на топлоносителя, т.е. за неутрализиране киселата реакция на H_3BO_3 с цел снижаване скоростта на корозия на конструкционните материали в I^{-ВИ} контур, се дозира КОН.
- При работа на реакторната инсталация на номинални параметри, главната цел на NH_3 в топлоносителя на I^{-ВИ} контур е поддържане на концентрацията на молекулярен H_2 в граници 25÷50 nml/kg.
- Борна киселина във вид на разтвори с различна концентрация се използва в АЕЦ с ВВЕР за меко регулиране на реактивността в активната зона като поглътител на неутрони от ^{10}B .
- Байпасното почистване на реакторната вода позволява да се намали скоростта на образуване на отложения върху металните повърхности в различни участъци и обема на I^{-ВИ} контур.

Водохимични режими в АЕЦ Козлодуй

ВОДОХИМИЧЕН РЕЖИМ НА II-РИ КОНТУР

За II-ри контур се използва високоалкален водохимичен режим с корекционна обработка на работната среда посредством едновременно дозиране на амоняк, етаноламин и хидразин (АМЕТА ВХР). Този режим се характеризира с това, че във втори контур се поддържа:

- $\text{pH}_{25^\circ\text{C}}$ на питателната вода – стойности $9,7 \div 9,95$;
- $\text{pH}_{25^\circ\text{C}}$ на продувъчната вода – стойности $9,30 \div 9,80$;
- pH_T на продувъчната вода и в студен колектор на парогенераторите до стойността – $5,90 \div 6,10$ ед.

Водохимични режими в АЕЦ Козлодуй

ВОДОХИМИЧЕН РЕЖИМ НА II^{РИ} КОНТУР

Основните функции на АМЕТА водохимичен режим на II^{РИ} контур са:

- Поддържане $pH_{25^{\circ}C}$ на питателната вода за парогенераторите 9,70÷9,95ед. и на продувъчната вода на парогенераторите - 9,30÷9,80 ед. Високоалкалното $pH_{25^{\circ}C}$ се достига и поддържа в посочените по-горе граници чрез едновременно дозиране на амоняк, етаноламин и хидразин в тракта на II^{РИ} контур.

таблица 2. Показатели на работната среда на II^{РИ} контур.

