

Fenyvesi Csaba

ERŐMŰVI ÁTALAKÍTÁSOKKAL KAPCSOLATOS TERVEK MINŐSÉGI KIHÍVÁSAI

A mérnöki tervezés során fontos, hogy olyan tervek szülessenek, amelyek nemcsak a legújabb technológiákat és tervezési módszereket hasznosítják, hanem amelyek a korábbi tervezések során elkövetett hibáktól mentesek. Sok esetben a legújabb, rendkívül szemléletes és látványos technológiai tervezési módszerek (például 3D látványtervek, végeelemes módszerek látványos végeredményei) elfedik a tervek alapvető mérnöki hiányosságait és csak a kivitelezés során derül fény olyan alapvető problémákra, amelyek csak kompromisszumok árán vagy csak az eredeti költségterv jelentős módosításával orvosolhatók. A megrendelő szempontjából egyik sem öröndetes, aminek végeredménye, hogy csökken a mérnöki munkába vetett bizalom és ezáltal a mérnöki munka általános megítélése. Ez a cikk esettanulmányok segítségével tárja fel a tervezési folyamat lehetséges gyenge elemeit.

Kulcsszavak: műszaki terv, kiviteli terv, tervellenőrzés, szisztematikusság

1. BEVEZETÉS

Mindennapi életünkben, például egy erőmű tágabb értelmezésű üzemeltetése során [2] nagyon sok tapasztalat gyűlik össze, aminek következtében valamely berendezés, rendszer vagy folyamat átalakítása, módosítása, cseréje, korszerűsítése válik szükségessé, de különböző átalakításokat eredményeznek a külső környezeti vagy előírásbeli változások is.

Az átalakítási folyamat során jellemzően külső mérnökirodák munkája a tényleges tervezés, miközben az erőmű szakemberei az így elkészített tervek független ellenőrzését végzik továbbá az üzemeltetési tapasztalatokat és a helyi specialitásokat érvényesítik a tervekben.

A tervellenőrzés célja, hogy az elvárásoknak legjobban megfelelő terv szülessen, amely a megvalósulás, kivitelezés során már nem változik.

Ennek érdekében a tervezés jellemzően négy fő tervszinten valósul meg:

- koncepcióterv, amelyben általában több megoldási javaslat kerül kidolgozásra, olyan szinten, hogy döntés születhessen előre meghatározott műszaki, gazdasági megfontolások alapján a legjobb megoldásról;
- műszaki terv, amelyben a kiválasztott megoldás mélyebb kidolgozása valósul meg;
- kiviteli terv, amelyben minden olyan részlet szerepel már, amely alapján a megvalósítás és kivitelezés probléma nélkül megvalósítható;
- megvalósulási terv, amely a megvalósítás, kivitelezés után a ténylegesen megvalósított állapotot és tapasztalatokat mutatja be.

Ideális esetben a tervezés egyik szintről a másikra valósul meg, miközben visszalépések az előző szintre nem történnek és ennek eredményeképpen a tervezés olyan minőségű, hogy a kiviteli terv megegyezik a megvalósulási tervvel.

Ez a folyamat még a legegyszerűbb tervek esetén is ennek a logikának megfelelő módon kellene, hogy megvalósuljon. Az egyszerűség (például amikor csak egy szakaszoló armatúra cseréje történik) nem a szintek elhagyásában kell, hogy megjelenjen, hanem az egyes tervek terjedelmében.

A megfelelő tervezési folyamatnak, mint problémakörnek igen jelentős hazai és nemzetközi szakirodalma van pl. [1],[3],[4],[5],[7] amely középpontjában a mérnöki tervezés módszertana szerepel.

Zsáry szerint a gép vagy berendezés tervezési folyamat négy fő részre bontható [7]:

- a feladat, célkitűzés pontos meghatározása;
- az elképzelések, megoldási gondolatok, koncepciók létrehozása;
- a szóban forgó gép, berendezés, rendszer, folyamat megtervezése;
- a feladat kidolgozása, a megfelelő tervezési, gyártási, kivitelezési dokumentumok elkészítése.

Ez a látszólag egyszerűnek tűnő logikai sor nem tűnik bonyolultnak, mégis a mindennapi életben sok olyan átalakítást éltünk meg, ahol ennek az egyszerű sorrendnek a nem kellő figyelembe vétele eredményezte, hogy vagy a kiviteli tervkészítés során kellett koncepciót változtatni vagy a kivitelezés során merültek fel olyan hiányosságok, amelyek a szisztematikus tervezés hiánya miatt adódtak.

