

**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNIVERSİTETİ**

Əlyazması hüququnda

ELÇİN İZZƏTƏLİ OĞLU ZÜLFÜQAROV

**AVTOMOBİLİN TORMOZ BARABANLARINDA
ÇATIN ƏMƏLƏ GƏLMƏSİNİN HESABLAMA
METODUNUN İŞLƏNMƏSİ**

3317.01 – Avtomobil texnikası

texnika üzrə fəlsəfə doktoru
elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

A V T O R E F E R A T I

Bakı – 2015

İş Azərbaycan Texniki Universitetində yerinə yetirilmişdir

Elmi rəhbər : texnika elmləri doktoru, professor
Əsgər Həbib oğlu Tağızadə

Rəsmi opponətlər: texnika elmləri doktoru, prof.
Heybətulla Mabud oğlu Əhmədov

texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent
Əziz Maşalla oğlu Talibov

Aparıcı təşkilat: Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti

Müdafiə 19 noyabr 2015-ci il saat 11:00 də Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetində fəaliyyət göstərən D.02.141 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcəkdir.

Ünvan: Az1010- Bakı, Azadlıq pros.34, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti.

Dissertasiya işi ilə Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat “ ___ ” _____2015-ci ildə göndərilmişdir.

D.02.141 Dissertasiya Şurasının
elmi katibi, texnika elmləri
doktoru, professor:

Ə.M.Əliyev

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı. Avtomobil parkının böyüməsi və nəqliyyat vasitələrinin hərəkət sürətlərinin artması təkərli maşınların tormoz sistemlərinin etibarlılığına və effektivliyinə qoyulan tələbləri ciddiləşdirir. Bu məsələ BMT-nin AİK-nin sənədlərində və sənaye üzrə daha çox inkişaf etmiş dövlətlərin milli standartlarında öz əksini tapmışdır.

Bizim respublikamızın avtomobil parkının hərtərəfli genişlənməsi, həmçinin avtomobil nəqliyyatı vasitələrinin hərəkət sürətinin artması yol hərəkətinin təhlükəsizliyinin təmin olunması sahəsində qarşıya yeni məsələlər qoyur.

Cəmiyyətin iqtisadi inkişaf istiqamətləri elm və texnika qarşısında yeni məsələlər qoyur. Bunlar maşınların işinin təhlükəsizliyini, etibarlılığını, uzun ömürlüyunü, keyfiyyətini artırmaq və onların material tutumunu azaltmaqla əlaqədardır. Bu tələblərin həyata keçirilməsi maşınların və mexanizmlərin etibarlı hesablama metodları olmadan mümkün deyil. Nəqliyyat vasitələrinin təhlükəsiz istismarını müəyyən edən ən məsuliyyətli düynlərdən biri tormoz qurğularıdır. Tormoz qurğuları müxtəlif nəqliyyat və mobil maşınların tərkibinə daxildir.

Odur ki, tormoz mexanizmlərinin istifadəsinin effektivliyinin və etibarlılığının artırılması və birinci növbədə avtomobillərin tormoz sisteminin təkmilləşdirilməsi böyük xalq təsərrüfatı əhəmiyyətinə malikdir.

Friksion cütlərin detallarının istismar etibarlığı və uzunömürlüyü üçün optimal layihələndirmənin böyük əhəmiyyəti vardır. Bununla əlaqədar olaraq dissertasiyada ilk dəfə olaraq barabanın daxili səthinin kələ-kötürlüyü modelinə əsaslanaraq yerinə yetirilmiş nəzəri analizinə görə təkərli maşınının tormozlanması zamanı barabanda çatın yaranma məsələsinin həlli və modeli verilmişdir.

Dissertasiya barabanlı tormoz mexanizmlərinin tormoz barabanında çat tipli qüsurların yaranması məsələlərinin həllinə və modelləşdirilməsi məsələlərinə həsr olunmuşdur. Avtomobillərin tormoz mexanizmlərinin barabanında çatın yaranmasının modelləşdirilməsi friksion cütün elementlərinin möhkəmliyinə yükləmə və səthin mikrohəndəsəsinin parametrlərinin təsir xarakterini və dərəcəsini hərtərəfli qiymətləndirməyə imkan verir.

Problemnin aktuallığı avtomobil parkının genişlənməsi və avtomobillərin sürətinin artması, hərəkətin təhlükəsizliyinin təmin olunmasında həll edilməsi tələb olunan yeni məsələlərin ortaya çıxması ilə təyin olunur.

Friksion cütlərində kontakt təzyiqinin təyin olunmasının nəzəri üsulları barabanlı tormozların aktual problemlərini hesablama üsulu ilə həll etməyə, xüsusilə, tormoz mexanizminin çıxış parametrlərinə təsir edən tormoz momentinin real qiymətini və başqa amilləri həll etməyə geniş imkanlar yaradır.

İşin məqsədi tormoz barabanında çatın yaranmasının təsviri çərçivəsində yeni hesablama metodunun qurulmasından və tormozlama prosesində tormoz mexanizminin barabanında çat yaranmasınınin tədqiqindən ibarətdir.

Tədqiqatın obyektı: qəliblərin dönmə mərkəzləri hərəkətsiz olan barabanlı qəlibli tormozlar.

Tədqiqatların metodikası. Tormoz barabanında çat yaranması və hesablaması ilə bağlı problemlərin həllində mexanikanın metodlarından istifadə olunmuşdur. Nəzəri tədqiqatlar ümumi qəbul edilmiş sxem əsasında aparılmışdır və bu sxemə əsasən hesab edilir ki, kontaktda olan barabanla üstlükler arasında normal paylanmış yüklər və onlara uyğun olan sürtünmə qüvvələri təsir edir .

Tədqiqatların əsas nəticələri KamAZ-5320 avtomobilin tormozunun misalında ədədi nəticələrə çatdırılmışdır.

Elmi yenilik. Dissertasiyada təkərli maşının tormozlanması zamanı tormoz barabanında çatın yaranması ilə bağlı olan çat yaranmasının hesablama metodlarının yeni elmi istiqaməti inkişaf etdirilir. Bu halda barabanlı qəlibli tormozların barabanında çatın yaranması haqqında məsələlərin əksəriyyəti ilk dəfə həll edilmişdir.

Müdafiəyə aşağıdakı müddəalar çıxarılır :

- avtomobilin tormozlanması zamanı tormoz barabanında çatın yaranmasının modelləşdirilməsi;
- təkərli maşının qəlibli barabanlı tormoz mexanizminin barabanında çatın yaranması haqqında məsələlərin qoyuluşu və həlli;
- tormoz mexanizminin barabanında materialın hissəciklərarası əlaqələr zəiflədiyi zonasının düzxətli formadan azacıq meyillənməsinin çatın yaranmasına təsirinin tədqiqi;
- tormoz mexanizminin barabanında çatın yaranmasının yeni aktual məsələlərinin geniş sinfinin ədədi həllinin nəticələri;
- hərəkətsiz dönmə mərkəzli qəlibli barabanlı tormozların konstruksiya edilməsi üzrə praktik tövsiyələr.

