

ABOS 1-es, 2-es és 3-as osztályba sorolt rendszerek és rendszerelemek üzemidő-hosszabbításhoz kapcsolódó konstrukciós felülvizsgálata

Boros János

Pöyry Erőterv Zrt.

1094 Budapest, Angyal u. 1-3, tel.: 06-30-6705677

Az üzemidő-hosszabbítás megalapozásának egyik fontos eleme az ABOS¹ 1-3 osztályba sorolt rendszerek és rendszerelemek konstrukciós felülvizsgálata. A felülvizsgálat az ASME BPVC² Section III szabvány alapján készült, mely előírásrendszert - egyéb okok mellett - a tervezésre vonatkozó előírások differenciáltsága, az elfogadási kritériumok és a követelmény-specifikálási rendszer korszerűsége miatt alkalmaztunk. A konstrukciós felülvizsgálati projekt keretében elkészült a beazonosított ABOS 1 és ABOS 2 terjedelemben tartozó rendszerek és rendszerelemek terheléskatalógusa, felülvizsgálati jelentéseik és tervezési specifikációjuk. Az ABOS 3 besorolású elemek hasonló vizsgálata folyamatban van.

A konstrukciós felülvizsgálat szükségessége

A Paksi Atomerőmű az üzemidő-hosszabbítás engedélyezési folyamatának részeként benyújtotta Országos Atomenergia Hivatalnak az 1-4 blokkra tervezett üzemidőt 20 évvel meghaladó üzemeltethetőség biztosítására irányuló programot (ÜH program). Az ennek a programnak a keretében elkészült (elkészülő) megalapozó dokumentációk kiemelkedően fontos részét képezik az ABOS 1-es, 2-es és 3-as osztályba sorolt rendszerek és rendszerelemek (továbbiakban RRE) konstrukciós felülvizsgálatát bemutató jelentések.

A Főkonstruktőr által és a Végleges Biztonsági Jelentés létrehozásával kapcsolatban készített megalapozó dokumentációk igazolták a blokkok üzemeltetésének biztonságát a létesítéskor tervezett 30 évi üzemidőre. Az üzemidő-hosszabbítással kapcsolatban azonban szükségessé vált a rendszerek és rendszerelemek további 20 évi üzemeltethetőségének megalapozása úgy, hogy a felülvizsgálat megfeleljen a jelenlegi előírásoknak és szabványoknak, és az a ma rendelkezésre álló korszerű eszközök használatával történjen.

A Főkonstruktőr által a létesítéskor tervezett üzemidőre készített számítások a szovjet Atomerőművi Szabályzat [1] és az ebben hivatkozott és kötelezően alkalmazott, hetvenes években készült Számítási Normák [3] alapján készültek. Ezek a számítások részben rendelkezésre állnak ugyan, azonban a számítások a hetvenes években rendelkezésre álló - részben elavultnak tekinthető - eszközökkel készültek, reprodukálásuk a jelenlegi eszközökkel az esetek egy részében nem megoldható. Ezzel szemben a Paksi Atomerőmű az elmúlt évtizedekben számos olyan biztonságnövelő programot hajtott végre, amelyek szabványbázisa, a megalapozó számítások eszközei, az alkalmazott minőségbiztosítási rendszereik teljes körűen

kielégítik a mai követelményeket, így eredményeik az üzemidő-hosszabbítás feladataira is alkalmazhatók. E biztonságnövelő programok közül külön említést érdemel magának a Végleges Biztonsági Jelentésnek a létrehozása, illetve a jelen felülvizsgálat szempontjából meghatározó „Földrengés-biztonsági technológiai átalakítások, illetve ezek megalapozása” projekt.

A konstrukciós felülvizsgálat előírás-és szabványbázisa

A nyomástartó berendezések és csővezetékek tervezésének követelményeit a 37/2012. (III. 9.) Korm. rendelettel módosított Nukleáris Biztonsági Szabályzat (továbbiakban NBSZ) 3.3.3 pontja határozza meg. Ennek a felülvizsgálat során figyelembe vett egyik leglényegesebb követelménye, hogy a méretezést megalapozó számításokat egységes, a nukleáris iparban elfogadott előírásrendszer szerint, az RRE-k biztonsági osztályának megfelelően kell elvégezni. További feladatként az atomreaktor és aktív zóna, valamint a fővízkör felülvizsgálata során az NBSZ 3.4.1 és 3.4.2 pontjai alatti követelményeknek is teljesülniük kellett.

