

Opponensi bírálat

Kollár László

“*Vibration of Conductors under Extreme Weather Conditions*” c. doktori értekezéséről

Készítette: Tar József

2024. június 24.

1. A témaválasztás aktualitásának értékelése gyakorlati és tudományos szempontból

Gyakorlati szempontból a témaválasztás aktualitásához nem fér kétség. Az elektromos energia áramlását irányító vezetékek a szabad levegőn meteorológiai hatásoknak vannak kitéve. Ezek egy része (szélfúvás) gerjesztett vibrációt okoz a vezetékeken, amelyek veszélyeztethetik azok fizikai állapotát. A hatások másik része termodinamikai jellegű: a vezetékek eljegesedése bonyolult termodinamikai és áramlástan hatások összegződésékként jön létre. A két terület fizikailag úgy csatolódik össze, hogy a vezetékre kicsapódó jég egyrészt megváltoztatja a rezgő vezeték tömegeloszlását, másrészt rugalmas tulajdonságaira is hatással lehet. Ennek következtében hatással van annak mechanikai viselkedésére, a kialakuló gerjesztett rezgések tulajdonságaira is. Speciális gerjesztésnek tekinthető, midőn az eljegesedett vezeték egy részéről egy nagyobb jégdarab hirtelen leválik, így a formáció sztatikus egyensúlya megszűnik, és sz új egyensúlyi profil csillapodó lengések után áll be. A munka aktualitását fémjelzi a köszönetnyilvánítás első néhány sora, amelyben a Szerző azokra a programokra utal, amelyek körében eredményei jelentős része keletkezett:

„Major part of the research presented in this thesis was carried out in the NSERC/Hydro-Québec/UQAC Industrial Chair on Atmospheric Icing of Power Network Equipment (CIGELE) and the Canada Research Chair on Atmospheric Icing Engineering of Power Networks (INGIVRE) at the University of Québec at Chicoutimi, Canada.”

Egyértelműen megállapítható, hogy maguk a vizsgálható, modellezhető részterületek, valamint azok összefüggése is kimeríthetetlenül bonyolult kutatási területet alkotnak, amelyek gyakorlati fontosságuk mellett tudományosan is nagyon érdekesek.

2. Az alkalmazott kutatási módszerek értékelése tudományos szempontból

A tudományos igényű megközelítéssel teljes egységben van az értekezés szerkezete, amely szisztematikusan előbb egyes jelenségeket vizsgál, majd azután tér át azok kölcsönhatásának tárgyalására. A tárgyalásmód így világosan halad az egyszerűbb modelltől/modellezéstől a bonyolultabbak felé. Ugyanez igaz a matematikai megközelítésre: bizonyos közelítésben hagyatkozik analitikus formában való tárgyalási módokra, majd ahol az ezek használatát lehetővé tevő egyszerűsítő körülmények már nem állnak fent, lép a nagyszámú tapasztalat ismeret dimenzióanalízis eszköztárával való feldolgozása, majd a numerikus technikák használatának irányába, a legvégén pedig kiköt a véges elem módszerek alkalmazásánál, kereskedelmi forgalomban kapható vagy hozzáférhető szoftvertermékek segítségével. A szabályozástechnikai részekben becslésekre használja a Lyapunov exponensek módszerét. *A munka kiemelkedő értéke, hogy bőséges hivatkozási listájának jóvoltából módszereken foglalja össze a már meglévő modellezési és kutatási eredményeket, amelyekre saját munkáját ráépítheti.* **Megállapítható, hogy a kutatásban alkalmazott módszerek minden tekintetben megfelelnek korunk tudományos követelményeinek és lehetőségeinek.**

3. A doktori értekezés formai értékelése

Az értekezés precíz angol tudományos nyelven megírt, a brit helyesírás szabályait követő igen szép kivitelű munka, összességében 111 oldal terjedelemben. Ebből a terjedelemből a 102. oldaltól a 111. oldalig tartó szakaszt a hivatkozott tudományos közlemények bibliográfiai adatainak listája foglalja el. Összesen 133 közleményre hivatkozik a Szerző. (A belső oldalszámozás szerint ez a 97–106 oldalakon helyezkedik el.)