A tanulmány fejezeteinek tartalma a következő: A 2. fejezet olyan esettanulmányokat mutat be, amelyeknél a tervezési és kivitelezési folyamat során nem sikerült optimális végeredményeket elérni. A 3. fejezet ezen esettanulmányokat feldolgozva Ishikawa elemzésen keresztül mutatja be a tervezési folyamat problémás területeit. Végül a 4. fejezetben összegzi a szerző a tanulságokat, amelyek alapján az 5. fejezetben fogalmazza meg a fejlesztési lehetőségeket és a jövőbeli célkitűzéseket.

2. ESETTANULMÁNYOK

Az alábbiakban néhány példa szemlélteti azokat a tervezési rendszer és berendezésszintű tervezési hiányosságokat, amelyeket megfelelő tervezéssel és annak ellenőrzésével, már a tervezőasztalon fel lehetett volna fedezni.

2.1 Dízelhajtású tüzivíz szivattyútelep rekonstrukciója

Az elavult dízelhajtású tüzivíz szivattyútelep teljes rekonstrukciója vált esedékessé a biztonság-növelő rekonstrukció keretein belül. Új helyen, új szivattyúk telepítése volt a feladat. A tervezés során a szivattyúk NPSH¹ feltételeinek biztosításához nem a kellő mértékű ráfolyást választotta a tervező, hanem a rendkívül bizonytalan működésű szívóoldali nyomástartó tartályt és az ehhez kapcsolódó bonyolult szivattyú indítási módszert. A tervellenőrzés során nem derült ki ennek a beépítésnek a hátránya csak az üzembe helyezés alatt, amikor már nem volt mód a rendszer átalakítására. A tervező olyan módszert választott, ami tervszinten működőképes volt, de a valóságban csak részben, emiatt módosítani kellett a szivattyúindítási folyamatot, amely a szivattyúk indítását mindig biztosítja ugyan, de sokkal nagyobb üzemviteli figyelmet igényel, mintha a megfelelő ráfolyásos beépítést választotta volna.

¹ NPSH: Net Positive Suction Head azaz nettó pozitív szívómagasság, ami a szivattyú szívóképességének egyik fontos jellemzője. [6]



1. ábra Rekonstrukció előtti dízelhajtású szivattyútelep

2.2 Szükség-dízelgenerátorok hűtővízrendszeri átalakítása

Szükség-dízelgenerátorok hűtése két körös módon van kialakítva. A belső hűtővíz-kör a dízelmotor hűtését végzi, míg a külső hűtővíz-kör a környezet felé továbbítja a dízelmotor belső hűtővíz köre és a kenőolaja által elvont hőt. A külső hűtővíz-kör egy megszakító víztartállyal rendelkezik, amelynek feladata a külső hűtővíz-kör állandó nyomásának biztosítása. A tartály nyílt felszínű, szintszabályozását egy golyós, úszós szelep végzi. A szabályószelep úszógolyója előregedett, cserélni kellett. A csere után az egyik dízelgenerátor induláskor a dízelmotor hűtése megszakadt, mert a tartályból a víz valami ismeretlen okból nem tudott kifolyni. A hibafeltárás után derült ki, hogy a szintszabályzó szelep úszógolyója leszakadt a helyéről és lesüllyedt a tartály aljára, elzárva ezáltal a tartályból a víz útját a dízelmotor felé. Az eseményelemzés megállapította, hogy a korábbi konstrukcióban az úszógolyó felúszó konstrukciójú volt azaz ha leszakadt a helyéről, akkor felúszott a víz felszínére, míg az új golyó üreges volt, és ha az leszakadt a helyéről, akkor feltelt vízzel majd lesüllyedt. Az átalakítás során nem kellő mértékben pontosította a tervező, hogy milyen elvárások vannak az úszószelep konstrukcióját, funkcióját tekintve.