Arra vonatkozóan, hogy az NBSZ követelmények hogyan teljesüljenek az OAH által kiadott 3.3. sz. „Nyomástartó berendezések szilárdsági számítási normái”, és a 3.25. sz. „Üzemelő nyomástartó berendezések szilárdsági elemzése” című útmutatói adnak útbaigazítást. A 3.3. sz. útmutató bevezető fejezete a 2001 évi kiadású ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section III (továbbiakban ASME BPVC III) adaptálását preferálja, mindkét útmutató az ASME kategóriáit alkalmazza, az ASME alkalmazási elveit követi a hazai feltételek figyelembe vételével.

Az ASME hazai alkalmazása jogi és intézményes háttérnek megteremtésére számos intézkedés történt, illetve történik jelenleg is. ASME BPVC III magyar szabványsorozatként (MSZ 27003, Nukleáris létesítmények berendezéseinek

konstrukciós szabályai) való kiadása az előkészítő stádiumot követően 2013-ban esedékes, hasonlóképpen magyar szabványként kiadásra kerül az ASME BPVC Section XI (MSZ 27011, Atomerőművi berendezések időszakos vizsgálati szabályai), és az ASME OM (MSZ 27020, Atomerőművek üzemeltetése és karbantartása). Az ASME BPVC III a kód alkalmazásához kapcsolódó felelőségek meghatározásánál előírja a Regisztrált Szakértő Mérnök feladatkört. Külön, kötelező érvényű melléklet részletezi a Regisztrált Szakértő Mérnök regisztrálására és feladataira vonatkozó előírásokat, az ezekhez kapcsolódó hazai minősítési rendszer felállítása 2012 végén befejező stádiumban van. Első lépésként az Amerikai Egyesült Államok ASME Szervezetének szakértői egy 2009-ben tartott tanfolyamon való részvétel és vizsga alapján igazolták a résztvevők Regisztrált Szakértő Mérnök minősítéshez szükséges általános ismereteinek meglétét. A későbbiekben a képesítési feltételek ezen része a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Műszaki Mechanikai Tanszéke által szervezett tanfolyam vizsgabizonyítványával teljesíthető. A minősítéshez ezen felül a meghatározott gyakorlat igazolása mellett regisztráció is szükséges, melynek szabályait „Az atomenergia alkalmazása körében eljáró független műszaki szakértőről szóló 247/2011. (XI.25.) kormányrendelet tartalmazza.

Az ASME BPVC III sajátosságai

Az ASME BPVC szabvány OAH által történő preferálását megelőzően a szovjet előírások adaptálásával készült előírások voltak érvényben. Ezen adaptációk nem tértek el lényegileg a szovjet előírásoktól, ezért az ASME BPVC III korábbi előírásokkal történő összevetésénél a szovjet előírásokhoz viszonyítunk.

A konstrukciós felülvizsgálat egyik lényeges tapasztalataként a két előírásrendszer olyan eltéréseit azonosítottuk be, amelyek egyrészt a felülvizsgálatban fontosaknak bizonyultak, másrészt az ASME elfogadásának és alkalmazásának megalapozásául szolgálhatnak. Az alábbi összevetésnél a szovjet Atomerőművi Szabályzat [1], a PNAE [2] és a Számítási Normák [3] előírásait vettük figyelembe. A [2] és [3] megfeleltethető egymásnak, a létesítés időszakában a [3] volt érvényben, a [2] előírás csak a létesítési időszakot követően jött létre.

A tervezésre vonatkozó előírások differenciáltsága

A vizsgált elemek besorolása

Az ASME BPVC III Division 1 tervezésre vonatkozó előírásait az NB, NC, NE, NF, NG, NH jelzetű alfejezetek (általános jelöléssel NX) NX-3000 cikkelyei tartalmazzák. Az egyes alfejezetek NX-3000 cikkelyei a biztonságban játszott szerepük és funkciójuk szerint besorolt nyomástartó berendezések megtervezéséhez besorolásuknak megfelelően differenciált átfogó alapot biztosítanak.