Alınmış nəticələrin doğruluğu qoyulmuş məsələlərin fiziki və riyazi korrektliyi, həllərin ciddi analitik metodlarla alınması, ədədi hesablamaların nəticələri, ədədi həllərin müqayisəli analizi ilə təmin olunur.

Praktik dəyəri. Təkərli maşınlarının barabanlı qəlibli tormozlarının tormoz barabanında çatların yaranmasının işlənmiş hesablanma

metodları layihə mərhələsində tormoz mexanizminin optimal parametrlərini formalaşdırmağa imkan verir. Alınmış nəticələrin ölkə miqyaslarında tətbiqi bütövlükdə yol- nəqliyyat hadisələrinin sayının və ağırlığının aşağı düşməsi hesabına iqtisadi səmərəni təmin edəcək; təkərli maşınların tormoz mexanizmlərinin effektiv işinin hesabına; tormoz barabanının dəyişdirilməsi ilə bağlı istismar xərclərinin və boşdayanmaların hesabına; təkərli maşında quraşdırılmış ilkin barabanlarla yürüşünün artırılması hesabına; yeni layihələndirilən tormozların konstruktiv parametrlərinin eksperimental təyininə çəkilən xərclərin onların analitik seçiminin mümkün olması hesabına.

İşin aprobasiyası. Dissertasiyanın əsas müddəaları məruzə edilmişdir:

- Texniki Universitetinin professor müəllim heyətinin və doktorantlarının illik elmi-texniki konfranslarında (2011-2014-cü illər);
- “Riyaziyyatın, mexanikanın və informatikanın aktual problemləri” Beynəlxalq konfransda, Rusiya, Voronej, 12-14 dekabrda, 2013-cü il;
- Beynəlxalq elmi konfransda “Riyaziyyatın, mexanikanın, informatikanın müasir problemləri”, Rusiya, Tula, 16-20 sentyabrda, 2014-cü il;
- “Avtomobil daşımaları və yol hərəkətinin təşkili” kafedrasının elmi seminarlarında.

Bütövlükdə dissertasiya “Avtomobil daşımaları və yol hərəkətinin təşkili” və “Avtomobil nəqliyyat vasitələri” kafedralarının birgə iclasında müzakirə edilmişdir

Nəşrlər. Dissertasiyanın mövzusu üzrə əsas elmi nəticələr yeddi məqalədə [173-179] dərc edilmişdir.

İşin strukturu və həcmi. Dissertasiya girişdən, üç fəsildən, nəticələrdən, ölkə və xarici müəlliflərin 179 adda istifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. Mətn 153 səhifə kompüter yazısını əhatə edir, 33 şəkil vardır.

İŞİN MƏZMUNU

Girişdə işin ümumi xarakteristikası verilmiş, baxılan məsələnin məqsədi və aktuallığı qısaca müəyyən olunmuşdur.

Birinci fəsil tədqiq olunan problemin müasir vəziyyətinin analizinə və məsələlərin tədqiqinə həsr olunmuşdur.

Barabanlı qəlibli tormozların hesablanma üsulları müzakirə olunur və onların işçi proseslərinin analizi aparılır. Tormoz momentinin son

tənliliklərinin böyük fərqləri olmasının səbəbləri tədqiq olunmuşdur. Təkərli maşınların tormoz mexanizmlərinin hesablaşma metodu ilə əlaqədar olan işlərin analizi aparılmışdır. Y.B.Belenkinin, İ.İ.Budkonun, N.A.Buxrinin, V.İ.Volçenkonun, V.A.Qadolinin, Ş.H.Heydərovun, B.B.Qenbomun, L.L.Qinsburqun, L.V.Qureviçin, A.İ.Quttonun, Y.S.Zamorun, İ.F.Kavinovun, Y.S.Kuznetsovun, A.A.Revinin, Q.M.Kocolapovun, R.M.Məmmədovun, Q.İ.Mamitinin, A.F.Maşenkonun, P.A.Mekamudun, N.F.Metlyukun, B.F.Namazovun, V.Q.Rozanovun, Ə.Q.Tağızadənin, Y.Y.Farobinin, A.S.Çudakovun və başqalarının işlərinin analizi aparılmışdır.

Qeyd olunur ki, elmi tədqiqatlar və konstruktor işləmələri müasir yük maşınlarının kifayət qədər effektiv və etibarlı tormoz mexanizmlərini yaratmağa imkan vermişdir. Buna baxmayaraq avtomobil nəqliyyatında yol-nəqliyyat hadisələrinin sayını azaldan, tormoz sistemlərinin işinin effektivliyini və etibarlılığını yüksəltməyə imkan verə bilən bir sıra məsələlər həll olunmamışdır. Hal-hazırda tormoz mexanizminin sürtünən cütlərinin materiallarının əsaslandırılmış seçilməsini aparmağa imkan verən hesablaşma metodlarının işlənməsinə ehtiyac vardır. İndiki vaxtda avtomobilin tormozlanması prosesində kontakt vaxtı friksion cütün elementlərində çətin yaranmasının hesablanması və modelləşdirilməsi kimi daha mürəkkəb və vacib praktiki əhəmiyyətli məsələlər gündəlikdə durur.

Bu fəslin sonunda tədqiqatın məqsəd və məsələləri əsaslandırılmışdır

Dissertasiyanın **ikinci fəsl**i təkərli maşının tormozlanması zamanı tormoz barabanında çətin yaranmasının hesablaşma metodunun işlənməsinə həsr olunmuşdur.

Birinci paraqrafda avtomobilin tormozlanması zamanı barabanda çətin əmələ gəlməsinin riyazi təsviri verilmişdir. Qısamüddətli təkrarlanan tormozlama rejimində avtomobilin tormoz mexanizminin barabanı çoxsaylı tsiklik yükləmələrə məruz qalır. Yük avtomobilinin tormoz barabanının materialında gərginlik konsentratörünün (materialın hissəciklərarası əlaqələrinin zəiflədiyi oblast) olduğu hesab edilir. Yükləmə zamanı bunlarda plastik axın zonası əmələ gəlir. Bir neçə tsikl yükləmədən sonra (tormozlamadan) materialın hissəciklərarası əlaqənin zəiflədiyi sahədə plastik deformasiya olunma imkanları tükənir və plastik axının zolağının sahillərinin açılması kəskin artır. Əgər dağılmaqabağı zonanın (materialın hissəciklərarası əlaqənin zəiflədiyi sahə) sahillərinin açılması maksimum konsentrasiya nöqtəsində həmin barabanın materialı üçün həddi qiymətə δ_c çatırsa, onda bu nöqtədə yorulma çətin əmələ gəlir. Qeyd etmək çox vacibdir ki, təklif olunan

hesablama modelində çatın uzanması sıfır uzunluğundan fasiləsiz baş verir.

Yorulma çatının böyüməsi yaranma prosesinin modelləşdirilməsi məsələsi ardıcıl həll olunan elastik-plastik məsələlərə reduksiya edilir.

