

AXIÁLIS ÁTÖMLÉSŰ SZIVATTYÚJÁRÓKERÉK AUTOMATIZÁLT TERVEZÉSE

AUTOMATED DESIGN OF AXIAL FLOW PUMP IMPELLER

Kalmár László*, Hegedűs György**, Fáy Árpád***

ABSTRACT

This article describes the main features of the AXPHD V2.0 computer software package developed for the numerical execution of a numerical hydraulic and mechanical design procedure for axial flow pump impellers, which is directly suitable for a wide range of geometry, hydraulic and flow characteristics of the pump, and helps carry out its hydraulic and mechanical design. The main purpose of compiling this article is to present the developed computer program package AXPHD V2.0 in general, describing the characteristic features of the available program modules, summarizing the results obtained and considered more important during the design of the axial flow prototype pump with adjustable blades. The applicability of the developed design algorithm and the computer code AXPHD V2.0 developed for its numerical implementation - the design of the axial flow pump impeller blade of our choice G162 - using the AXPHD V2.0 design software package, and then the application of the resulting geometric body model supported by the presentation of results obtained by manufacturing a prototype impeller using 3D printing.

1. BEVEZETÉS

A cikkben röviden bemutatjuk az axiális átömlésű járókerék hidraulikai és gépészeti tervezésének numerikus végrehajtására kidolgozott számítógépes kód fő moduljait, amelyek egymásra épülve készítik elő és teszik lehetővé a teljes – hidraulikai és gépészeti – tervezés folyamatos és gyors végrehajtását. A tervező programcsomag szerkezetét és kényelmes használatát egy minta tervezési feladat főbb lépéseinek rövid ismertetése, valamint a tervezés folyamatában előállított eredményeinek összefoglalása révén mutatjuk be. A programcsomag futtatása során a szivattyúlapát testmodelljének előállítására az AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL 2019 szoftvert alkalmaztuk.

A járókerék lapát és a lapátokhoz közvetlenül kapcsolódó agyrész 3D-s testmodelljének ismeretében előállíthatók azok a fájlok, amelyek közvetlenül alkalmasak a járókerék prototípusának 3D-s nyomtatással való elkészítésére is. Emellett ugyancsak kidolgoztuk a megtervezett járókerék fent említett alkatrészeinek műhelyrajzait, amely dokumentációk felhasználásával lehetővé válik azok gyártása klasszikus gyártástechnológia alkalmazásával is.

2. AZ AXPHD V2.0 PROGRAMCSOMAG FŐBB JELLEMZŐI

Az AXPHD V2.0 tervezői programcsomag a Microsoft Visual Studio Community Edition rendszerben C# programozási nyelven került kifejlesztésre. A kidolgozott szoftver a keretrendszeren belül lehetővé teszi a tervezési numerikus algoritmusok adatbeviteli feladatainak egyszerű és gyors végrehajtását. A program a futtatása során automatikusan létrehozza a járókerék különböző tervezési változataihoz tartozó kiinduló tervezési paramétereinek adatbázisát és biztosítja az ott tárolt adatok egyszerű kezelését. Ugyancsak elvégzi a különböző programozási nyelveken kifejlesztett numerikus programmodulok futtatási tevékenységeinek jól összehangolt és kényelmes végrehajtását, valamint a számítási eredmények magas szintű grafikus megjelenítését is.

Az alábbiakban áttekintjük a Főmenüben szereplő menüpontokhoz tartozó jellemzőket azok megjelenési sorrendjében. Ennek során az adott programmodul főbb tulajdonságait azok végrehajtása során az elvégzett feladatok ismertetésével és a rendelkezésre álló választási lehetőségek felsorolásával mutatjuk be.

Az AXPHD V2.0 programcsomagban az alábbi fő menüpontok találhatóak meg:

- **Projektkezelés**

A menü kiválasztásakor megjelenő input panelen megadható egy új projektnév, és/vagy kiválasztható egy meglévő projektnév, amihez ezt követően egy új

* címzetes egyetemi tanár, PhD, Miskolci Egyetem, Áramlás- és Hőtechnikai Gépek Intézeti Tanszék

** egyetemi docens, PhD, Miskolci Egyetem, Szerszámgépek Intézeti Tanszéke

*** nyugdíjas egyetemi docens, CSc, Miskolci Egyetem, Áramlás- és Hőtechnikai Gépek Intézeti Tanszék

tervezési változat rendelhető. Egy projektnévhez a további futtatások során még tetszőleges számú új tervezési változat tartozhat. A program egy-egy projektnévhez tartozóan automatikusan létrehozza a járókerék különböző tervezési változatainak kiinduló tervezési paramétereit tartalmazó adatbázisát és biztosítja az ott tárolt adatok egyszerű kezelését. Meglévő tervezési változatok esetében a kiválasztott tervezési változat adatbázisban lévő jellemzőinek kezelésében az alábbi funkciók alkalmazhatók: *Betöltés, Mentés, Mentés másként, Archiválás és Törlés.*