2.3 Kompresszortelep átalakítása

A száraz üzemű, keresztfejes konstrukciójú kompresszoroknak nagyon magas volt a karbantartási költsége és így gazdasági megfontolások miatt a kompresszortelep teljes cseréje vált szükségessé. A tervező szabad kezet kapott és a cél is egyértelmű volt: változatlan minőségű és mennyiségű levegő biztosítása, legalább olyan egyszerű üzemeltetési módszerrel, mint a régi kompresszorokkal, de lényegesen kisebb karbantartási költségekkel. A kompresszorok konstrukciójában jelentős változások történtek, mert a száraz üzemű, keresztfejes kompresszorok helyett olajos kompresszorok kerültek kiválasztásra. Az olajos működés miatt a fokozati kondenzátum leválasztó rendszerben is megjelent az olaj, ami figyelmen kívül maradt és így utólag kellett, a korábban a csapadékvízrendszerbe kötött kondenzátum rendszert teljesen átalakítani. A másik jelentős utólagos átalakítást igénylő feladat a megfelelően száraz levegő biztosítása volt. A tervező nem vette kellő mértékben figyelembe, hogy az adszorpciós szárítóoszlopok kellő hatékonyságú működéséhez $+35^{\circ}\text{C}$ -nál hidegebb levegő szükséges, miközben nyáron jellemzően ennél magasabb kilépő hőmérsékletek fordultak elő. Ezen elvárás biztosításához a kompresszorok és a szárítóoszlopok közé utólag kellett folyadékűtőket telepíteni.



2. ábra Rekonstrukció előtti kompresszor

2.4 Klímarendszeri átalakítások

A technológiai terek levegőparamétereit kondicionáló klímagépek műszakilag és erkölcsileg teljesen elavultak ezért teljes cseréjük vált szükségessé. A régi klímagépek a klasszikus szűrőkamra – keverőkamra – előfűtő kalorifer – hűtő kalorifer – mosókamra – utófűtő kalorifer – ventilátor egységekből álltak. A klímagépek felépítése az úgynevezett mosókamrában lévő hármatponti szabályozáson alapult, aminek eredményeképpen bármilyen külső környezeti paraméterek mellett teljesíthető volt a klimatizált helyiségekben elvárt levegő hőmérséklet és páratartalom. A teljesen új, mai kornak megfelelő klímagépek esetén az előbb említett egységeknél a mosókamra helyett gőzlégnedvesítő került beépítésre, míg az utófűtő egységek teljesen el lettek hagyva, mert a tervezői állásfoglalás szerint szükségtelen volt a beépítésük. A gyakorlat ezzel szemben mást eredményezett, mert bizonyos átmeneti környezeti üzemi állapotokban (téli és tavasszal) utófűtés nélkül nem lehetett tartani az elvárt páratartalmat a klimatizált helyiségekben. Utólag kellett minden egyes klímagépbe beépíteni az utófűtőket és a klímagépek szabályozását ennek megfelelően módosítani.



3. ábra Rekonstrukció előtti klímagép

2.5 Mobil dízelgenerátorok telepítése

Mobil, utánfutóra szerelt dízelgenerátorok tárolására egy könnyűszerkezetes garázs lett tervezve, amely a mobil dízelgenerátorok telepítésével egy időben épült. A dízelmotorok rendszeres, terheléses indítási próbája a garázsban a parkolóhelyre volt tervezve, hogy ne kelljen feleslegesen mozgatni a mobil egységeket. Annak érdekében, hogy a dízelmotorok füstje ne a garázst terhelje kipufogógáz elvezető rendszer került kialakításra. Ez egy elszívó ventilátorból és egy több méter hosszúságú gégecsőből áll. A tervezett gégecső megengedett maximális hőmérséklete 400 °C volt, míg a dízelmotor teljes terhelése esetén a kipufogógázok hőmérséklete meghaladta az 550 °C-t. ennek következtében a tervvel ellentétben a teljes terheléses járatásokat a garázsban nem lehet elvégezni, csak részterheléses próbákat, a teljes terhelésű próbákhoz a dízelgenerátorokat a garázs elé kell vontatni, ami nagyobb élőmunkát igényel, mint a benti járatás. A tervező nem vette figyelembe a terheléses járatás során kialakuló üzemi paramétereket csak az üresjáratú paraméterekre volt tekintettel.