Təkərli maşının “baraban-üstlük” friksion cütünün istismar edilməsindən asılı olaraq tormoz mexanizminin metal barabanında dağılmaqabağı zonalər yaranır, bunları materialın hissəciklərarası əlaqələrinin zəiflədiyi sahələr kimi modelləşdiririk. Dağılmaqabağı zonanın sahillərinin qarşılıqlı təsiri onun sahilləri arasında plastik sürüşmə xətləri daxil etməklə (yaranmış plastik deformasiyalar zolağı) modelləşdiririk. Barabanın daxili səthinə normal və toxunan yüklər təsir etdikdə dağılmaqabağı zonanın səthləri arasında qarşılıqlı təsir sabit normal σ_s və toxunan τ_s ilişmə gərginlikləri ilə xarakterizə olunduğu hesab edilir. Belə təsəvvür materialın dağılmaqabağı zonalərində plastik axını modelləşdirməyə imkan verir. Bu əlaqələrin fiziki təbiəti və dağılmaqabağı sahələrin ölçüləri materialın növündən asılı olur .

Baxılan halda tormoz barabanında yorulma çatının əmələ gəlməsi dağılmaqabağı zonanın tormoz barabanın materialının səthləri arasında əlaqələri qırılmış sahələrə keçid prosesi kimi özünü göstərir.

Göstərilən zonalər (materialın artıq gərginliklənmiş qatları) barabanın qalan elastik hissəsi ilə müqayisədə çox kiçik olduğundan onları fikrən ataraq materialın kənarda yerləşən səthlərini öz aralarında qarşılıqlı təsirdə olan kəsiklərlə əvəz etmək olar. Beləliklə, elastiklik həddindən kənarda barabanın deformasiyası haqqında məsələ şərti kəsikləri olan hər hansı elastik cismnin deformasiyası məsələsinə gətirilir.

Barabanın daxili konturu dairəyə yaxın olduğu hesab edilir. Məlum olduğu kimi barabanın real səthi heç bir zaman mütləq hamar olmur, kələ-kötürlüyü əmələ gətirən həmişə texnoloji xarakterli mikro və makroskopik nahamarlıqlar olur. Kələ-kötürlükləri əmələ gətirən nahamarlıqların ölçülərinin hədsiz dərəcədə çox kiçik olmasına baxmayaraq bunlar müxtəlif istismar amillərinə əhəmiyyətli təsir göstərir.

Barabanı koordinat başlanğıcı radiusları R_0 və R olan L_0 , L konsentrik çevrələrin mərkəzində yerləşən polyar koordinat sisteminə r , θ gətirək. Barabanın daxili səthinin hər hansı ixtiyari reallaşan kələ-kötürlüyünə baxaq.

Tormoz barabanının gərgin deformasiya vəziyyəti iki qüvvə amilinin təsirindən yaranır: qəza tormozlaması zamanı sürtünmə qüvvələri və istilik əmələ gətirən mərkəzdənqaçma ətalət qüvvələrinin və friksion üstüklü qaliblərin kontakt təzyiği qüvvələrinin. Tormoz mexanizmlərinin barabanları böyük sürətlə fırlanırlar, ona görə də qiymətə əhəmiyyətli mərkəzdənqaçma qüvvələrinin təsiri altında olurlar. Bundan başqa yüksək sürətli tormozlama rejimi qısa müddət

ərzində əhəmiyyətli istilik ayrılması ilə müşayiət olunur. Bu zaman əmələ gələn temperatur gərginlikləri barabanın dağılmasına gətirib çıxara bilər.

Beləliklə, yük avtomobilinin barabanlı tormozu üçün qısamüddətli tormozlamalarda mexaniki, uzunmüddətli tormozlamalarda temperatur gərginlikləri həlledici rol oynayır. Bundan əlavə, tormoz barabanı üçün hesablama rejimi avtomobilin maksimal sürətlə hərəkətinə uyğun gələn barabanın sərbəst fırlanma tezliyini götürmək lazımdır, hansı ki, bu halda barabanda mərkəzdənqaçma ətalət qüvvələrindən yaranan gərginliklər əmələ gəlir.

Barabanın xarici səthi xarici qüvvələrdən azaddır. Bu halda alırıq

$$r = R \quad \text{olduqda} \quad \sigma_r = 0; \tau_\theta = 0; \quad (1)$$

Tormozlama prosesində barabanın daxili səthi Amonton-Kulon qanununa görə kontakt təzyiqi ilə əlaqədar olan kontakt təzyiqi və toxunan gərginliklərin təsiri altında olur. Barabanın daxili səthi L'_0 üçün alırıq

$$\begin{aligned} \sigma_n = -p(\theta); \quad \tau_{nt} = -f p(\theta) \quad \text{olduqda} \\ r = \rho(\theta) \quad \text{kontakt sahəsində} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\sigma_n = 0; \tau_{nt} = 0 \quad \text{olduqda}$$

$$r = \rho(\theta) \quad \text{kontakt sahəsindən kənarında}$$

burada $p(\theta)$ – kontakt təzyiqi; f – “baraban-üstlük” friksion cütünün sürtünmə əmsəlidir.

Barabanın en kəsiyində $|x_1| \leq \ell_1$, $y_1 = 0$ məntəqəsində yerləşmiş $2\ell_1$ uzunluğunda düzxətli dağılmaqabağı zolaq olduğunu hesab edirik. Dağılmaqabağı zolağın mərkəzində $x_1 O_1 y_1$ lokal koordinat sisteminin x_1 oxu dağılmaqabağı zona xətti ilə üst-üstə düşür və Ox ($\theta = 0$) oxu ilə α_1 bucağı təşkil edir. Dağılmaqabağı zolağın ölçüləri qabaqcadan məlum deyildir və məsələnin həlli prosesində təyin edilir.

Avtomobilin tormozlanması zamanı barabana xarici qüvvələrin təsiri altında dağılmaqabağı zolağın sahillərini birləşdirən əlaqələrdə normal və toxunan qüvvələr yaranacaqdır. Dağılmaqabağı zolağın sahilləri öz aralarında elə qarşılıqlı təsirdə olurlar ki, bu qarşılıqlı təsir (sahillər arası əlaqələr çat tipli qüsurların yaranmasını saxlayır. Məsələyə müstəvi deformasiya qoyuluşda kvazistatik kimi baxırıq.

Dağılmaqabağı zonanın sahillərində baxılan məsələnin sərhəd şərtləri bu şəkildə olacaqdır

$$\sigma_{y_1} = \sigma_s; \quad \tau_{x_1 y_1} = \tau_s \quad (3)$$

Burada σ_s və τ_s uyğun olaraq dartılma və sürüşmədə materialın plastikliik hədləridir.

Çatın yaranmağa başlamasını əmələ gətirən qüvvənin qiymətini tapmaq üçün məsələnin qoyuluşuna çatın yaranma şərtini (yarını) əlavə etmək lazımdır. Belə meyar kimi dağılmaqabağı zolağın sahillərinin kritik açılma meyarını qəbul edirik

$$\left| (v_1^+ - v_1^-) - i(u_1^+ - u_1^-) \right| = \delta_c \quad (4)$$

burada δ_c – barabanın materialının çatın yaranmasına müqavimət xarakteristikasıdır, təcrübə yolu ilə təyin olunur.

