

N3a.42. sz. útmutató

Új atomerőmű tervezésének vegyészeti kérdései

Verzió száma:

2.

2022. február

Kiadta:

Kádár Andrea Beatrix
az OAH elnöke
Budapest, 2022

A kiadvány beszerezhető:
Országos Atomenergia Hivatal
Budapest

ELNÖKI ELŐSZÓ

Az Országos Atomenergia Hivatal (a továbbiakban: OAH) az atomenergia békés célú alkalmazása területén működő, önálló feladat- és hatáskörrel rendelkező, országos illetékességű, központi államigazgatási szerv, önálló szabályozó szerv. Az OAH-t a Magyar Köztársaság Kormánya 1990-ben alapította.

Az OAH jogszabályban meghatározott közfeladata, hogy az atomenergia alkalmazásában érdekelt szervektől függetlenül ellássa és összehangolja az atomenergia békés célú, biztonságos és védett alkalmazásával, így a nukleáris és radioaktív hulladék-tároló létesítmények, nukleáris és más radioaktív anyagok biztonságával, nukleárisveszélyhelyzet-kezeléssel, nukleáris védettséggel kapcsolatos hatósági feladatokat, valamint az ezekkel összefüggő tájékoztatási tevékenységet, továbbá javaslatot tegyen az atomenergia alkalmazásával kapcsolatos jogszabályok megalkotására, módosítására, és előzetesen véleményezze az atomenergia alkalmazásával összefüggő jogszabályokat.

Az atomenergia alkalmazása hatósági felügyeletének alapvető célkitűzése, hogy az atomenergia békés célú felhasználása semmilyen módon ne okozhasson kárt a személyekben és a környezetben, de a hatóság az indokoltnál nagyobb mértékben ne korlátozza a kockázatokkal járó létesítmények üzemeltetését, illetve tevékenységek folytatását. Az alapvető biztonsági célkitűzés minden létesítményre és tevékenységre, továbbá egy létesítmény vagy sugárforrás élettartamának minden szakaszára érvényes, beleértve létesítmény esetében a tervezést, a telephely-kiválasztást, a létesítést, az üzembe helyezést és az üzemeltetést, valamint a leszerelést, az üzemem kívül helyezést és a bezárást, radioaktív hulladék-tárolók esetén a lezárást követő időszakot, radioaktív anyagok alkalmazása esetén a szóban forgó tevékenységekhez kapcsolódó szállítást és a radioaktív hulladék kezelését, míg ionizáló sugárzást kibocsátó berendezések esetén azok üzemeltetését és karbantartását.

Az OAH a jogszabályi követelmények teljesítésének módját az atomenergia alkalmazóival egyeztetett módon, világos és egyértelmű ajánlásokat tartalmazó útmutatókban fejti ki, azokat az érintettekhez eljuttatja, és a társadalom minden tagja számára hozzáférhetővé teszi. Az atomenergia alkalmazásához kapcsolódó nukleáris biztonsági, védettségi és non-proliferációs követelmények teljesítésének módjára vonatkozó útmutatókat az OAH elnöke adja ki.

Az útmutatók alkalmazása előtt mindig győződjön meg arról, hogy a legújabb, érvényes kiadást használja! Az érvényes útmutatókat az OAH honlapjáról (www.oah.hu) töltheti le.

ELŐSZÓ

Az atomenergia békés célú, biztonságos alkalmazására vonatkozó legmagasabb szintű szabályozást az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény (a továbbiakban: Atv.) tartalmazza.

A nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről szóló rendelkezéseket a 118/2011. (VII. 11.) Korm. rendelet (a továbbiakban: Rendelet) és mellékletei, a Nukleáris Biztonsági Szabályzatok (a továbbiakban: NBSZ) határozzák meg.

A nukleáris biztonsági követelmények és rendelkezések betartása mindazok számára kötelező, akik az Atv. 9. § (2) bekezdése szerinti folyamatos hatósági felügyelet alatt állnak, valamint e törvényben előírt hatósági engedélyhez kötött tevékenységet folytatnak, ilyen tevékenységben közreműködnek, vagy ilyen tevékenység folytatásához engedély iránti kérelmet nyújtanak be. A nukleáris biztonsági követelmények és rendelkezések mellett a követelmények közé tartoznak az egyedi hatósági előírások, feltételek és kötelezettségek, amelyeket az OAH a nukleáris létesítmény nukleáris biztonsága érdekében határozatban vagy végzésben állapíthat meg.

Az NBSZ-ben foglalt követelmények teljesítésére az OAH ajánlásokat fogalmazhat meg, amelyeket útmutatók formájában ad ki. Az útmutatókat az OAH a honlapján közzéteszi. Jelen útmutató az engedélyesek önkéntes alávetésével érvényesül, nem tartalmaz általánosan kötelező érvényű normákat. Az útmutató nem tekinthető hivatalos jogértelmezésnek. A jogértelmezés a jogalkalmazó mindenkori feladata és felelőssége, ezért a jelen útmutatóban leírtak kizárólag szakmai álláspontnak tekinthetők, nem használhatók fel jogértelmezésként peres vagy közigazgatási eljárás során.

A Rendelet 3. § (4) bekezdése alapján, ha a kérelmező a nukleáris biztonsággal összefüggő engedély iránti kérelmét az útmutatókban foglaltak szerint terjeszti elő, továbbá, ha az engedélyes a nukleáris biztonsággal összefüggő tevékenységét az útmutatókban foglaltak szerint végzi, akkor az OAH a választott módszert a nukleáris biztonság követelményei teljesítésének igazolására alkalmasnak tekinti, és az alkalmazott módszer megfelelőségét nem vizsgálja.

Az útmutatókban foglaltaktól eltérő módszerek alkalmazása esetén az OAH az alkalmazott módszer helyességét, megfelelőségét és teljeskörűségét részleteiben vizsgálja, ami hosszabb ügyintézési idővel, külső szakértő igénybevételével és további költségekkel járhat.

Ha az engedélyes által választott módszer eltér az útmutató által ajánlottól, akkor az eltérés indokolása mellett igazolni kell, hogy a választott módszer legalább ugyanazt a biztonsági szintet biztosítja, mint az útmutatóban ajánlott.

Az útmutatók felülvizsgálata az OAH által meghatározott időszakonként, vagy az engedélyesek javaslatára soron kívül történik.

A fenti szabályozást kiegészítik az engedélyesek, illetve más, a nukleáris energia alkalmazásában közreműködő szervezetek (tervezők, gyártók stb.) belső szabályozási dokumentumai, amelyeket az irányítási rendszerükkel összhangban készítenek.

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	7
1.1. Az útmutató tárgya és célja	7
1.2. Vonatkozó jogszabályok és előírások	7
2. MEGHATÁROZÁSOK ÉS RÖVIDÍTÉSEK	8
2.1. Meghatározások	8
2.2. Rövidítések	8
3. AZ ÚTMUTATÓ AJÁNLÁSAI	9
3.1. A vízüzem konstrukciójának általános tervezési követelményei	9
3.1.1. Vízüzemi paraméterek mintavételi rendszereinek általános tervezési követelményei	9
3.1.2. Víztisztító rendszerek általános tervezési követelményei	11
3.1.3. Víztisztító rendszerek kapacitásának és a tisztítási technológiák általános tervezési követelményei	12
3.1.4. Primerkörü vegyészeti és térfogatszabályozó rendszer meghibásodásának figyelembe vétele a tervezés során	15
3.2. A vízüzem szerkezeti anyagainak általános tervezési követelményei	16
3.2.1. Primerkörü vízüzem szerkezeti anyagainak tervezési követelményei	18
3.2.2. Szekunderkörü vízüzem szerkezeti anyagainak tervezési követelményei	19
3.3. A vízüzem vízkémiájának általános tervezési követelményei	20
3.3.1. A hőhordozó és munkaközeg megfelelőségének általános tervezési követelményei	20
3.3.2. Oldott és diszperz korróziótermékekre vonatkozó általános tervezési követelmények	21
3.3.3. Vízüzem szabályozásának általános tervezési követelményei	25

1. BEVEZETÉS

1.1. Az útmutató tárgya és célja

Az útmutató ajánlásokat tartalmaz az NBSZ 3a. kötete III. fejezetének (3a.3.2.2000-3a.3.2.2900) pontjaiban rögzített előírások teljesítésére.