4. ábra Mobil dízelgenerátor

2.6 Hűtővízszivattyú visszacsapó csappantyú átalakítása

Az ipari hűtővízrendszer egyik szivattyújának nyomóoldali visszacsapó csappantyúja öregedési problémák miatt cserélve lett egy másik típusra. A visszacsapó csappantyú cseréje során, a szerelés megkönnyítésére a visszacsapó csappantyú utáni konfúzor helyett gumi dilatációs közdarab került beépítésre, amely után mindjárt egy 90°-os ívben folytatódik a kb. 500 mm átmérőjű nyomóvezeték. Az átalakítás során nem lett figyelembe véve, hogy a fix konfúzor felveszi a 90°-os ívben az áramló közeg impulzusmegváltozása miatt keletkező erőket, amiket a gumi dilatációs közdarab nem tudott felvenni. Ennek eredményeképpen a szivattyú indítása után a 90°-os ív több cm-t kimozdult a helyéről és ezáltal komoly hajlító erő ébredt az ív utáni csatlakozó csővezetékben. A gumi dilatációs közdarabot vissza kellett cserélni az eredeti fix konfúzorra. Az átalakítás során nem lett figyelembe véve az íves vezeték szakaszban az áramlásból keletkező erők kompenzálása.

Csak ezen pár példát elemezve is feltehető a kérdés, hogy miért nem sikerült időben felfedezni ezeket a hiányosságokat, miközben jelentős, komoly gyakorlattal rendelkező erőműves szakemberek részvételével történő egyeztetéseken esnek át az egyes tervek.

A továbbiakban nem azt elemezzük, hogy a tervezők miért nem adnak alaposabb és jobb minőségű terveket, hanem azt, hogy az egyeztetések során az erőműves szakemberek, mint független

tervegyeztetők, hogyan tudják javítani a tervatnézés, tervellenőrzés minőségét. Ennek fontosságát hangsúlyozza, hogy a tervkészítés folyamatában az erőműves szakemberek nem vesznek részt, így a tervkészítés mindennapi nehézségei náluk nem jelentkeznek és, mint külső szemlélők a terv lényegi elemeire tudnak koncentrálni és a nem megfelelősségeket időben észrevenni.



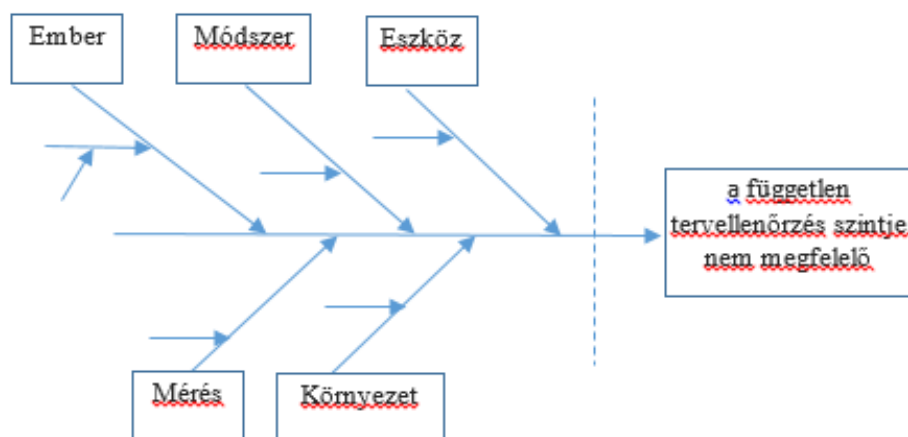
5. ábra Ipari hűtővíz szivattyútelep

Ha a független tervellenőrzés folyamata tökéletesen működne, akkor a fenti példákhoz hasonló esetek nem fordulnának elő. Mivel ez nem így van, ezért célszerű megvizsgálni a független tervellenőrzés folyamatának javítási lehetőségeit.

3. ELEMZÉS

Az ok-okozati összefüggések feltárásához a 6. ábrán látható Ishikawa módszert alkalmazzuk. Az ok-okozati diagram célja, hogy megismerjük az összes olyan okot, ami az okozott probléma elkerülését eredményezi vagy másképpen megfogalmazva, ha az összes okot nem ismerjük, akkor nem tudjuk megakadályozni a probléma ismételt megjelenését.

Az okozat a vizsgálatunkban a független tervellenőrzés minőségének nem megfelelő szintje. Kérdés, hogy milyen okok vezethetnek a felületes tervellenőrzéshez és, hogy ezeket az okokat, hogyan tudjuk úgy kezelni, hogy az a jövőben ne okozzon hasonló eseményeket. Cél, hogy a lehető legmélyebb vizsgálatot végezzük el, az okok gyökeréig kell eljutni.



