

Folyamatbiztonság javítása a hajógyártásban

Improving Process Safety in Shipbuilding

Dr. Czifra György

Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, Magyarország, Város,
czifra.gyorgy@bkg.uni-obuda.hu

Összefoglalás — A 90-es évek elején, a Szovjetunió felbomlása miatt elvesztett keleti piac után, a Szlovák Hajógyár Komárno (SLK a.s. Komárno) stratégiai célja az volt, hogy a nyugati piacra való átállás mellett a termékek irányultságát is megváltoztassa, a folyami hajókról a folyami-tengeri, végül pedig a tengeri teherhajókra. Ezzel egyidejűleg a sorozatgyártásról az egyedi és kis sorozatú gyártásra tértek át. Cikkünkben ezt a jelentős változást elemezzük a hajógyári folyamatok biztonságának emelése érdekében tett lépések tükrében. Az SLK a.s.-nél a folyamatok biztonságos lefolyása szükségessé tette az új hajók fejlesztésének, valamint a konstrukciós gyártási dokumentáció elkészítésének felgyorsítását. Emiatt az SLK a.s. vezetése úgy döntött, hogy speciális 3D CAD rendszereket vásárolnak az elektronikus modell létrehozása céljából, valamint az azt követő gyártási dokumentáció elkészítéséhez.

Kulcsszavak: folyamatbiztonság, hajógyártás, 3D CAD, modellezés, innováció, versenyképesség

Abstract — In the early 1990s, after losing the eastern market due to the dissolution of the Soviet Union, the strategic goal of the Slovak Shipyard Komárno (SLK a.s. Komárno) was to transition to the western market and change the focus of its products from river ships to river-sea and eventually sea cargo ships. Simultaneously, they shifted from mass production to custom and small series production. In this article, we analyze this significant change in light of the steps taken to improve the safety of shipyard processes. At SLK a.s., ensuring the safe execution of processes necessitated accelerating the development of new ships and the preparation of construction manufacturing documentation. Therefore, the management of SLK a.s. decided to purchase specialized 3D CAD systems for creating electronic models and subsequently preparing manufacturing documentation.

Keywords: process safety, shipbuilding, 3D CAD, modelling, innovation, competitiveness

1 BEVEZETÉS

A 90-es évek elején, a Szovjetunió felbomlása miatt elvesztett keleti piac után, a Szlovák Hajógyár Komárno (SLK a.s. Komárno) stratégiai célja az volt, hogy a nyugati piacra való átállás mellett a termékek irányultságát is megváltoztassa, a folyami hajókról a folyami-tengeri, végül pedig a tengeri teherhajókra. Ezzel egyidejűleg a sorozatgyártásról az egyedi és kis sorozatú gyártásra tértünk át.

Ez a jelentős változás az SLK a.s.-nél szükségessé tette az új hajók fejlesztésének, valamint a konstrukciós gyártási dokumentáció elkészítésének felgyorsítását.

Emiatt az SLK a.s. vezetése úgy döntött, hogy speciális 3D CAD rendszereket vásárolnak az elektronikus modell létrehozása céljából, valamint az azt követő gyártási dokumentáció elkészítéséhez, kiemelt figyelemmel a hajótest és a csővezeték rendszerek területén, amelyek akkoriban – napjainkban nemkülönben - a legproblémásabb részek voltak.

1991-ben megkezdődött a konstrukciós osztályok technikai felszerelésének modernizálása. Az akkori műszaki igazgató Radi Bertalan mérnök Dr. Czifra Györgyöt bízta meg a modernizációs folyamat irányításával. A legmodernebb számítógépes és szoftveres felszerelés beszerzésével a dokumentáció előkészítési ideje az eredeti 24 hónapról 9 hónapra, a hajó építési ideje pedig 18 hónapról 12 hónapra csökkent. Ezt az acélszerkezet és a csővezeték rendszerek 3D számítógépes modellezésének és a térbeli modellből készített gyártási dokumentáció bevezetésével értük el.