Beləliklə, yük avtomobilinin tormoz mexanizminin barabanında çatın yaranmasının riyazi modeli elastiklik nəzəriyyəsinin tənliklərindən, barabanın səthlərində və dağılmaqabağı zolağın sahillərində (1), (2) sərhəd şərtlərindən, həmçinin çatın yaranması meyarından (4) ibarətdir.

İkinci paraqrafda avtomobilin tormozlanması zamanı dağılmaqabağı zolağı olan tormoz barabanının gərgin-deformasiya vəziyyətinin hesablama metodu işlənmişdir.

Yük avtomobilinin tormozlanması zamanı dağılmaqabağı zolağı olan tormoz barabanının gərgin-deformasiya vəziyyətini tədqiq etmək üçün barabanın yüklənməsi sərhəd şərtlərində (1), (2) elastiklik nəzəriyyəsinin tənliklərini birlikdə həll etmək lazımdır. Bu sərhəd şərtlərinə avtomobilin tormozlanması zamanı əlaqələrdə olan qüvvələr üçün şərtlər (3) də əlavə edilir.

Qeyd olunan diferensial tənliklər və sərhəd şərtləri təkərli maşının tormozlanması zamanı tormoz barabanında gərginlikləri və deformatsiyaları təyin etmək üçün qapalı sistem təşkil edir.

Qoyulmuş məsələnin həlli üçün superpozisiya prinsipindən istifadə edirik.

Barabanda gərginlikləri və yerdəyişmələri kiçik parametrlə \mathcal{E} görə sıraya ayırmaqla axtarıq.

Kiçik parametrlə üsulu prosedurdan istifadə edərək sıfırıncı və birinci yaxınlaşmada məsələnin sərhəd şərtləri alınmışdır.

Sıfırıncı yaxınlaşma üçün alırıq

$r = R_0$ olduqda

$$\begin{aligned} \sigma_r^{(0)} &= -p^{(0)}(\theta); \quad \tau_{r\theta}^{(0)} = -fp^{(0)}(\theta) \quad \text{kontakt sahəsində} \\ \sigma_r^{(0)} &= 0; \quad \tau_{r\theta}^{(0)} = 0 \quad \text{kontakt sahəsindən kənar} \end{aligned} \quad (5)$$

$r = R$ olduqda $\sigma_r^{(0)} = 0$; $\tau_{r\theta}^{(0)} = 0$

dağılmaqabağı zonanın sahillərində

$$\sigma_{y_1}^{(0)} = \sigma_s \quad \tau_{x_1 y_1}^{(0)} = \tau_s \quad |x_1| \leq \ell_1^0 \quad \text{olduqda} \quad (6)$$

birinci yaxınlaşma üçün alırıq

$r = R_0$ olduqda

$$\sigma_r^{(1)} = -p^{(1)}(\theta) + N; \quad \tau_{r\theta}^{(1)} = -fp^{(1)}(\theta) + T \quad \text{kontakt sahəsində}$$

$$\sigma_r^{(1)} = N; \quad \tau_{r\theta}^{(1)} = T \quad (7)$$

$r = R$ olduqda

$\sigma_r^{(1)} = 0; \quad \tau_{r\theta}^{(1)} = 0$ dağılmaqabağı zonanın sahillərində

$$\sigma_{y_1}^{(1)} = 0; \quad \tau_{x_1 y_1}^{(1)} = 0 \quad |x_1| \leq \ell_1^1 \quad \text{olduqda} \quad (8)$$

$$\text{burada } N = -H(\theta) \frac{\partial \sigma_r^{(0)}}{\partial r} + 2\tau_{r\theta}^{(0)} \frac{1}{R} \frac{dH(\theta)}{d\theta} \quad r = R_0 \text{ olduqda} \quad (9)$$

$$T = (\sigma_\theta^{(0)} - \sigma_r^{(0)}) \frac{1}{R} \frac{dH(\theta)}{d\theta} - H(\theta) \frac{\partial \tau_{r\theta}^{(0)}}{\partial r}$$

Hesablamalar KamAZ-5320 markalı yük avtomobilinin tormoz mexanizminin misalında aparılmışdır. Sabit qiymət kimi aşağıdakı parametrlər götürülmüşdür: $R_0=0,2\text{M}$; $R=0,215\text{M}$; $f=0,35$; $\mu = 0,3$ boz çuqundan olan baraban üçün; $E=1,8 \cdot 10^5$ MPa. Hesablamalar müxtəlif sinifli kələ-kötürlüklər üçün aparılmışdır. Dağılmaqabağı zolağın nisbi uzunluğunun p_0/σ_s ölçüsüz parametrin qiymətindən asılılıq qrafiki barabanın kələ-kötür və hamar səthi üçün verilmişdir, burada $p_0 = \rho\omega^2 R_0^2 (3 + \kappa_0)/4(1 + \kappa_0)$; $\kappa_0 = 3 - 4\mu$.

Alınmış həll əsasında çatın yaranma xarakterinin analizi aparılmışdır.

Alınmış tənliklərin birlikdə həlli materialın verilmiş xarakteristikalarında həddi müvazinət vəziyyəti üçün dağılmaqabağı zonanın ölçüsünü ℓ_1^c və barabanın kritik fırlanma bucaq sürətini təyin etməyə imkan verir. Bu həlldən alınmış enerjinin istismar sürəti $G_n(\ell_1^c)$ dağılmaya müqavimətin energetik xarakteristikası sayılır, yəni $G_c = G_n(\ell_c)$.

Həddi kəmiyyətlərdən δ_c və G_c istifadə edərək təkərli maşının fırlanan barabanında çatın yaranmasını və dağılmaqabağı zonanın müxtəlif müvazinət rejimlərini ayırmaq olar.

Məsələn, bu şərtlər ödəndikdə

$$G_b(\ell_1) \geq G_c; \quad V_{01}(x_0) < \delta_c \quad (10)$$

dağılmaqabağı zonanın zirvəsinin materialının hissəciklərarası əlaqələrinin ayrılmadan irəliləməsi baş verir, yəni bu halda çat yaranmır.

Dağılmaqabağı zonanın bu böyümə mərhələsini təkərli maşının barabanının verilmiş fırlanma tezliyinin səviyyəsinə uyğunlaşma prosesi kimi interpretasiya etmək olar.