Az útmutató célja, hogy – ajánlásokat adva a vízüzem tervezhetőségével kapcsolatosan – egyértelművé tegye a hatósági elvárásokat, és ezzel elősegítse az érvényes előírásokban meghatározott nukleáris biztonsági kritériumok teljesülését, az alkalmazott műszaki megoldásoknak megfelelően, a nukleáris biztonság szempontjából.

1.2. Vonatkozó jogszabályok és előírások

A nukleáris biztonsági követelmények jogszabályi háttérét az Atv. és a Rendelet biztosítja.

2. MEGHATÁROZÁSOK ÉS RÖVIDÍTÉSEK

2.1. Meghatározások

Az útmutató az Atv. 2. §-ában, valamint a Rendelet 10. számú mellékletében ismertetett meghatározásokat alkalmazza.

2.2. Rövidítések

GF	Gőzfejlesztő
NGB	Nukleáris Gőzfejlesztő Berendezés

3. AZ ÚTMUTATÓ AJÁNLÁSAI

3.1. A vízüzem konstrukciójának általános tervezési követelményei

3.1.1. Vízüzemi paraméterek mintavételi rendszereinek általános tervezési követelményei

3a.3.2.2200. „Mintavételi rendszert kell betervezni, hogy nyomon követhető legyen a biztonság szempontjából fontos vízüzemi paraméterek változása, időben jelezhetőek legyenek a nemkívánatos vízkémiai és korróziós folyamatok, a korróziótermékek felhalmozódása és aktivitásuk változása, továbbá az üzemanyag-burkolatok inhermetikussá válása. A tervben biztosítani kell, hogy a mintavételi rendszerből származó minta reprezentatív és a biztonság szempontjából visszahatásmentes legyen.”

Olyan akkreditációval rendelkező mintavételi és elemzési eljárásokat kell kialakítani, hogy a mintavételi rendszerből származó minta reprezentatív, a mintavétel kellően gyakori és a nukleáris biztonság szempontjából visszahatásmentes legyen.

A mintavételezés során meg kell tervezni a vízkémiai paraméterek üzemszerű mérését, amelynek keretében a nukleáris biztonságra gyakorolt hatás alapján meg kell határozni az egyes paraméterek mérési gyakoriságát a folyamatos üzemi mérésektől a mintavételes ellenőrzésekig.

Biztosítani kell minden, az atomerőműben alkalmazott technológiai közeg és segédanyag mintavételét és a minták minőségbiztosítási követelményeknek megfelelő elemzését.

A vízkémia optimális szabályozásához a paraméterek reális idő alatt történő, megbízható és pontos mérését biztosítani szükséges valamennyi TA1 és TA2 üzemállapotban a berendezések üzemeltetésének megzavarása nélkül, lehetőség szerint online adatgyűjtéssel, monitoring jelleggel.

Primerköri hőhordozó mintavételi rendszerére vonatkozó tervezési követelmények:

- a) Kiemelten fontos, hogy a primerköri hőhordozó vízkémiai paramétereinek változásának meghatározott helyeken való reprezentatív követését lehetővé kell tenni valamennyi TA1 és TA2 üzemállapotban a mintavétel és az elemzés folyamatos kivitelezésével.

Új atomerőmű tervezésének vegyészeti kérdései

- b) A mintavételi rendszerek tervezésekor a kézi mintavétel lehetőségét is biztosítani kell.
- c) Normál üzemi állapotban, tervezési alaphoz tartozó üzemzavarok és balesetek esetén egyaránt biztosítani kell az információk on-line rendelkezésre állását, amivel ellenőrizhető a blokk műszaki előírásoknak megfelelő üzemelése, továbbá az, hogy üzemvitele az átmeneti üzemmódok idején megfelel az üzemeltető személyzet műveleti utasításainak, valamint lehetővé teszi a működési zavarokat okozó, hosszabb idejű, rendellenes trendek lehető legkorábbi felismerését.
- d) A normál működés során és az operatív feltételek megváltozásakor úgy kell a primerkör vízkémiai monitorozó rendszerét megtervezni és végrehajtani a mintavétel támogatását folyamatosan analizált módon, hogy elég mérési adatot kapjunk a korrózió mértékéről, valamint a radioaktív anyagok migrációjáról.
- e) Tranziens üzemmódok idején különösen fontosak a primerkör viszonyairól szóló információk, ezért a paramétereket nagy gyakorisággal, gyorsan, pontosan és megbízhatóan kell mérni.

Szekunderköri munkaközeg mintavételi rendszerére vonatkozó tervezési követelmények:

- a) Folyamatosan (on-line) kell mérni a nyersvíz-bekerülés azonnali felderítése és gyors megszüntetése céljából a lehetséges nyersvíz (hűtővíz, fűtési forróvíz, szennyezett csapadékvíz) bekerülési helyek után a munkaközegben azt az ionkoncentrációt, amelynek nyersvízben és a munkaközegben mérhető koncentrációjának hányadosa a legnagyobb.
- b) A mintavételi rendszerek tervezésekor a kézi mintavétel lehetőségét mindig biztosítani kell.
- c) A mérendő ionok igen alacsony koncentrációja miatt folyamatosan kell mérni a lehetséges nyersvíz-bekerülési helyek után a kondicionáló vegyszert megfelelő koncentrációban tartalmazó munkaközeg korigált vezetőképességét, valamint a pótvíz és a tisztított leiszapolás vezetőképességét.
- d) Folyamatosan kell mérni a külső forrásból származó oldott anyagokat eltávolító víztisztító berendezések hatásfokát.
- e) Meg kell határozni a gőzfejlesztőkből kilépő gőz mintavételi helyét.

Új atomerőmű tervezésének vegyszeti kérdései

- f) A GF-leiszapolásból történő mintavételt és annak helyét a GF-köpenyter áramlási képének ismeretében kell megtervezni.

3.1.2. Víz tisztító rendszerek általános tervezési követelményei

3a.3.2.2700. „Víz tisztító rendszereket kell tervezni annak elősegítése érdekében, hogy a környezetbe kibocsátott radioaktív anyagok mennyisége és koncentrációja minden tervezett üzemállapotban a korlátok alatt, az ésszerűen elérhető legalacsonyabb szinten maradjon. Biztosítani kell, hogy a tisztítási folyamatok során keletkező radioaktív hulladék mennyisége és aktivitása az ésszerűen elérhető legalacsonyabb legyen.”

A víz tisztító rendszerek elsődleges feladata a hőhordozó kémiai tisztítása az esetlegesen bekerült szennyezőanyagoktól. A víz tisztító rendszerek a primerköri hőhordozó közegbe került esetleges fűtőelem-inhermetikusságból származó hasadványokat és a szerkezeti anyagokból származó korróziós termékeket, illetve azok felaktiválódott termékeit, valamint a pótvízzel bekerült szennyezőanyagokat távolítják el a primerköri hőhordozó közegből.

Alapvető követelmény, hogy a víz tisztító rendszerek képesek legyenek hatékonyan működni minden üzemállapot mellett és hatékonyan korlátozzák a radioaktív anyagok terjedését és felszabadulását potenciális üzemanyag-szivárgás esetén.