A *Projektkezelés* menü kiválasztásakor a monitoron megjelenő panelen táblázatos elrendezésben áttekinthetően megjelennek a már létrehozott projektnévek, majd közvetlenül az alattuk lévő sorokban az adott projektnévhez hozzárendelt tervezési változatok nevei, valamint az aktuális projektnévvel azonos sorban a hozzá tartozó a már korábban megadott/meghatározott aktuális tervezési paraméterek. Új tervezési változat nevének megadását követően a tervezési paraméterek aktuális értékeinek megadása/meghatározása a *Hidraulikai és geometriai jellemzők megadása és meghatározása* menüpont kiválasztását követően hajtható végre. A menüből való kilépés a *Vissza a főmenübe* feliratú programfül segítségével lehetséges, amivel visszatérhetünk a Főmenü panelhez.

- ***Hidraulikai és geometriai jellemzők megadása és meghatározása***

A menü végrehajtásakor input panelek jelennek meg, amelyek lehetővé teszik a járókerék lapát kiinduló hidraulikai tervezési adatainak kényelmes megadását/meghatározását.

Az első input panelen az axiális átömlésű szivattyú járókerék hidraulikai tervezésének végrehajtásához alapvetően szükséges üzemi jellemzőit kell megadni [2, 4, 5, 7 - 9]. Ezek a **G162** jelű járókerékre vonatkozóan a következő üzemi jellemzők értékeit jelentették:

- szállítómagasság: $H = 4,4 [m],$
- térfogatáram: $Q = 0,437 \left[\frac{m^3}{s} \right],$
- fordulatszám: $n = 1150 \text{min}^{-1}$
- közeg sűrűsége: $\rho = 1000 \left[\frac{kg}{m^3} \right].$

A fenti tervezési alapadatokat felhasználva a **G162** jelű szivattyú ún. jellemző fordulatszáma $n_q=250$ értékűre adódott.

Az n_q jellemző fordulatszám ismeretében az ipar gyakorlati igényeit is kielégítő számos tervezési paraméter értékeit tudjuk nagy biztonsággal megválasztani [2]. A járókerék lapátozás fő hidraulikai és geometriai jellemzői a vonatkozó szakirodalomban

megtalálható tapasztalati diagramok és jól ismert összefüggések felhasználásával kerülnek numerikusan itt meghatározásra, vagyis a további input panelek a járókerék fő méreteinek és fontosabb geometriai, illetve hidraulikai jellemzőinek megadását/meghatározását teszik lehetővé. Az így kapott jellemzők képezik a lapáttervezés következő szakaszának, vagyis a *Járókerék hidraulikai tervezésének végrehajtása* menü bemenő adatrendszerét. A program futtatása során az input panelek aktuális adatokkal való feltöltését követően néhány output panel is megjelenik, ahol a szivattyú megadott/meghatározott paramétereit ismeretében meghatározásra kerültek – a hidraulikai tervezés végrehajtása szempontjából fontos – geometriai és hidraulikai jellemzők lapátozás menti eloszlásai, amelyek bemutató diagramok és táblázatok formájában jelennek meg a számítógép monitorán. Ezeknek az áttekintése/ellenőrzése a következő menü futtatása előtt javasolt [7].

A fentiekben említett adatbeviteli folyamatot végrehajtva előállíthatjuk a **G162** jelű járókerék hidraulikai tervezés végrehajtásához szükséges összes tervezési paramétereit, amelyek közül néhány fontos jellemzőinek számértékét itt külön felsoroljuk: a járókerék lapátszáma $N=3$, a járókerék külső átmérője $D_K=0,35m$, az agy átmérője pedig $D_B=0,154m$. A hidraulikai tervezéshez a menüpont végrehajtása során automatikusan 7 db hengermetset is kijelölésre kerül,

amelyek mindegyike vagy $a \frac{D_B}{2} \leq r_i \leq \frac{D_K}{2} = R,$

($i=1, \dots, k_R$) tartományon belül, vagy azok határán helyezkedik el. A menüből való kilépés a *Vissza a főmenübe* feliratú programfül segítségével lehetséges, amivel visszatérhetünk a Főmenü panelhez. A menüpontra vonatkozó további részletek a [7] irodalmi hivatkozásban megadott cikk 3-5. bekezdésekben található meg. A továbbiakban – minden menüpontnál – a menüponthoz tartozó tulajdonságok/jellemzők általános összefoglalását követően a **G162** jelű axiális átömlésű szivattyú járókerékre kapott néhány fontosnak ítélt számítási eredményt is bemutatunk.