Dağılmaqabağı zolağın sahillərində materialın hissəciklərarası əlaqələrinin qırılması ilə eyni zamanda dağılmaqabağı zolağın zirvəsinin böyüməsi aşağıdakı şərtlər ödəndikdə baş verəcəkdir

$$G_b(\ell_1) \geq G_c; \quad V_{01}(x_0) \geq \delta_c \quad (11)$$

Bu şərtlər ödəndikdə

$$G_b(\ell_1) < G_c; \quad V_{01}(x_0) \geq \delta_c \quad (12)$$

Dağılmaqabağı zolağın zirvəsinin irəli hərəkət etmədən barabanın materialının hissəciklərarası əlaqələrinin qırılması baş verir, yəni bu halda çat yaranır və sahillər arasında əlaqələr olan yerdə dağılmaqabağı zolağın ölçüləri kiçilir. Əgər aşağıdakı şərt ödənərsə

$$G_b(\ell_1) < G_c; \quad V_{01}(x_0) < \delta_c, \quad (13)$$

onda dağılmaqabağı zolağın zirvəsinin vəziyyəti dəyişməyəcəkdir.

Analiz göstərir ki, kritik parametrlər δ_c , G_c və bucaq sürətinin qiyməti dağılmanın xarakterini (çatın yaranmasını) müəyyən edir.

Alınmış nəticələr əsasında aşağıdakı praktiki təklifləri vermək olar.

Tormozun friksion cütünün elementlərinin (barabanın) layihələndirilməsi zamanı tormoz mexanizminin parametrlərini elə seçmək lazımdır ki, barabanın maksimal fırlanma bucaq sürəti metal barabanda çatı yaradan kritik bucaq sürətinin ω_c qiymətini keçməsin. Bu şərt belə şəkildə yazıla bilər

$$\omega_{\max} < \omega_c, \quad (14)$$

burada ω_{\max} – təkərli maşının layihə olunan tormoz mexanizminin barabanının maksimal fırlanma bucaq sürətidir.

Tormoz mexanizminin friksion cütünün elementlərinin (barabanın) layihələndirilməsi zamanı tormoz mexanizminin parametrlərini elə seçmək lazımdır ki, təkərli maşının tormozlanması zamanı maksimal kontakt təzyiqinin qiyməti metal barabanda çatı yaradan kontakt təzyiqinin kritik qiymətini keçməsin. Bu şərt belə şəkildə yazıla bilər

$$p_{\max} < p_c, \quad (15)$$

burada p_{\max} – yük avtomobilinin (təkərli maşının) layihə olunan tormoz mexanizminin maksimal kontakt təzyiqidir.

2.3 paraqrafında avtomobilin tormozlanması zamanı tormoz mexanizminin barabanında çatın yaranmasına temperatur gərginliklərinin təsiri tədqiq olunmuşdur.

Təkərli maşının tormoz mexanizminin friksion cütünün iş qabiliyyəti və uzun ömürlüyü barabanın temperaturundan çox asılıdır. Friksion cütündə sürtünmə və yeyilmə proseslərinin idarə edilməsi üçün materialın qarşılıqlı kontakt təsirindən yaranan temperaturun və temperatur qradientinin birgə təsiri ilə müşayiət olunan sürtünmə zamanı tədqiq olunması lazımdır. İstilikdən dağılma sürtünmə zamanı barabanda istilik əmələ gəlməsindən baş verir. Tormoz barabanında gərginliklər və deformasiyalar yaranmasının əsas səbəblərindən biri onun qeyri bərabər qızmasıdır.

Avtomobilin tormozlanması zamanı tormoz mexanizminin barabanının daxili səthində friksion üstlülklə kontakt sahəsində xarici sürtünmədən yaranan səthi istilik mənbəyi təsir edir. Belə qarşılıqlı təsir nəticəsində barabanın temperaturu yüksəlir. Əvvəlcə tormozlama zamanı tormoz barabanında temperaturun paylanması tapılır. Barabanın materialının istilikkeçirmə əmsalı ox, çevrəvi və radial istiqamətlərdə koordinat və temperaturdan asılı olmayaraq eyni götürülür. İstilikkeçirmə nəzəriyyəsi məsələsinin həlli kiçik parametrlər və dəyişənlərin ayrılması üsulları ilə axtarılır.

Avtomobil istismar olunduqca avtomobilin metal barabanında dağılmaqabağı zonalar əmələ gəlir, bunu materialın hissəciklərarası əlaqələrinin zəiflədiyi oblast kimi modelləşdiririk. x_1 oxu plastik axın xətti ilə üst-üstə düşən lokal koordinat sisteminin başlanğıcını $x_1O_1y_1$ dağılmaqabağı zolağın mərkəzində yerləşdirək. Hesab edirik ki, sabit gərginlikdə dağılmaqabağı zolaqda plastik axın baş verir.

$|x_1| \leq \ell_1$, $y_1 = 0$ parçasında yerləşmiş, uzunluğu $2\ell_1$ olan dağılmaqabağı zolağa baxaq.

Dağılmaqabağı zolağı olan barabanda temperatur gərginlikləri haqqında məsələnin sərhəd şərtləri bu şəkildə olacaqdır

$$\sigma_n = 0; \tau_{nt} = 0 \quad r = \rho(\theta) \text{ olduqda} \quad (16)$$

$$\sigma_r = 0; \tau_{r\theta} = 0 \quad r = R \text{ olduqda}$$

$$\sigma_{y_1} = \sigma_s; \tau_{x_1y_1} = \tau_s \text{ dağılmaqabağı zolağın sahillərində.}$$

Termoelastiklik məsələsinin həllini qurmaq üçün hər bir yaxınlaşmada yerdəyişmələrin termoelastik potensialından istifadə edilir. Alınmış həll əsasında tormoz barabanında çat əmələ gəlməsi baş verdikdə istilik yükünün həddi qiymətini təyin edən şərt alınmışdır.

Verilən metodun ədədi reallaşması üzrə kompüterdə hesablamalar aparılmışdır. Hesablamalar yük avtomobili KamAZ-5320-nin tormoz

mexanizmi üçün yerinə yetirilmişdir. Ədədi analiz göstərir ki, temperatur gərginlikləri sürtünmə səthində baş verir.

Əvvəlki paragrafa analogi olaraq alınmış nəticələr əsasında aşağıdakı praktiki tövsiyələri təklif etmək olar. Yük avtomobilinin qəlibli barabanlı tormoz sisteminin layihələndirilməsi zamanı tormoz mexanizminin parametrləri elə seçilməlidir ki, avtomobilin tormozlanması zamanı istilik təsirinin maksimal intensivliyi barabanda çat əmələ gətirən istilik təsirinin kritik intensivliyini keçməsin. Bu şərti aşağıdakı şəkildə yazıla bilər

$$q_{*max} < q_*^c, \quad (17)$$

burada q_{*max} – təkərli maşının layihə olunan tormoz mexanizmində istilik təsirinin maksimal intensivliyidir

Ümumi halda təkərli maşının tormoz barabanı qüvvə (ətalət, kontakt təzyiqi və sürtünmə qüvvələri) və istilik yüklərinin təsirinə məruz qalır. Bu halda superpozisiya prinsipinə əsasən 2.2 və 2.3 paragraflarında verilmiş məsələlərin həllərini toplamaq lazımdır.