Alapvető követelmény, hogy a radioaktív hulladékvizeket kezelő rendszerek az erőmű üzemeltetése során keletkező radioaktívan szennyezett hulladékvizeket, valamint a szennyezett szerves oldószereket és olajokat szelektíven gyűjtsék, tárolják, ülepítsék, a benne lévő inaktív anyagokat eltávolítva térfogatát csökkentsék, majd szilárdítsák.

A víz tisztító rendszereknek elsősorban a primerkör szennyeződéseinek eltávolítását kell végezniük, tervezésükkor az alábbi szennyező forrásokat kell figyelembe venni:

- a) külső szennyeződésként: adagolt vegyszerekből, víz tisztítók ioncserélő gyantáiból, a szerkezeti anyagok eróziós károsodásából, a főjavítások alatti tevékenységekből, valamint az emberi gondatlanságból bejutó anyagokat;
- b) szerkezeti anyagok korróziójából származó termékeket;
- c) radiokémiai folyamatokból származó szennyeződéseket;
- d) fűtőelem-burkolatok felületi szennyezettségéből, hermetikusságuk sérüléséből származó hasadási termékeket.

Új atomerőmű tervezésének vegyszeti kérdései

A víztisztító rendszerek tervezésekor elemezni kell a korróziót befolyásoló paramétereknek és a korróziótermékeknek a szerkezeti anyagokra gyakorolt hatását, meg kell határozni a korróziótermékek koncentrációjának határértékeit, valamint a nukleáris biztonság szempontjából fontos rendszerekben a lerakódások megengedett mértékeit.

Meg kell tervezni a szükséges intézkedéseket, eszközöket és eljárásokat a határértékek átlépésének megakadályozására és a normaértékek visszaállítására.

Tervezéskor biztosítani kell, hogy a környezetbe kibocsátott radioaktív anyagok mennyisége és koncentrációja minden tervezett üzemállapotban a korlátok alatt, az ésszerűen elérhető legalacsonyabb szinten maradjon.

A víztisztító rendszerek teljesítőképességét a fűtőelemek megengedhető szivárgására és a jellemző korróziós folyamatokra vonatkozó konzervatív biztonsági tartalékot magában foglaló tervezési határértékek alapján kell meghatározni.

Meg kell tervezni az egyes víztisztító rendszerek szerepét a primerköri hőhordozó, valamint a bórsavoldatok koncentrációjának szabályozására.

A víztisztító rendszerekben olyan gyantatöltetek, mechanikus szűrők és membránok használatát kell előírni, amelyekkel mindenkor biztosíthatók az adott rendszerre meghatározott vízkémiai jellemzők.

3.1.3. *Víztisztító rendszerek kapacitásának és a tisztítási technológiák általános tervezési követelményei*

3a.3.2.2800. „A víztisztító rendszerek kapacitásának garantálni kell, hogy a rendszerekben lévő korróziótermékek mennyisége állandóan a terv szerint megengedett, megfelelően alacsony szinten legyen.”

Víztisztító rendszereket (ioncserélő berendezéseket) kell tervezni és létrehozni az alábbi szempontok figyelembevételével:

- a) a környezetbe kibocsátott radioaktív anyagok mennyiségének és koncentrációjának a normál üzem, a várható üzemi események és a tervezési üzemzavarok során a hatósági korlátok alatt kell maradnia;
- b) a tisztítási folyamatok során a lehető legkevesebb radioaktív hulladék keletkezzen, valamint érvényesülnie kell az ALARA-elvnek;
- c) primer és szekunderkörben a korróziótermékek eltávolítására megfelelő kapacitású víztisztító berendezéseket kell kiépíteni.

Új atomerőmű tervezésének vegyszeti kérdései

Meg kell határozni a víztisztító berendezések pontos beépítési helyeit és üzemeltetési technológiájukat. Hatékonyságukat igazolni kell a használatuk előtt, a korróziós termékek megfelelő eltávolítása érdekében.

Primerköri víztisztító rendszerekkel szemben támasztott tervezési követelmények:

A hőhordozó tisztítására szolgáló víztisztító rendszerekben olyan, nukleáris tisztaságú szűrőanyagok és vegyszerek használatát kell előírni, melyekkel mindenkor biztosíthatóak az adott rendszerre meghatározott vízkémiai jellemzők.

Biztosítani kell valamennyi TA1 ÉS TA2 üzemállapotban a hőhordozó műszakilag elérhető legkisebb szennyezőanyag-koncentrációját.

A diszperz és kolloid korróziótermékek eltávolítására olyan tisztítási technológiákat kell alkalmazni, amelyek biztosítják a vízüzemben előírt tisztaságot.

Figyelembe kell venni a korróziós termékek oldhatóságának sajátosságait.

Meg kell határozni a víztisztító rendszerekkel szemben támasztott követelményeket, hogy azok mindenkor biztosítani tudják a tervezési paramétereknek megfelelő tisztaságú vizet valamennyi TA1 ÉS TA2 üzemállapotban.

Korlátozni kell a szűrőanyagok és a vegyszerek halogenid (ezen belül külön a kloridion) koncentrációját.

Biztosítani kell a radioaktív hulladékok szelektív gyűjtésének lehetőségét.

A hulladékkezelés során figyelembe kell venni, hogy a szűrőkön megkötött szilárd részecskék radioaktívak lehetnek.

Szekunderköri víztisztító rendszerekkel szemben támasztott tervezési követelmények:

A munkaközeg műszakilag elérhető legkisebb szennyezőanyag koncentrációját valamennyi TA1 ÉS TA2 üzemállapotban biztosítani kell nagy tisztaságú szűrőanyagok használatával.

A nagy tisztaságú munkaközeg biztosítása érdekében korróziótermék szűrőt kell tervezni a kondenzátor után.

El kell készíteni a gőzfejlesztők hatékony leiszapolásának megtervezéséhez a gőzfejlesztők multimédiás köpenytéri áramlási modelljét.

Új atomerőmű tervezésének vegyszeti kérdései

Meg kell tervezni a koncentráló oldott ionok, valamint a felhalmozódó diszperz korrózió- és eróziótermékek eltávolítását a gőzfejlesztők megfelelő elvételi helyeinek és leiszapolásának stratégiájával.

Ki kell dolgozni a gőzfejlesztők és leiszapoló vezetékeiknek hidromechanikus tisztítását, amellyel a köpeny alján felhalmozódott korrózió- és eróziótermékiszap eltávolítható.

A gőzfejlesztők leiszapolás utáni tisztítást követő vízminőségének meg kell egyeznie a nagy tisztaságú pótvizével.

A tervezésnél meg kell teremteni annak lehetőségét, hogy leállás és indulás alatt a gőzfejlesztő-leiszapolás víztisztítója akkor is üzemeltethető legyen, amikor még nincs főkondenzátum-keringtetés a rendszerben (pl. egy külön leiszapolás-hűtővíz hőcserélővel).

Tisztítási technológiák

3a.3.2.2900. „Olyan tisztítási technológiákat kell alkalmazni, melyek biztosítják, hogy az érintett szerkezeti anyagok felületén a passzív védőréteg megmarad, vagy ismét kialakul.”

A tisztítási technológiákhoz tartozik a primerköri berendezések bórsavas mosatása, vegyszeres tisztítása, dekontaminálása (gőzfejlesztő vegyszeres mosatásának technológiája kiemelten kezelendő), továbbá a szekunder körü berendezések, csővezetékek tisztítási, mosatási technológiái. Rögzíteni kell a tisztítási technológiák alkalmazásának feltételeit és korlátait, valamint az alkalmazandó, felhasználható vegyszereket (engedélyezett anyagok listáját). Figyelembe kell venni a szennyeződések és korróziós termékek oldhatóságát, a tisztítást úgy kell végrehajtani, hogy a szerkezeti anyagok felülete ne sérüljön és anyagminősége ne változzon.