- ***A járókerék hidraulikai tervezésének végrehajtása:***

Ebben a menüponthoz az ún. hidrodinamikai szingularitások módszer [1, 3] numerikus alkalmazásával a lapátfelület előző menüpontjában kijelölt különböző – összesen 7 darab – diszkrét sugarú hengermetsete mentén adódó lapátmetszetek kontúrgörbéi pontjainak koordinátái és azokban kialakuló áramlási jellemzők értékei kerülnek meghatározásra. A lapátfelület különböző sugarú hengermetseteinek egymáshoz képesti térbeli elhelyezkedését az ún. felhúzási egyenes alkalmazásával tudjuk jól kezelni. A *Hidraulikai és geometriai*

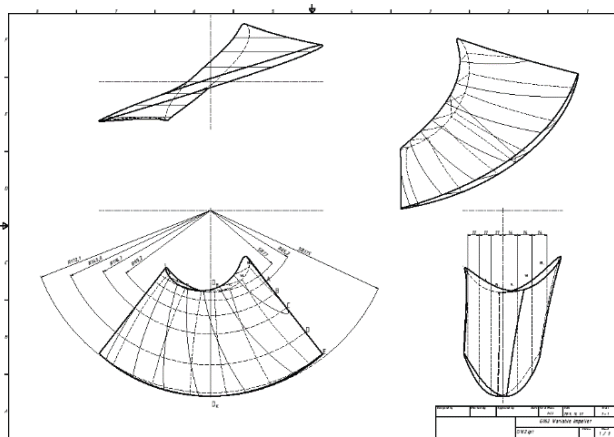
jellemzők megadása és meghatározása menüpontban (lásd a [7] 4. bekezdését) bemutatott paraméterek alkalmas megválasztásával rögzíthető minden hengermetszethez tartozó lapátmetszetnek a felfűzési egyeneshez való térbeli elhelyezkedése. Így a menüpont végrehajtásakor a hengermetszetek mentén adódó lapátmetszetek kontúrgörbéje diszkrét pontjainak a 3D koordinátáit – a felfűzési egyeneshez igazítva definiált – X, Y, Z –koordináta rendszerben meg tudjuk határozni.

• **A járókerék 3D-s testmodelljének kidolgozása**

A szóban forgó menü futtatásakor először egymást követően két input ablak jelenik meg a képernyőn, amelyek felsorolják a program által kidolgozásra kínált elektronikus dokumentációk listáját. Az első ablak a 3D-s, a második ablak pedig a 2D-s állományok opciók listáját tartalmazza. A hidraulikai tervezési eljárás végrehajtása során a különböző hengermetszetek mentén előállított lapátmetszetek diszkrét 3D-s koordinátáit felhasználva az alábbi elektronikus állományokat tudjuk előállítani:

- a járókerék lapáttest 3D-s geometriai test-modelljét,
- a szivattyú járókerék hidraulikai tervdokumentációját.

A komplett hidraulikai tervdokumentáció opcionálisan elkészíthető. Terjedelmi okokból itt csak a lapáttest nézeteit tartalmazó hidraulikai tervdokumentációt mutatjuk be (1. ábra).

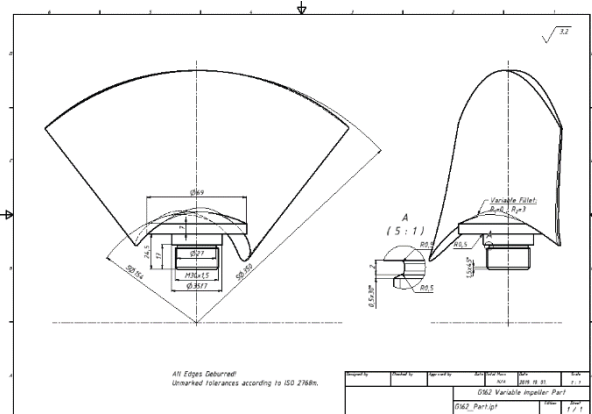


1. ábra A G162 jelű szivattyú állítható járókerék lapát hidraulikai tervrajza

1. ○ A szivattyú járókerék egy komplett lapátjának (vagyis a lapáttest és az annak elfordításához, valamint az előírt szögállású helyzetben való rögzítéshez szükséges menetes tengelycsontok együttese) geometriai testmodelljét és a gyártási tervdokumentációját. A komplett szivattyúlapát geometriai testmodell nézetei a 2. ábrán, a műhelyrajza pedig a 3. ábrán látható.



