

Széchenyi István Egyetem
Gépészmérnöki, Informatikai és Villamosmérnöki Kar

DIPLOAMUNKA

Kovács János

Gépészmérnöki MSc szak

2020

A gerincen:

Kovács János, 2020 (Titkosított)



Széchenyi István Egyetem
Gépészmérnöki, Informatikai
és Villamosmérnöki Kar

DIPLOAMUNKA

Nemlineáris forgácsolás

Kovács János

Gépészmérnöki MSc szak

Alkalmazott mechanika specializáció

(Titkosított)

Győr, 2020

Feladat-kiíró lap diplomamunkához

Hallgató adatai

Név: Kovács János

Neptun kód: a1b2c3

Szak: Gépészmérnöki MSc

Specializáció: Alkalmazott mechanika

Tagozat: levelező

A szakdolgozat adatai

Kezdő tanév és félév: 2018 őszi

Nyelv: magyar

Típus: titkosított

Nemlineáris forgácsolás

Feladatok részletezése:

1. Szakirodalom feldolgozása
2. Számítások elvégzése
3. Eredmények kiértékelése
4. Negyedik pont

belső konzulens adatai

Név: Dr. Nagy József

Tanszék: Alkalmazott Mechanika

Beosztás: egyetemi adjunktus

külső konzulens adatai

Név: Kiss Benedek

Munkahely: Quasi-work Kft.

Beosztás: üzemvezető

Győr, 2022. szeptember 16.

.....
belső konzulens

.....
külső konzulens

.....
Alkalmazott Mechanika Tanszék
Dr. Pere Balázs tanszékvezető egyetemi docens

Nyilatkozat

Alulírott, Kovács János Gépészmérnöki MSc szakos hallgató kijelentem, hogy a Nemlineáris forgácsolás című diplomamunka feladat kidolgozása a saját munkám, abban csak a megjelölt forrásokat, és a megjelölt mértékben használtam fel, az idézés szabályainak megfelelően, a hivatkozások pontos megjelölésével.

Eredményeim saját munkán, számításokon, kutatáson, valós méréseken alapulnak, és a legjobb tudásom szerint hitelesek.

.....
a beadás dátuma

.....
hallgató aláírása

Kivonat

Ez a diplomamunka sablon azt mutatja be, hogy hogyan kell kinéznie egy egyetemi mesterképzésben elkészítendő diplomamunkának. A dokumentum elején lévő mezőket kitöltve a LyX elkészíti a diplomamunka megfelelő adatokkal kitöltött címlapját, feladat-kiíró lapját, nyilatkozatot és a magyar illetve angol nyelvű absztraktokat. A dokumentum további részében iránymutatás látható arra, hogy hogyan kell elkészíteni a diplomamunka főbb részeit, milyen tartalmi és formai követelményeknek kell eleget tennie a diplomamunkának.

Abstract

The English translation of the Hungarian abstract has to be placed here.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	7
2. Elvégzett munka – tartalmi követelmények	7
2.1. A mechanikai feladat megfogalmazása	8
2.2. Perem- és kezdeti- feltételek megadása	8
2.3. Végeselemes diszkretizáció	8
2.4. Verifikáció	9
2.5. Validáció	9
2.6. Számítási eredmények kiértékelése	9
2.7. Következtetések	9
2.8. Szakirodalmi hivatkozások	10
3. Formai követelmények	10
A. Első fejezet a függelékben	13

1. Bevezetés

A Diplomamunka megírásánál a műszaki és tudományos eredmények dokumentálására vonatkozó ISO 5966 nemzetközi szabványt [1] kell figyelembe venni. Ennek értelmében a diplomamunka alapvetően négy részre tagolódik. Az első a bevezetés, amelyben a szerző leírja, hogy miért végeztük el azt a munkát, amit a diplomamunka tartalmaz és hogy illeszkedik ez a hasonló munkák sorába (itt lehet és kell hivatkozni más szakkönyvekre, folyóirat cikkekre, és például bemutatni egy nagy projektet, aminek a részeként készül a mi munkánk). A bevezető nem az absztrakt (vagy kivonat) ismétlése, és nem ad részletes információkat az elvégzett munkáról.

