# Zamonaviy avtomobil tormoz kolodkalarining tribologik xususiyatlari va materiallar tahlili

Qo‘qon davlat universiteti doktaranti
Qo‘qon davlat universiteti assistent o‘qituvchisi
**Asqarov Javohirbek Abdusalom o‘g‘li**
javohirasqarov2297@gmail.com
Tel: + 998 (88) 207 22 97
Qo‘qon davlat universiteti talabasi
**Yigitaliyev Salohiddin O‘ktamjon o‘g‘li**
**Qodirov Yahyoxon Nodir o‘g‘li**

**Annotatsiya**

Ushbu maqola zamonaviy avtomobil tormoz kolodkalarining tarkibi, ishlash prinsiplari va ularning tribologik xususiyatlarini batafsil tahlil qiladi. Tormoz tizimlari xavfsizlikning muhim qismi bo‘lib, ularning samaradorligi ishqalanish materiallarining sifatiga bog‘liq. Tadqiqotlar asbestdan xoli organik (NAO), yarim metalli va sinterlangan kolodkalarning afzalliklari va kamchiliklarini ko‘rsatadi. Maqolada ishqalanish koeffitsiyenti (μ), yeyilish darajasi va termal barqarorlik kabi asosiy parametrlar ko‘rib chiqiladi. Shuningdek, amaliy foydalanuvchilar uchun diagnostika va texnik xizmat ko‘rsatish bo‘yicha tavsiyalar keltirilgan.

## Kirish

Avtomobil tormoz tizimi kinetik energiyani issiqlik energiyasiga aylantirish orqali transport vositasini sekinlashtirish yoki to‘xtatish uchun mo‘ljallangan. Bu jarayonda tormoz kolodkalari asosiy ishqalanish elementi hisoblanadi. Zamonaviy muhandislikda tormoz kolodkalari nafaqat yuqori tormozlash kuchini, balki chidamlilik, past shovqin darajasi va atrof-muhitga zararsiz bo‘lishini ham talab qiladi.

Tormozlash kuchi quyidagi formula orqali ifodalanadi:

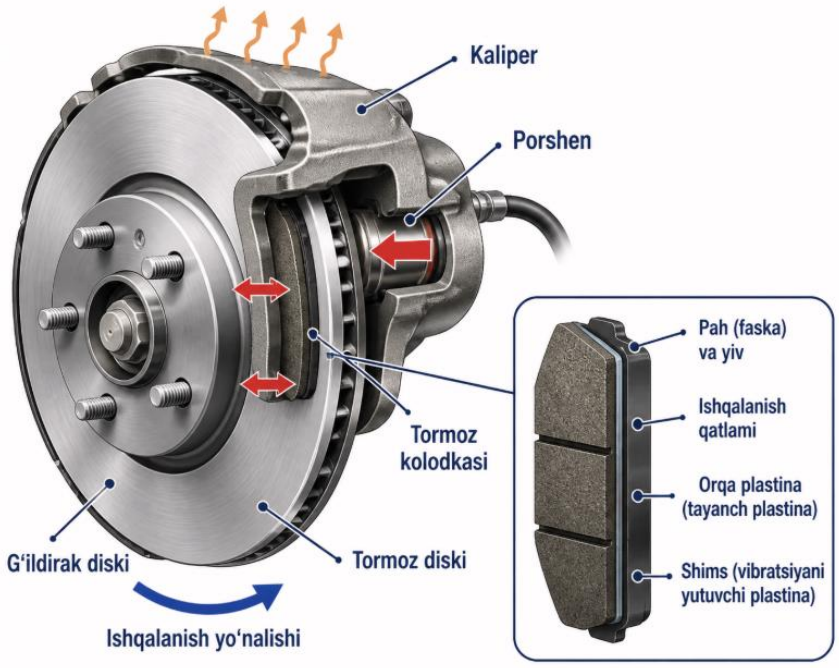
$$F_f = \mu \cdot F_n$$

Bunda

$F_f$ — *ishqalanish kuchi,*

$\mu$ — *ishqalanish koeffitsiyenti va*

$F_n$ — *kolodkaga tushadigan normal bosim kuchi.*




***1-rasm.*** Disk tormoz uzelining tuzilishi va kolodkaning joylashuvi. Rasmda tormoz porsheni, kolodka va disk o‘rtasidagi mexanik aloqa ko‘rsatilgan.

