

**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ**

**AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNIVERSİTETİ**

---

Magistr hazırlığı üçün

**«Tribotexniki proseslərin modelləşdirilməsi»**

fənninin

**P R O Q R A M I**

060630 – “Mexanika mühəndisliyi” ixtisası (proqramı) üzrə

Azərbaycan Respublikasının Təhsil Nazirliyinin 26 may 2015- ci il tarixli 599 sayılı əmri ilə təsdiq edilmişdir.

**BAKİ – 2015**

Tərtib etdi:

baş müəllim, t.f.d:

Fərhad Məhəmməd oğlu Şirzadov

060630 – “Mexanika mühəndisliyi” ixtisası (proqramı) üzrə magistr hazırlığı üçün “**Tribotexniki proseslərin modelləşdirilməsi**” fənninin proqramı. AzTU, Bakı – 2015. 12 s.

***Rəy verənlər:*** AzTU- nun “Metalkəsən dəzgahlar və alətlər” kafedrasının müdiri, ***dos., t.f.d. Rzayev E.D.***;  
AzMIU- nun “Texnoloji maşınlar və avadanlıqlar” kafedrası, ***dos., t.f.d. Soltanov M.Ə.***

## İZAHAT VƏRƏQİ

Fənnin tədrisinə ayrılan saatların miqdarı	– 60 s.
o cümlədən mühazirə	– 45 s.
məşğələ	–15 s.

### Fənnin tədrisinin məqsədi

Tribodüynlərdə proseslərin təsviri üçün mürəkkəb qeyri – bircins modellərdən istifadə etmək lazım gəlir ki, bunların da əksəriyyəti hələ ki, riyazi fizikanın əhəmiyyətli üsulları ilə yerinə yetirilmiş tam riyazi təsvirə malik deyildir. Buna görə də rəşional triboloji həllin təsvirində yalnız riyazi modelləşmənin hesablarına deyil, həmçinin tribomonitorinqə - müxtəlif eksperimental tədqiqatlara, əsasən müxtəlif modellərlə yerinə yetirilən sürtünmə, yeyilmə və yağlama tədqiqatlarına, həmçinin təbii sürtünmə düynlərinə əsaslanmaq lazım gəlir.

Mürəkkəb sistemlərin iş qabiliyyətlərinin tədqiqinin əsaslarını riyazi – fiziki modelləşdirmə təşkil edir ki, buna da müxtəlif sürtünmə və yeyilmə şəraitləri üçün xarakterik olan güc və istilik sahələrinin laboratoriya tribometrinin kiçik həcmli nümunələrində tədqiqinə əsaslanaraq, modeldən oxşar olan təbii proseslərə keçid üçün analitik üsulla alınmış

keçid əmsli imkan verir. Bu sahə model dəyərləndirilməsi və təbii proseslərdə olduğu kimidir, amma proseslər kiçik zaman ölçüsündə baş verə bilər. Bu sürətləndirilmiş tədqiqatın yaradılması və reallaşdırılmasının prinsipial şərtidir. Amma bu cür yanaşma bir sıra məhdudiyyətlərə malikdir.

Riyazi – fiziki modelləşdirmə - praktik tribologiyada geniş yayılmış, fiziki oxşar proseslərin qurğuda tədqiqi olub, modeldən təbii hadisələrə keçmək üçün hesabi keçid əmsallarından istifadə edərək, hadisənin fiziki xarakterini saxlamaqla, onu başqa ölçüdə reproduksiya etməkdir (həndəsi və ya fiziki).

Tədris olunan mühazirədə magistrələr tribotexniki proseslərin modelləşdirilməsi haqda kifayət qədər nəzəri biliklər əldə etdikdən sonra, kompyuterin köməyi ilə lahiyələndirmə (“Computer Aided Engineerings” - CAE) formasında məhsulun virtual inkişafı və bununla da tribosistemin simulyasiyası haqda məlumatlar əldə edəcəklər. Məhsulu qısa müddət ərzində, aşağı xərclər və yüksək keyfiyyətlə inkişaf etdirə bilmək üçün, məsələyə bu cür yanaşma gələcəkdə hər zaman mühüm əhəmiyyətə malik olacaqdır. Simulyasiya tədqiqat və inkişaf, həmçinin lahiyələndirmədən sınaqlara qədər geniş tətbiq olunur.