A bevezető többnyire négy bekezdésből áll, amelyek mint koncentrikus körök közelebb és közelebb viszik az olvasót ahhoz, hogy mi céllal is íródott diplomamunka.

- Bevezető a vizsgált mechanikai problémába (pl.: Miért fontos hogy a különböző gép vagy jármű alkatrészek kellően szilárdak legyenek? Miért fontos, hogy a különböző gép vagy jármű alkatrészek tömege az előírt szilárdság mellett minimális legyen? stb.)
- Az e téren felhalmozódott emberi tudás rövid áttekintése (idézetek a szakirodalomból, nem szó szerinti! Például X azt írta az Y könyvben/cikkben a Z alkatrész tömegoptimalizálásáról, hogy... (a hivatkozásokat lásd később)). Esetleg meg lehet fogalmazni az egyes szakirodalmi hivatkozások erősségeit vagy gyengeségeit.
- Mi célja volt a mi munkánknak a fentiek fényében (pl. végeselem módszerrel megoldani egy alkatrész tömegoptimalizálását, stb.)
- Melyek a mi munkánk konkrét célkitűzései? (A munkának, ami ebben a diplomamunkában van leírva, az volt a célja, hogy ... – és itt egy-két mondatban le kell írni a konkrét feladatokat)

Például tegyük fel, hogy a konyha járólapjának felmosásáról szeretnénk írni egy dolgozatot. Ekkor a bevezetés a következő négy bekezdésből állna:

- Az egészség fontos dolog, senki nem szeret beteg lenni...
- A betegségek megelőzésében fontos szerepe van a higiéniának...
- A higiénia kifejezetten fontos azon a területen, ahol élelmiszerekkel foglalkozunk, ételeket készítünk...
- *Ennek a munkának a célja az* (mindig ezzel végződik a bevezetés), hogy bemutassa a konyha padlójának egy tisztítási módszerét...

A bevezető nem lehet hosszabb mint az egész munka ötöde.

2. Elvégzett munka – tartalmi követelmények

A diplomamunka második részében a saját munkát kell ismertetni. Használhatunk alfejezeteket is. Az alábbiakban egy példa látható a második rész felépítésére. A kidolgozandó téma függvényében a diplomamunka felépítése lehet ettől eltérő is.

2.1. A mechanikai feladat megfogalmazása

Itt megadhatjuk a vizsgált test geometriáját, Kiválaszthatjuk az alkalmazott mechanikai modellt. Ez utóbbit részletesen indokolnunk kell (pl. lineárisan rugalmas anyag, dinamikai hatások elhanyagolása, a térbeli 3D-s testet miért pl. héjszerkezetként modellezzük stb.)

2.2. Perem- és kezdeti- feltételek megadása

Írjuk le hogy mik voltak a megfogások, terhelések. Tüntessük fel ezeket a fenti vagy egy új, külön ábrán. Ha szükséges indokoljuk meg hogy miért pont akkora a terhelés. Ha több terhelési eset volt, akkor mindegyiket elemezzük ki, akár külön alfejezetben.

2.3. Végeselemes diszkretizáció

Az alábbi kérdések megválaszolása segíthet a feladat pontos leírásában.