6. ábra Ishikawa diagram elvi felépítése

A vizsgálat szempontjából a fő okok az Ember, a Módszer, az Eszköz, a Mérés és a Környezet. Az esemény körülményeit a szerző, szakmai tudása és tapasztalata alapján, e fő-okok mentén a gyökér okok szintjéig elemezte.

Az alábbi felsorolás az Ishikawa diagram felosztása alapján, de nem a megszokott ábrázolási formában mutatja a főokok-okok egymásra épülését.

Kiindulásként az okozatot kellett megfogalmazni, ami jelen esetben a független tervellenőrzés nem megfelelő szintje volt.

A felsorolás jellegű „okozat”-„fő-ok”-„ok”-„gyökér-ok” elemzés részeredményei láthatóak az 1–5. táblázatokban, fő-okokként külön, az okok és gyökér-okok megadásával.

Ember
terváttnéző szakember
<ul style="list-style-type: none"> • nem kellően mély szakmai ismeretek • a legújabb technológiák ismeretének hiánya • gyakorlatlanság a tervellenőrzési módszert illetően • figyelmetlenség • nem megfelelő tervelemzési képesség • nem megfelelő lényegre látó képesség • nem megfelelő részlet felismerési képesség • sok esetben nem egy személy viszi végig az adott átalakítást, és ezáltal nem konzisztens a terváttnézés minősége, az észrevételek értékességének meg ítéltése
osztályszintű csoport
<ul style="list-style-type: none"> • sok esetben hiányzik az észrevételeknek a közös megbeszélése, és ezáltal nincs meg a megfelelő fedőellenőrzés • nem kellő mélységű információátadás a tervellenőrző személytől a csoport felé
vezetés
<ul style="list-style-type: none"> • nincsenek világosan megfogalmazott célok, elvárások a tervek átnézésének módszertanát, minőségét illetően

1. táblázat Az „Ember” fő-ok okai és gyökér-okai

Módszer
egyéni módszer
<ul style="list-style-type: none"> • nincs előre meghatározott módszer, amely segítené a szisztematikus terváttnézés folyamatát • korábbi tapasztalatok nincsenek rendszerbe szedve, hanem fejben vannak „tárolva” • a terváttnézés minősége nagyon függ az egyén tapasztalatától, képességeitől • nincs olyan segédeszköz, amely segíteni a terváttnéző szakembert az adott gép, berendezés, rendszer vagy folyamat nyilvánvaló alkalmazhatósági, felhasználhatósági korlátaival, fő működési jellemzővel stb.
csoport módszer
<ul style="list-style-type: none"> • nincs előre meghatározott módszer, amely segítené a szisztematikus csoportszintű terváttnézés folyamatát • közös megbeszélések hiánya, ahol a kollektív tudás megjelenhetne • a közös megbeszéléseken nem tudatos az „ördög ügyvédje” szerep, és így nincs kihasználva az elsőszintű kritikai lépcső, ahol kiderülhet a tervvel kapcsolatos saját ismerethiányunk (nem értjük a lényegget, nem látjuk át a részleteket, nem tudjuk pontosan, hogy mi miért van stb.) • a közös megbeszéléseken nem alkalmazzuk az aktív grafikus megjelenítés előnyeit, azaz egy egyszerű rajz, ábra felrajzolva a táblára, megfelelő magyarázattal, sokkal hatékonyabb információfeldolgozást tesz lehetővé, mint a szóban elmondott észrevétel
észrevételek, kérdések rögzítése
<ul style="list-style-type: none"> • az adott tervvel kapcsolatos észrevételek egy helyen való közös gyűjtése nem megoldott, így a későbbiek folyamán erőfeszítést igényel az adott tervvel kapcsolatos minden korábbi észrevétel egyidejű áttekintése, feldolgozása

- az észrevételek nincsenek súlyozva, aminek következtében lényeges dolgok sikkadnak el az apróbb, nem annyira fontos észrevételek között