A tisztítási technológiák tervezésénél az alábbi szempontokat kell figyelembe venni:

- a) a tisztítórendszerek kapacitásának garantálniuk kell a rendszerekben lévő korróziótermékek mennyiségének nukleáris biztonsági szempontból állandó, megfelelően alacsony elfogadható értékét;
- b) a tisztítási technológiákat úgy kell megtervezni és végrehajtani, hogy az érintett szerkezeti anyagok felületén a passzív védő oxidréteg ne károsodjon, vagy további kezelés következtében ismét kialakuljon;
- c) olyan tisztítási technológiákat kell megtervezni és megvalósítani, amelyek kielégítik a környezetvédelmi előírásokat és szempontokat;

Új atomerőmű tervezésének vegyészeti kérdései

d) tervezni kell a tisztítási technológiák során keletkezett hulladékvizek gyűjtését és azok kezelésének módját.

3.1.4. *Primerköri vegyészeti és térfogatszabályozó rendszer meghibásodásának figyelembevétele a tervezés során*

3a.2.2.4500. „Az atomerőmű tervezésénél legalább az alábbi belső eseményeket figyelembe kell venni a különböző TA1-4 üzemállapotok között:

...

cp) a primerköri vegyészeti és térfogatszabályozó rendszer meghibásodása,”

A nukleáris biztonság szempontjából fontos rendszereket, rendszerelemeket és azok segédrendszereit úgy kell kialakítani, hogy a lehető legnagyobb mértékben védettek legyenek a belső és külső veszélyeztető tényezők hatásaitól, beleértve a meghibásodott rendszerek, rendszerelemek közötti kölcsönhatásokat is.

A tervezési alapba tartozó kezdeti események bármelyike esetében az adott kezdeti esemény kezeléséhez szükséges, nukleáris biztonság szempontjából fontos rendszereknek rendszerelemük egyszeres meghibásodásának bekövetkezése esetén is alkalmasnak kell maradniuk funkciójuk ellátására.

A tervezési alapba tartozó belső eseményeket és azok következményeit figyelembe kell venni az atomerőmű terveiben, és igazolni kell, hogy a feltételezett kezdeti események bekövetkezése esetén is teljesülnek a nukleáris biztonsági kritériumok.

Az aktív zóna nukleáris jellemzőinek olyanoknak kell lenniük, hogy hőmérséklet-változások, a hőhordozó elvesztése, vegyészeti rendszer meghibásodása vagy az aktív zóna geometriai változásai – sem normál üzemi állapotban, sem várható üzemi események, sem tervezési üzemzavarok során – nem okozhatnak szabályozhatatlan mértékű reaktivitásnövekedést.

Az egyedi események minden reális kombinációját – beleértve a külső és a belső eredetű eseményeket is –, amely várható üzemi eseményhez vagy tervezési üzemzavarhoz vezethet, figyelembe kell venni a tervezés során.

Az atomerőművi blokk tervezése során a normál üzemi állapot vizsgálatán túl azonosítani kell a tervezési alapba tartozó feltételezett kezdeti belső eseményekből eredő eseménysorokat, és meg kell határozni az eseménysoroknak a fűtőelemekre, a primer hőhordozó nyomástartó határfelületeire, és a konténmentre kifejtett hatását mechanikai, hőtani, kémiai, reaktorfizikai szempontból.

A nukleáris biztonság szempontjából fontos rendszerelemeket úgy kell megtervezni, legyártani, környezeti igénybevételeikre és földrengésre minősíteni, a minősítéskor a degradációs mechanizmusait feltárni, majd üzemeltetésük során karbantartani, hogy minőségük és megbízhatóságuk az üzemeltetés során elszenvedett esetleges degradációk ellenére is az osztályba sorolásuknak megfelelő legyen.

A nukleáris biztonsági funkciókat ellátó rendszerek szükséges mértékű megbízhatóságát a tervezésnek megfelelően megválasztott intézkedésekkel kell biztosítani. Ilyenek lehetnek a nagy megbízhatóságú minősített rendszerelemek, a redundancia és a diverzitás alkalmazása, a fizikai és funkcionális elválasztás és elkülönítés.

3.2. A vízüzem szerkezeti anyagainak általános tervezési követelményei

3a.3.2.2000. „Az atomerőművi blokk primer és szekunder köri, valamint segéd- és kiszolgáló rendszereinek vízüzemét úgy kell megtervezni, hogy

- a) az alkalmazott technológiai közegek és segédanyagok kémiai összetétele és kondicionálása összhangban legyen a szerkezeti anyagokkal, a konstrukcióval;*
- b) a korróziós hatások a tervezett mérték alatt maradjanak, és garantálják a rendszerelemek integritását;*
- c) a közegben levő radioaktív anyagok mennyisége mindenkor az ésszerűen elérhető legalacsonyabb szinten legyen; valamint*
- d) legyen képes TA1 üzemi állapotban a primer körben oldott gázok eltávolítására.”*

A vízüzem felépítéséhez szükséges szerkezeti anyagokat, konstrukciókat, az alkalmazott technológiai közegek és segédanyagok kémiai összetételét és kondicionálását harmonizáltan úgy kell megválasztani, hogy a korróziós hatások a tervezett mérték alatt maradjanak és garantálják a berendezések integritását.

Az alkalmazott vízüzemet és annak üzemi paramétereit úgy kell megválasztani, hogy az rendszerekben felhasznált szerkezeti anyagok korróziós sebessége mindenkor a lehető legkisebb legyen.

A nukleáris biztonság szempontjából fontos rendszerek, rendszerelemek szerkezeti anyagainak kiválasztásánál a felhasználási célnak megfelelő tervezési követelmények alapján figyelembe kell venni:

- a) a fizikai-kémiai és mechanikai tulajdonságokat, ezen belül a tervezés során felmerült követelményeknek megfelelő terjedelemben az

Új atomerőmű tervezésének vegyészeti kérdései

- összetételt, valamint a környezeti és a méretezési hőmérsékleten a szerkezeti, szilárdsági és egyéb alapanyag-jellemzőket;
- b) a gyártás és javítás követelményeit, ezen belül a felhasználási céltól függően az alakíthatósági és hegeszthetőségi tulajdonságokat;
 - c) a megbízható üzemeltethetőség követelményét, ezen belül a minimális és maximális üzemi, és tervezési üzemzavari hőmérséklet, maximális üzemi nyomás és a tervezetten használt közeg garantált elviselésének követelményeit;
 - d) a tervezett élettartamot, ezen belül az öregedési folyamatokat és az élettartam-szilárdság ellenőrzésének követelményét;
 - e) a konstrukciós sajátosságokat, az egymással érintkező szerkezeti anyagok összeférhetőségét;
 - f) az előírányzott időszakos anyagvizsgálatok és próbák elvégezhetőségének, valamint a javíthatóság, cserélhetőség követelményét;
 - g) a technológiai folyamatok sajátosságait (erózió);
 - h) vízkémiai paramétereket (pl: szennyezők, forró bórsavas közeg stb.);
 - i) a külső környezeti paramétereket.

A fentiekén túl a nukleáris biztonság szempontjából fontos rendszerek, rendszerelemek tervezésekor olyan szerkezeti anyagok alkalmazására kell törekedni, amelyek:

- a) kipróbáltak, megfelelőségük igazolt, atomerőművi referenciával rendelkeznek;
- b) jellemzői pontosan ismertek, és megfelelő biztonsági tényező figyelembevételével közelítik a tervezési határértéket;
- c) radioaktív sugárzásnak kitett rendszerek, rendszerelemek esetén a felaktiválódásra igazoltan, a lehető legkevésbé hajlamosak;
- d) olyan felületi kiképzést tesznek lehetővé, amelyek az üzemeltetés és a leszerelés során a lehető legnagyobb mértékben dekontaminálhatók.