A munka arányaiban igen jól felépített. Az „**1 Introduction**” c. fejezet nagyon tömören, összesen 4 oldal terjedelemben foglalja össze a Szerző motivációit és fő kutatási céljait.

Az értekezés struktúrája a továbbiakban a vizsgált jelenségek fizikájának megfelelő logikát követi. Az igen terjedelmes (24 oldalas) „**2 Characteristics of droplet clouds causing ice accretion on structures**” c. fejezet a rendkívül bonyolult termodinamikai és áramlástani jelenségek modellezését foglalja össze, azaz annak a jelenségnek a leírását, ahogyan a cseppfelhőkből a jég kiválik és rátelepedik a vezetőekre, illetve különböző formájú szilárd testekre. A fejezet belső struktúrája is a fizikai folyamatok rendszerét követi. Az „**2.1 Binary droplet collision**” c. alfejezet két csepp összeütközéséből adódó összeolvadását vizsgálja. Az e fejezetben adott megfontolások valamiféle *modellezési alapnak tekinthetők*. A „**2.2 Further processes influencing droplet cloud**” c. rész e modell eredményeit árnyalja tovább olyan járulékos fizikai hatások figyelembevételével mint a cseppek párolgása és ennek hűtő hatása (a „**2.2.1 Evaporation and cooling**” c. szakasz), a „**2.2.2 Gravitational settling**” c. rész a gravitáció hatásának elemzésével, végül a „**2.2.3 Turbulent dispersion**” c. rész a cseppek turbulens áramlásban való szétszóródásáról szól. A „**2.3 Modelling the variation of droplet cloud**

characteristics” c. alfejezet a cseppfelhők jellemző tulajdonságainak változását vizsgálja az áramlási sebességmező, valamint a cseppek mozgásának függvényében. E részt kiegészíti az alkalmazott számítási folyamatok bemutatása. Az *elméleti megfontolások* bemutatása után a „**2.4 Experimental modelling in an icing wind tunnel**” c. alfejezet a ma rendelkezésre álló kísérleti vizsgálati technikákat foglalja össze, azaz a jegesedés folyamatának szélcsatornában való vizsgálatát, valamint mérési módszereket ismertet a légáramlás sebességére és a folyadék-cseppek mozgási sebességére vonatkozóan, valamint a cseppméret és az áramló anyagban a folyadékfázisban lévő összetevő arányának méréséről szól. A Szerző külön alfejezetet szentel a cseppfelhők jellemzői változásának leírására a vertikális irányban (ezt az irányt nyilván a gravitáció tünteti ki), és az áramlás irányában „**2.5 Vertical and streamwise variations of droplet**

cloud characteristics” alfejezet címmel. Ezen belül kiemelten foglalkozik a cseppek pályagörbéjével, a cseppek méretének függésétől a függőleges és az áramlási irányban, valamint az áramló közeg folyadékfázisban lévő része arányának e változóktól való függésével. **A Szerző e területen elért új tudományos eredményeit a 2.6 New results c. alfejezet foglalja össze.**

A „**3 Conductor vibration following ice shedding**” c. fejezetben a Szerző 32 oldal terjedelemben a vezetőek jegesedés utáni vibrációs tulajdonságainak leírására tér át. A „**3.1 Phenomena inducing conductor vibration**” c. szakaszban azokat a jelenségeket foglalja össze, amelyek a vezetőek rezgését gerjesztik. Egy kisebb részben a széljárás gerjesztő hatását foglalja össze „**3.1.1 Wind-induced conductor motion**” címen, majd a „**3.1.2 Phenomenon and consequences of conductor vibration**

following ice shedding” c. részben a jegesedés erre kifejtett hatását. A „**3.1.3 Modelling conductor vibration following ice shedding**” c. rész kiemelten e jelenségek modellezési kérdéseire koncentrálnak.