**2. Tormoz Tizimi va Kolodkaning Rolini Tushunish**

Tormoz kolodkasi tormoz diski (yoki barabani) bilan bevosita aloqa qiluvchi komponentdir. Tormoz tepkisi bosilganda, gidravlik tizim porshenlarni harakatga keltirib, kolodkalarni aylanayotgan diskka qisadi. Bu jarayonda kolodka yuzasida juda yuqori harorat hosil bo‘ladi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, kolodka yuzasidagi harorat 300∘C dan oshganda uning tribologik xususiyatlari sezilarli darajada o‘zgarishi mumkin 16.

**3. Materiallar va Tarkibiy Tuzilish**

Tormoz kolodkalari murakkab kompozit materiallardan tayyorlanadi. Ularning tarkibi odatda to‘rtta asosiy guruhga bo‘linadi: bog‘lovchilar, mustahkamlovchi tolalar, to‘ldiruvchilar va ishqalanish modifikatorlari.

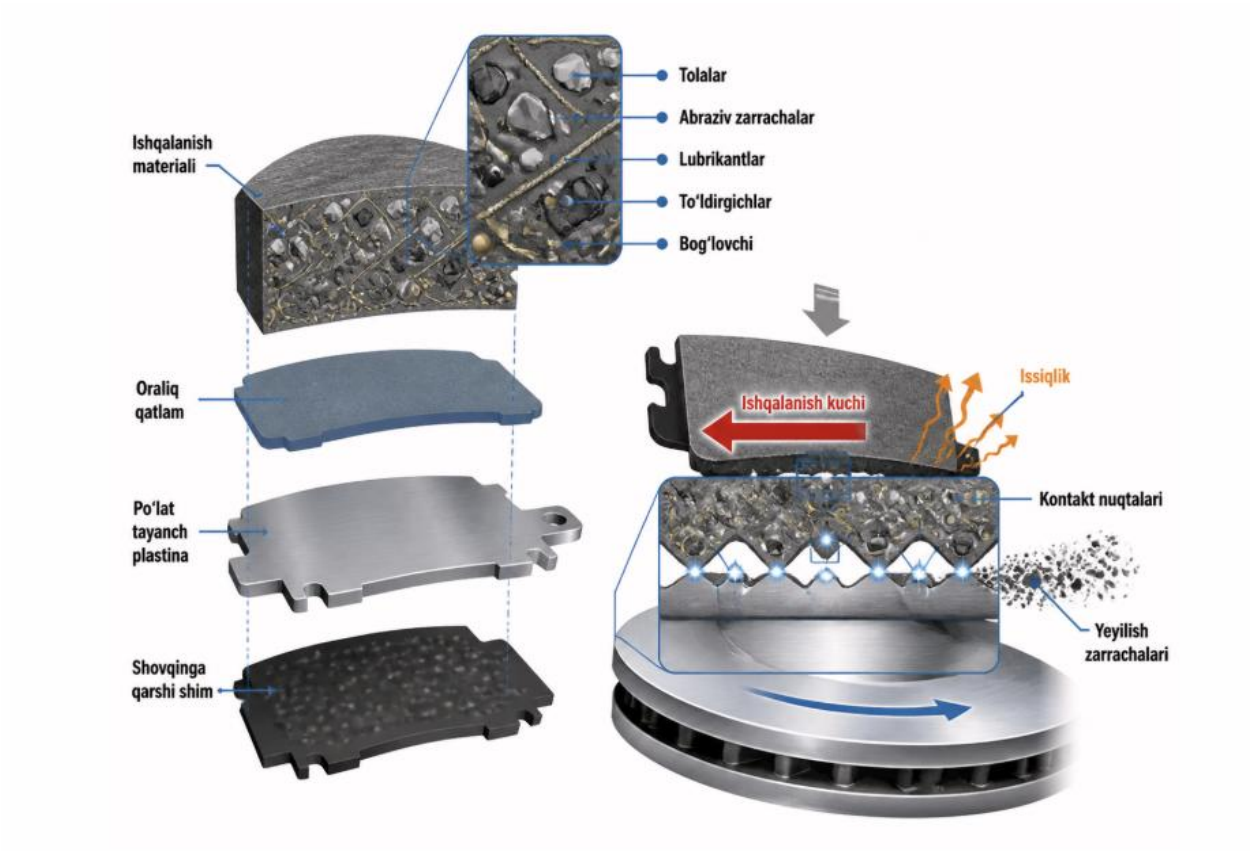
3.1. Materiallar turlari

**Asbestdan xoli** organik (NAO) kolodkalar: Bunday kolodkalar yumshoq bo‘lib, shovqin darajasi past. Tarkibida kokos qobig‘i, palma yadrosi kabi tabiiy tolalar ishlatilishi mumkin

**Yarim metalli** (Semi-metallic) kolodkalar: Metall miqdori massaning 50% dan oshadi. Po‘lat tolalar, mis va jez kukunlari issiqlikni yaxshi o‘tkazadi.