A nukleáris biztonság szempontjából fontos rendszerek, rendszerelemek anyagainak kiválasztásakor figyelembe kell venni az üzemi terheléseket, az öregedési folyamatokat, beleértve a besugárzást, a korróziót, az eróziót, a méretek változását, a fáradást, valamint a környezet kémiai és fizikai hatásait, és mindezek lehetséges kombinációit. Igazolni kell, hogy a választott anyagok a figyelembe vett öregedési folyamatok az eredeti állapot és az öregedési

Új atomerőmű tervezésének vegyszeti kérdései

folyamatok lehetséges bizonytalanságai mellett a tervezett élettartam alatt nem gátolják a rendszereket, szerelemeket a funkciójuk teljesítésében.

A vízüzemek szabályozására alkalmazott vegyszerek koncentrációját, a vízüzemek korróziót befolyásoló paramétereit úgy kell megválasztani, valamint a szennyezőanyagok és korróziótermékek koncentrációját olyan szinten kell meghatározni, hogy azok az adott hőmérséklet, nyomás és áramlási viszonyok mellett az ésszerűen elérhető legalacsonyabb szintű káros hatást gyakorolják az alkalmazott szerkezeti anyagokra normál üzem, várható üzemi események és tervezési üzemzavarok során egyaránt.

A szerkezeti anyagok és az alkalmazott közegek tulajdonságaival, összetételével és tisztaságával kapcsolatos követelményeket oly módon kell meghatározni, hogy a technológia más elemeivel kölcsönhatásban vagy radioaktív sugárzás hatására azok tulajdonságai ne degradálódjanak, és az elhasználódási folyamatokból eredő összes hatást elviseljék.

Az erőmű működésének tranziens üzemmódjaiban is biztosíthatónak kell lennie a korróziós termékek mennyiségének a lehetséges minimumra szorítása, illetve a közegben levő radioaktív anyagok mennyisége mindenkor az ésszerűen elérhető legalacsonyabb szinten kell, hogy legyen!

3.2.1. *Primerköri vízüzem szerkezeti anyagainak tervezési követelményei*

A primerköri vízüzem tervezésekor olyan szerkezeti anyagokat kell alkalmazni, amelyek a nukleáris gőzfejlesztő berendezés fővízkörének anyagminőségeivel szemben támasztott korszerű követelményeknek maximálisan megfelelnek.

Meg kell teremteni a primerköri szerkezeti anyagok és a vízkémia harmóniáját, mivel a hőhordozó kémiai összetétele biztosítja az alkalmazott szerkezeti anyagok minimális vagy a minimálshoz közeli kémiai és elektrokémiai korrózióját.

A primerköri vízüzem szerkezeti anyagainak tervezése során elő kell írni, hogy:

- a) a reaktortartálynak, a reaktortartály belső elemeinek, a gőzfejlesztő hőátadó csöveinek, valamint a fővízkör csővezetékeinek hőhordozóval érintkező anyagminősége korrózióálló acél legyen, a reaktor belső berendezéseinek egyes elemei ferrites korrózióálló acélból is készülhetnek;
- b) a gőzfejlesztők hőátadó csövei feszültségkorrózióra kevésbé érzékeny korrózióálló acélból készüljenek;

Új atomerőmű tervezésének vegyészeti kérdései

- c) a két kollektor plattírozásának anyaga ausztenites acél legyen;
- d) a mellékvíz kör minden csővezetékének anyagminősége korrózióálló acél legyen, és nem rendelkezhet a 08H18N10T anyagminőségű acélnál gyengébb fizikai-kémiai tulajdonságokkal.

Tervezési alapkövetelményként biztosítani kell, hogy a primerkörben és a kapcsolódó alrendszerekben csak korrózióálló ausztenites szerkezeti elem, alkatrész és ausztenites anyaggal plattírozott berendezés kerülhet felhasználásra.

3.2.2. Szekunderköri vízüzem szerkezeti anyagainak tervezési követelményei

A szekunderköri vízüzem tervezésekor olyan szerkezeti anyagokat kell alkalmazni, amelyek a gőzfejlesztők hőátadó csöveinek, két kollektoroknak, köpenyűeknek, belső elemeiknek, valamint a gőzturbina és hőcserélőinek anyagminőségeivel szemben támasztott korszerű követelményeknek maximálisan megfelelnek.

A szekunderköri vízüzem szerkezeti anyagainak tervezése során elő kell írni, hogy:

- a) a gőzfejlesztő hőátadó csöveinek tervezésekor használt korrózióálló acél nem rendelkezhet a 08H18N10T anyagminőségű acélnál gyengébb korrózióállósággal ;
- b) a köpeny, a csonkok és az azokhoz csatlakozó csővezetékek hegesztésekor keletkező tranziens varratok maradó feszültségét minimalizálni kell;
- c) a hőátadó csövekkel érintkező csőtartó szalagok a hőátadó csövekkel azonos anyagminőségűből készüljenek;
- d) a tápvíz elosztó kollektor és a meleg kollektor környezetében levő perforált lemez anyagminősége korrózióálló acél legyen;
- e) a kondenzátorcsövek anyagminősége korrózióálló acélból készüljön;
- f) a kis és nagy nyomású tápvíz-előmelegítők hőátadó csöveinek anyagminősége és a köpenytér nedves gőzzel érintkező elemeinek elvárt anyagminősége korrózióálló acél legyen;
- g) a cseppeválasztó zsaluzata és a hőátadó csövek anyagminősége korrózióálló acél legyen;
- h) a nedves gőzzel érintkező megcsapolási gőzvezetékek anyagminősége korrózióálló acél legyen.

Új atomerőmű tervezésének vegyészeti kérdései

Tervezési alapkövetelményként biztosítani kell, hogy a szekunderkörben, kapcsolódó alrendszerekben, pótvízkezelő technológiában csak korrózióálló és ötvözött acél berendezés, szerkezeti elem, alkatrész kerülhet felhasználásra.

A tervezés során meg kell követelni a homogén acél szekunderkört (réz és réztartalmú szerkezeti anyagok felhasználása nélkül) annak érdekében, hogy a felhalmozódó korróziótermék-iszapban ne legyen CuO.

3.3. A vízüzem vízkémiájának általános tervezési követelményei

3.3.1. A hőhordozó és munkaközeg megfelelőségének általános tervezési követelményei

3a.3.2.2100. „A hűtő- és munkaközégek megfelelőségét számításokkal, elemzésekkel kell igazolni figyelembe véve az atomerőmű tervezett élettartamát.”

Az aktív zónával és a hőhordozóval szemben támasztott tervezési követelmények:

Az aktív zóna nukleáris jellemzőinek olyanoknak kell lenniük, hogy hőmérséklet-változások, a hőhordozó elvesztése, vagy az aktív zóna geometriai változásai – sem normál üzemi állapotban, sem várható üzemi események, sem tervezési üzemzavarok során – nem okozhatnak szabályozhatatlan mértékű reaktivitás-növekedést.

A hőhordozó tulajdonságaival, összetételével és tisztaságával kapcsolatos követelményeket úgy kell meghatározni, hogy a technológia más elemeivel kölcsönhatásban vagy radioaktív sugárzás hatására a hőhordozó hőtechnikai tulajdonságai ne degradálódjanak. A megfelelő fizikai és kémiai tulajdonságok meglétét állandóan felügyelni kell, és alkalmas eszközökkel gondoskodni kell ezeknek a tervezési határértékeken belül tartásáról.