A „**3.2 Numerical modelling of vibration of bundled**

conductors following ice shedding” c. rész a jegesedés kötegelt vezetőek rezgésére kifejtett hatásával foglalkozik, külön kiemeli a távtartók hatását „**3.2.1 Bundled conductors with spacers**” címen, majd a **végelem módszerek** alkalmazását tárgyalja a távtartókkal ellátott kötegelt vezetőek rezgésének vizsgálatára „**Finite element model of a single span of bundled conductors with spacers**” címmel. A fejezetet a „**3.2.3 Results and discussion**” c. rész zárja. A „**3.3 Numerical and experimental modelling of sudden ice shedding**” c. alfejezet numerikus modellezési és kísérleti eredményeket mutat be a „gyors jegesedés” folyamatáról, külön részletezve a kísérleti elrendezést, a numerikus modellt és annak validálását, valamint ezek alkalmazását mutatja be ikerkötegelt vezetőekre. A „**3.3 Modelling ice shedding propagation on transmission lines with or without interphase spacers**” c. alfejezet az elektromos fázisok közti távtartót alkalmazó és nem alkalmazó vezetőek jegesedésének modellezéséről szól. Külön alfejezetekben ismerteti a jegesedés kiépülését a vezeték teljes hossza mentén, és a „gyors jegesedés” jelenségének modellezését is. **A Szerző e területen elért új**

tudományos eredményeit a „3.5 New results” c. alfejezetben foglalja össze.

A „4 Vibration suppression of transmission line conductors” c. fejezet a keltett vibrációk elnyomására alkalmazható módszerekről szól 34 oldal terjedelemben. Külön alfejezet foglalkozik az általános időkésleltetést alkalmazó szabályozási módszerekről a „4.1 Control of conductor vibration with time delay” c. alfejezetben, kitérve a matematikai modell ismertetésére, annak validálására a sztatikus és a dinamikus viselkedés leírásában, a szabályozás stabilitására és az időkésleltetéssel létrejött rendszer dinamikájára. A jegesedés hatásai a „4.2 Ice-shedding-induced vibration of conductors with active vibration control” c. fejezetben kerülnek elő az aktív szabályozási módszerek témakörében, külön kiemelve a modellt, a modell paramétereinek beállítását, a modell validálását, majd a távtartók hatásának leírását. A „Dynamics of digitally controlled forced vibration of conductors with backlash” c. alfejezetben a valósághoz a korábban ismertetettnél közelebb álló modellel foglalkozik, amely figyelembe veszi, hogy az aktív visszaszabályozást mechanikailag megvalósító villanymotorokban jelen van a „backlash” (a megfelelő magyar kifejezés talán „kotyogás”) jelensége, azaz az a körülmény, hogy a forgómozgás irányváltásakor a motor egy darabig nem képes erőt kifejteni. Ebben a részben is foglalkozik a modell megadásával, a paraméterek beállításával és a modell validálásával, a szabályozott rendszer dinamikájának leírásával. Az új önálló eredményeket a „4.4 New results” c. alfejezet foglalja össze.

Az értekezés záró fejezete a mindössze 2 oldal terjedelemben megírt „5 Summary” címmel csak utal a tézisekre, de azokat nem ismétli meg. Magában az angolnyelvű értekezésben a „Tézis” kifejezést a Szerző egyáltalán nem használja. Helyette „Main contribution” szerepel a műben. *Tartalmuk alapján azonban ezek nyilvánvalóan tézis jellegűek, értékűek.* A számozott tézisek az értekezéshez tartozó magyar nyelvű tézisfüzetben vannak világosan definiálva, így **az értekezés összességében eleget tesz annak a követelménynek, hogy tézisekre tagolódik, amelyek vagy el lehet fogadni vagy el lehet vetni a védés folyamán.** Az értekezés további formai előnyének tartom, hogy az nem tartalmaz valódi, eredeti funkciójával nem rendelkező „töltelék elemeket” mint ábrák, táblázatok jegyzéke, stb. **Összefoglalva megállapítható, hogy az értekezés nyelvi és formai szempontból is kiváló, szinte tökéletes munka.**

