

A dinamikus nyomásból a (2) összefüggése alapján számolható a kialakult légsebesség a vetülékcsatorna mérési pontjában:

$$u = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}, \quad (2)$$

ahol:

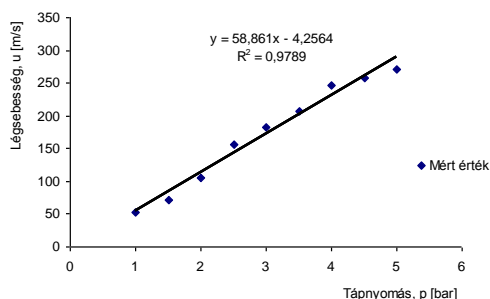
u az áramlási sebesség a mérés helyén [m/s],

ρ az áramló levegő sűrűsége a vetülékcsatornában

p_0 légköri nyomáson $[1,2 \text{ kg/m}^3]$.

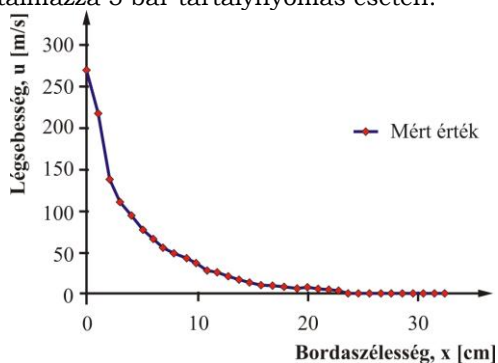
Mérési eredmények

A főfúvóka tápnyomásának növelésével a profilborda belépési keresztmetszetében a légsebesség szintén növekszik (5. ábra).



5. ábra. A légsebesség növekedése a borda belépési keresztmetszetében a tartálynomás függvényében

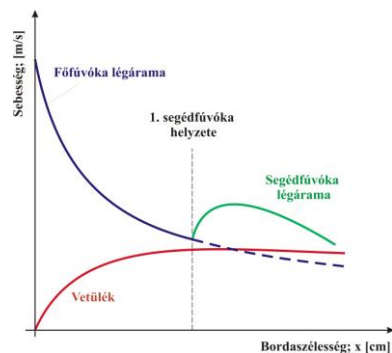
A 6. ábra a bordaszélesség kezdeti szakaszában a főfúvóka által létesített légsebességek mért értékeit tartalmazza 5 bar tartálynomás esetén.



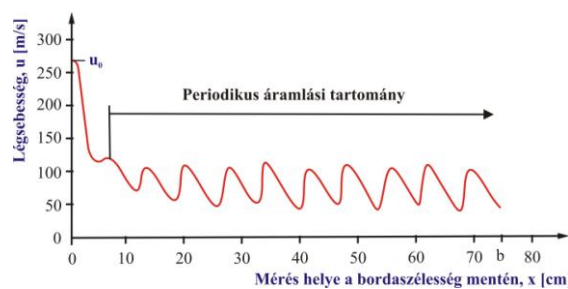
6. ábra. Az alagútborda tengelyében a főfúvóka által létrehozott légsebesség alakulása 5 bar tartálynomás esetén

A 6. ábrából kitűnik, hogy a főfúvóka gyorsan csökkenő légáramát fenn kell tartani a hatékony vetülék bevetése érdekében. Szakirodalom [2] alapján a 7. ábra szemlélteti az első segéd-fúvóka által létesített fenntartott légáramot.

Laboratóriumi körülmények között növelve a bordaszélesség mentén a működtetett segéd-fúvókák számát, a 8. ábrán látható sebesség lefutás adódik.



7. ábra. A vetülék sebessége a fő- és az első segéd-fúvóka légáramának hatásában



8. ábra. A főfúvóka és 10 segéd-fúvóka által létrehozott légsebesség eloszlás $p = 5 \text{ bar}$ tartálynomás esetén

A mérési eredmények feldolgozása

A profilborda belépési keresztmetszetében a légáram sebessége $u_0 = 270,83 \text{ m/s}$ volt 5 bar tartálynomás esetén, majd exponenciálisan 22 cm távolság után közel nullára csökkent (6. ábra).

Az első segéd-fúvóka hatását a borda kezdetétől 3 cm-re kezdi kifejteni. A segéd-fúvókából kilépő légáramnak 2,5 cm holttere van a bordacsatorna tengelyéhez képest az áramlás kúposága és a segéd-fúvóka elhelyezése miatt.