Qeyd edək ki, dağılmanın (çatın yaranmasının) kritik parametrlərinin əsas qiymətlərini və materialın xassələrinin, friksion cütünün səthlərinin texnoloji emalının sinfinin və başqalarının ona təsirini bilərək, layihələndirmə mərhələsində konstruktor-texnoloji həllərlə çat yaranma prosesini əsaslandırılmış şəkildə idarə etmək olar.

İşlənmiş hesablama modeli layihələndirmə mərhələsində aşağıdakı mühüm praktiki məsələləri həll etməyə imkan verir:

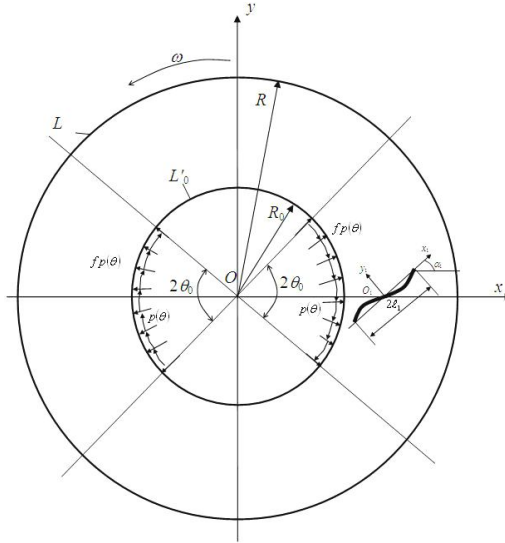
1) gözlənilən qüsurları və yükləmə şərtlərini nəzərə almaqla tormoz barabanının zamanətli resursunu qiymətləndirmək;

2) kifayət qədər ehtiyat etibarlığı təmin edən qüsurluluğun buraxıla bilən səviyyəsini və işçi yüklərin maksimal qiymətlərini müəyyən etmək;

3) materialın seçimini çata davamlılığın vacib kompleks statistik və tsiklik xarakteristikakalı ilə aparmaq.

Dissertasiyanın **üçüncü fəsl**i avtomobilin tormozlanması zamanı tormoz barabanında əyrixətli formalı çatın əmələ gəlməsinin hesablama metodunun işlənməsinə həsr olunmuşdur.

Real materiallarda struktur və texnoloji amillərdən materialın hissəciklərarası əlaqələrinin zəiflədiyi oblastın (dağılmaqabağı zolağın) səthində nahamarlıqlar və ayrılıqlar olur. Odur ki, bu fəsildə dağılmaqabağı zolağın düzxətli formadan təsadüfi kiçik meyillənmələrin çatın əmələ gəlməsinə təsiri tədqiq olunmuşdur.



Şəkil 1. Əyrilikli dağılmaqabağı zolağı olan tormoz barabanının yüklənməsinin hesablama sxemi

Avtomobilin tormoz mexanizminin metal barabanında dağılmaqabağı zolağın konturunun kələ-kötür (düzxətli formadan kiçik meyillənmələr) olmasını fərz edərək çat tipli qüsurun yaranması məsələsinə baxılır (şəkil 1). Tormoz mexanizminin friksion cütündə istismar prosesində yaranan dağılmaqabağı zolağın düzxətli formaya yaxın olduğu hesab olunur, yalnız zolaq xəttinin $y_1=0$ düz xəttindən kiçik meyillənmələrinə yol verilir. Dağılmaqabağı zonanın sahillərinin qarşılıqlı təsiri onun sahilləri arasında plastik axın xətlərini daxil etməklə modelləşdirilir (plastik deformasiyalar zolağı kimi görünən).

Yük avtomobilinin tormoz mexanizminin barabanında dağılmaqabağı zolağın konturunda kələ-kötürlük olduğunu hesab edərək (düzxətli formadan kiçik meyillənmələr) çatın yaranması haqqında mexanika məsələsinə baxaq. Dağılmaqabağı zolağın mərkəzində lokal koordinat sisteminin başlanğıcını $x_1O_1y_1$ yerləşdirək. Koordinat sisteminin seçilməsi və işarələnmələr şəkil 1-də izah edilir. Beləliklə, çatın yaranma zonasını kələ-kötürlüyü və

ayrılıqları olan dağılmaqabağı zolaqla (materialın hissəciklərarası əlaqələrin zəiflədiyi zona) modelləşdiririk.

Koordinat başlanğıcını radiusları R_0 və R olan konsentrik çevrələrin mərkəzində seçərək tormoz barabanını polyar koordinat sisteminə r, θ , aid edək. Burada barabanın daxili konturunun dairəyə yaxın olduğu qəbul olunmuşdur. Tormoz barabanının daxili səthinin kələ-kötürlüyünün hər hansı ixtiyari realizə olunmasına baxaq.

Tormoz barabanında gərginlikləri və yerdəyişmələri kiçik parametrlərə görə sıraya ayıraraq axtarıyıq. Məsələnin sadə olması üçün ε və ε_1 -in üstü vahiddən böyük olan hədləri nəzərə almırıq.

Həyəcanlanmmalar üsulunu tətbiq edərək aşağıdakı sərhəd məsələlərinin ardıcılığını alırıq

sıfırıncıda – sıfırıncı yaxınlaşmada

$r = R_0$ olduqda kontakt sahəsində

$$\sigma_r^{(0,0)} = -p^{(0)}(\theta); \tau_{r\theta}^{(0,0)} = -f p^{(0)}(\theta)$$

$r = R_0$ olduqda kontakt sahəsində kənarında

$$\sigma_r^{(0,0)} = 0; \tau_{r\theta}^{(0,0)} = 0 \quad (18)$$

$$\sigma_r^{(0,0)} = 0; \tau_{r\theta}^{(0,0)} = 0 \quad r = R \text{ olduqda}$$

$$\sigma_{y_1}^{(0,0)} = \sigma_s; \tau_{x_1 y_1}^{(0,0)} = \tau_s \quad y_1 = 0, |x_1| \leq \ell_1^0 \text{ olduqda} \quad (19)$$

Birincidə – sıfırıncı yaxınlaşmada

$r = R_0$ olduqda kontakt sahəsində

$$\sigma_r^{(1,0)} = N - p^{(1)}(\theta); \tau_{r\theta}^{(1,0)} = T - f p^{(1)}(\theta)$$

$r = R_0$ olduqda kontakt sahəsində kənarında

$$\sigma_r^{(1,0)} = N; \tau_{r\theta}^{(1,0)} = T \quad (20)$$

$$\sigma_r^{(1,0)} = 0; \tau_{r\theta}^{(1,0)} = 0 \quad r = R \text{ olduqda}$$

$y_1 = 0, |x_1| \leq \ell_1^1$ olduqda

$$\sigma_{y_1}^{(1,0)} = 0; \tau_{x_1 y_1}^{(1,0)} = 0 \quad (21)$$

birincidə – birinci yaxınlaşmada

$$r = R_0 \text{ olduqda} \quad \sigma_r^{(1,1)} = 0; \tau_{r\theta}^{(1,1)} = 0$$

$$r = R \text{ olduqda} \quad \sigma_r^{(1,1)} = 0; \tau_{r\theta}^{(1,1)} = 0 \quad (22)$$

$$y_1 = 0, \quad |x_1| \leq \bar{\ell}_1 \text{ olduqda} \quad \sigma_{y_1}^{(1,1)} = N_1; \tau_{x_1 y_1}^{(1,1)} = T_1 \quad (23)$$