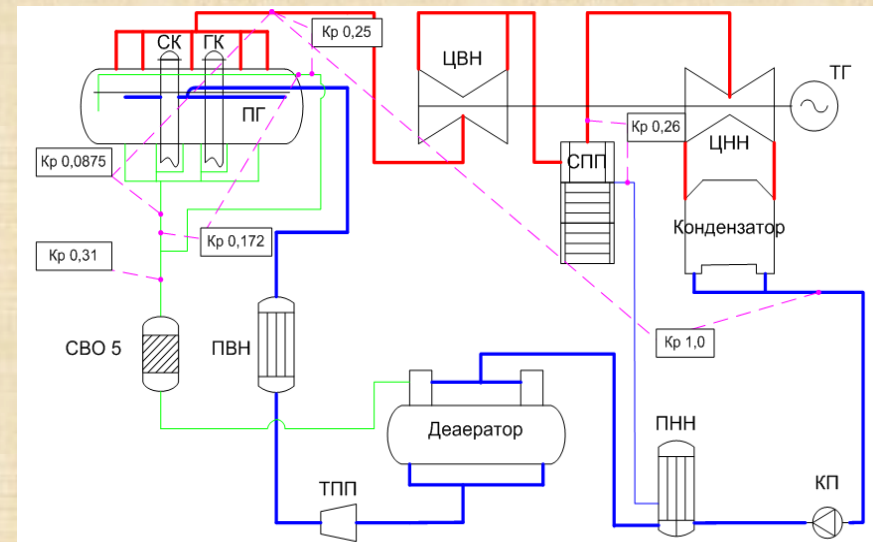
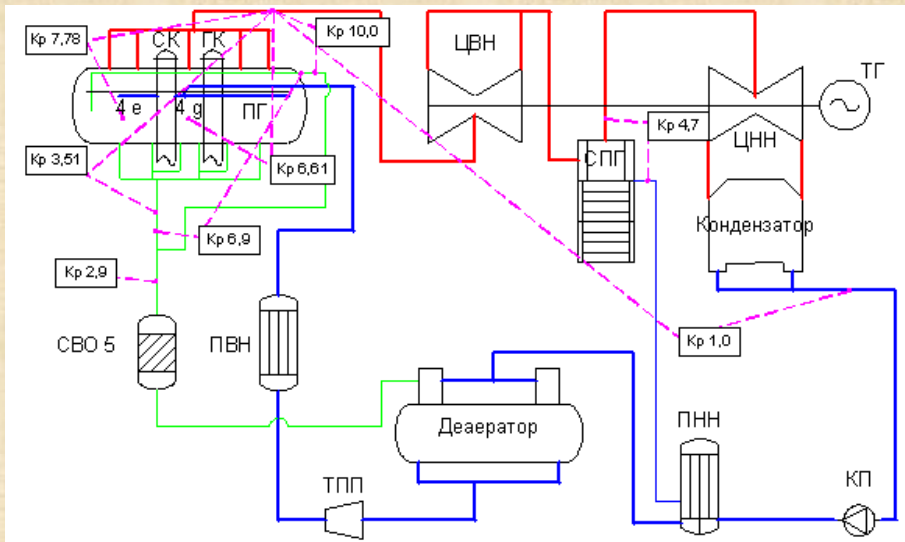
Химичен показател	Питателна вода	Продувъчна вода
	Стойност на показателя	
Специфична електропроводимост <u>H⁺-катионирана проба</u> , $\mu S/cm$, не повече	1,0	4,0
$pH_{25^{\circ}C}$, ед.	8,5÷9,7	8,5÷9,6
Концентрация на <u>Кислород</u> , $\mu g/kg$, не повече	10	–
Концентрация на <u>Натрий</u> , $\mu g/kg$, не повече	5	300
Концентрация на <u>Желязо</u> , $\mu g/kg$, не повече	50	–
Концентрация на <u>Хлориди</u> , $\mu g/kg$, не повече	–	150
Концентрация на <u>Мед</u> , $\mu g/kg$, не повече	3	–
Концентрация на <u>Хидразин</u> , $\mu g/kg$, не повече	20	–
Концентрация на <u>Амоняк</u> , $\mu g/kg$, не повече	300÷2500	–
Концентрация на <u>Етаноламин</u> , $\mu g/kg$, не повече	500÷2500	–

Водохимични режими в АЕЦ Козлодуй

ВОДОХИМИЧЕН РЕЖИМ НА II-РИ КОНТУР

Основните функции на АМЕТА водохимичен режим на II-ри контур са:

- Намаляване на скоростта на корозия на конструкционните материали и транспорта на продукти на корозия към парогенераторите при отсъствие на медни сплави в тракта на II-ри контур чрез повишаване на $pH_{25^{\circ}C}$ и pH_t в местата с двуфазни процеси:
 1. В парогенераторите при процеса на кипене
 2. В СПП при процеса на сепарация на влажната пара
 3. В проточната част на турбината и кондензаторите при процеса на кондензация.