2 A BESZERZÉSI FOLYAMAT

A 3D CAD rendszerek, mint a konstrukciós dokumentáció készítésének alapvető rendszereinek bevezetési folyamata az alábbi időrendben látható:

- 1991-92: Piackutatás és kiválasztási eljárás
- 1992: 10 grafikus munkaállomás szállítása, szoftver (BMT, CADMATIC) telepítése, felhasználók képzése, szoftver SLK a.s. feltételeihez való igazítása, adatbázis létrehozása és kiegészítése
- 1993: Rutin üzem - NL WESER projekt
- 1994: A BMT-t megvásárolta a Kockums cég, új rendszerek (NAPA és NUPAS) kiválasztása, NL ELBE projekt
- 1995: A munkaállomások számának bővítése 10-ről 23-ra, memóriakapacitások bővítése, akkumulátoros áramforrások és nagykapacitású optikai memóriaegység kiegészítése, NL SCHELDE projekt
- 1996: Rutin üzem - NL LEDA és NL DANUBIUS projektek
- 1997: Rutin üzem - NL LEDA és NL VEGA projektek
- 1998: További grafikus munkaállomások bővítése 2 szerverrel, memória és merevlemezkapacitások bővítése, PC-k grafikus terminálként való használatának megoldása, grafikus munkaállomás SAP R/3 és Office munkára való használatának megoldása, NL ROSTOCK 1601, NL LEDA 1105, NL BALTIC 5101, NL LEDA 1901 projektek.

A következő áttekintés bemutatja a 3D CAD rendszerek bevezetésére fordított beruházásokat a tervezési osztályon:

1. táblázat: A beruházások időrendje

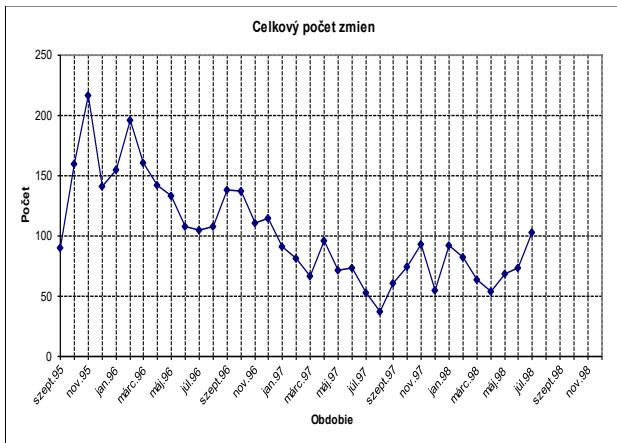
HARDWARE	1992	1994	1995	1996	1997
Plant Model. Syst. munkahelyek	2,90				
CADMATC, NUPAS munkahelyek			6,10		
NAPA munkahelyek			1,40		
PC, laptop, printer, plotter			4,70		
PC, printer, EPLAN			3,70		
HP munkaállomások					3,50
Összesen mil. Sk	2,90	0	15,90	0	3,50

SOFTWARE	1992	1994	1995	1996	1997
Plant Modeling System	11,60				
AutoCAD		0,24			
FastCAD		0,14	0,02		
CADMATC			2,80		
NUPAS			13,70		
NAPA			4,10		
Összesen mil. Sk	11,60	0,38	20,60	0,02	0

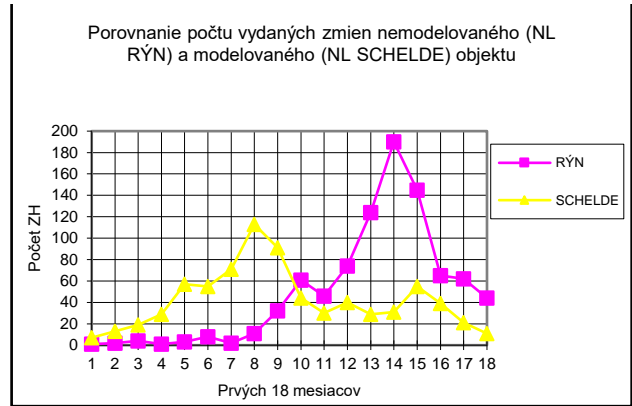
ÖSSZESEN mil. Sk	14,50	0,38	36,50	0,02	3,50
-------------------------	--------------	-------------	--------------	-------------	-------------