4. Kérdések

A „Figure 2.2: Collision outcome map on the B - We plane ...” bőszeges tapasztalati eredményeket foglal össze a dimenzióanalízis módszerének segítségével fizikailag is interpretált módon a párafelhők viselkedésének leírásáról a cseppek ütközésének modellezésével. Ebben a leírásmódban csak gáz- és folyadékfázis szerepel. A (2.2) egyenlet szerint a B mennyiség csak geometriai adatokat tartalmaz a cseppekről és azok ütközéséről, míg a Weber szám We a (2.1) egyenlet szerint a ρ_d csepprűrség és a σ felületi feszültség adatán keresztül tartalmazhat valamiféle „eldugott” hőmérséklet-függést (pl. Eötvös Loránd megfigyelései a felületi feszültségről). Vannak-e valamilyen ismeretek e kép árnyalásáról, amennyiben a folyadékfázis egy része kifagy, és a szilárd fázis is megjelenik az áramló elegyben? (A további részek is általában a párolgással és annak hűtő hatásával foglalkoznak. [A „Figure 2.3: The settling chamber, contraction section and test section of the wind tunnel ...” ábra alatti magyarázatban az az állítás szerepel, hogy a nagysebességű mozgást vizsgáló teszt szakaszban -30 °C hőmérséklet is elérhető: „The temperature in the test section may be cooled down to -30 °C.” A „2.4.2 Air velocity and droplet velocity measurements” című részben az „icing object” külön kerül említésre.) A „Table 2.1: Atmospheric parameters assumed under in-cloud icing and freezing drizzle conditions” táblázat már tartalmaz említést a cseppfelhőn belüli kifagyás jelenségéről, a fagyos csepergésről, de e jelenség tárgyalását nem írja le olyan mélyreható elemzés, mint a gáz- és folyadékfázis mozgását.]

5. A tézisek értékelése, nyilatkozat a tézisek elfogadásáról

A magyar nyelvű tézisfüzetben „1. tézis” néven írt kijelentések megfelelnek a doktori mű „2.6 New results – Main contribution 1” állításainak, továbbá az angol nyelvű értekezés (2.11) és (2.18) egyenletei megfelelnek a tézisfüzet (1) és (2) egyenleteinek. A tézis részletes megismétlése helyett megpróbálom annak lényegét kiemelni: *A Szerző levegő és vízcseppek által alkotott kétfázisú áramlásokban két vízcsepp ütközésének lehetséges kimeneteleit tartalmazó összetett modellt fejlesztett ki. Az ütközések két lehetséges kimenetele, az összeolvadás*

kis deformációt követően és a szétpattanás közötti határ feltétele lett újonnan kidolgozva, ami a folyamat fizikai hátterén alapul [14].

A tézist alátámasztó tudományos közlemény a téziszüzet számozása szerint a „[14] L. E. Kollár and M. Farzaneh. *Modeling and Experimental Study of Variation of Droplet Cloud Characteristics in a Low-Speed Horizontal Icing Wind Tunnel*, pages 93–127. Nova Science Publishers, Inc., Hauppauge, NY, 2011.”, amely a

<https://eprints.hud.ac.uk/id/eprint/16386/>

link szerint egy ISBN 978-1-61209-204-1 számmal jelölt jelentős könyvrészlet. **Az 1. tézist maradéktalanul elfogadom a Szerző önálló tudományos eredményének, feltételezve, hogy a társszerző tevékenysége zömében a kísérleti munkához kötődik.**

A magyar nyelvű téziszüzetben „2. tézis” címen írt szöveg megfelel az angol nyelvű értekezésben a „2.6 New results – Main contribution 2” címen található angol nyelvű szöveg precíz magyar fordításának. A tézis számos kísérleti eredményről számol be, amelyeket a bírálóban nem szándékozom megismételni.