A főfúvóka légáram az U-alakú nyitott bordacsatornában segéd-fúvókákkal tartható fenn (8. ábra). Növelve a bordaszélesség mentén a működtetett segéd-fúvókák számát megállapítható, hogy az első segéd-fúvóka légáramától a profilborda vetülékcsatornájában az áramlási mező periodikusnak és a főfúvóka légáramától függetlennek tekinthető (8. ábra).

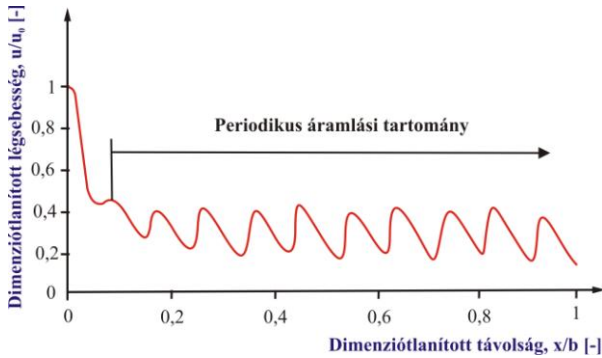
A légsebesség nagysága a profilborda vetülékcsatornájának tengelyében két tényezőtől függ:

- a fúvókákat működtető tápnyomástól,
- a borda kezdetétől mért távolságtól.

Az általános áramlási viszonyok leírásához a légsebesség lefutását (8. ábra) a borda belépési keresztmetszetében mérhető maximális u_0 sebességgel a bordaszélesség mentén az x távolságot a vizsgált bordaszakasz $b = 74,8 \text{ cm}$ hosszával dimenziótlanítva. Az így kapott dimenziótlanított sebességeloszlást a 9. ábra szemlélteti a dimenziótlanított távolság függvényében.

Az általános áramlási, a légsebesség viszonyok lefutása (8. ábra), a borda belépési keresztmetszetében mérhető maximális u_0 sebességgel a bordaszélesség mentén az x távolság a vizsgált bordaszakasz $b = 74,8 \text{ cm}$

hosszával dimenziótlanítva leírható. Az így kapott dimenziótlanított sebességváltozás a 9. ábra szemlélteti a dimenziótlanított távolság függvényében.



9. ábra. Dimenziótlanított légsebesség eloszlás a bevetés tengelye mentén

Diszkrét mérésekhez Fourier közelítés alkalmazása

A dimenziótlanított sebességváltozás a profilborda tengelyében nem fejezhető ki zárt formulával, ezért a diszkrét mérési adatok Fourier függvénysorral közelítést használva a légsebesség meghatározható a vetületecsatorna bármely helyén.

Periodikus $f(x)$ függvény Fourier sora általánosan felírható:

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} \left(a_k \cos \frac{2k\pi}{p}x + b_k \sin \frac{2k\pi}{p}x \right) \quad x \in (0, p) \quad (3)$$

ahol:

a_k és b_k : Fourier együtthatók

$$a_k = \frac{2}{p} \int_0^p f(x) \cos \frac{2k\pi}{p}x dx$$

$$b_k = \frac{2}{p} \int_0^p f(x) \sin \frac{2k\pi}{p}x dx. \quad (4)$$

Ebben a diszkrét $k=0$ esetben határozható meg a_0 Fourier együttható:

$$a_0 = \frac{2}{p} \int_0^p f(x) dx \Rightarrow \frac{a_0}{2} = \frac{\int_0^p f(x) dx}{p} \cong \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} u_i \quad (5)$$

ahol:

n az azonos távolságú mérési pontok száma, $n=935$ [-]

u_i a mért sebességek a borda mentén adott lépésközzel, $i \cdot \Delta x$ ($\Delta x = 0.08 \text{ cm}$) [m/s].

$$a_k = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} u_i \cos \frac{2\pi k i}{n} \quad \text{és} \quad (6)$$

$$b_k = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} u_i \sin \frac{2\pi k i}{n} \quad k = 1, 2, \dots, r-1.$$