A szovjet előírásokban ilyen következetes besorolás nem található. A PNAE tervezésre vonatkozó részei nem differenciáltak, nagyrészt az ASME BPVC III NB-3000 tartályokra és csővezetékekre vonatkozó előírásainak feleltethetők meg. Megjegyzendő, hogy PNAE számos előírása az ASME csoportosítása szerint a szerkezeti anyagok tárgykörébe (NB-2000), valamint egyéb tárgykörökbe tartozik.

Berendezés típusok

Az ASME BPVC III a hagyományos értelemben vett nyomástartó berendezésekre vonatkozó NB-3000, NC-3000, és NC-3000 cikkelyei külön előírásokat tartalmaznak a következő berendezés típusokra: tartályok, szivattyúk, szerelvények, csővezetékek. Az NC-3000 és ND-3000 ezen kívül külön előírásokat tartalmaz atmoszferikus tárolótartályokra és 103 kPa alatti nyomású tárolótartályokra.

Az Atomerőművi Szabályzat [1] az atomerőművek primer és szekunder körében lévő reaktorokra, gőzfejlesztőkre, nyomástartó edényekre, szivattyúházakra, szerelvényekre és nyomás alatti csővezetékekre terjed ki (1.1.1 pont). A reaktorokra, gőzfejlesztőkre, nyomástartó edényekre, szivattyúházakra és armatúrákra átfogóan a „berendezések” kifejezést használja. PNAE és a Számítási Normák berendezésekre és csővezetékekre tartalmaz külön előírásokat. Az egyes berendezés fajtákra tehát nincs külön előírás. A Számítási Normák „F” melléklete a címe szerint ugyan szivattyúkra vonatkozik, de tartalma alapján kifejezetten a főkeringtető szivattyúra ad előírásokat.

Az elfogadási kritériumok alapja

NCA-2142 definiálja a tervezési, üzemi és próbaterheléseket, az elfogadás kritériumát képező határértékeket, és a tervezési és üzemi terhelések közötti összefüggést. Az üzemi terhelések szintjeinek NCA-2142.4(b) szerinti meghatározása alapvető fontossággal bír az elvégzendő elemzések beazonosításánál. Az egyes terhelési szintek rövidített, lényegre törekvő meghatározását az alábbi táblázat mutatja.

1. táblázat Terhelési szintek meghatározásai NCA-2142.4(b) szerint

Üzemi terhelések szintje	Meghatározás
A	Terhelések, amelyek a specifikált üzemi funkció ellátásához szükséges üzemállapotok (indítás, terhelésváltozás, leállítás, stb.) során lépnek fel.
B	Terhelések, amelyek nem a specifikált üzemi funkció ellátása következtében lépnek fel, de amelyeket a berendezésnek javítást igénylő károsodás nélkül el kell viselnie (OBE földrengés).
C	Terhelések, amelyek előidézhetik a berendezés szerkezeti diszkontinuitási helyeinek nagymértékű deformációját, ezért szükséges lehet a berendezés ellenőrzés és javítás céljából történő üzemen kívül helyezése.
D	Terhelések, amelyek előidézhetik a berendezés nagymértékű általános deformációját, alakváltozását, javítását igénylő károsodását, ezért szükséges lehet a berendezés végleges üzemen kívül helyezése.

A terhelések következtében kialakuló feszültségek osztályozásánál az NB-3213.8 és NB-3213.9 elsődleges és másodlagos feszültségeket különböztet meg. Az elsődleges feszültségek nem önkorlátozók, ezért ha lényegesen meghaladják a folyáshatárt, akkor az az anyag meghibásodásához, nagymértékű deformációjához vezet. A másodlagos feszültségek önkorlátozóak, ha meg is haladják a folyáshatárt, egyszeri fellépésük nem okoz meghibásodást. Az ASME

BPVC III megközelítése szerint tehát a terhelések és a hatásukra létrejövő feszültségek csoportosításának az az alapja, hogy hatásukra a szerkezeti anyagban milyen károsodás várható. A károsodások típusának és megengedhető mértékének vizsgálata ennek megfelelően nem pusztán egy elvont elméleti fejtegetés, hanem egy adott berendezés tervezési specifikációjának készítésénél a mérnöki értékelés lényeges eleme.