A 2. tézist a téziszüzet számozása szerint a „[12] L. E. Kollár and M. Farzaneh. *Modeling the evolution of droplet size distribution in two-phase flows. Int. J. of Multiphase Flow*, 33(11):1255–1270, 2007.” közlemény támasztja alá. A

<https://www.sciencedirect.com/journal/international-journal-of-multiphase-flow>

link szerint ez a lap jelenleg 3.8 impakt faktoral jellemezhető, a

<https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=20450&tip=sid&clean=0>

link szerint pedig 1999 és 1923 között folyamatosan Q1 minősítésű lap „*Fluid Flow and Transfer Processes*” témakörben. **Az 2. tézist maradéktalanul elfogadom a Szerző új tudományos eredményének, és figyelembe veszem azt a természetes körülményt, hogy komolyabb mérőberendezésekkel „egyszemélyes kísérleti munka” manapság nem végezhető, és az eredmény akkor is megilleti a szerzőket, ha azon formálisan osztoznak.**

A „3. tézis” megfogalmazása a téziszüzetben megfelel az angol nyelvű értekezés „3.5 New results – Main contribution 3” c. részében adott szöveg fordításának. A távtartók flexibilitását az értekezésben kifejező (3.4) egyenlet azonos a téziszüzet (3) egyenletével. A tézis, melynek pontos tartalmát az azt definiáló nagyszámú műszaki részlet miatt meg sem kísérem megismételni, lényegében arról szól, hogy a Szerző numerikus számítások elvégzésére alkalmas modellt fejlesztett ki a jéglehullás dinamikus hatásainak vizsgálatára kötegelt vezetőkeken. Ennek újdonságtartalma abban áll, hogy egy korábban meglévő modellt fejlesztett tovább a kötegelt vezetőkeket egymástól elválasztó távtartókra hármas és négyes kötegekben. A távtartók karjának viselkedését egy harmadfokú feszültség-alakváltozás kapcsolattal vette figyelembe: ezek elfordulhatnak egy csukló körül egyre növekvő ellenállással szemben egy határértékig a (3) egyenlet szerint. A vizsgálatokat a Jelölt kétféle, kereskedelmi forgalomban kapható vezetőkre (Condor és Bersfort márkanevek) végezte el, pontosan specifikált geometriai körülmények között, és ezek numerikus eredményeit közli. A modellt tesztelték egy rendelkezésre álló kísérleti rendszeren is. A téziszüzet számozása szerint e tézist két publikáció támasztja alá [13,15].

A „[13] L. E. Kollár and M. Farzaneh. *Vibration of bundled conductors following ice shedding. IEEE Transactions on Power Delivery*, 23(2):1097–1104, 2008.”, valamint a [15] L. E. Kollár and M. Farzaneh. *Modeling sudden ice shedding from conductor bundles. IEEE Transactions on Power Delivery*, 28(2):604–611, 2013.” közlemény, amelyek lapjának honlapja szerint

<https://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=61>

jelenlegi impakt faktora 3.8, a SCIMAGO

<https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=17370&t>

linkje szerint „*Electrical and Electronic Engineering*” témakörben 1991-ben volt Q2 minősítése, míg az 1992-2023 szakaszban folyamatosan Q1-es minősítése volt, míg „*Energy Engineering and Power Technology*” témakörben 1991 és 2023 között folyamatosan Q1-es minősítése volt. **A 3. tézist is maradéktalanul**

elfogadom a Szerző új tudományos eredményének annak figyelembevételével is, hogy az alátámasztó közleményekben szerepel társszerző is.

A téziszüzetben megjelölt „**4. tézis**” magyar nyelvű megfogalmazása megfelel a doktori mű „**3.5 New results – Main contribution 4**” angol nyelvű szövegrésze fordításának. (Az angol tudományos nyelvben ilyenkor elterjedt „passive voice” a magyar doktori védések hagyományaihoz jobban illeszkedő „active voice” használatával jelenik meg a fordításban.) A

„Minden egyes terhelést modellező erőhöz hozzá van rendelve egy időfüggvény, ami az adott erő eltávolításának az idejét jelenti.”