**Sinterlangan** (Sintered) kolodkalar: Mis, temir va bronza kukunlari aralashmasidan tayyorlanadi. Ular yuqori eskirish chidamliligiga ega.


ISSN: 3060-4648 | www.eyib.uz




***2-rasm.*** Tormoz kolodkasining mikro-tarkibi va disk bilan aloqa zonasi. Bu rasmda turli tolalar va plomba moddalarning ishqalanish yuzasini qanday shakllantirishi tasvirlangan.

3.2. Kompozitsion komponentlar

Tadqiqotlarda tormoz kolodkasi tarkibiga quyidagilar kiritilishi aniqlangan:

Bog‘lovchi (Binder): Fenol qatroni (Phenolic resin) eng ko‘p ishlatiladigan bog‘lovchi bo‘lib, u komponentlarni bir butun holda ushlab turadi.

Abrazivlar: Alumina ($Al_2O_3$) va Bor karbidi ($B_4C$) ishqalanish koeffitsiyentini oshirish uchun qo‘shiladi.

Moylash materiallari: Grafit va $MoS_2$ tormozlash jarayonini barqarorlashtirish va shovqinni kamaytirish uchun xizmat qiladi.

**4. Tribologik Xususiyatlar: Ishqalanish va Yeyilish**

Ishqalanish koeffitsiyenti (μ) kolodkaning asosiy xarakteristikasidir. Odatda bu qiymat 0.3 dan 0.6 gacha bo‘ladi.

4.1. Ishqalanish koeffitsiyentiga ta’sir etuvchi omillar

Tezlik: Sirpanish tezligi oshishi bilan ishqalanish koeffitsiyenti kamayishi kuzatiladi.

Bosim: Ba’zi materiallarda bosim oshishi bilan μ qiymati ortishi mumkin, lekin haddan tashqari yuklanish materialning termal degradatsiyasiga olib keladi.

Namlik: Namlik ishqalanish samaradorligiga ta’sir qiluvchi tashqi omillardan biridir.

4.2. Yeyilish mexanizmlari

Yeyilish darajasi (wear rate) kolodkaning xizmat muddatini belgilaydi. Yeyilish turlari quyidagicha tasniflanadi:

**Abraziv yeyilish**: Qattiq zarralarning sirtni chizishi natijasida sodir bo‘ladi.


ISSN: 3060-4648 | www.eyib.uz

**Yopishqoq (Adhesive) yeyilish**: Metall komponentlarning bir-biriga yopishib qolishi.

**Termal yeyilish**: Yuqori haroratda polimer bog‘lovchilarning parchalanishi

**5. Termal Barqarorlik va Ekspluatatsiya Sharoitlari**

Tormozlash vaqtida hosil bo‘ladigan issiqlik kolodkaning ishlashiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin. "Brake fade" hodisasi — harorat oshishi natijasida ishqalanish kuchining keskin kamayib ketishidir.

Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, 170∘ C gacha fenol qatronlari barqaror bo‘ladi, biroq bu haroratdan yuqorida termal degradatsiya boshlanadi. Boron (bor) qo‘shilgan kolodkalar yuqori haroratlarda barqarorroq ishqalanish koeffitsiyentini saqlab qoladi.