A Számítási Normák [3] 2.1.2 pontjában a külön kritériumokkal kezelendő üzemi terhelési besorolását az alábbiak szerint adja meg.

2. táblázat Külön kritériumokkal kezelendő üzemi terhelések besorolása [3] szerint

Üzemállapot	Meghatározás
Normál üzemi állapot (normál üzemi feltételek) (NUE)	Azoknak az üzemmódoknak a csoportja, amelyeket az üzemi szabályzat tartalmaz.
A normál üzemi állapot megszűnése (NNUE)	A tervezett üzemi állapotoktól való tetszőleges eltérés, ami valamely szabályozó rendszer vagy csővezeték meghibásodása stb. következtében jön létre, és amelynél a reaktor tovább üzemeltethető az eltérés megszüntetéséig. A normál üzemmódtól való eltérés vizsgálatának szükségességét a tervező vállalat határozza meg.
Üzemzavari állapot (ASZ)	A tervezett üzemmód megszűnése a radioaktív közeget tartalmazó kör valamely elemének meghibásodása következtében, aminek hatására meghibásodhat a reaktortartály, és ilyen esetben gondoskodni kell az emberek biztonságáról. Az üzemzavari állapot vizsgálatának szükségességét a tervező vállalat határozza meg.

A szakirodalomban gyakran megkísérlik az ASME és szovjet üzemi szinteket egymásnak megfeleltetni („A” megfelel „NUE”-nek, „B” megfelel NNUE-nek, „C” és „D” megfeleltethető „ASZ”-nek). Ez a megfeleltetés azonban csak formális lehet, mert a besorolás kritériuma a nem normál üzemi állapotok esetén eltérő. A szovjet előírásokban a normál üzemi feltételek megsértését és az üzemzavari állapotot kifejezetten a reaktortartály épségére gyakorolt hatás szempontjából, és nem a vizsgált berendezés meghibásodása szempontjából értékelik. Ez azt jelenti, hogy a PNAE normál üzemi állapottól eltérő kategóriái nem, vagy csak formálisan értelmezhetők más berendezésekre. Ez a sajátosság a rendelkezésre álló főkonstruktori számításokban nyomon követhető. A reaktortartályra vonatkozó Ae 4432/Doc/R számítás 14. pontja részletesen foglalkozik a normális üzemeltetési feltételektől eltérő üzemmódok és üzemzavari üzemmódok elemzésével. A példa kedvéért: a térfogatkompenzátorra vonatkozó P-09-124-005-24/14a számítás 2.6 alfejezete egy normál üzemeltetési-feltétel sértést tartalmaz. A 2.7 alfejezet szerint a szovjet fél nem határozott meg üzemzavari helyzetet, a számítást végző csehszlovák tervező azonosította be egyet. A többi berendezésre rendelkezésre álló kevés részletet közlő számításban

nincsenek olyan alfejezetek, amelyek a NNUE illetve ASZ kategóriájú terheléseket azonosítanának be.

Az elsődleges és másodlagos feszültségek szisztematikusan és éles különválasztása a szovjet szabályozásban nem jelenik meg. A Számítási Normák 3.3 pontja 1. táblázatában és a PNAE 5.1 táblázatában ugyan mind az elsődleges, mind a másodlagos feszültségek megjelennek, de a károsodásban játszott szerepük szerinti megkülönböztetés nélkül.

A követelmények specifikálása

Egy berendezés szilárdsági megfelelőségének vizsgálatakor a tervező először azzal a kérdéssel szembesül, hogy a vizsgálandó berendezésre milyen követelmények vonatkoznak. Pontosán meg kell adni, hogy mely előírásoknak kell feltétlenül megfelelni, és melyek azok, amelyek nem relevánsak. Ezeket a követelményeket a berendezés funkciójából, beépítési helyéből, specifikált terheléseiből, típusából megalapozottan le kell tudni vezetni, az előírásrendszer struktúrájának ezt lehetővé kell tennie.