№	Mövzunun adı	Cəmi (saat)	O cümlədən	
			Mühazirə	Məşğələ
	Giriş. Modelləşdirmədə əsas məqsəd.	4	4	
1	Yeyilmənin modelləşdirilməsi problemi haqda ümumi məlumat.	5	5	
2	Tribotexnikada tətbiq olunan modellər.	18	10	8
3	Tribosistemlərin simulyasiyası ilə modelləşdirilməsində (hesablama və vizuallaşdırma) tətbiq olunan əsas anlayışlar və riyazi ifadələr.	17	12	5
4	Triboloji proseslərin modelləşdirilməsi və praktikada tətbiqi.	10	8	2
5	Mühərrikin struktur dinamik və elastohidrodinamik yüklənmiş hissələrinin simulyasiyası ilə modelləşdirilməsi (hesablama və vizuallaşdırma).	6	6	
<b>Cəmi</b>		<b>60</b>	<b>45</b>	<b>15</b>

# **”Tribotexniki proseslərin modelləşdirilməsi” fənni üzrə mühazirələrin məzmunu (cəmi 45 saat).**

## **Giriş. Modelləşdirmədə əsas məqsəd (4 saat).**

- Modelləşdirmə nəzəriyyəsi və onun tribotexnikada tətbiqi mümkünlükləri;
- Fiziki, riyazi, imitasiya və anoloji modelləşdirmə;
- Modelləşdirmənin əsas prinsipləri;
- Modelləşdirmə və inkişaf proseslərinə kompyuterlərin tətbiqi.

## **1. Yeyilmənin modelləşdirilməsi problemi haqda ümumi məlumat (5 saat).**

- 1.1. Tribotexniki proseslərə fenomenoloji, konseptual, metallofiziki, termodinamiki, kinetik, sinergetik yanaşma;
- 1.2. Yeyilmənin kinetik modelinin işlənməsinin sistemli təsviri;
- 1.3. Yeyilmənin kinetik modelinin xarakteristikası və işlənmə prosesi.

## **2. Tribotexnikada tətbiq olunan modellər (10 saat).**

- 2.1. Qrinvud və Viliamson modeli;
- 2.2. Stoxastik elastiki səthin yay modeli;

- 2.3. Elastiki təkər modeli;
- 2.4. Kolumb modeli;
- 2.5. Quru sürtünmə üçün Prandtl-Tomlinson-Modeli;
- 2.6. Reoloqi model;
- 2.7. Yay-Söndürücü üçün Maksvel modeli;
- 2.8. Sonlu elementlər modeli (FEM simulasiya modeli);
- 2.9. Maqnit-kürə modeli;
- 2.10. Kavitasiya modeli;
- 2.11. Yağlar üçün axın modeli.

### **3. Tribosistemlərin simulasiyası (hesablama və vizuallaşdırma) ilə modelləşdirilməsində tətbiq olunan əsas anlayışlar və riyazi ifadələr (12 saat).**

- 3.1. Simulasiya prosesi və tribosistemin hesablama yolu ilə simulasiyasında məqsəd;
- 3.2. Hidrodinamikanın əsas tənlikləri – kütlə, impuls və enerjinin saxlanması. Reynold tənlikləri;
- 3.3. Kələ - kötürlü səth və onların kontaktı. Materialın gərginlikli vəziyyəti. Deformasiya və adheziya komponentləri nəzərə alınmaqla bərk cisimlərin sürtünməsi, mayeli və qarışıq sürtünmə zamanı kələ - kötürlü səthlərin mikrohiddinamikası. Sıxılmanın və axının simulasiyası;
- 3.4. Temperaturun hesablanması. Maye və bərk cisimlər üçün enerjinin saxlanması qanunu;

- 3.5. Yağların xüsusiyyətləri. Sıxlığın, istilik keçirmə qabiliyyətinin, xüsusi istilik tutumunun və özlülüyün temperatur və təzyiqdən asılılığı. Özlülüyn hərəkət sürətindən asılılığı;
- 3.6. Elastohidrodinamika. Hidrodinamikanın və deformasiyanın kvazistatik və dinamik asılılığı;
- 3.7. Yeyilmə intensivliyinə təsir edən amillər. Yeyilmə intensivliyinin hesabi-təcrübi üsulla təyini.