A NUPAS-CADMATC 3D CAD rendszerek használatának előnyei a kézi tervezéshez képest a következőkben foglalhatók össze:

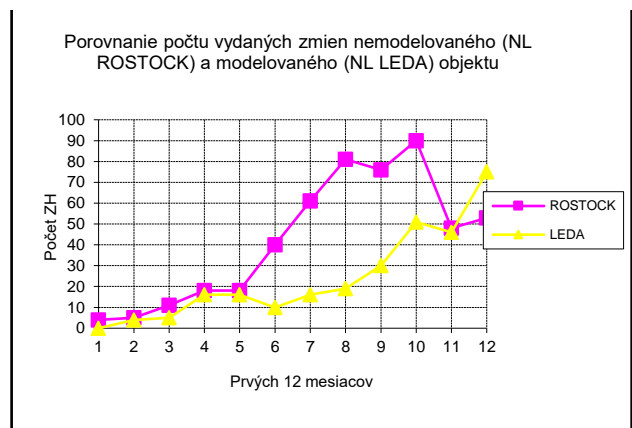
1. A tervezési dokumentáció elkészítési idejének körülbelül 1 évvel történő csökkenése.
2. A megvalósított változtatások számának csökkenése a tervezési fázisban megoldott több műszaki probléma miatt.
3. A gyártási dokumentáció áttekinthetősége és a hibák kiküszöbölése.
4. A szükséges anyag pontosabb meghatározása.
5. A Konstrukció főosztály Csővezetékrendszerek osztálya által kiadott változtatási jelentések számának összehasonlításával kimutatható a modellezett és nem modellezett objektumok gyártási költségeinek különbsége.



1. ábra: Az összes kiadott változás száma (Darab/Időszak)



2. ábra: Az NL RYN (nem modellezett) és az NL SCHELDE (modellezett) hajókra kiadott változások számának összehasonlítása (Változások száma/Első 18 hónap)



3. ábra: Az NL ROSTOCK (nem modellezett) és az NL LEDA (modellezett) hajókra kiadott változások számának összehasonlítása (Változások száma/Első 12 hónap)

A NAPA, NUPAS és CADMATC rendszerek a tervezési osztályon napi 24 órában működtek, mivel az indítás, konfigurálás, beállítás és leállítás naponta körülbelül 1,5 órát vett igénybe. Minden egyes bekapcsolással és kikapcsolással csökkent ezeknek az eszközöknek az élettartama. A rendszer napi 24 órás működtetésének szükségessége abból is adódott, hogy a biztonsági mentés éjszaka, automatizáltan, emberi beavatkozás nélkül történt, amikor a rendszerrel nem dolgoztak.

A csővezeték rendszerek és a hajótest acélszerkezeti osztály kapacitás számításai és elemzése azt mutatták, hogy ha a jelenlegi állapotot konzerválják, a tervezési osztályra vonatkozó követelményeket az 1999-es új projektek tekintetében nem lehet teljesíteni. A helyzet kritikus volt a NUPAS program szempontjából is, mivel 1999 végén lejárt a program használatának lehetősége. Ez a verzió nem támogatta az átmenetet 2000 évre, és az akkori számítógépek operációs rendszere sem volt többé támogatott az operációs rendszer gyártója által. Az operációs rendszer frissítése az alkalmazott verzióról az új verzióra elengedhetetlen volt az adat- és programkompatibilitás biztosítása, valamint az új generációs operációs rendszer új lehetőségeinek kihasználása érdekében.

