

# ÁRAMLÁSTECHNIKA



## **A projekt keretében elkészült tananyagok:**

Anyagtechnológiák

Materials technology

Anyagtudomány

Áramlástechnikai gépek

CAD tankönyv

CAD Book

CAD/CAM/CAE elektronikus példatár

CAM tankönyv

Méréstechnika

Mérnöki optimalizáció

Engineering Optimization

Végeselem-analízis

Finite Element Methode



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Gépészmérnöki Kar

Óbudai Egyetem  
Bánki Donát Gépész- és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

Szent István Egyetem  
Gépészmérnöki Kar

# ÁRAMLÁSTECHNIKA

Egyetemi tananyag

Szerkesztette:  
KULLMAN LÁSZLÓ

Írta:  
KULLMANN LÁSZLÓ, FELKER PÉTER,  
RUSZINKÓ ENDRE, KÉGL TIBOR,  
SZLIVKA FERENC



2012

COPYRIGHT: © 2012-2017, Kullmann László, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnöki Kar, Felker Péter, Ruzinkó Endre, Kégl Tibor, Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész- és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Szlivka Ferenc, Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar

LEKTORÁLTA: Kovács László

Creative Commons NonCommercial-NoDerivs 3.0 (CC BY-NC-ND 3.0) ©

A szerző nevének feltüntetése mellett nem kereskedelmi céllal szabadon másolható, terjeszthető, megjelentethető és előadható, de nem módosítható.

ISBN 978-963-279-533-1

KÉSZÜLT: a [Typotex Kiadó](#) gondozásában

FELELŐS VEZETŐ: Votisky Zsuzsa

TÁMOGATÁS:

Készült a TÁMOP-4.1.2-08/2/A/KMR-2009-0029 számú, „KMR Gépészmérnöki Karok informatikai háttérű anyagai és tartalmi kidolgozásai” című projekt keretében.

Nemzeti Fejlesztési Ügynökség  
www.ujszecsenyiterv.gov.hu  
06 40 638 638



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

KULCSSZAVAK:

örvénygépek, volumetrikus gépek, szivattyúk, ventilátorok, kompresszorok, vízturbinák, szállítomagasság, jellemző fordulatszám, kavitáció, szívóképesség, áramlástechnikai gépek üzemtana

ÖSSZEFOGLALÁS:

A tananyag épít az áramlástan, a termodinamika és a gépelemek ismeretanyagára. Az áramlástechnikai gépeket számos ábrával szemléltetett módon csoportosítja. Az elméleti alapokat az anyagmegmaradás, impulzustétel, impulzus nyomatéki tétel és az energiaegyenlet képezi. Az örvényelven működő gépek által a folyadékkal közölt fajlagos munka az Euler turbinaegyenlet alapján számítható. Az üzemi paramétereket az energia átalakító járókerékkel a sebességi háromszögek kapcsolják össze. Ezután tárgyalja a tananyag a dimenziós és dimenziótlan jelleggörbéket, az energiaátalakítás részfolyamatainak veszteségeit, hatásfokát. A kavitáció okát, veszélyeit és elkerülését egy külön fejezet tartalmazza. A gépek típusjellemzője a jellemző fordulatszám. Az üzemtani rész megismerteti a munkapont fogalmával, több gép eredő üzemi jellemzőinek meghatározásával, az áramlástechnikai gépek vezérlési-szabályozási módjaival, átmeneti üzemmállapotok vizsgálati módszerével. Rövid ismertetés található a vízturbinák és a ventilátorok különlegességeiről. Az örvénygépek után a folyadékokat, illetve gázokat szállító volumetrikus elven működő gépek tárgyalása következik. A kompresszorok az eddigiekhez képest új elméleti alapok megismerését igénylik. A tananyag bőségesen tárgyalja e gépek üzemviteli problémáit is.