- Milyen végeselem felosztást használtunk? (szabályos, szabálytalan felosztás?)
 - Hogy volt a végeselem felosztás generálva (manuálisan vagy automatikusan)?
 - 2D-s vagy 3D-s a végeselem felosztás?
 - Milyen egyéb jellegzetessége van a használt felosztásnak?
 - Mennyi végeselemet és csomópontot tartalmaz a végeselem felosztás?
 - Egy csomópontnak hány szabadságfoka van? Melyek ezek?
 - Mekkora a feladat szabadságfoka? Mutassunk egy ábrát a végeselem felosztásról.
- Melyik szoftvert használtuk?
 - Melyik egyenleteket oldja ez meg?
 - Milyen módszerrel diszkretizálja az egyenleteket (VégesElem - Finite Element, Véges Térfogat - Finite Volume, Véges Differencia - Finite Difference, Spektrális Módszer - Spectral Method?).
 - Milyen rendű a diszkretizáció (első, másod- vagy még ennél is magasabb rendű)?
 - Milyen numerikus módszert használ a szoftver az egyenletek megoldására (explicit vagy implicit, direkt vagy iteratív)?
 - Milyen konvergencia-kritériumokat használtunk?
 - Lineáris vagy nemlineáris megoldót használunk-e? (miért?)
 - A diplomamunka nem szoftver ismertető, azaz ne azt írjuk le hogy melyik almenüben mi található, és elővigyázatossággal kezeljük a szoftver menüiben olvasható kifejezéseket, mert azok lehet hogy nem a mechanikában (mérnöki szaknyelvben) használatos kifejezések. Amikor számológéppel kiszámoljuk egy szám négyzetgyökét, akkor nem írunk arról hogy milyen típusú volt a számológép, vagy hogy a gyökjel billentyű hányadik sorban volt található (és milyen jel volt látható a billentyűn), hanem csak annyit írunk, hogy a számból gyököt vonva mi lett az eredmény.

2.4. Verifikáció

Az eredmények hitelesítése: jól számoltuk az eredményeket?

- Célja annak bizonyítása, hogy a szimulációk nem függenek a választott numerikus paraméterektől, azaz hogy azok hitelesek.
- Végezzünk el egy hálósűrűségi/fokszám növelési stb. tanulmányt, valamint egy időlépés méreti tanulmányt (ez utóbbit akkor, ha az időlépés egy választott paraméter).
- Mik voltak a ritka, közepes és sűrű felosztások méretei? Mik voltak a vizsgált időlépések?
- Mutassunk egy grafikont, ami egy megfelelően választott paraméter (pl. egy normál feszültség, egyenértékű feszültség vagy egyéb, a feladatra jellemző paraméter egy alkalmasan kiválasztott pontban) változását mutatja a végeelem felosztás vagy az időlépés függvényében úgy, hogy látszódjon belőle a konvergencia.
- Vonjuk le a következtetést, hogy mely paraméterekkel (melyik végeelem felosztás vagy időlépés) folytathatjuk a szimulációkat.

2.5. Validáció

Az eredmények érvényesítése, jó eredményeket számoltunk?

- A helyes (elméleti/analitikus, más végeelem szoftverrel számított vagy kísérleti) adatokhoz való hasonlítás.
- Tegyük egyértelművé, hogy melyik végeelem felosztást vagy időlépést használtuk ezekhez a szimulációkhoz.
- Írjuk le röviden, hogy mit hasonlítottunk mivel (pl. a végeelem számítást az elmélettel, más végeelem szoftverrel számítottal vagy kísérlettel).
- Mutassuk meg grafikus formában az összehasonlítás eredményeit.

2.6. Számítási eredmények kiértékelése

- Most, hogy biztosak lehetünk az eredmények hitelességében és pontosságában, elkezdhetjük az eredetileg kitűzött feladat eredményeinek megtárgyalását (pl. a kérdéses pontok redukált feszültségeit, stb.).
- Mutassuk be grafikusán a konkrét eredményeket.
- Vitassuk meg az eredmények hihetőségét.

2.7. Következtetések

A diplomamunka harmadik fő része a Következtetések, vagy idegen szóval konklúzió. De vigyázat, ez nem egy összefoglaló, arra ott van az Absztrakt. Viszont soroljuk fel az összes fontos következtetést, ajánlásokkal a lehetséges jövőbeni munkára

2.8. Szakirodalmi hivatkozások

Ez a diplomamunka negyedik fő része. A szakirodalmi hivatkozásokra a következő szabályok vonatkoznak.