1998-ban két nagy teljesítményű grafikus munkaállomást vásárolt a gyár. Ez lehetővé tette a CADMATIC programmodul területén az operációs rendszer HP UX 10.20 verziójára, valamint a CADMATIC újabb, 4.0.0 verziójára való áttérést. Ez a követelmény nemcsak a rendszer felhasználói részéről merült fel – új, összehasonlíthatatlanul bonyolultabb projektek, a feldolgozott komponensek számának ugrásszerű növekedése –, hanem a szoftverszállító részéről is. Ez a technológiai változás a NUPAS és NAPA szoftverrendszerek esetében is elengedhetetlen volt, mivel az akkori verziókat a szoftverszállítók már nem támogatták, ami problémákat okozott különösen azokban a részekben, ahol a programot vagy az adatbázist saját igényeink szerint módosítottuk. Négy nagy teljesítményű Hewlett Packard munkaállomás és a meglévő munkaállomások operatív memóriájának bővítése biztosította a szükséges kapacitást az adatok köztes tárolásához, valamint felgyorsította az egész számítógépes hálózat működését a merevlemezek gyorsabb elérésével és rövidebb hozzáférési idővel.

Az új háttértárolók hozzáadásával megszűnt az adatok elvesztésének fenyegetése a program váratlan leállása miatt, amelyet a több felhasználó által megosztott lemezkapacitás elégtelensége okozott. Az adatmennyiség az említett két év alatt 230 MB/projektől 1,3 GB/projektre nőtt a CADMATIC részéről, ami 560%-os növekedést jelentett egy projekt esetében. A NUPAS esetében az operatív memória és a processzorok sebességének növelése hasonlóan szükséges volt, például: NL LEDA projekt – 600 MB, míg az NL BALTIK projekt már 900 MB. Ugyanebben az időszakban négy projekten kellett dolgozni: NL BALTIK 5101, NL LEDA E3 1901, NL LEDA E3 1903 NSI, NL ROSTOCK 1601 NSI, valamint az ötödik, az NL SCHELDE – a gyártásának koordinálása és az ügyfél további igényeinek teljesítése volt aktuális. A munkaállomások számának növelésével szükségessé vált a használt szoftverlicenck számának növelése is, mivel az eredeti mennyiség már nem tette lehetővé a munkaállomások teljes kihasználását, és nem tette lehetővé több munkatárs részvételét a számítógépes modell létrehozásában és az abból közvetlenül nyert gyártási dokumentáció elkészítésében sem. A kommunikációs igények növekedése miatt az ETHERNET szegmens kapacitását 10 Mb/s-ról 100 Mb/s-ra növeltük. Az eszközök felhasználását már az új munkaállomások számával terveztük, nemcsak az acélszerkezetek, a csövezetékek, hanem az elektromos kábelvezetékek, a lakóterek, a hajózási stabilitási számítások és a főtervezők munkájának támogatása területén is. A fentiek alapján az egyetlen lehetséges megoldás a tervezési és gyártási dokumentáció elkészítésének biztosítására a kínált technika és szoftver gyors beszerzése és a megfelelő működési feltételek biztosítása volt. Mivel nem minden tervezési osztály volt megfelelően és azonos szinten felszerelve úgynevezett nagy CAD rendszerekkel, szükségessé vált a munkaállomások bővítése nemcsak a számukban, hanem a progresszív szoftvereszközökkel való felszereltségükben is.

Természetesen abban az időben nem volt könnyű pontosan megbecsülni a fent említett eszközök fejlesztésének költségeit, ennek ellenére szükséges volt a munkaállomások bővítésének költség- és időbeli horizontjainak megtervezése. Az alábbi táblázatban

látható a nagy CAD rendszerek bevezetésének akkori várható fejlődése.

2. táblázat: A CAD rendszerek tervezett innovációja

Év	1998	1999	2000	2001	2002	össz.
A CAD 3D munkahelyek száma		29	40	48	57	
A CAD 2D munkahelyek száma		30	45	55	60	
A dokumentációkészítésben való részvétel mértéke	65%	50%	75%	85%	90%	
A 3D munkahelyekre fordított beruházás értéke mil. Sk		8,60	16,5	12,0	13,5	50,6
A 2D munkahelyekre fordított beruházás értéke mil. Sk		4,80	2,40	1,60	0,80	9,60
ÖSSZESEN mil. Sk		13,4	18,90	13,60	14,30	60,20