2. táblázat A „Módszer” fő-ok okai és gyökér-okai

Eszköz
tervellenőrzés módszertanát tartalmazó dokumentum
<ul style="list-style-type: none"> • nincs egy előre megalkotott segédlet, amely végigvezeti a tervtátnéző szakembert az egyes kötelező lépéseken • az észrevételek nem egy közös, mindenki számára könnyen elérhető dokumentumban vannak, miközben az összes információnak egy közös dokumentumban kellene szerepelnie, amely bármikor egyszerűen előkereshető
tervellenőrzési szempontokat tartalmazó kérdőív
<ul style="list-style-type: none"> • hiányzik egy olyan kérdőív, amely kérdéseken keresztül próbálja meg a tervellenőrző személyt rábírni arra, hogy szisztematikusan gondolkodjon el az adott problémáról
gép, berendezés, rendszerszintű jó és rossz megoldásokat tartalmazó katalógus
<ul style="list-style-type: none"> • hiányzik egy olyan erőmű specifikus katalógus, amelyet áttekintve egy adott problémára a tervtátnéző személy ábrák, rajzok, képek segítségével kap útmutatást a jó és rossz megoldási lehetőségekről

3. táblázat Az „Eszköz” fő-ok okai és gyökér-okai

Környezet
idő
<ul style="list-style-type: none"> • sok esetben a tervek csak pár nappal a tervszíri előtt érkeznek meg, amikor már nincs arra lehetőség, hogy a korábbi feladatok ésszerű átcsoportosítása megvalósítható lenne, aminek következménye a kapkodó, felületes és ezáltal minőségileg nem megfelelő tervellenőrzés • ennek következménye, hogy a csoportos megbeszélésre sincs idő, ezáltal a kollektív tudás hasznosítása sem lehetséges

4. táblázat A „Környezet” fő-ok okai és gyökér-okai

Mérés
átalakítás értékessége
<ul style="list-style-type: none"> • nincs egységes mérőrendszer az átalakítások megvalósítása után az átalakítások értékességének megítélésre • az átalakítások utólagos elemzése és tapasztalatainak összegzése nem történik meg

5. táblázat A „Mérés” fő-ok okai és gyökér-okai

KÖVETKEZTETÉSEK

A feltárt hiányosságok összefüggnek egymással és célszerű összevonásokat végezni, mert így kevesebb javító intézkedést lehet javasolni. A javító intézkedések számát célszerű az optimális minimumra csökkenteni, mert az összes javító intézkedés egy időben történő megtétele nem lenne életszerű sem a költségeket, sem a fizikai megvalósíthatóságot tekintve.

A tapasztalat szerint a munkakultúrával kapcsolatos javító intézkedések hatékonysága nehezen mérhető egyrészt a nehezen megfogható cél és elvárás, másrészt a nagy átfutási idő, harmadrészt az ember újdonságokkal szembeni kételkedése miatt.

A következőkben jellemzően ezen gondolatoknak megfelelő megállapítások olvashatóak, ami előrevetíti azt is, hogy ebben a témakörben előrehaladást csak igen komoly pozitív hozzáállással, tenni akarással és jobbító szándékkal lehet.

A javító intézkedések egyfajta csoportosítása az alábbiakban olvasható:

- a szisztematikus tervellenőrzés módszertanát egy könnyen érthető formában kell megjeleníteni;
- létre kell hozni egy tapasztalat-katalógust, amelyben a korábbi tapasztalatok alapján megjelennek a jó és a rossz megoldási módszerek;
- létre kell hozni egy konstrukciós-katalógust, amelyben az egyes gép, berendezés vagy rendszerszintű jó és rossz gyakorlatok láthatóak. Ez nem ugyanaz, mint a tapasztalat katalógus, annál sokkal általánosabb, nem egy adott átalakításhoz kapcsolódik, hanem általánosságban mutatja be az adott pl. berendezéssel kapcsolatos lehetséges mérnöki problémákat;
- egy adott tervet egy előre meghatározott tervellenőrzési-formanyomtatvány szerint, írásosan kell feldolgozni, aminek előnye, hogy az tervvel kapcsolatos észrevételek, információk hasonlóan jelennek meg, függetlenül a terv tartalmától és ezáltal összesíthetőek és elemezhetőek lesznek a tervben lévő észrevételek;
- az írásos tervellenőrzési-formanyomtatvány fizikai kialakítása olyan kell legyen, hogy minden avval kapcsolatos dokumentum egyszerűen csatolható legyen a korábbi dokumentumokhoz és ezáltal biztosítható, hogy minden érdemi információ egyszerűen megtalálható lesz bármikor is szükség van rá. A formanyomtatványokat a tervellenőrzési dossziéba kell együtt tárolni;
- az egyéni tervellenőrzés után minden esetben alkalmazni kell az osztályos csoport-szintű egyeztetést, megbeszélést, ahol előre meghatározottan, de az egyes tervek között váltott személyekkel kell az „ördög ügyvédje” szerepkörű személyt kiválasztani, akinek aktívan kell képviselni ezt a szerepet. A közös észrevételeket szintén a tervellenőrzési-formanyomtatványokba kell rögzíteni;
- a közös megbeszéléseken előnyben kell részesíteni a grafikus megjelenítési és magyarázási lehetőségeket;
- a tervvel kapcsolatos észrevételeket súlyozni kell, amelyeket a tervzsűri észrevételek formájában külön-külön csoportba kell szedni, továbbá a tervzsűriken a hangsúlyt a fontos észrevételekre kell helyezni.