- Listázzuk ide az összes felhasznált forrást (könyveket, folyóirat-cikkeket, konferencia-cikkeket), amelyeket idéztünk vagy amelyekre hivatkoztunk a cikkben
- Csak azokat a műveket soroljuk fel (megszámozva) amelyekre konkrétan hivatkozunk a szövegben (a számra való utalással a szövegben)
- Szakkönyvekre, szakfolyóirat cikkekre, konferencia előadásokra vagy azok kivonatára, diplomamunkákra, doktori disszertációkra, stb. hivatkozunk. Olyan hivatkozásokat használjunk, amelyek megtalálhatók a Google Scholar oldalán (<https://scholar.google.com>), vagy könyvtárakban. (van szerzője, címe, kiadója, kiadás évszáma)
- Ne használjunk internetes hivatkozásokat! (pl. <http://www.nowhere.com/any>)
- A hivatkozásokban a következőket kell feltüntetni:
 - könyvnél: szerző(k), cím, kiadó, kiadás helye, kiadás éve
 - folyóirat cikknél: szerző(k), cím, folyóirat címe, kötet (ha van), szám, oldal-számok (tól-ig), kiadás éve
- Hivatkozásokra példaként lásd a [2, 3] műveket a dokumentum végén.
- A szakirodalmi hivatkozások a dokumentum végén találhatók egy számozás nélküli „Hivatkozások” című fejezetben. Ez a fejezet nem jelenik meg a tartalomjegyzékben.

3. Formai követelmények

A diplomamunka 12pt méretű „serif” típusú betűkészlettel készítendő (pl. Times New Roman). A bal oldali margó legyen 3 cm-es, a többi 2,5 cm. Az oldalak számozása a belső címlaptól induljon, és az oldalak láblécében középre igazítva helyezkedjen el. A tartalomjegyzék, fejezetcímek formázása, képletek, ábrák és táblázatok elhelyezése és térközei tekintetében lehet hagyatkozni a szövegszerkesztő alapbeállításaira, amennyiben nem nagyon térnek el a jelen dokumentum kinézetétől.

A diplomamunkában lehet (és sokszor ajánlott is) ismétlődően előforduló kifejezések helyett rövidítéseket használni. Az első előfordulást teljesen ki kell írni. Például: „...a számítások végeselem módszerrel (VEM) lettek elvégezve...”, „...a mérésekkel és VEM-rel kapott eredményekből látszik...”

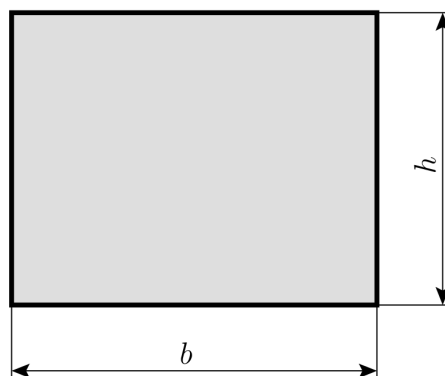
A diplomamunkában minden ábra, táblázat és képlet (csak a külön sorba kiemelt képletek) legyen megszámozva. A képletek számozása az oldal jobb oldalán történik, a képlet sorszámát zárójelbe kell tenni úgy, ahogy például az (1) egyenletben látható.

$$\mathbf{K}\mathbf{q} = \mathbf{f} \quad (1)$$

ahol $\mathbf{K}$ a merevségi mátrix, $\mathbf{q}$ a csomóponti elmozdulás vektor és $\mathbf{f}$ a tehervektor. Minden képlet (még a sorközi képlet) után is írjuk le, hogy a benne található mennyiségek

mit jelentenek. Az egyes mennyiségeket elegendő csak az első előfordulásuk után megnevezni, ha ez később nem okoz félreértéseket. Az egyes fizikai (vagy matematikai) mennyiségeket mindig (a képletekben, ábrákon, táblázatokban és a szövegben) ugyanazzal a betűvel jelöljük (ugyan az a betűtípus, betűméret, testesség, dőltesség, index méret, stb.).