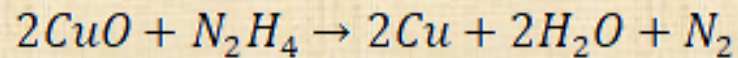
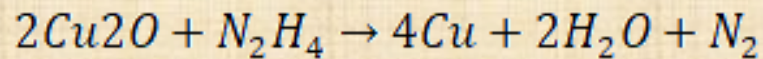
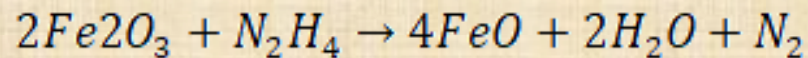
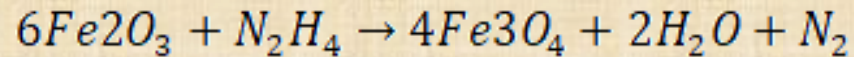
Водохимични режими в АЕЦ Козлодуй

ВОДОХИМИЧЕН РЕЖИМ НА II-РИ КОНТУР

Основните функции на АМЕТА водохимичен режим на II-ри контур са:

- Свързване на остатъчния след деаерирането O_2 с цел ограничаване на кислородната корозия на металните повърхности. При $T \geq 100^\circ C$ N_2H_4 свързва остатъчния O_2 по реакцията: $N_2H_4 \cdot H_2O + O_2 \rightarrow N_2 + 3H_2O$

Поради силните си редукиционни свойства N_2H_4 реагира с корозионните продукти, отложени върху металните повърхности на технологичното оборудване, като ги редуцира по реакциите:

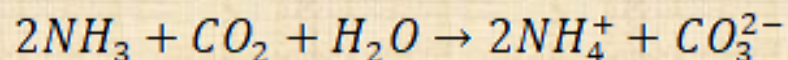
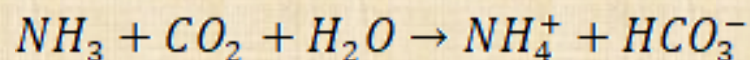


Водохимични режими в АЕЦ Козлодуй

ВОДОХИМИЧЕН РЕЖИМ НА II-РИ КОНТУР

Основните функции на АМЕТА водохимичен режим на II-ри контур са:

- Свързване на CO₂, предотвратяване на въглено-киселата корозия и поддържане на нормирано значение на pH_{25°C}:



Водохимични режими в АЕЦ Козлодуй

ВОДОХИМИЧЕН РЕЖИМ НА II-РИ КОНТУР

Важен етап от водохимичният режим по II-ри контур представлява консервирането на металните повърхности на контура при спиране на енергоблока в планов годишен ремонт. Основната цел на консервацията е да се създаде защитен оксиден слой върху металните повърхности, който да ги предпази от корозионното действие на влага, O_2 и CO_2 по време на престой на технологичното оборудване по II-ри контур.

- Видове консервации в " АЕЦ Козлодуй":
- Консервация с хидразин-хидрат: $500 \div 800 \mu\text{g}/\text{kg}$ в подхранващата вода за парогенераторите в продължение на $24 \div 48$ ч.;
- Консервация с ОДА (амин-октадециламин), 4-етапна $500 \div 2500 \mu\text{g}/\text{kg}$;
- Консервация с амоняк, етаноламин и хидразин.

Водохимични режими в АЕЦ Козлодуй

ИЗВОДИ

Едно от предимствата на ВВЭР технологията е наличието на антикорозионна наплавка от неръждаема стомана (с дебелина $\delta = 7\div 9$ mm) по вътрешните повърхности на основните компоненти на реакторната инсталация. Това позволява използването на по-малко „строг“ водохимичен режим от останалите представители на ядрените енергийни реактори.

Поддържането на качествените показатели на топлоносителя I^{ви} контур в нормираните граници способства за снижение на скоростта на корозия, удължава срока на експлоатационна годност на конструкционните материали, намалява количеството на радиоактивните отпадъци, което води до подобрене на радиационната обстановка в АЕЦ.

Увеличаването на ресурса на основното турбинно оборудване по II^{ри} контур и парогенераторите, повишаването на надеждността на експлоатация на АЕЦ с ВВЭР-1000 се постига чрез поддържане на оптимален ВХР на II-ри контур през всички режими на експлоатация на енергоблоковете.

ИМАТЕ ЛИ НЯКАКВИ ВЪПРОСИ? 😊

БЛАГОДАРЯ ЗА ВНИМАНИЕТО!