2. ábra. A G162 jelű szivattyú állítható járókerék komplett lapát 3D geometriai modell két nézeti képe



3. ábra. A G162 jelű szivattyú állítható járókerék komplett lapát műhelyrajza

- Axiális átömlésű szivattyú járókerék agyrész lapátokhoz közvetlenül csatlakozó részének geometriai testmodelljét és a gyártási tervdokumentációját. A szóban forgó járókerék agyrész geometriai testmodell nézetei a 4. ábrán, a műhelyrajza pedig az 5. ábrán látható.

A fentekben leírtak szerint a hidraulikai tervezés során kapott eredmények felhasználásával – a futtatást végző szakember döntésétől függően – egyaránt előállíthatók a megtervezett járókerék állítható és fix lapátokkal ellátott változatának műszaki dokumentációi és testmodelljei is. A fix lapátos változatban szintén opcionálisan választható módon elő lehet állítani az agyrész, valamint a lapátok egy munkadarabként történő, illetve külön alkatrészenkénti gyártásához szükséges összes műszaki dokumentáció. Ennek további

4. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ez a szakmai cikk a GINOP-2.1.7-15-2016-00429 azonosítószámú projekt eredményeként – a SZÉCHENYI 2020 – az Európai Unió támogatásával, az Európai Regionális Fejlesztési Alap társfinanszírozásával valósult meg.

5. IRODALOM

- [1] Czibere T.: **A hidrodinamikai rácselmélet két főfeladatának potenciáleméleti megoldása**, Akadémiai doktori értekezés, Miskolc, 1965., p. 154.
- [2] Czibere T.: **Áramlástechnikai gépek**, Egyetemi jegyzet (J14-500), Budapest, 1977.
- [3] Kalmár L.: **Összenyomható közeggel működő áramlástechnikai gépek számítógépes tervezése**, Egyetemi doktori értekezés, Miskolc, 1981., p. 136.
- [4] Fay, A.: **Simple performance model for pumps**, ASME Symposium "Pumping Machinery 1993", Fluids Engineering Conference, Washington D.C. June 20-24. 1993.
- [5] Fáy, Á.: **Computation of pump characteristics**, Conference on Modelling Fluid Flow, September 3-6, 2003, Budapest, Vol. I. p.933
- [6] Kalmár L., Hegedűs Gy., Czibere T.: **Axiális átömlésű szivattyú járókerék lapátozásának számítógéppel segített hidraulikai tervezése**, Szivattyúk, Kompresszorok, Vákuumszivattyúk 2015., BB-PRESS XXII. évfolyam–2015, (ISSN 1219-1108), pp.33-48.
- [7] Kalmár L., Hegedűs Gy.: **Axiális átömlésű szivattyú járókerék lapátozásának számítógéppel segített hidraulikai tervezése és a megtervezett járókerék prototípusgyártásának előkészítése**, Szivattyúk. Kompresszorok, Vákuumszivattyúk 2019., BB-PRESS XXVI. évfolyam–2019, (ISSN 1219-1108), pp.33-49.
- [8] Hegedűs Gy., Kalmár L.: **Axial Pump Impeller Design Using Automated Algorithms**. MultiScience - XXXIII microCAD International Multidisciplinary Scientific Conference, 2019, doi:10.26649/musci.2019.107
- [9] Fodor B., Kalmár L., Takács Gy.: **Axiális átömlésű vízgépek lapátozásának CAD rendszerekben való ábrázolása hidraulikai tervezés eredményeinek felhasználásával**, 13th International Conference in Mechanical Engineering, pp. 139-143, Románia/Satu Mare (Szatmárnémeti), 2005. (ISBN 9737840038, 621(063))
- [10] Kiss D., Tomori Z., Csorba D., Csáki T.: **Reverse engineering a gyakorlatban**, GÉP, 2014/6-7. (LXV), (ISSN 0016-8572)
- [11] Kalmár L., Hegedűs Gy., Fáy Á.: **Axiális átömlésű szivattyú járókerék számítógéppel segített hidraulikai és gépészeti tervezése, a tervező programcsomag jellemzőinek és a járókerék legyártott prototípusának bemutatása**, Szivattyúk. Kompresszorok,