A hardverre és szoftverre szükséges teljes beruházás körülbelül 60,2 millió Sk-ra becsültük. A szükséges költségek kiszámításakor az aktuális árakat vettük figyelembe. Az egyes értékeket globálisan becsültük meg, azaz minden 3D és 20 munkaállomás esetében a hardver és szoftver integrálva volt az árban. A grafikus munkaállomások fokozatos felszerelésével lehetővé vált a hajók 3D modelljeinek elkészítése a tervezési osztály többi részlegén is, ami jelentős mértékben megmutatkozott a tervezők munkájának gyorsaságában és minőségében. A NUPAS és CADMATIC rendszerek előnyei végső soron kézzelfoghatóak voltak a tervezési dokumentáció készítésének egyéb területein is.

Természetesen a további fejlődéshez elengedhetetlen, hogy elérjük azt az állapotot, amelyben lehetőség van az egész hajó összes csövezeték rendszerének párhuzamos feldolgozására, és amelyben az acélszerkezet modelljének készítése során interaktívan kommunikálhatunk az acélszerkezet készítésére szolgáló rendszerrel, és a változtatásokat még az elektronikus modell szakaszában végrehajthatjuk. A 2D CAD rendszer azokra a területekre fókuszált, ahol nem volt szükség modellezésre, valamint a gyártási dokumentáció operatív frissítésére változások esetén.

A neves cégek által végzett költségelemzés azt mutatja, hogy a hibák eltávolításának költségei a projekt különböző szakaszaiban a következőképpen alakulnak: ha a hiba eltávolításának költségeit a projekt szakaszában 10 egységre becsüljük, akkor a konstrukciós feldolgozás szakaszában ugyanazon hiba eltávolítása 100 egység, a technológiai feldolgozás szakaszában 1 000 egység, a gyártási szakaszban 10 000 egység, az üzemeltetési tesztek szakaszában 100 000 egység, és a megvalósítás utáni szakaszban már 1 000 000 egység.

Ezek az értékek egyáltalán nem túlzóak, elég elemezni néhány hibát, amelyeket a garancia keretében külföldi kikötőkben kellett kijavítani a hajókon. Az előző megfontolások szerint a tökéletes műszaki előkészítés rendkívüli jelentőséget nyer, különösen a felesleges hibák kijavításának költségeinek megtakarítása terén, amely hibákat a grafikus munkaállomások alulméretezett száma és az ebből adódó elégtelen műszaki előkészítési idő okozott.

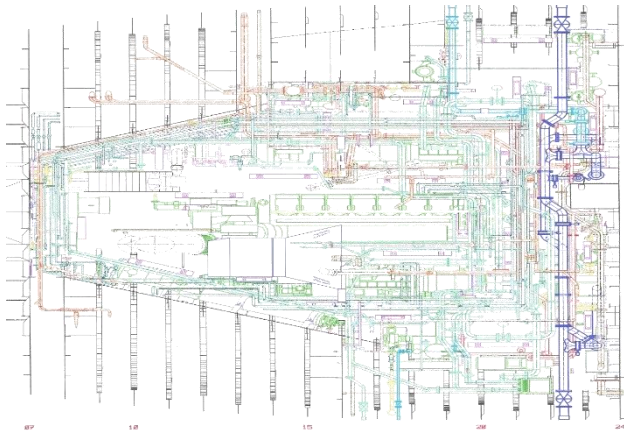
Egy másik nagyon fontos terület és méltatlanul elfeledett probléma a legmagasabb kategóriájú számítógépek környezete és működési feltételei. Ezeknek a munkaállomásoknak extrém teljesítményű processzorai

olyan mennyiségű hőt termelnek, ami súlyos károkat okozhat a számítógépekben. A normál működéshez légheliosionált és pormentes környezetet kell biztosítani. Ezért úgy döntöttünk, hogy egy kisebb teljesítményű munkaállomást "feláldozunk", és az optikai biztonsági mentési egységgel együtt az adatközpontba helyezzük, ahol legalább részben biztosított a pormentes környezet. Ez azonban nem oldotta meg maguknak a munkaállomásoknak a problémáját. Komoly gondot jelentett az is, hogy a munkaállomások elhelyezésére szolgáló objektum tűzvédelme nem volt megfelelő. A fent említett okok miatt a számítógépeket éjszakára nem kapcsoltuk ki, ami növelte a tűz keletkezésének veszélyét. Ezért a lehető legrövidebb időn belül meg kellett oldani a folyamatosan működő számítástechnikai helyiségek tűzjelző rendszerének problémáját.