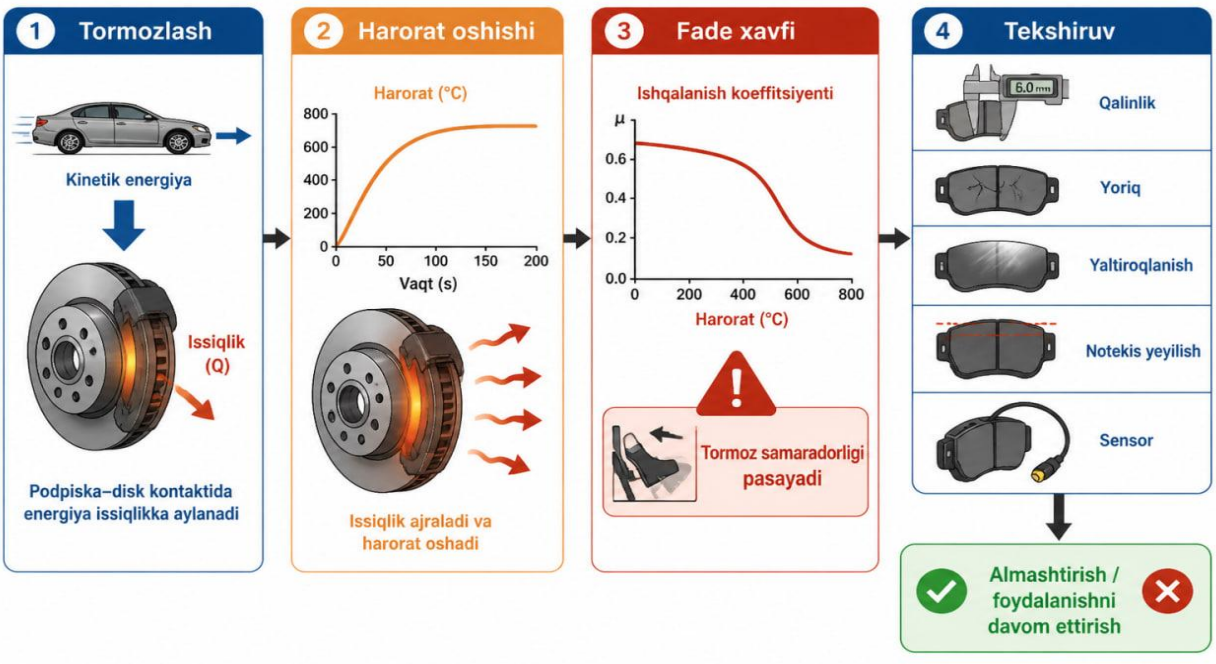
**6. Taqqoslovchi Tahlil: Materiallar qiyosi**

Quyidagi jadvalda turli materiallarning tribologik ko‘rsatkichlari solishtirilgan:

| Material turi | Ishqalanish koeffitsiyenti (μ) | Yeyilish darajasi | Termal barqarorlik |
|---|---|---|---|
| NAO (Organik) | 0.31 – 0.47 | O‘rtacha | Past |
| Yarim metalli | 0.35 – 0.60 | Past | Yuqori |
| Sinterlangan metall | ~0.42 | Juda past | Juda yuqori |
| Keramika (Fused) | 0.35 – 0.45 | Juda past | Yuqori |

**7. Diagnostika va Tekshirish Oqimi**

Tormoz kolodkalarining holatini muntazam tekshirib turish xavfsizlik uchun juda muhimdir.





ISSN: 3060-4648 | www.eyib.uz

***3-rasm***. Tormoz kolodkalarining diagnostikasi va yeyilishni aniqlash oqim diagrammasi. Diagrammada yeyilish belgilari va tekshirish bosqichlari ko‘rsatilgan.

**Diagnostika ro‘yxati:**

Qalinlikni o‘lchash: Ishqalanish materialining qalinligi minimallashganda (odatda 2-3 mm) kolodkani almashtirish zarur.

Vizual tekshirish: Yuzada yoriqlar, qizib ketish belgilari (shishasimon sirt) yoki notekis yeyilish borligini tekshiring.

Shovqin tahlili: Tormozlashda g‘ichirlash yoki metalli ishqalanish ovozi kelishi kolodka to‘liq yeyilganligidan dalolat beradi.

Tebranish: Tormozlashda rul yoki tepkida tebranish bo‘lishi disk yoki kolodka sirtining buzilganligini ko‘rsatishi mumkin.

**8. Xavfsizlik Ogohlantirishlari**

DIQQAT: Tormoz tizimidagi har qanday nosozlik inson hayoti uchun xavflidir.

Asbest xavfi: Eski rusumdagi kolodkalarda asbest bo‘lishi mumkin, uning changi nafas yo‘llari uchun juda xavfli. Zamonaviy kolodkalarni tanlashda "Asbestos-free" belgisiga e’tibor bering.

Sifat sertifikati: Faqat sertifikatlangan (masalan, ECE R90) mahsulotlardan foydalaning.