ASME BPVC III NCA-3250 olyan tervezési specifikáció készítését írja elő, amely biztosítja a konstrukció ASME BPVC III előírásainak való maradéktalan megfelelést és tartalmazza a szükséges háttér információkat és előírásokat. Pontosán specifikálni kell a vonatkozó besorolásokat, előírásokat, a figyelembe veendő tervezési, üzemi, próbaterhelési állapotokat és szinteket, az alkalmazandó túlnyomásvédelmet, a gyártási követelményeket. A tervezési specifikáció kidolgozására vonatkozó szabályokat az ASME BPVC III. külön mellékletben részletezi. A tervezési specifikáció struktúrájának az egész nukleáris iparban egységesnek kell lennie, ami bármely külső szakértő számára lehetővé teszi a tervezési specifikációban foglaltak megfelelőségének és teljességének megítélését.

A PNAE [2] illetve Számítási Normák [3] tervezési specifikációnak megfelelő dokumentáció készítését nem írja elő. Egyes követelmények esetében ugyan „... a követelmény szükségességét a konstruktor (tervezési) szervezetnek kell meghatároznia”, de ennek dokumentálási módja nincs meghatározva.

A megvalósult és folyamatban lévő konstrukciós felülvizsgálatok

Terheléskatalógus készítés

A konstrukciós felülvizsgálatok előkészítése egy többlépcsős folyamat végrehajtását jelenti. A felülvizsgálatnál alkalmazott elvek és terjedelem meghatározása után az első mérföldkő a terheléskatalógus elkészítése. A terheléskatalógus és mintaberendezések szilárdsági ellenőrzésének kritérium dokumentációja 2004.02.05.-i dátummal került kiadásra, a terheléskatalógus első kiadását 2004-ben, a jelenleg érvényes „F” verziót 2011 évben adtuk ki.

ASME BPVC III szerint a tervezési specifikációban a terheléseket minden egyes vizsgált berendezésre külön-külön kell specifikálni. Az NCA-3251 azt is előírja, hogy az üzemeltető felelős valamennyi tervezési specifikáció összhangjáért. Ezért a terheléskatalógusban meg kellett határozni és meg kellett alapozni azokat az üzemi állapotokat, ciklusszámokat, terhelésfajtaikat és fontosabb terheléseket, amelyek figyelembevétele egyáltalán lehetővé tette az egyes berendezések terheléseinek összhangba hozását.

A 2004. évi és az „F” verzió között a terheléskatalógus a vizsgálati terjedelem változását követve egyrészt bővült, másrészt az ASME BPVC elveinek következetes érvényesülése tekintetében jelentős fejlődésen is keresztülment.

A konstrukciós felülvizsgálat első eredményei

A konstrukciós felülvizsgálat projekt első lépcsője 2006 és 2009 között valósult meg. A felülvizsgálat terjedelmét egy korábbi vizsgálat keretében beazonosított rendszer és rendszerelem kör képezte valamennyi ABOS 1, az ABOS 2 nagyobb részét jelentő, és néhány ABOS 3 besorolású rendszerre és rendszerelemre kiterjedően. A számításokhoz módszertani és kritérium dokumentáció (MKD) készült. Az MKD alapján a főberendezésekre (reaktortartály, reaktorbelső, gőzfejlesztő, térfogatkompenzátor, főkeringtető vezetékek, főkeringtető szivattyú, főelzáró tolózár, térfogatkompenzátor vezetékek), 16 csővezeték rendszerre, 15 tartályra, 13 hőcserélőre, 11 szivattyúra és 31 szerelvényre készültek el a számítási jelentések. A számítások 100 % és 108 % blokkteljesítményre készültek 50 és 60 üzemévre. A 108 %-ra készült jelentések a teljesítménynövelés megalapozását szolgálták. A projekt keretében elkészült még a számítási terjedelemben tartozó berendezések túlnyomás elleni védelménél alkalmazott rendszerek beállítási értékeinek ASME kritériumok alapján történő igazolása.