#### **4. Triboloji proseslərin modelləşdirilməsi və praktikada tətbiqi (8 saat).**

- 4.1. Sürtünmə və yeyilmədə baş verən stasionar proseslərin modelləşdirilməsi;
- 4.2. Sürtünmə və yeyilmədə baş verən qeyri-stasionar proseslərin modelləşdirilməsi;
- 4.3. Quru, sərhəd və abraziv sürtünmə şəraitində yeyilmənin modelləşdirilməsi;
- 4.4. Hidrodinamik və elastohidrodinamik yağlama şəraitində sürtünmə və yeyilmə proseslərinin modelləşdirilməsi;
- 4.5. Sürüşmə, diyirlənmə və irəli-geri hərəkət zamanı tribotexniki proseslərin modelləşdirilməsi;
- 4.6. Materialların və tribotexniki sistemlərin sürətləndirilmiş tədqiqində tətbiq oluna biləcək modellər;



- 4.7. Müxtəlif növ tribotexniki cütlərin yeyilməyə hesablanması. Dişli çarx, disk, konik səth, kürə, yiv, şlis, sonsuz vint mexanizmlərində baş verən yeyilmə proseslərinin riyazi modelləşdirilməsi;
- 4.8. DYM- nin porşen həlqəsinin yeyilməsinin modelləşdirilməsi;
- 4.9. Metalkəsən dəzgahların istiqamətləndiricisinin sürüşmədə yeyilməsinin riyazi modeli;
- 4.10. Kəsici alətin sürtünmə və yeyilmə proseslərinin modelləşdirilməsində triboloji xüsusiyyətlərin nəzərə alınması.

**5. Mühərrikin struktur dinamik və elastohidrodinamik yüklənmiş hissələrinin simulyasiyası ilə modelləşdirilməsi (hesablama və vizuallaşdırma) (6 saat).**

- 5.1. Mühərrik hissələri üçün simulyasiya alətləri;
- 5.2. Sürüşmə yastıqlarının hesablanma üsulları;
- 5.3. Porşen – silindr dinamikası;
- 5.4. Porşen həlqəsinin dinamikası;
- 5.5. Dirsəkli val/dirsəkli val - yataq dinamikası;
- 5.6. Gələcək inkişaf problemləri.

## **Məşğələ dərslərinin mövzuları (15 saat).**

1. Qrinvud və Viliamson modelinə aid məsələ həlli (2 saat);
2. Yay-Söndürücü üçün Maksvel modelinə aid məsələ həlli (2 saat);
3. Maqnit-kürə modelinə aid məsələ həlli (2 saat);
4. Quru sürtünmə üçün Prandtl-Tomlinson-Modelinə aid məsələ həlli (2 saat);
5. FlexPDE simulasıya proqramının tətbiqi ilə maqnit yastığının maqnit sahəsinin simulasıyası (3 saat);
6. FlexPDE simulasıya proqramının tətbiqi ilə səthi gərginliklərin tədqiqi (2 saat);
7. FlexPDE simulasıya proqramının tətbiqi ilə səthdə yaranan sürtünmə temperaturlarının simulasıyası (2 saat).