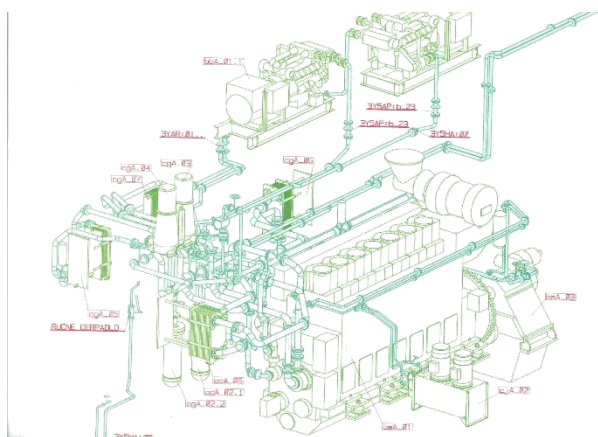
Az elemzés után kiderült, hogy az új modern technológiák bevezetésének valódi előnyei a műszaki előkészítésben a következők:

- Termékfejlesztési idő - csökkenés 30-70%-kal
- Szükséges konstrukciós változtatások - csökkenés 65-90%-kal
- Termék piacra kerülési ideje - csökkenés 20-90%-kal
- Általános minőség - növekedés 200-600%-kal
- Munkatermelékenység, hatékonyság - növekedés 20-110%-kal
- Vállalati forgalom - növekedés 5-50%-kal

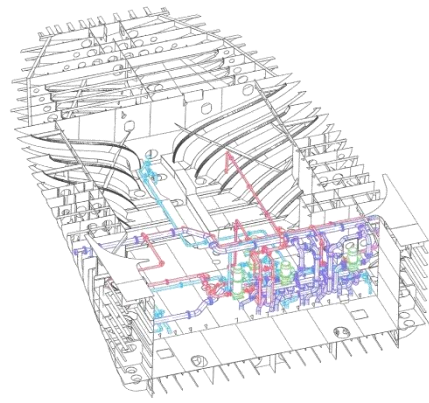
Végezetül bemutatunk néhány képet a sikeresen alkalmazott megoldás illusztrálására.



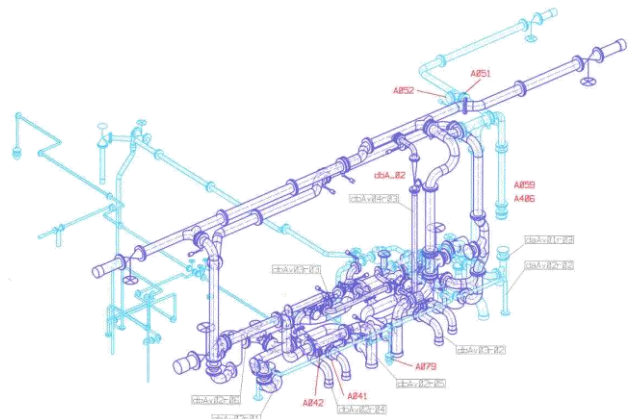
4. ábra: Tengerjáró teherhajó gépterme



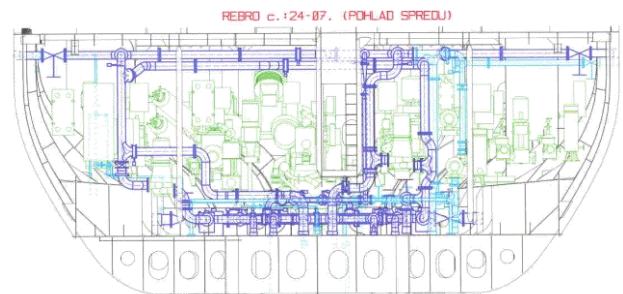
5. ábra: Tengerjáró teherhajó főgépe, segédgépei és hűtővíz rendszere