A jelentéseket négy fórum ellenőrizte és véleményezte a következő sorrendben:

- Az PA Zrt által felállított tervzsűri,
- Az Amerikai Egyesült Államokban regisztrált amerikai szakértő mérnök szervezet,
- A szilárdsági és élettartam számítások témakörben vezető hazai szakemberekből álló testület,
- Az Országos Atomenergia Hivatal munkatársai, illetve az OAH által felkért szakértők

A négy eltérő nézőpontú fórum véleményei nagymértékben elősegítették a számítások minőségének javulását és a hibák kiküszöbölését. A számításokat időközben NAÜ felülvizsgálatok során is áttekintették, ennek eredményeként szintén értékes észrevételek születtek.

A konstrukciós felülvizsgálat folytatása

A konstrukciós felülvizsgálat számos olyan problémát tárt fel, amelyeknek a kezeléséhez új elemzésre, vagy a kritériumoktól való eltérések adminisztratív eszközökkel való kezelésének meghatározására volt szükség. A vizsgálat terjedelme is változott. Az időközben ABOS 2-ből, ABOS 3-ba sorolt rendszerek és rendszerelemek kiestek a terjedelemből, a beazonosított hiányzó ABOS 2 rendszerek és rendszerelemek pedig bekerültek. Az erőmű a főberendezések egy részénél tömítő egység konstrukció-módosítást tervezett, aminek szilárdsági megalapozása szükségessé vált. A felülvizsgálati jelentések ellenőrzése során az OAH számos olyan követelményt fogalmazott meg, amelyek szintén szükségessé tették a felülvizsgálat folytatását. A projekt 2010-től folytatódott, teljes befejezése 2013-ban esedékes.

A terheléskatalógus kiegészült a terjedelemben bekerült új rendszerek és rendszerelemekre vonatkozó információkkal. A számítási jelentések ellenőrzése az első lépcsőhöz hasonlóan történt.

Az OAH HA-5568 sz. határozatában a szilárdsági számítások felülvizsgálatára indított ellenőrzési eljárást lezárta. Előírta a határozathoz mellékelte észrevétel lista alapján a dokumentációk kiegészítését. A határozat indoklásban egyebek mellett megállapította, hogy a dokumentáció felülvizsgálat és az ellenőrző számítások nem tártak fel olyan műszaki problémát, amely a szilárdsági számítások végeredményét megkérdőjeleznék.

Az NBSZ 3.3. és 3.25. sz. útmutatói előírják tervezési specifikáció készítését. A felülvizsgálat során azonban nem tudatosult, hogy a tervezési specifikációnak különálló, meghatározott struktúra szerint szerkesztett dokumentációnak kell lennie. A 2011-ben NAÜ által tartott SALTO vizsgálat annak ellenére bírálatként fogalmazta meg, a tervezési specifikációk formális hiányát, hogy a számítási dokumentációk minden olyan információt tartalmaztak, amelyeket az ASME BPVC III előír. Az ellenőrizhetőség és a formai követelmények teljesülése érdekében ASME formátumú tervezési specifikációk készítését ajánlották. Az útmutatók és NAÜ ajánlat alapján az ABOS 1 és ABOS 2 terjedelemben külön tervezési specifikáció dokumentációk készültek.

Az ABOS 3 besorolású rendszerek és rendszerelemek konstrukciós felülvizsgálata

Az ABOS 3 osztályba sorolt nyomástartó funkcióval rendelkező berendezések és csővezetékek konstrukciós felülvizsgálata folyamatban van. Az elemzések az ABOS 1 és ABOS 2 terjedelemből kialakult gyakorlat szerint, a tapasztalatok figyelembevételével készülnek. A dokumentációk összeállításánál fokozott figyelmet kell fordítani az ASME BPVC III tervezési specifikációval és tervezési jelentéssel kapcsolatos formai követelmények teljesítésére, és a regisztrált szakértő mérnök szerepének megvalósulására is.