Vizsgálni és azonosítani kell a hőhordozó állapotában és összetételében a nukleáris hatások miatt bekövetkező lehetséges változásokat. Megfelelő műszaki számításokkal, elemzésekkel valamint az aktív zóna tervezési paramétereinek megfelelő megválasztásával gondoskodni kell az ilyen változások mérsékléséről.

Biztosítani kell, hogy az atomreaktor hűtőrendszere normál üzemben, várható üzemi események bekövetkezésekor és tervezési üzemzavari helyzetben védett legyen minden olyan hatástól – beleértve a rendszer geometriáját megváltoztatókat is –, amely a hőátadási, hűtési folyamatot érintheti. Meg kell akadályozni bármilyen indokolatlan hőhordozó-kibocsátást.

Új atomerőmű tervezésének vegyszeti kérdései

Meg kell tervezni az egyes üzemállapotokhoz tartozó vízminőségi jellemzők várt és határértékeit, melyek az összetartozó koncentrációt és időtartamokat határozzák meg, valamint megadják, hogy az egyes jellemzők értéke mennyi ideig maradhat fenn a berendezés károsodása nélkül.

El kell készíteni a reaktortartály aktív zóna multimédiás CFD-modelljét a hő és anyagátvitel egyenlőtlenségeinek megfelelő megismerése céljából.

A hőhordozó számításokat az engedélyesnek termohidraulikai elemző szoftverrel kell elvégeznie, biztosítania kell az információk visszakereshetőségét, valamint a számítások párhuzamos ellenőrizhetőségét független eszközökkel.

Bizonyítani kell, hogy a tervezéshez használt számítási modellek és eszközök validáltak, összehasonlításukat hasonló modellekkel elvégezték, és a folyamatos karbantartásuk biztosított.

A szekunderkörrel és a munkaközeggel szemben támasztott tervezési követelmények:

A tervezés során biztosítani kell a szekunderkör integritását annak érdekében, hogy a környezetből minél kevesebb oldott és diszperz szennyezőanyag kerüljön a nagy tisztaságú munkaközegbe, az alábbiak figyelembevételével:

- a) biztosítani kell a hűtővíztömör kondenzátort;
- b) biztosítani kell levegőtömör vákuumos rendszereket;
- c) biztosítani kell, hogy a szekunderkör pótvízfelhasználása teljesítményüzemben, a technológiai veszteségek minimalizálásával a lehető legkisebb legyen.

A munkaközegre vonatkozó számításokat az engedélyesnek elemző szoftverrel kell elvégezni, biztosítania kell az információk visszakereshetőségét, valamint a számítások párhuzamos ellenőrizhetőségét független eszközökkel.

Figyelembe kell venni a tervezés során a számítási módszerekben és a kiinduló adatokban rejlő bizonytalanságokat.

3.3.2. Oldott és diszperz korróziótermékekre vonatkozó általános tervezési követelmények

3a.3.2.2300. „Meg kell tervezni minden rendszerre a korróziótermékek, radioaktív szennyeződések, valamint az egyéb szennyezők eltávolításának

Új atomerőmű tervezésének vegyszeti kérdései

folyamatát, és erre megfelelő módszereket kell kidolgozni, és eszközöket kell tervezni.”

3a.3.2.2500. „A vízüzemek tervezésekor elemezni kell a korróziót befolyásoló paramétereknek és a korróziótermékeknek a szerkezeti anyagokra és a fizikai folyamatokra - például a hőátadásra - gyakorolt hatását. Meg kell határozni a korróziótermékek koncentrációjának határértékeit, a nukleáris biztonság szempontjából fontos rendszerekben, rendszerelemekben levő lerakódások megengedett mértékeit, amelyek nem veszélyeztethetik a biztonságos üzemeltetést. Meg kell tervezni a szükséges intézkedéseket, eszközöket és eljárásokat a határértékek átlépésének megakadályozására és esetleges átlépés esetén a normaértékek visszaállítására.”

A vízkémia tervezési alapjául az ALARA (As Low As Reasonably Achievable) elvet kell tekinteni a gőzfejlesztő hőátadó csövek és a rendszerek, rendszerelemek minimális feszültség- és lokális korróziós kockázata érdekében.

Meg kell határozni minden rendszer és rendszerelem esetén a megfelelő technológiai közegre és szerkezeti anyagra jellemző korróziós sebességet, és meg kell tervezni a korróziós termékek eltávolításának folyamatát.

Az alkalmazott szerkezeti anyagokat és a használt technológiai közegek és segédanyagok kémiai összetételét úgy kell megválasztani, hogy a szerkezeti anyag korróziós sebessége a lehető legkisebb legyen.

Az alkalmazott kondicionáló vegyszereket úgy kell megválasztani, valamint a közeg korróziót befolyásoló paramétereit (pH, oldott oxigéntartalom, oldott hidrogéntartalom, szennyezőanyagok, korróziótermékek) úgy kell szabályozni, hogy azok az adott hőmérsékleti, nyomás- és áramlási viszonyok mellett a lehető legkisebb káros hatást gyakorolják az alkalmazott szerkezeti anyagokra az atomerőmű minden üzemállapotában.

A tisztítási technológiák tervezésénél figyelembe kell venni, hogy az alkalmazott technológia és vegyszerek a szerkezeti anyagok felületén korróziós szempontból védő oxidréteget hagynak.

Primerkör általános tervezési követelményei az oldott és diszperz korróziótermékek mennyiségének figyelembevételével:

A primerköri vízkémia tervezésekor alapkövetelményként biztosítani kell:

- a) a hőhordozó műszakilag elérhető legkisebb szennyezőanyag-koncentrációját minden üzemállapotban a nagy tisztaságú pótvíz, nukleáris tisztaságú szűrőanyagok és vegyszerek alkalmazásával,

Új atomerőmű tervezésének vegyészeti kérdései

melyek által minimális mennyiségű felaktiválódott szennyezőanyag keletkezhet és a lokális korrózió kockázata is csökkenthető;

- b) az alkalmazott szerkezeti anyagok minimális, vagy a minimálishoz közeli kémiai és elektrokémiai korrózióját a hőhordozó optimalizált kémiai összetételén keresztül, biztosítva a fővízköri hőhordozóban található oldott és diszperz korróziótermékek elvárt irányú transzportját.

Meg kell határozni a nagytisztaságú hőhordozóban az oldott és diszperz korróziótermékek koncentrációjának határértékeit, valamint a nukleáris biztonság szempontjából fontos rendszerekben, rendszerelemekben megengedett lerakódások mértékét.

Meg kell vizsgálni a diszperz méretű korróziótermékek lerakódásának hatását a fűtőelem-pálcákon, a fűtőelem-kazetták szűk áramlási keresztmetszetein, valamint azok kiülepedését a rendszerek és rendszerelemek holt áramlási zónáiban.

Meg kell vizsgálni az indulás és a leállás fázisaiban a korróziótermék-szűrés műveletét a korróziótermék-felhalmozódás mérséklése érdekében.

Meg kell vizsgálni, hogy megfelelő konzerváló technológia alkalmazásával javítható-e az NGB-leállítás alatt alkalmazott vízkémia hatékonysága.

Meg kell tervezni a szükséges intézkedéseket, eszközöket és eljárásokat a korróziós határértékek átlépésének esetén a normaértékek visszaállítására.

Korlátozni kell a szűrőanyagok, vegyszerek, nemfémes tömítések, karbantartó anyagok halogenid- (ezen belül a kloridion) és szulfátion-, valamint nehézfém-koncentrációját.