4. ÖSSZEGZÉS

A műszaki átalakítások vagy új rendszerek tervezésének folyamata komplex és mélyreható mérnöki ismereteket igényel, mert az ideális tervezőnek az elméleti műszaki ismereteken túl, kivitelezési, üzemeltetési és karbantartási ismeretekkel, gyakorlattal is rendelkeznie kellene. És ezeken felül, nem utolsó sorban a tervezőnek világosan tudnia kell elemeznie a megoldási javaslatok gazdaságosságát, hiszen mindennek eredményeképpen minden tervezés célja, hogy a megrendelő szempontjából hasznos és értékes végeredmény szülessen.

Ennek az elvárásnak nem egyszerű megfelelni, mert a kellő tervezési tudás csak megfelelően sok tapasztalattal és azok folyamatos elemzésével, fejlesztésével fog erősödni.

A szerző a továbbiakban egy tervezést segítő módszer kidolgozását tűzte ki célul, amelynek segítségével a tervezési folyamat minősége javítható lesz. Minőségi tervezés alatt a megrendelő elvárásait teljes mértékben kielégítő megoldás elérése értendő. Ennek módja egy szisztematikus

tervellenőrzési módszer, amely több oldalról is támogatott mind tárgyi, mind személyi oldalról. Ennek részletes bemutatása egy másik cikkben kerül bemutatásra.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] A. Samuel, J. Weir: Introduction to Engineering Design, Modelling, Synthesis and Problem Solving Strategies, Elsevier, Oxford, 2005, ISBN 075 06 4282 3
- [2] Gács Iván: Energetika, url.: http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0017_34_energetika_2/ch01.html, (2016. december 14.)
- [3] G. Phil, W. Beitz, J. Felhusen, K.H. Grote: Engineering Design, A Systematic Approach, Third Edition, Springer-Verlag London, 2007
- [4] Kamondi László, Sarka Ferenc, Takács Ágnes: Fejlesztés-módszertani ismeretek url.: http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0001_1A_G3_02_ebook_fejlesztes_modszertani_ismeretek/adatok.html (2016. december 13.)
- [5] Kamondi László: A gépészeti tervezés módszerei, url.: <http://docplayer.hu/12662666-A-gepeszeti-tervezes-modszerei.html>, (2016. december 14.)
- [6] Pattanyús Á. Géza: A gépek üzemtana, Műszaki Tankönyvkiadó, Budapest, 1983, ISBN: 963 10 4808 X
- [7] Zsáry Árpád: Gépelemek II., Tankönyvkiadó, Budapest, 1991, ISBN 963 18 3652 5

CHALLENGES OF QUALITY OF THE POWER PLAN ENGINEERING DESIGN PROCESS

It is important that along the engineering design process the results of plans don't contain only the recent technologies and design methods but also avoid the faults of former design processes. In many cases the newest engineering design process like 3D visualizations and results of the finite element methods hide the basic shortages of engineering plans. Consequently, if they are uncovered only under construction these will result in unplanned cost raising or compromise of ultimate solution of subject of engineering plan. In conclusion both of them decrease the trust of engineer's work. This study would like to show the weak points of engineering design process consideration some study cases.

Keywords: *engineering design, technical design, systematic approach, experiences of applying*

FENYVESI Csaba (MSc)
gépészmérnök
MVM Paksi Atomerőmű ZRt.
fenyvesic@npp.hu
orcid.org/0000-0001-8805-3307

FENYVESI Csaba (MSc)
mechanical engineer
Nuclear Power Plant of Paks
fenyvesic@npp.hu
orcid.org/0000-0001-8805-3307



http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_3/2016-3-09-0357_Fenyvesi_Csaba.pdf