6. ábra: Tengerjáró teherhajó gépterme és acélszerkezeti modellje



7. ábra: Tengerjáró teherhajó ballasztvíz és fenékvíz rendszere



8. ábra: Tengerjáró hajó bordametszeti nézete, a 24-07 bordák közötti szelvény részlete előlről nézve

3 A FOLYAMATBIZTONSÁG KULCSTECHNOLÓGIÁI

Az eddigiekből látható, hogy a hajógyártásban a folyamatbiztonság javítása kulcsfontosságú a hatékonyság és a minőség biztosítása érdekében. Az SLK a.s. a 90-es évek elején kezdte meg a technikai felszerelés modernizálását, beleértve a 3D CAD rendszerek bevezetését, ami jelentős mértékben növelte a tervezők munkájának gyorsaságát és minőségét. Az új technológiák bevezetése lehetővé tette a hajók 3D modelljeinek elkészítését, ami csökkentette a dokumentáció előkészítési idejét 24 hónapról 9 hónapra, és a hajó építési idejét 18 hónapról 12 hónapra.

A modernizáció során két nagy teljesítményű grafikus munkaállomást vásároltunk, ami lehetővé tette a

CADMATIC és más rendszerek újabb verzióra való áttérést. Ez a technológiai változás elengedhetetlen volt a NUPAS és NAPA szoftverrendszerek esetében is, mivel az akkori verziókat a szoftverszállítók már nem támogatták. Az új technológiák bevezetésének eredményeként a termékfejlesztési idő 30-70%-kal, a szükséges konstrukciós változtatások száma 65-90%-kal csökkent, és az általános minőség 200-600%-kal nőtt.

A számítógépek éjszakai kikapcsolásának elkerülése érdekében szükségessé vált a tűzjelző rendszer telepítése, mivel a számítógépek folyamatos működése növelte a tűz keletkezésének veszélyét. A grafikus munkaállomások fokozatos felszerelésével lehetővé vált a hajók 3D modelljeinek elkészítése a tervezési osztály többi részlegén is, ami jelentős mértékben megmutatkozott a tervezők munkájának gyorsaságában és minőségében.

A folyamatbiztonság javítása érdekében fontos volt a munkaállomások számának növelése és a szoftverlicenckel számának bővítése is, hogy több munkatárs vehessen részt a számítógépes modell létrehozásában és az abból közvetlenül nyert gyártási dokumentáció elkészítésében. Az új technológiák bevezetésének eredményeként a termék piacra kerülési ideje 20-90%-kal csökkent, a munkatermelékenység és hatékonyság 20-110%-kal nőtt, és a vállalati forgalom 5-50%-kal emelkedett.

A modernizáció során az operációs rendszer frissítése is elengedhetetlen volt az adat- és programkompatibilitás biztosítása érdekében. Az új háttértárolók hozzáadásával megszűnt a hibák elkövetésének és az adatok elvesztésének lehetősége a program váratlan leállása miatt. Az új technológiák bevezetése lehetővé tette a hajók 3D modelljeinek elkészítését, ami csökkentette a dokumentáció előkészítési idejét és növelte a tervezők munkájának gyorsaságát és minőségét.

4 ÖSSZEFOGLALÁS

Összegezve a cikkünkben tárgyalt folyamatok eredményét elmondhatjuk, hogy

1. Az SLK a.s. a 90-es évek elején a nyugati piacra való átállás mellett a termékek irányultságát is megváltoztatta, a folyami hajókról a tengeri teherhajókra.

2. 1991-ben megkezdődött a konstrukciós osztályok technikai felszerelésének modernizálása, beleértve a 3D CAD rendszerek bevezetését.

3. A modernizáció eredményeként a dokumentáció előkészítési ideje 24 hónapról 9 hónapra, a hajó építési ideje pedig 18 hónapról 12 hónapra csökkent.

4. 1998-ban két nagy teljesítményű grafikus munkaállomást vásároltak, ami lehetővé tette a CADMATIC és más rendszerek újabb verzióra való áttérést.