A konstrukciós felülvizsgálat tapasztalatai, összefoglaló értékelés

Az ismertetett, több mint tíz éve tartó konstrukciós felülvizsgálat számos vállalkozó együttműködésével valósult meg. A munka fővállalkozója a Pöryy Erőterv Zrt. illetve jogelődje volt. A konstrukciós felülvizsgálat első fordulójában a térfogatkompenzátor, főkeringtető szivattyúk, főelzáró tolózárak, szivattyúk és szerelvények dokumentációit az Olajterv Zrt. készítette fővállalkozóként. A felülvizsgálat második fordulójában az Erőterv alvállalkozójaként a TH-CAD Kft. a csővezetékek, a Veiki Energia+ Kft. a reaktortartály, reaktorbelső és térfogatkompenzátor, a PAB Kft. a reaktor berendezés tömítő egységek, az Olajterv Zrt. pedig egyes szivattyúk és szerelvények vizsgálatát végezte. E vállalkozói körnél a feladatokkal megbízott munkatársak felkészültsége, száma, a feladatokhoz rendelkezésre álló számítástechnikai eszközök alkalmasnak bizonyultak a jelentések megfelelő színvonalon való elkészüléséhez. Mindazonáltal voltak olyan vitás kérdések, amelyek szükségessé tették a folyamatos konzultációt, és a korrekciókat. Ezek közül néhány kiragadott példa:

- A résztvevő munkatársak szakmai háttérüknek megfelelően gyakran egyoldalúan közelítettek a feladathoz. Nem mindig ismerték fel az ASME BPVC kódnak megfelelő előírások beazonosításának, és a megfelelő specifikáció elkészítésének jelentőségét. Ezzel szemben

egyes részletkérdések, számítási technikák jelentőségét túlértékelték.

- A feladatokat végző vállalkozók által alkalmazott végeselemes szoftverek eltértek egymástól. A dokumentáláshoz rendelkezésre álló eszközökben (pld. rajzoló programok és munkatársak) is mutatkoztak egyenetlenségek. Ezek az eltérések a dokumentációkban is megjelentek.
- A különböző vállalkozók munkatársainak munkahelye egymástól távol esett, ami nehezített a közvetlen együttműködést.
- A vizsgálandó berendezés megfelelő input bázisának megteremtéséhez szükséges dokumentáció gyűjtéséhez és

feldolgozáshoz szükséges kapacitás korlátozott volta esetenként késleltette a munkát.

A konstrukciós felülvizsgálatok folytatásánál a hiányosságok kiküszöbölésére törekszünk. A gyűjtött tapasztalatok felhasználásával várhatóan tovább emelkedik a készülő dokumentációk színvonala.

Az ASME BPVC alkalmazásával egy a korábitól jelentősen eltérő gondolkodásmódot kellett elsajátítani, ami a projekt egyetlen résztvevője számára sem volt könnyű. A sok feleslegesnek látszó próbálkozás, időigényes kitérő, kitartó erőfeszítés mégis eredményre vezetett, ami egy színvonalas konstrukciós dokumentáció gyűjtemény létrejöttében és egy az ASME kódot szakszerűen alkalmazni tudó szakember gárda kialakulásában érhető tetten.

Irodalomjegyzék

- [1] *Szabályzat az atomerőművek, a kísérleti és kutató reaktorok, valamint létesítmények berendezéseinek kialakítására és biztonságos üzemeltetésére, a Szovjetunió Minisztertanácsa Mellett Működő Állami Iparmunkavédelmi és Bányaműszaki Felügyelet, 1973*
- [2] *Atomenergetikai Létesítmények Berendezéseinek és Csővezetékének Szilárdsági Számítási Normái, PNAE G-7-002-86, Állami Energetikai és Energiabiztonságtechnikai Felügyelet, 1989*
- [3] *Számítási Normák az Atomerőművek, Kísérleti- és Kutató Reaktorok, valamint létesítmények Reaktorainak, Gőzfejlesztőinek, Tartályainak, és Csővezetékének Szilárdsági Méretezésére, Állami Energetikai és Energiabiztonságtechnikai Felügyelet, 1973*

¹ Atomerőművi Biztonsági Osztályba Sorolás

² American Society of Mechanical Engineers, Boiler and Pressure Vessel Code