## TARTALOMJEGYZÉK

0. MODUL: ÁRAMLÁSTECHNIKAI ALAPOK.....	8
1. Az ideális folyékony közeg áramlása.....	9
1.1. Hidrosztatika. A nyugvó folyadék egyensúlya. A nyomás fogalma .....	9
1.1.1. Különböző erőterek és hatásuk.....	10
1.2. Az áramló folyékony közeg egyensúlya .....	13
1.2.1. A folyékony közeg mozgásfajtái.....	15
1.2.2. Folytonosság (kontinuitás) tétele .....	19
1.2.3. Euler-féle mozgásegyenlet.....	21
1.2.4. Az energiamegmaradás tétele. Bernoulli-egyenlet.....	22
1.2.5. Impulzus és impulzusnyomatéki tétel.....	24
2. A sűrűlódásos folyékony közeg áramlása.....	28
2.1. A folyadékok összenyomhatósága.....	28
2.2. A folyékony közeg sűrűlódása .....	30
2.3. Az áramlások hasonlósága. Reynolds-szám .....	33
2.4. Áramlás csővezetékben .....	34
2.5. Csőidomok és szerelvények ellenállása .....	37
3. Gázdinamikai áramlások.....	42
3.1. Alapfogalmak; hangsebesség; Mach-szám.....	42
3.2. Az összenyomható közeg energiaegyenlete. Dinamikus- és összhőmérséklet.....	44
Irodalom .....	46
1. MODUL: ÁRAMLÁSTECHNIKAI GÉPEK FOGALMA, FELOSZTÁSA .....	47
Irodalom .....	68
2. MODUL: ÁRAMLÁSTECHNIKAI GÉPEK FAJLAGOS MUNKÁJA .....	69
Irodalom .....	74
3. MODUL: ÁRAMLÁSTECHNIKAI GÉPEK ÉS RENDSZEREK EGYÜTTMŰKÖDÉSE .	75
4. MODUL: ÖRVÉNYGÉPEKBEN LEJÁTSZÓDÓ FOLYAMATOK, VESZTESÉGEK, HATÁSFOKOK.....	78
Irodalom .....	83
5. MODUL: ÖRVÉNYGÉPEK MŰKÖDÉSI ELVE; EULER-TURBINAEGYENLET .....	84
Irodalom .....	91
6. MODUL: ELMÉLETI ÉS VALÓSÁGOS JELLEGGÖRBÉK. VESZTESÉGFAJTÁI .....	92
7. MODUL: DIMENZIÓTLAN ÜZEMI JELLEMZŐK, TÍPUSJELLEMZŐK, JELLEMZŐ FORDULATSZÁM .....	98
8. MODUL: VÍZTURBINÁK.....	107
Irodalom .....	116
9. MODUL: A SZÉLENERGIA-HASZNOSÍTÁS GÉPEI, SZÉLTURBINÁK.....	117
9.1. A szélenergia .....	118
9.2. A szélgenerátor elvi teljesítménye, Betz-féle formula .....	120
9.3. A szélgenerátorok főbb típusai.....	125
Irodalom .....	130
10. MODUL: ÖRVÉNYGÉPEK FORGÓRÉSZÉRE HATÓ ERŐK, TEHERMENTESÍTÉS	131
11. MODUL: KAVITÁCIÓ, SZÍVÓKÉPESSÉG, NPSH JELLEGGÖRBE .....	139
12. MODUL: ÁRAMLÁSTECHNIKAI GÉPEK ÜZEMVITELI KÉRDÉSEI; INDÍTÁS, MUNKAPONT, MUNKAPONT STABILITÁSA .....	148

12.1.	Munkapont, munkapont stabilitása .....	149
12.2.	Szivattyú indítása .....	150
12.3.	Járókerék illesztése kívánt üzemállapothoz .....	152
12.3.1.	A lapátvég lereszelése és annak hatása a jelleggörbére .....	152
12.3.2.	A járókerék külső átmérőjének csökkentése esztergálással és annak hatása a jelleggörbére.....	153
13.	MODUL: ÁRAMLÁSTECHNIKAI GÉPEK SOROS ÉS PÁRHUZAMOS ÜZEME, GRAFIKUS ÉS NUMERIKUS MEGOLDÁSI MÓDSZEREK .....	156
14.	MODUL: ÁRAMLÁSTECHNIKAI GÉPEK VEZÉRLÉSE ÉS SZABÁLYOZÁSA: FOJTÁS, MEGKERÜLŐ VEZETÉK, PERDÜLET, FORDULATSZÁM, SZAKASZOS SZABÁLYOZÁS .....	165
14.1.	Szabályozás fojtással .....	166
14.2.	Szabályozás az előperdület változtatásával .....	168
14.3.	Szabályozás fordulatszám-változtatással .....	171
14.4.	Szabályozás megcsapolással .....	175
14.5.	Szabályozás lapátszög változtatással .....	177
14.6.	Szakaszos szabályozás .....	178
	Irodalom .....	181
15.	MODUL: CSŐVEZETÉKEK HIRTELEN ZÁRÁSA .....	182
15.1.	Csővezeték hirtelen zárása. Allievi-féle nyomáslökés.....	183
	Feladat 189	
16.	MODUL: VENTILÁTOROK FAJTÁI; AXIÁLIS VENTILÁTOROK SPECIÁLIS KÉRDÉSEI; VENTILÁTOROK ZAJPROBLÉMÁI, ZAJCSÖKKENTÉS .....	191
16.1.	Ventilátorok típusai.....	192
16.2.	Radiális ventilátorok .....	193
16.2.1.	Lapátózás.....	193
16.3.	Axiális ventilátorok.....	194
16.4.	Egyéb ventilátor típusok .....	195
16.5.	A ventilátor működése .....	197
16.5.1.	Jellemző nyomásértékek .....	198
16.5.2.	Jelleggörbék .....	199
16.5.3.	Munkapont .....	202
16.6.	Ventilátor kiválasztása .....	205
16.6.1.	Összegezett veszteségek 160-as cső esetén.....	208
16.6.2.	Összegezett veszteségek 200-as cső esetén.....	210
16.7.	Ventilátorok kapcsolása .....	211
16.7.1.	Párhuzamos kapcsolat.....	211
16.7.2.	Soros kapcsolat .....	213
16.8.	Jellemzők változása .....	216
16.8.1.	Összefüggések.....	216
16.8.2.	Méret változása .....	218
16.8.3.	Fordulatszám változása .....	218
16.8.4.	Szállított közeg tulajdonságainak változása.....	219
16.9.	Légtechnikai rendszerben keletkező zajok és csökkentésük .....	219
16.9.1.	Ventilátor zaj.....	220
16.9.2.	Természetes zajcsökkentés.....	222
16.9.3.	Mesterséges zajcsökkentés .....	223
	Irodalom .....	224