5. A grafikus munkaállomások fokozatos felszerelésével lehetővé vált a hajók 3D modelljeinek elkészítése a tervezési osztály többi részlegén is.

6. Az új technológiák bevezetése jelentős mértékben növelte a tervezők munkájának gyorsaságát és minőségét.

7. A NUPAS és CADMATIC rendszerek előnyei kézzelfoghatóak voltak a tervezési dokumentáció készítésének egyéb területein is.

8. A számítógépek éjszakai kikapcsolásának elkerülése érdekében szükségessé vált a tűzjelző rendszer telepítése.

9. Az új technológiák bevezetésének eredményeként a termékfejlesztési idő 30-70%-kal, a szükséges konstrukciós változtatások száma 65-90%-kal csökkent.

10. Az általános minőség 200-600%-kal, a munkatermelékenység és hatékonyság 20-110%-kal, a vállalati forgalom pedig 5-50%-kal nőtt.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Ján Chovan: Námornou loďou z Komárna do Istambulu, 2020, Micropont Nyomdaipari Kft. Tatabánya, ISBN 978-80-570-2171-1
- [2] Ján Chovan: Tengerjáró hajóval Komárnóból Isztambulba, 2021, Micropont Nyomdaipari Kft. Tatabánya, ISBN 978-80-570-3036-2
- [3] Ján Chovan: Bola raz jedna lodenica a potom ešte jedna..., 2024, Nec Arte s.r.o., Komárno, ISBN 978-80-570-5799-4
- [4] Boross István: Hajóépítés és javítás Komáromban, 2020, magánkiadás
- [5] Slovenské lodenice Komárno – 100 rokov stavby lodí, 1998, firemné vydanie
- [6] Process Safety | Schneider Electric Magyarország. <https://www.se.com/hu/hu/work/solutions/safety/process-safety.jsp>.
- [7] Hajóipar - Sika. <https://hun.sika.com/hu/ipari-ragasztastechnika/hajoiipar.html>.
- [8] História technického kreslenia - CAD-systémy (v rokoč) :). <https://encyklopediapoznania.sk/clanok/7825/historia-technickeho-kreslenia-cad-systemy-v-rokoch?pdf=true>.
- [9] Úvod do CAD/CAM: Vývoj, silné stránky a vplyv na priemysel. <https://www.want.net/sk/introduction-to-cad-cam-development-strengths-and-industry-impact/>.
- [10] Systém CAD: vytváranie účel, zloženie a štruktúru - ATOMIYME.COM. <https://sk.atomiyme.com/system-cad-vytvaranie-ucel-zlozenie-a-strukturu/>.
- [11] Praktický príklad na uplatnenie superodpočtu výdavkov (nákladov) <https://www.podnikajte.sk/assets/prilohy-v-clankoch/2021-11-09-priklad-uplatnenie-superodpocetu-vydavkov-na-investicie.pdf>.
- [12] Návrh a konštrukcia strojov - CAD a CAM systémové riešenia. <https://www.drvice.net/konstrukcia-a-navrh-strojov/>.
- [13] Solid Edge pre modernú konštrukciu - SOVA Digital. <https://sova.sk/solid-edge-pre-modernu-konstrukciu/>.
- [14] CAD systémy - CAD Architecture. <https://www.cadsystemy.sk/cad-architecture.xhtml>.
- [15] Superodpočet výdavkov (nákladov) na investície od 1.1.2022. <https://www.podnikajte.sk/dan-z-prijmov/superodpocet-vydavkov-na-investicie-2022>.
- [16] Počítačová podpora výrobných technológií - stuba.sk. https://www.mtf.stuba.sk/sk/uchadzacov/prijimacie-konanie-na-bakalarsky-stupen-studia/pocitacova-podpora-vyrobnych-technologii.html?page_id=14067.
- [17] NOVÉ TRENDY VO VÝVOJI RIADIACICH SYSTÉMOV CNC OBRÁBACÍCH CENTIER A <https://www.sjf.tuke.sk/transferinovacii/pages/archiv/transfer/43-2021/pdf/057-060.pdf>.