„The propagation velocity is controlled by associating each load with a time function which determines the removal time of that specific load. In the calculation, the load is multiplied in each time instant by the value the time function takes in that time instant.”

párosban talán pontatlan fordítást jelent az *erő eltávolításáról* beszélni, mivel a leválás nem külön cselekvés eredményeként jön létre, hanem „magától történik meg”. Bár ez a modellezés fizikailag kissé mesterkéltnek tűnhet, tekintettel arra, hogy nagyon bonyolult fizikai jelenség modellezésére törekedett a Szerző, ha a gyakorlatban is hasznosítható eredményt várunk tőle, el kell azt fogadnunk mint egy hozzávetőleges megközelítést. Ennek megfelelően e tézis lényegi tartalmának el tudom fogadni a következő –immár szenvedő módban adott– állítást: „*Modellek a következő jég lehullás folyamatokra lettek kifejlesztve: (i) jég lehullása egyszerre a teljes feszítávnyi vezetékről vagy annak egy szakaszáról, (ii) jég lehullás terjedése fokozatosan a feszítáv mentén, és (iii) jég leválásának terjedése a jég azonnali törése nélkül, aminek következtében a leváló, de még le nem tört jégdarab egy többlet terhelést okoz a leválást megelőzően. ... A numerikus modell továbbfejlesztett változata több fázist is figyelembe vesz, amelyek fázistávolságtartó szigetelőkkel kapcsolódnak egymáshoz, és ami kísérleti eredményekkel volt tesztelve [16, 24].*” A tézist alátámasztó közlemények közül a téziszüzetben „[16] L. E. Kollár, M. Farzaneh, and P. Van Dyke. Modeling ice shedding propagation on transmission lines with or without interphase spacers. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 28(1):261–267, 2013.” egy korábbi tézis kapcsán már megvizsgált neves folyóiratban jelent meg, míg a „P. Van Dyke and A. Laneville. Simulated ice shedding on a full-scale test line. In *Proceedings of the 8th International Symposium on Cable Dynamics, Paris, France, 2009.*” egy konferenciakiadvány, amelyről az alábbi linken találtam információt:

<https://www.yumpu.com/en/document/view/9577841/8th-international-symposium-on-cable-dynamics-program-aim->

A tézis modellezési eredményeket közöl. **A 4. tézist is elfogadom a Szerző új tudományos eredményének.**

A téziszüzetben adott „**5. tézis**”-ben a Jelölt egy aktív szabályozási módszert dolgozott ki, amely sikeresen csillapítja egy vezeték lengését a szabályozás alkalmazásának pozíciójában. A Jelölt megközelítése egy alapvetően lineáris (de igen komplex) dinamikai modell, amely a szakirodalomból származik, és figyelembe veszi a digitális szabályozásban elkerülhetetlenül jelen lévő időkésés hatását is a Jelölt saját közleménye alapján „[9] L. E. Kollár. Digital control of cable vibration with time delay. *International Journal of Dynamics and Control*, 9:1223–1235, 2021.”. A modell a szél hatására bekövetkező periódikus gerjesztéssel számol. A javasolt szabályozási módszer sikeresen csökkenti a lengések kezdeti kitérésének csúcsát és amplitúdóját nagy frekvenciájú, kis amplitúdójú lengések esetén, amelyek a szél okozta lengések egyik nagy csoportját is jellemzik. A Jelölt továbbfejlesztette módszerét a vezeték nemlineáris rugalmas anyagi viselkedésének figyelembevételével „[10] L. E. Kollár. Ice-shedding-induced vibration of conductors with active vibration control. *Cold Regions Science and Technology*, 196:103504, 2022.”, amelynek jóvoltából a a lengésszabályozás alkalmazhatóvá vált a vezeték nagy amplitúdójú lengésének csillapítására is. A tézisben a Jelölt számítási eredményeket összegez.