17. MODUL: VOLUMETRIKUS ELVEN MŰKÖDŐ GÉPEK, DUGATTYÚS SZIVATTYÚK INDIKÁTORDIAGRAMJA, IDEÁLIS ÉS VALÓS JELLEGGÖRBÉI ...	225
17.1. Dugattyús szivattyú működése .....	226
17.2. Forgattyús mechanizmus jellemzői.....	227
17.3. A szivattyú folyadékszállítása.....	229
17.4. Dugattyús szivattyú ideális és valóságos indikátordiagramja .....	233
17.5. Dugattyús szivattyú kavitációja .....	236
17.6. A szivattyú légüstje.....	241
17.6.1. Levegő állapotváltozása a légüstben .....	246
17.7. A dugattyús szivattyú jelleggörbéje .....	247
17.8. A dugattyús szivattyú szerkezeti elemei .....	248
Irodalom .....	252
18. MODUL: KÜLÖNBÖZŐ VOLUMETRIKUS ELVEN MŰKÖDŐ GÉPEK ÉS AZOK SZERKEZETI MEGOLDÁSAI.....	253
18.1. Dugattyús gépek .....	254
18.2. Membránszivattyúk .....	260
18.3. Szivattyúk, amelyeknél a térfogatkiszorítást forgó alkatrészek végzik .....	261
18.4. Volumetrikus szivattyú szállítása, teljesítményei, hatásfokai, jelleggörbéje .....	264
18.5. A radiáldugattyús szivattyú .....	266
18.6. Az axiáldugattyús szivattyú .....	268
18.7. Fogaskerék-szivattyú.....	270
18.7.1. A fogaskerék-szivattyúk jelleggörbéi.....	273
18.8. Lamellás szivattyú .....	275
18.9. Csavarszivattyú .....	277
18.9.1 A Mohno-féle szivattyú.....	281
18.10. Térfogatkiszorítású szivattyúk paraméterei .....	282
Irodalom .....	283
19. MODUL: KOMPRESSZOROK, FÚVÓK .....	284
19.1. Egyfokozatú ideális dugattyús kompresszor.....	285
19.1.1. Munkaszükséglet az izotermikus kompressziónál .....	287
19.1.2. Munkaszükséglet az adiabatikus kompressziónál .....	289
19.1.3. Munkaszükséglet a politropikus kompressziónál .....	290
19.2. Károsterű dugattyús kompresszor .....	291
19.2.1. A károsterű kompresszor technikai munkája .....	294
19.3. Dugattyús kompresszor valós indikátordiagramja.....	296
19.4. A valós dugattyús kompresszor szállítása.....	297
19.5. Többfokozatú kompresszor .....	298
19.6. Kompresszor térfogatáramának változtatási lehetőségei .....	302
19.7. A kompresszor hűtése .....	305
19.8. A Root-fűvő .....	306
Irodalom .....	308
JELÖLÉSJEGYZÉK .....	309
TÁRGYMUTATÓ .....	312