A korróziótermékek, radioaktív szennyeződések, valamint az egyéb szennyezők eltávolításának technológiája műszaki és nukleáris biztonsági szempontok alapján történő értékeléséhez, előnyeinek és hátrányainak megítéléséhez a következő szempontokat kell figyelembe venni:

- a) a primerkör, vagy egyes elemeinek dekontaminálását elemezve, a végrehajtandó műveletek minden lehetséges hatását és következményét úgy kell megtervezni és végrehajtani, hogy káros hatásuk a lehető legkisebb legyen, valamint;
- b) az oldatok korróziós hatása a lehető legkisebb legyen, a műveletek során a lehető legkevesebb radioaktív hulladék keletkezzen, és elégítse ki a környezetvédelem szempontjait is.

Szekunderkör általános tervezési követelményei az oldott és diszperz korróziótermékek mennyiségének figyelembevételével:

Új atomerőmű tervezésének vegyszeti kérdései

Alapvető követelmény, hogy biztosítani kell a munkaközeg nagy tisztaságát a zárt szekunderkörrel, a pótvíz (illetve a tisztított gőzfejlesztő leiszapolás) nagy tisztaságával és az adagolt, felhasznált vegyszerek alacsony feszültség- és lyukkorróziós aktivátor koncentrációival.

Biztosítani kell a szekunderkör zártságát annak érdekében, hogy minél kevesebb oldott és diszperz szennyezőanyag kerüljön a munkaközegbe, ami a főkondenzátum-alrendszerben hűtővíz-tömör kondenzátorral, levegő-tömör vákuumos résszel és a kismértékű szekunderköri pótvíz-felhasználással érhető el.

El kell készíteni a gőzfejlesztők hatékony leiszapolásának megtervezéséhez a gőzfejlesztők multimédiás köpenytéri áramlási képét.

Ennek ismeretében meg kell tervezni a gőzfejlesztő leiszapolások megfelelő elvételi helyeit és stratégiáját.

Minimális mennyiségű, nagy tisztaságú pótvizet felhasználó, zárt szekunderkörnél meg kell tervezni a gőzfejlesztők folyamatos és hatékony leiszapolását a koncentráció oldott ionok eltávolítására.

Meg kell tervezni a gőzfejlesztők periodikus leiszapolását a diszperz korróziótermékek eltávolítására.

Biztosítani kell, hogy a szekunderkör feltöltő- és pótville – a primerkörrel megegyezően – nagy tisztaságú pótvíz legyen.

A munkaközegbe adagolt kondicionáló (többfunkciós) vegyszerek, a berendezések tömítései, a karbantartások alatt használt felülettisztító vegyszerek és a segédanyagok feszültségkorróziós aktivátora (klorid-, szulfát- és nátriumion), valamint az oxidálóanyagok koncentrációja a lehető legkisebb, maximum az előírt értékű lehet.

A gőzfejlesztő-leiszapolás tisztított közegének minősége meg kell, hogy egyezzen a nagy tisztaságú pótvízével.

A gőzfejlesztő leiszapolását tisztító rendszer alkalmas kell, hogy legyen a diszperz korróziótermékek és az oldott állapotú szennyezőanyagok hatékony eltávolítására.

Biztosítani kell annak a lehetőségét, hogy a rendszer leállítás és indulás alatt is képes legyen üzemelni (pl. külön leiszapolás-hűtővíz hőcserélővel).

Korlátozni kell, hogy a gőzfejlesztőkben a radioaktív fővízköri hőhordozó szivárgásának megengedett térfogatárama az inaktív szekunderköri gőzfejlesztő vízbe maximum $5 \text{ dm}^3/\text{h}$ lehet.

Kondenzátor-hűtővízrendszer általános tervezési követelményei az oldott és diszperz korróziótermékek mennyiségének figyelembevételével:

Meg kell határozni a kondenzátor-hűtővízrendszer megfelelő vízüzemét az alábbi követelmények figyelembevételével:

- a) A szűrt (<5 mm részecskék) hűtővízzel érintkező kondenzátorcsövek kis (<15 $\mu\text{m}/\text{év}$) korróziósebességét a megfelelően megválasztott anyagminőséggel kell biztosítani;
- b) a hűtővíz áramlási sebessége a kondenzátorcsövekben olyan mértékű kell, hogy legyen, hogy megakadályozza a homok, iszap, alga, stb. megtapadását, illetve kirakódását a csövekben, de eróziós károkat se okozzon;
- c) meg kell határozni a bejövő hűtővíz hőmérsékletének függvényében történő felmelegedés maximális értékét;
- d) a kondenzátor csőtéri felületéről folyamatosan el kell távolítani a lerakódott szerves és biológiai szennyeződések.

Meg kell határozni a technológiai és biztonsági hűtővízrendszer megfelelő vízüzemét a kondenzátorokkal megegyező követelmények kielégítésének figyelembevételével:

- a) a szűrt (kisebb <1 mm részecskék) hűtővízzel érintkező hőcserélőcsövek kis (<15 $\mu\text{m}/\text{év}$) korróziósebességét a megfelelően megválasztott anyagminőséggel kell biztosítani;
- b) a hűtővíz áramlási sebessége a hőcserélő csövekben – névleges üzemi állapotban – olyan mértékű kell, hogy legyen, hogy megakadályozza a homok, iszap, alga, stb. megtapadását, illetve azok kirakódását;
- c) üzem közben meg kell akadályozni a lerakódásokat a csövekben, illetve üzem közben és állás alatt el kell távolítani a mikroorganizmusokat és biológiai szennyeződések.

3.3.3. *Vízüzem szabályozásának általános tervezési követelményei*

3a.3.2.2400. „A vízüzemek szabályozására alkalmazott vegyszerek koncentrációját, a vízüzemek korróziót befolyásoló paramétereit úgy kell megválasztani, valamint a szennyezőanyagok és korróziótermékek koncentrációját olyan szinten kell meghatározni, hogy azok az adott hőmérséklet, nyomás és áramlási viszonyok mellett az ésszerűen elérhető legalacsonyabb

Új atomerőmű tervezésének vegyszeti kérdései

szintű káros hatást gyakorolják az alkalmazott szerkezeti anyagokra, az atomerőművi blokk minden tervezett üzemállapotában.”

3a.3.2.2600. „A korróziót befolyásoló paraméterek, a reaktivást lekötő, neutronelnyelő anyag koncentrációváltozásával járó pH-effektust korigáló vegyszerek koncentrációjának szabályozásánál figyelembe kell venni a radiolitikus reakciók hatását.”

Az atomerőmű primer- és szekunderköri, valamint segéd- és kiszolgálórendszereinek vízüzemét úgy kell megtervezni, hogy a tervezési alapon megfogalmazott követelményeket mindenkor teljesítse, a reaktivitás szabályozását a megválasztott koncentrációs oldat biztosítsa és annak szabályozása a megfelelő módon elvégezhető legyen, hígítással/töményítéssel, valamint a beépített ioncserélők segítségével.

A blokkok vízkémiai paraméterei a primerkörben és a szekunderkörben gyakorolt hatásuk alapján 2 csoportra oszthatók:

- a) szabályozott (kontroll) és
- b) diagnosztikai paraméterekre.

Szabályozott (kontroll) jellemzők azon paraméterek, amelyek értéke egy meghatározott tartományon belül biztosítja:

- a) a fűtőelem-burkolatok és a primerköri berendezések integritását, a berendezések tervezett korróziós elhasználódását (élettartamát), valamint a hőhordozó és a primerköri felületek radioaktív kontaminációjának minimális mértékét;
- b) a gőzfejlesztők és a szekunderköri berendezések integritását, a berendezések tervezett korróziós elhasználódását (élettartamát);
- c) egyéb rendszerek biztonságos üzemeltetését és tervezett élettartamát.