## **Ədəbiyyat**

1. Brendel, H., u.a. Wissensspeicher Tribotechnik. Leipzig, 1988. - 416 S.
2. Czichos, H., Habig K.-H. Tribologie-Handbuch. Reibung und Verschleiß; System-Analyse, Prüftechnik, Werkstoffe und Konstruktionselemente. Braunschweig; Wisbaden: Vieweg, 2001. - 562 S.
3. Dieter Muhs, Herbert Wüttel, Dieter Jannasch, Joachim Voßiek. Roloff /Matek Maschinenelemente. Viewegs Fachbücher der Technik 2007.

4. Dirk Bartel. Simulation von Tribosystemen. Grundlagen und Anwendungen. Uni Magdeburg - 2009.
5. Kərimov Z.H. Maşın hissələrinin uzunömürlüyü. Ali texniki məktəblər üçün dərs vəsaiti. I nəşr – Bakı, Elm nəşriyyatı, 2009, səh. 113.
6. G. Knoll, R. Lechtape-Grüter, R. Schönen. Simulationstools für strukturdynamisch/ elasto-hydrodynamisch gekoppelte Motorkomponenten, 2012.
7. Pigors, P. Werkstoffe in der Tribotechnik. Reibung, Schmierung und Verschleissbeständigkeit von Werkstoffen und Bauteilen. Leipzig, Stuttgart: Dt. Verl. fuer Grundstoffindustrie. 1992. – 546 S.
8. Polzer, G.; Meißner, F. Grundlage zu Reibung und Verschleiß. Leipzig, 1978. - 324 S.
9. K. Schiffner, J. Brecht, C. Hohmann. Simulation von Reibung und Verschleiß an Scheibenbremsbelägen, 2012.
10. Stachowiak, G.W. Wear. Materials, Mechanisms and Practice. John Wiley&Sons, Ltd, 2005. – 458 p.
11. И.И. Беркович, Д.Г. Громаковский. Трибология. Физические основы, механика и технические приложения: Учебник для вузов. Под ред. Д.Г. Громаковского; Самар. гос. техн. ун-т. Самара, 2000. 268 с.
12. Воячек, А. И. Основы проектирования и конструирования машин : учеб. пособие / А. И. Воячек, В. В. Сенькин. – Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2008. – 228 с. : ил. – Библиогр. : с. 225.
13. Гаркунов Д.Н.: Триботехника (пособие для конструктора). Учебник для студентов вузов, 3-е изд. М., Машиностроение, 2000, - 336 стр.
14. Ю. Н. Дроздов, В. Г Павлов, Б.Н. Пучков. Трения и износ в экспериментальных условиях. Справочник, Москва, Машиностроения 1986, 224с.

15. Косолапова С.А., Калиновская Т.Г., Какурина С.К. Конспект лекций по дисциплине детали машин и основы конструирования. Красноярск 2008.
16. Крагельский И. В., Добычин М. Н., Комбалов В. С. Основы расчетов на трения и износ. М., Машиностроения- 1977, 526с.
17. Основы конструирования. В 2-х кн. Книга 1. Автор: Орлов П.И. Издательство: М- Машиностроение, 1988. 560с.
18. Основы конструирования. В 2-х кн. Книга 2. Автор: Орлов П.И. Издательство: М- Машиностроение, 1988. 560с.
19. Путинцев С.В., Аникин С.А., Галата Р.А. Основы расчета и проектирования узлов трения ДВС: Учебное пособие. –М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 35 с.
20. А. В. Чичинадзе. Основы Трибология. Москва, Машиностроения 2001. 664с.

Baş müəllim, t.f.d. Fərhad Məhəmməd oğlu Şirzadov

060630– “Mexanika mühəndisliyi” ixtisası (proqramı) üzrə

magistr hazırlığı üçün

**«TRIBOTEXNIKI PROSESLƏRİN  
MODELLƏŞDIRILMƏSİ»**

fənninin

**P R O Q R A M I**

Çapa imzalanıb 25.06.2015- ci il

Sayı 50. Formatı 60×84 1/16.

Əla növ kağız

AzTU- nun mətbəəsi. H. Cavid pr. 25.

Tel: (+12) 539-14-52

E-mail: [aztumentbee@yahoo.com](mailto:aztumentbee@yahoo.com)