Burada N və T kəmiyyətləri (9) düsturları ilə, N_1 və T_1 isə aşağıdakı ifadələrlə tapılır

$y_1 = 0$ olduqda

$$N_1 = 2\tau_{x_1 y_1}^{(0,0)} \frac{dH_1(x_1)}{dx_1} - H_1 \frac{\partial \sigma_{y_1}^{(0,0)}}{\partial y_1} \quad (24)$$

$$T_1 = (\sigma_{x_1}^{(0,0)} - \sigma_{y_1}^{(0,0)}) \frac{dH_1}{dx_1} - H_1 \frac{\partial \tau_{x_1 y_1}^{(0,0)}}{\partial y_1}$$

(18)-(19), (20)-(21), (22)-(23) sərhəd məsələlərinin həlli üçün superpozisiya prinsipini istifadə edirik.

Hər bir yaxınlaşmada sərhəd məsələlərinin həlli üstlü sıralar və inteqral tənliklər üsulları ilə alınmışdır. Metal barabanda çətin üzə çıxmasını həndəsi və qüvvə xarakteristikaları ilə əlaqələndirən ifadə alınmışdır.

Aparılmış hesablamalarda dağılmaqabağı zolaq xəttinin əyriliklərini və nahamarlıqlarını (kələ-kötürlüklərini) təsvir edən funksiya məlum dispersiyalı və sıfır orta qiymətli stasionar təsadüfi funksiya hesab edilmişdir. Normal və toxunan yerdəyişmələrin sahilləri arasında əlaqələrin fiziki-mexaniki parametrlərinin və barabanda dağılmaqabağı zolağın yerləşməsindən asılı olaraq parametrik analizi aparılmışdır.

Dağılmaqabağı zolaq bir tərəf sonu ilə barabanın daxili və ya xarici səthinə çıxırsa, bu hala da tamamilə analogi baxılır.

Bu fəslin ikinci paragrafında avtomobilin tormozlanması zamanı tormoz sisteminin metal barabanında əyrixtəli çətin yaranmasına termoelastik gərginliklərin təsiri tədqiq olunmuşdur. Materialın hissəciklərarası əlaqələrinin pozulduğu zonanın konturu düzxətli formadan meyilləndiyi təsəvvür edilərək tormoz

mexanizminin barabanında çətin yaranması məsələsinə baxılır.

Dağılmaqabağı zolağı olan tormoz barabanında temperatur gərginliklərinin təsir etdikdə gərgin-deformasiya vəziyyəti haqqında baxılan mexanika məsələsinin sərhəd şərtləri bu şəkildə olur

$$\begin{aligned} \sigma_n = 0; \quad \tau_{nt} = 0 \quad r = \rho(\theta) \text{ olduqda} \\ \sigma_r = 0; \quad \tau_{r\theta} = 0 \quad r = R \text{ olduqda} \end{aligned} \quad (25)$$

dağılmaqabağı zolağın sahillərində

$$y_1 = f_1(x_1), \quad |x_1| \leq \ell_1 \quad \text{olduqda}$$

$$\sigma_n = \sigma_s; \quad \tau_{nt} = \tau_s \quad (26)$$

Baxılan məsələdə iki kiçik parametrdə vardır ε və ε_1 . Gərginlikləri və yerdəyişmələri kiçik parametrlərə görə sıraya ayırmaqla axtarıyıq.

Həyəcanlanmalar üsulundan istifadə edərək aşağıdakı sərhəd məsələlərinin ardıcılığını alırıq.

Sıfırıncıda – sıfırıncı yaxınlaşmada (şəkil 3.13)

$$r = R_0 \text{ olduqda} \quad \sigma_r^{(0,0)} = 0; \quad \tau_{r\theta}^{(0,0)} = 0 \quad (27)$$

$$r = R \text{ olduqda} \quad \sigma_r^{(0,0)} = 0; \quad \tau_{r\theta}^{(0,0)} = 0$$

$$y_1 = 0, \quad |x_1| \leq \ell_1^0 \text{ olduqda}$$

$$\sigma_{y_1}^{(0,0)} = \sigma_s; \quad \tau_{x_1 y_1}^{(0,0)} = \tau_s \quad (28)$$

Birincidə – sıfırıncı yaxınlaşmada (şəkil 3.14)

$$r = R \text{ olduqda} \quad \sigma_r^{(1,0)} = N; \quad \tau_{r\theta}^{(1,0)} = T \quad (29)$$

$$r = R \text{ olduqda} \quad \sigma_r^{(1,0)} = 0; \quad \tau_{r\theta}^{(1,0)} = 0$$

$$y_1 = 0, \quad |x_1| \leq \ell_1^1 \text{ olduqda}$$

$$\sigma_{y_1}^{(1,0)} = 0; \quad \tau_{x_1 y_1}^{(1,0)} = 0 \quad (30)$$

Birincidə – birinci yaxınlaşmada (şəkil 3.15)

$$r = R_0 \text{ olduqda} \quad \sigma_r^{(1,1)} = 0; \quad \tau_{r\theta}^{(1,1)} = 0 \quad (31)$$

$$r = R \text{ olduqda} \quad \sigma_r^{(1,1)} = 0; \quad \tau_{r\theta}^{(1,1)} = 0$$

$y_1 = 0, |x_1| \leq \bar{\ell}_1$ olduqda

$$\sigma_{y_1}^{(1,1)} = N_1; \quad \tau_{x_1 y_1}^{(1,1)} = T_1 \quad (32)$$

Burada N və T kəmiyyətləri (2.18), N_1 və T_1 isə (3.10) düsturları ilə təyin olunurlar.

Termoelastik məsələnin həllini almaq üçün hər bir yaxınlaşmada yerdəyişmələrin termoelastik potensialını, üstlü sıralar və inteqral tənliklər üsullarını istifadə edirik.

Alınmış cəbri sistemin və çətin aşkar olma kriterisi ilə birgə həlli tormoz barabanının materialının verilmiş xarakteristikalarında temperatur gərginliklərinin kritik intensivliyini və təkərli maşının metal tormoz barabanının həddi müvazinət vəziyyəti üçün materialın hissəciklərarası əlaqələrinin zəiflədiyi zonanın ölçülərini təyin etməyə imkan verir. Materialın hissəciklərarası əlaqələrin zəiflədiyi zona bir sonu ilə tormoz barabanının daxili və xarici səthinə çıxırsa, bu hala analogi baxılır.

Əvvəlki paraqrafda olduğu kimi materialın hissəciklərarası əlaqələrinin zəiflədiyi zonanın sahillərinin açılması vektorunun normal və toxunan toplananlarının təyin olunması üzrə barabanın kəsiyində dağılmaqabağı zolağın yerləşməsindən və mexaniki parametrlərindən asılı olaraq hesablamalar aparılmışdır.