A megjelölt releváns saját közlemények folyóiratai tudományos metrikái az alábbiak: „*International Journal of Dynamics and Control*” a SCIMAGO

<https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=21100463102&tip=sid&clean=0>

linkje szerint „*Modeling and Simulation*” valamint „*Civil and Structural Engineering*” témakörökben 2014–2022 közt Q3, 2023-ban Q2 minősítésű, „*Control and Optimization*” témakörben 2014–2023 közt stabilan Q3 minősítésű.

A „*Cold Regions Science and Technology*” c. lap SCIMAGO minősítése a

<https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=15980&tip=sid&clean=0>

link szerint „*Geotechnical Engineering and Engineering Geology*” témakörben 1999-2023 között stabilan Q1 minősítésű, a

<https://www.sciencedirect.com/journal/cold-regions-science-and-technology>

link szerint jelenlegi impakt faktora 4.1. **Az 5. tézist is elfogadom elfogadom a Szerző új tudományos eredményének.**

A „6. tézis”-ben a Szerző digitálisan szabályozott szakaszonként lineáris rendszerek lengésének aktív szabályozásaként definiálja a szabályozás feladatát, a mintavételezési időkézés és a hajtásnál jelentkező kotyogás figyelembevételével. Fő megállapítása, hogy gyakorlati szempontból, megfelelően választott szabályozási paraméterek, mintavételezési idő és kotyogás esetén kiszámíthatatlan mozgás nem várható, a mintavételezési idő és a kotyogás viszont határt szab a szabályozás hatékonyságának. A tézis megállapítást tesz a mintavételezési idő szükséges (kis) értékéről, valamint arról, hogy a kotyogás milyen mértéken alul jelentéktelen, illetve ezen felül mikor okoz bonyolult mozgásokat. A tézist a „[11] L. E. Kollár. *Dynamics of digitally controlled forced vibration of suspended cables. Meccanica*, 58:25 – 42, 2023.” közlemény támasztja alá. A SCIMAGO rendszerében a „*Meccanica*” c. lap a

<https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=14471&tip=sid&clean=0>

link szerint 2023-ban, azaz a közlemény megjelenésének évében az itt releváns „*Mechanical Engineering*” témakörben Q2 minősítésű, a lap saját honlapja

<https://link.springer.com/journal/11012>

szerint 2022-ben 2.7 impakt faktorral rendelkezett, 5 éves impakt faktora 2022-ben 2.4 volt. **A 6. tézist is elfogadom elfogadom a Szerző új tudományos eredményének.**

Összefoglalva megállapítom, hogy a Jelölt bonyolult fizikai jelenségek tárgyalására vezetett be különböző modellezési technikákat, és modellek által lehetővé tett releváns matematikai módszerek alkalmazásával végzett számításokat. A modellek használhatóságát a rendelkezésére álló kísérleti eszközök segítségével ellenőrizte is. A tézisek publikációkkal való alátámasztottsága mutatja, hogy a nemzetközi tudományos közösség is pozitívan értékelté munkáját, a közlemények szigorú szakmai zsűrizésen mentek át megjelenésük előtt. A Szerző minden egyes tézisét elfogadom új tudományos eredménynek.

6. Nyilatkozat arról, hogy az értekezés hiteles adatokat tartalmaz

Kijelentem, hogy a magam részéről nem látok okot arra, hogy az értekezés adatainak hitelességét illetően bármilyen kételyem legyen. Mivel a Szerző célja bonyolult jelenségek gyakorlatilag is hasznosítható leírása illetve szabályozása volt, bizonyos modell-elemek „elnagyoltak” tűnhetnek, azonban ez nem hitelességi kérdés.

7. Nyilatkozat a nyilvános vita megtartásáról

A fentiek alapján határozottan javaslom a nyilvános vita megtartását.

8. Javaslát az „MTA doktora” cím odaítéléséről

Értékelésem alapján határozottan javaslom a Jelölt számára az MTA doktora cím megadását.

Tar József
egyetemi tanár, az MTA doktora