Diagnosztikai jellemzők azon paraméterek, amelyek:

- a) kiegészítő információt szolgáltatnak a szabályozott jellemzők változásának okairól, segítve az üzemeltetőket a jellemzők változásának megértésében, értelmezésében (informatív diagnosztikai jellemzők). Az informatív diagnosztikai jellemzők között lehetnek határértékes paraméterek is, amelyeknél a határérték túllépése zavaró eseményre utal, amelyet hosszabb-rövidebb idejű korrekciós intézkedésekkel helyre kell állítani;
- b) a szabályozott vízkémiai jellemzők hatásának következményeként jelzik a folyamatok lejátszódásának hatását, de értékük nincs korlátozva (következmény diagnosztikai jellemzők).

Új atomerőmű tervezésének vegyszeti kérdései

A vízüzemek szabályozására alkalmazott vegyszerek koncentrációját, a vízüzemek korróziót befolyásoló paramétereit úgy kell megválasztani, valamint a szennyezőanyagok és korróziótermékek koncentrációját olyan szinten kell meghatározni, hogy azok az adott hőmérséklet-, nyomás- és áramlási viszonyok mellett az ésszerűen elérhető legalacsonyabb szintű káros hatást gyakorolják az alkalmazott szerkezeti anyagokra normál üzem, várható üzemi események és tervezési üzemzavarok során egyaránt.

Törekedni kell arra, hogy a szabályozott és diagnosztikai paramétereket az előírt értéktartományokban on-line módszerekkel mérjék, amelyek reális idő alatt történő, megbízható és reprodukálható eredményeket szolgáltatnak.

A primerköri hőhordozó vízkémiájával szemben támasztott tervezési követelmények:

A hőhordozó vízkémiájának az alább felsorolt követelményeket kell biztosítania:

- a) csökkentse minimálisra a berendezések szerkezeti anyagainak egyenletes korrózióját;
- b) csökkentse minimálisra a szerkezeti anyagok lokális korróziós kockázatát;
- c) csökkentse minimálisra a korróziótermékek lerakódását a fűtőelemek burkolatán és a primerköri berendezések felületén;
- d) tartsa alacsony szinten a korróziótermékek transzportját a hőhordozóban és lerakódásukat egyaránt az aktív zónán belüli és kívüli felületeken;
- e) szorítsa vissza a víz radiolitikus bomlásának hatását az aktív zónában;

miközben biztosítja az üzemanyaggal berakott reaktivitás-tartalék kompenzálását a hőhordozó bórsav-koncentrációjának csökkentésével, illetve a reaktor szubkritikusságát – a szabályzó-védelmi rúdcsoportok mellett – a hőhordozó bórsav-koncentrációjával.

A hőhordozó vízkémiáját úgy kell megválasztani és szabályozni, hogy az biztosítsa valamennyi TA1 ÉS TA2 üzemállapotban a hőhordozó műszakilag elérhető legkisebb szennyezőanyag-koncentrációját, valamint minimalizálja a szerkezeti anyagok kémiai és elektrokémiai korrózióját.

A primerköri hőhordozó vízkémiájának szabályozására kizárólag nukleáris tisztaságú anyagok használhatók.

A primerköri hőhordozóba olyan összetételű és mennyiségű, nukleáris tisztaságú anyagokat kell adagolni, melyekkel:

Új atomerőmű tervezésének vegyszeti kérdései

- a) a reaktivitás szabályozása elvégezhető;
- b) a szerkezeti anyagok korróziós károsodása és az oldott/diszperz korróziótermékek mennyisége minimális értéken tartható;
- c) a fűtőelem-burkolat integritása biztosított;
- d) az aktív zónában és a primerköri berendezések felületén a lerakódások az elvárt minimális értéken tarthatók;
- e) a nemkívánatos radiolitikus jelenségek korlátozhatók és visszaszoríthatók,
- f) a berendezések megfelelő kiszolgálásához, karbantartásához szükséges lehető legalacsonyabb dózisterhelés legyen biztosítható.

A reaktivást szabályozó rendszerek megfelelő tervezésével biztosítani kell, hogy a teljesítményüzem, indulás, leállás és a tervezési üzemzavarok során a nukleáris üzemanyag, a fűtőelem-burkolat és a hőhordozó hőmérsékletei, valamint más fizikai paraméterek biztonsági határértékeinek túllépése kizárt legyen.

A korróziót befolyásoló paraméterek szabályozására, illetve a reaktivitás szabályozására használt anyagok okozta pH-változás korrigálására szolgáló adalékanyagok kiválasztásánál figyelembe kell venni a felaktiválódás és a radiolízis okozta hatásokat.

Meg kell tervezni a primerköri hőhordozó tisztítási feladatait a vízkémia szabályozhatóságára.

Meg kell tervezni a hőhordozó optimális pH/T tartományának szabályozását, amellyel biztosítható a fűtőelem-kazetták, a gőzfejlesztő hőátadó csövek és a primerköri berendezések tömörsége, valamint az aktivitáshordozók kis koncentrációja.

Meg kell tervezni teljesítményüzemben a lúgosító anyagok együttes koncentrációjának, valamint a hidrogén koncentrációjának (az ammónia és/vagy hidrazin, illetve hidrogén adagolásával történő) szabályozását.

Meg kell határozni a hőhordozó bórsav koncentrációjának szabályozhatóságát valamennyi TA1 ÉS TA2 üzemállapotban.

Meg kell határozni, hogy mekkora névleges térfogatárama lesz a bórsavoldat-bevitelnek teljesítményüzemben, illetve leállásnál, esetlegesen üzemzavar esetén.

Meg kell határozni a hőhordozó szabályozott vízkémiai paramétereit, amelyek értéke, illetve meghatározott tartománya biztosítja a fűtőelem-

Új atomerőmű tervezésének vegyszeti kérdései

burkolatok és a primerköri berendezések integritását, a berendezések tervezett korróziós elhasználódását (élettartamát), valamint a hőhordozó és a primerköri felületek radioaktív kontaminációjának tervezett mértékét.

A szekunder munkaközeg vízkémiájával szemben támasztott tervezési követelmények:

A szekunder munkaközeg vízkémiáját úgy kell megválasztani és szabályozni, hogy az mindenkor biztosítsa a műszakilag elérhető legkisebb szennyezőanyag-koncentrációt.

A tervezés során a munkaközeg nagy tisztaságát a zárt szekunderkörrel, a pótvíz (vagy tisztított leiszapolás) nagy tisztaságával, valamint az adagolt, felhasznált vegyszerek feszültség- és lyukkorróziós aktivátor koncentrációinak meghatározásával és előírt érték alatt tartásával kell biztosítani.

Meg kell határozni a munkaközeg különböző állapotában a korróziótermékek tervezési várt és határértékeit, amelyek a biztonságos üzemeltetést befolyásolhatják. Meg kell tervezni a munkaközeg szabályozását annak figyelembevételével, hogy a vegyszeradagolási pont környezetében elhelyezett vegyszertartályból az adagolószivattyú a tápvíz pH₂₅ értékéről szabályozva adagolja a többfunkciós vagy kondicionáló vegyszert közvetlenül a tápvízbe (főkondenzátumba).

A blokk indulása előtt le kell üríteni az állás alatt elszennyeződött folyadékfázisú vizet és nagy tisztaságú pótvízzel kell feltölteni a szekunderkört annak érdekében, hogy a teljesítményüzem nagy tisztaságú munkaközeggel kezdődjön.

Meg kell határozni az elvárt vízkémiai és víztisztítási műveleteket a gyors teljesítményváltozás, indulás és leállítás alatt.

Megfelelő szabályozóeszközöket kell alkalmazni a munkaközeg paramétereinek előírt üzemi tartományban való tartása céljából.