Nəticədə qeyd etmək lazımdır ki, metal tormoz barabanında çətin yaranmasının formalaşdırılmış kriterisi təkərli maşının istismarı prosesində tormoz mexanizminin barabanında çətin yaranmasını proqnozlaşdırmağa imkan verir. Dağılma (çətin yaranma) parametrlərinin kritik qiymətlərini bilərək və onlara materialın xassələrinin, friksion cütlərinin səthlərinin texnoloji emalının sinfini və digər parametrləri nəzərə alaraq layihələndirmə mərhələsində konstruktor-texnoloji həllərlə çətyaranma prosesini əsaslı idarə etmək olar. Qeyd olunmuş konstruktor-texnoloji tədbirlərin praktiki realizə olunması təkərli maşının tormoz mexanizminin friksion cütünün etibarlı işini və effektivliyinin artırılmasını təmin etməyə kömək edəcəkdir.

Məsələn, yük avtomobilinin qəlibli tormoz mexanizminin metal barabanlarının hazırlanması və istismarı zamanı əsaslandırılmış qüsurların (materialın hissəciklərarası əlaqələrinin pozul-

duğu zona) buraxıla bilən normalarının seçilməsi çətin yaranmasını vaxtında aşkar etməyə və bununla qəza hallarının qarşısını almağa, həmçinin tormoz mexanizminin friksion cütünün elementlərinin resursunu onların istismarının reqlamentləndirilməsi yolu ilə effektiv istifadə etməyə imkan verir.

Dissertasiyanın əsas nəticələri aşağıdakı məqalələrdə dərc olunmuşdur:

1. Зульфугаров Э.И. Тепловое напряженное состояние в барабане с искривленной зоной предразрушения при торможении колесной машины // Вестник ЧПУ им. И.Я. Яковлева, серия: Механика предельного состояния, 2013, №4 (18), с. 33-40.
2. Зульфугаров Э.И. Моделирование трещинообразования в тормозном барабане колесной машины // Машиноведение, 2013, №3, с. 49-53.
3. Зульфугаров Э.И. Напряженное состояние в барабане с искривленной зоной предразрушения при торможении автомобиля // Теоретическая и прикладная механика, 2013, №3-4, с. 93-99.
4. Зульфугаров Э.И. Моделирование зарождения искривленной трещины в тормозном барабане автомобиля // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии, 2014, №1 (303), с. 24-30.
5. Зульфугаров Э.И. Термоупругое напряженное состояние в тормозном барабане с зоной предразрушения при торможении колесной машины // Проблемы машиностроения, 2014, № 2, том 17, с. 27-33
6. Зульфугаров Э.И. Расчетная модель трещинообразования в тормозном барабане колесной машины // Материалы межд. науч. конф., 2015, 4 с..
7. Зульфугаров Э.И. Моделирование зарождения трещины в тормозном барабане под действием температурного поля // Мат. межд. науч. конф. «Современные проблемы математики, механики, информатики». Тула, Россия, 2014, 9 с.

8. Avtomobilin əyləcləməsi zamanı əyləc mexanizminin barabanında çatın yaranmasına dağılmaqabağı zonanın düzxətli formadan təsadüfi kiçik meyillənmələrinin təsiri. AzTU-nun Elmi əsərlər, №1, Bakı, 2015, 6 s.
9. Avtomobilin tormozlanması zamanı tormoz barabanında çatın yaranmasına termoelastik gərgin vəziyyətin təsiri. Nəzəri və tətbiqi mexanika. Ali miktəblərarası elmi-texniki jurnal, №1 (37), Bakı, 2015, 7 s

Elchin Izzetali oglu Zulfugarov

**DEVELOPMENT OF CALCULATION METHOD OF
CRACKING IN AUTOMOBILE BRAKE DRUM**

SUMMARY

The new scientific direction connected with development of calculation methods of cracking in a drum at braking of wheel car is developed in dissertation.

The thesis is devoted to the development of the method of calculation and the study of crack in the car brake drum during braking. The thesis for the first time on the basis of the theoretical analysis is performed based on the model of a rough surface friction comprehensively assessed the extent and nature of the impact of parameters on microgeometry friction, wear and appearance of cracks in the car brake drum during braking.

Mathematical modeling of crack initiation in the brake drum during braking of the vehicle.

For the first time resolved new class of problems about the origin of the cracks in the brake drum in a plane deformation under the action of force (contact pressure and friction forces) and thermal loads.

The development of effective methods of calculating the crack in the brake drum during braking of the vehicle.

Based on the calculation model developed:

a) investigated the cracking in the brake drum during braking of a vehicle;

b) developed a method for calculating the components of the vector disclosure shores weakened zones of interparticle bonding materials in the brake drum;

c) The stress-strain state drum with randomly placed area.

Depending on the size of the weakened zones binder and disclosure of their shores from the applied load, and other geometrical and mechanical parameters of the brake drum.

Recommendations for practical use of the results of the dissertation stage design, manufacture and operation of the brake drums car.

Эльчин Иззетали оглы Зульфугаров

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА РАСЧЕТА
ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ В ТОРМОЗНОМ БАРАБАНЕ
АВТОМОБИЛЯ**

АННОТАЦИЯ

Диссертационная работа посвящена разработке метода расчета и исследования трещинообразования в тормозном барабане автомобиля в процессе торможения. В диссертации впервые на основе теоретического анализа выполняемого на основе модели шероховатой поверхности трения, всесторонне оценивается степень и характер воздействия параметров микрогеометрии на трения, износ и появления трещины в тормозном барабане автомобиля в процессе торможения.

Проведено математическое моделирование зарождения трещин в тормозном барабане при торможении автомобиля.

Впервые решен новый класс задач о зарождении трещин в тормозном барабане в условиях плоской деформации при действии силовой (контактного давления и сил трения) и тепловой нагрузок.

Развита эффективная методика расчета трещинообразования в тормозном барабане при торможении автомобиля.

На основе разработанной расчетной модели:

- а) исследовано трещинообразование в тормозном барабане при торможении автомобиля;
- б) разработан метод расчета составляющих вектора раскрытия берегов зон ослабленных межчастичных связей материале в тормозном барабане;
- в) исследовано напряженно-деформированное состояние тормозного барабана с произвольно размещенной зоной предразрушения.

Получены зависимости размеров зон ослабленных межчастичных связей материала и раскрытия их берегов от приложенной нагрузки, а также других геометрических и механических параметров тормозного барабана.

Даны рекомендации для практического использования результатов диссертации на стадии проектирования, изготовления и эксплуатации тормозных барабанов автомобиля.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ
РЕСПУБЛИКИ
АЗЕРБАЙДЖАНСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

На правах рукописи

ЭЛЬЧИН ИЗЗЕТАЛИ оглы ЗУЛЬФУГАРОВ

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА РАСЧЕТА
ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ
В ТОРМОЗНОМ БАРАБАНЕ АВТОМОБИЛЯ**

3317.01 – Автомобильная техника

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
доктора философии по технике

Баку – 2015