Isib ketish: Uzoq vaqt tormozlashdan (masalan, tog‘li yo‘llarda) keyin tormozning samaradorligi pasayishi ("fade") mumkin. Bunday hollarda tormozni sovitish uchun to‘xtash tavsiya etiladi.

Ishlab chiqaruvchi qo‘llanmasi: Kolodkalarni almashtirish va texnik xizmat ko‘rsatishda aniq o‘lchamlar va qiymatlar uchun har doim avtomobil ishlab chiqaruvchisining qo‘llanmasiga murojaat qiling.

**9. Xulosa**

Tormoz kolodkalari materialshunoslik va tribologiyaning murakkab mahsulidir. So‘nggi yillarda asbestdan voz kechish va atrof-muhitga zararsiz materiallarga o‘tish asosiy tendensiyaga aylandi. Yarim metalli kolodkalar chidamlilik va issiqlik tarqatishda yetakchilik qilsa, NAO materiallari qulaylik va shovqinsizlikni ta’minlaydi. To‘g‘ri tanlov va o‘z vaqtida o‘tkazilgan diagnostika avtomobil xavfsizligining garovidir.

**Adabiyotlar**

1. P. Baskar and K. A. Shukla, “Tribological and performance assessment of two wheeler brake pads using dynamometer testing,” Dental science reports, vol. 15, no. 1, Sept. 2025, doi: 10.1038/s41598-025-17615-9.

2. B. S. Rajan, M. A. S. Balaji, K. Sathickbasha, and P. Hariharasakthisudan, “Influence of Binder on Thermomechanical and Tribological Performance in Brake Pad,” vol. 40, no. 4, pp. 654–669, Dec. 2018, doi: 10.24874/TI.2018.40.04.12.

3. “Characterization of Newly Developed Asbestos and Copper-free Low Metallic Friction Material for Automotive Brake Pad Application,” Mar. 2023, doi: 10.21203/rs.3.rs-2657149/v1.

4. S. K. Selvaraj et al., “New Developments in Carbon-Based Nanomaterials for Automotive Brake Pad Applications and Future Challenges,”

Journal of Nanomaterials, vol. 2021, pp. 1–24, Nov. 2021, doi: 10.1155/2021/6787435.

5. S. Pujari and S. Srikiran, “Experimental investigations on wear properties of Palm kernel reinforced composites for brake pad applications,” Defence Technology, June 2019, doi: 10.1016/J.DT.2018.11.006.

6. J. Asqarov, "Achievements and future prospects for the use of hydrogen fuel in automobiles," Academic Journal of Science, Technology and …, 2025. [Online].Available: https://scholar.google.com/scholar?oi=bibs&cluster=4028034148448131690&btnI=1&hl=en

7. A. Khusanjonov, B. Siddiqov, and J. Asqarov, "Calculation-experimental method of research of efficiency indicators in its management by changing the working capacity of the engine using characteristics," Ekonomika i Socium, 2021.

8. Ismatov, J. F., and J. A. Asqarov. "Transport vositasida muqobil yonilg‘ilardan foydalanish hamda vodorod yonilg‘isini an’anaviy yonilg‘ilarga qo‘shib ishlatish istiqbollari." Строительство и образование 3 (2025): 289-294.

9. Ismatov, J. F., and J. A. Asqarov. “Ichki yonuv dvigatellarida asosiy yonilg‘iga vodorod-havo aralashmasini qo‘shib harakatlantirish jarayoni ko‘rsatkichlari”. Строительство и образование 1 (2026): 450-454.

10. Ismatov, J. F., va J. A. Asqarov. “Effective aspects of applying hydrogen generator units in automobiles”. «RAQAMLI MASHINASOZLIKDA: AVTOMATLASHTIRISH, INTELLELTUAL TIZIMLAR, TENDENSIYALAR, MUAMMOLAR VA YECHIMLAR» mavzusidagi xalqaro miqyosdagi ilmiy va ilmiytexnik konferensiya1-2-may 2026 yil. TDTU. (307-309)

11. Blau, P. J. (2001). Compositions, Functions, and Testing of Friction Brake Materials and Their Additives. Oak Ridge National Laboratory.

12. Ertan, R., & Yavuz, N. (2010). An experimental study on the effects of manufacturing parameters on the tribological properties of brake linings. Materials & Design.

13. Mutlu, I., et al. (2007). Tribological properties of some brake pads. Journal of Materials Processing Technology.