Az ábrákhoz és táblázatokhoz rövid magyarázatot kell adni. A táblázatoknál a sor-szám és a rövid leírás a táblázat fölött kell hogy elhelyezkedjen, míg az ábráknál alatta. Az összes ábra és táblázat legalább egy helyen legyen meghivatkozva a dolgozatban.



1. ábra. Lemez geometriája

(Pl. ... az 1. ábra adatai az 1. táblázatban találhatók...)

1. táblázat. A feladat adatai

mennyiség	elnevezés
b	szélesség
h	magasság

Az ábrákon a különböző színek helyett érdemes inkább szaggatott vonalat, pontvonalat, stb. használni, mert fénymásolás esetén így nem veszik el információ. Számítógépes programok (Pl. végeelem program) képernyőképét beilleszteni pl. a beállítások szemléltetésére nem szabad használni. Helyette folyó szövegben kell elmondani, hogy mi hogyan lett beállítva.

A képletekben

- a különböző fizikai mennyiségek jelölésére (és képletek szerkesztésére) használjon egyenlet szerkesztőt (más stílusúak lesznek a karakterek mint a sima szövegben).
- A mértékegységek továbbra is maradjanak álló betűk (lásd az 1. táblázat mennyiségeit és értékeit).
- A méreetszám és a mértékegység között szóközt kell hagyni.
- Így például két különböző dolgot jelent az m és az m . (Az előbbi pl. a tömeget, az utóbbi pedig a métert.)
- Ne használjon mértékegységet a képleteken belül.

- Szorzásjelet általában csak akkor kell kiírni, ha az elhagyása félreérthető lenne. Pl. $2 \cdot 3 = 6$, de $(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$
- Vektoriális szorzásnál ne használjon „x” betűt. Használja helyette az egyenlet-szerkesztő „ $\times$ ” műveleti jelét.
- Szorzás jelölésére soha ne használja a * karaktert!

A diplomamunkához lehet csatolni függelék is (lásd A. függelék).

A diplomamunka elkészítéséhez kifejezetten ajánlott a $\text{\LaTeX}$ 2_ε szövegszerkesztő vagy a hozzá készített LyX nevű grafikus felület, amely a korábban említett formai követelményeket maximálisan segíti és támogatja. Ez a két program ingyen és jogtiszta letölthető az internetről. A tudományos világban (szakkönyvek, tudományos folyóirat cikkek írásánál) a $\text{\LaTeX}$ széles körben használt, szinte szabványnak tekinthető.

Hivatkozások

- [1] ISO 5966:1982(E). Documentation – Presentation of scientific and technical reports. Standard, International Organization for Standardization, Geneva, CH, 1982
- [2] Bathe, K.-J.: *Finite Element Procedures*, Prentice Hall, New Jersey, 1996
- [3] Hertz, H.: *Über die Berührung fester elastischer Körper*, Journal für die reine und angewandte Mathematik, **92**, 156-171, (1881)

A. Első fejezet a függelékben

A diplomamunkához lehet függelék csatolni. A függelék olyan információkat, adatokat tartalmaz, amelyek nem képezik szerves részét a diplomamunkának, de ismeretük segíthet megérteni a mű mondanivalóját. Itt lehet elhelyezni például mérési jegyzőkönyveket, program kódokat vagy egy differenciál egyenlet megoldásának részletes levelezését akkor, ha a dolgozatban amúgy csak a végeredményre van szükségünk¹.

¹De ha az egyenlet megoldásának menete megtalálható egy másik szakirodalomban, akkor a függelék helyett elegendő lehet inkább csak hivatkozni a megfelelő szakirodalomra.