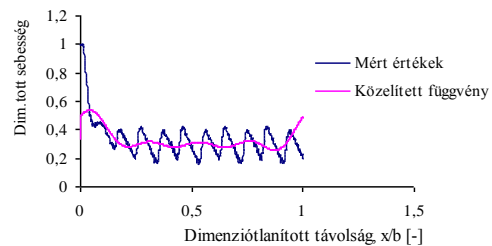
Bevezetve az $y = x/b$ helyettesítést, a közelített dimenziótlanított légsebesség eloszlás a borda tengelye mentén:

$$\frac{u(y)}{u_0} \cong \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{r-1} \left[a_k \cdot \cos \left(\frac{2\pi k}{n} y \right) + b_k \cdot \sin \left(\frac{2\pi k}{n} y \right) \right] \quad (7)$$

$$x \in (0, p)$$

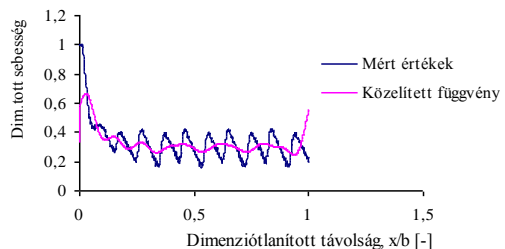
A különböző fokú közelítéseket a 10/a-c. ábrák mutatják a vetületecsatornában mért légsebességekből származtatott dimenziótlanított sebességeloszlásra a dimenziótlanított távolság függvényében. A közelítő program Excel makro nyelven íródott [3].

Közelítés foka (r): $r = 5$



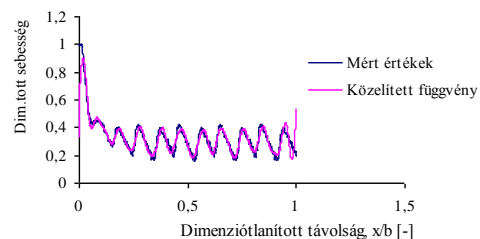
10/a. ábra. Fourier approximáció $r = 5$ közelítési fokokkal

Közelítés foka (r): $r = 10$



10/b. ábra. Fourier approximáció $r = 10$ közelítési fokokkal

Közelítés foka (r): $r = 20$

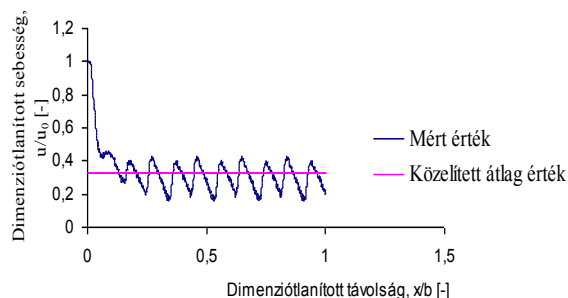


10/c. ábra. Fourier approximáció $r = 20$ közelítési fokokkal

A 10/c. ábrából megállapítható, hogy $r \geq 20$ közelítési fokot alkalmazva az áramlási sebesség változása a vetületecsatorna tengelyében Fourier soral jól közelíthető. A vetületeket a légcsatornában a légáram „effektív”

értéke szállítja. Az $r = 1$ közelítési fokkal közelítve a légsebesség átlaga nyerhető (11. ábra).

Közelítés foka (r): $r = 1$



11. ábra. Dimenziótlanított sebességváltozás a dimenziótlanított távolság függvényében, folyamatos légáram és $p = 5$ bar tápnyomás esetén

A közelített dimenziótlanított sebességérték $u/u_0 = 0,33[-]$. 5 bar tartálynnyomás esetén a dimenziótlanítás értékkel $u_0 = 270,83$ m/s -mal történt.

Összefoglalás

A vizsgálati eredmények felhasználásával a légsebesség „effektív” értéke, $u_{eff} = 89,38$ m/s -ra adódott. Ez a légsebesség fenn tudja tartani a vetülékfonal 50–80 m/s repülési sebességét a profilborda vetülékcsatornájában. A kidolgozott közelítéssel bármely alkalmazott tartálynnyomás esetén meghatározható a légáram „effektív” értéke, amely a vetülékfonalat befekteti a nyitott szádnnyílásba, ugyanis $u_0 = f(p)$.

Irodalom

- [1] Jungbecker, P., Seide, G., Gries, T.: Reduction of energy consumption in air-jet weaving, Melliand International, 1/2011 p. 32.
- [2] Ishida, T., Chikaoka, K.: Textile Industry and Technical Innovation from the Viewpoint of the Jet Looms at the ITMA 83, Part 2, JTN january 1984. p. 70.
- [3] Szabó, L.: Pneumatic weft insertion of profile reed in air jet looms, IJCELIT 2010 Budapest p.119.