

faiz və 25 faizdir. Filippin yalnız şərti olaraq 70 faiz azalma vəd edib. Hətta bu şərti vədlər Paris Sazişində nəzərdə tutulduğundan daha yüksək qlobal istiləşmə ilə nəticələnməyə və daha iddialı məqsədlərə ehtiyac olduğunu vurğulayacaq.

Nəticə. Hazırda ekoloji vəziyyətin pisləşməsi getdikcə daha çox sosial və iqtisadi problemlərin yaranmasına səbəb olur. Ekoloji problemləri həll etmək üçün ekoloji qanunvericiliyi gücləndirmək və müasirləşdirmək, o cümlədən sənaye texnologiyalarını təkmilləşdirmək, avadanlıqları yeniləmək lazımdır. Ekoloji problemlərin həllinin mühüm yolu əhalinin ekoloji maarifləndirilməsi və ətraf mühitin mühafizəsi üçün müxtəlif sosial və yerli konsepsiyaların təbliğidir.

Region ölkələri atmosfer və okeanlar, canlılar aləminin və yaşayış mühitinin mühafizəsi, təhlükəli maddələrin idarə edilməsi ilə bağlı qlobal və regional konvensiyalarda getdikcə daha çox iştirak etməlidirlər. Birləşmiş Millətlər Təşkilatı və Dünya Bankı Qlobal Ətraf Mühit Fondu (GEF) vasitəsilə qonşu ölkələrdə çirkənmənin təsirindən əziyyət çəkən ölkələrə yardım göstərir.

Ədəbiyyat

1. Uti Maria Skiba, Lindsay Banin, Julia Drewer/ Oil Palm.
2. Nicholas John Ostle, Niall Patrick McNamara, Robert İwan Griffiths. Landcaster University/ Bali.Palm Oil
3. Ronald C. Estoque., Makoto Ooba., Valerio Avitabile., Yasuaki Hijioka , Rajarshi DasGupta, (2019). Takuya Togawa¹ & Yuji Murayama⁴ - The future of Southeast Asia's forests. p.12
4. Wester P., Mishra A., Mukherji A., Bhakta Shrestha, A. (2019). The Hindu Kush Himalaya Assessment: Mountains, Climate Change, Sustainability and People. Springer
5. Helena Varkkey. (2021). The Forests for the Palms: Essays on the Politics of Haze and the Environment in Southeast Asia. p.117
6. Ganiyeva S.A., Gurbanov E.A. (2021). Seasonal Dynamics of the Underground Part of the Ephemeral–Wormwood Semidesert of the Kura–Araks Lowland under Modern Climatic Conditions, Volume 11, Issue 1, P.44- 51

References

1. Uti Maria Skiba, Lindsay Banin, Julia Drewer/ Oil Palm.
2. Nicholas John Ostle, Niall Patrick McNamara, Robert İwan Griffiths. Landcaster University/ Bali.Palm Oil
3. Ronald C. Estoque., Makoto Ooba., Valerio Avitabile., Yasuaki Hijioka , Rajarshi DasGupta, (2019). Takuya Togawa¹ & Yuji Murayama⁴ - The future of Southeast Asia's forests. p.12
4. Wester P., Mishra A., Mukherji A., Bhakta Shrestha, A. (2019). The Hindu Kush Himalaya Assessment: Mountains, Climate Change, Sustainability and People. Springer
5. Helena Varkkey. (2021). The Forests for the Palms: Essays on the Politics of Haze and the Environment in Southeast Asia. p.117
6. Ganiyeva S.A., Gurbanov E.A. (2021). Seasonal Dynamics of the Underground Part of the Ephemeral–Wormwood Semidesert of the Kura–Araks Lowland under Modern Climatic Conditions, Volume 11, Issue 1, P.44- 51

Məqaləyə istinad: Qəniyeva S.A., Cəvahir T.M., Cəbiyeva T.E. Cənub Şərqi Asiya ölkələrinin atmosfer-ekoloji monitorinqi. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzMİU, s. 100-105, N2, 2024

For citation: Ganiyeva S.A., Javahir T.M., Jabiyeva T.E. Atmospheric-environmental monitoring of south East Asia countries. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzUAC. p.100-105, N2, 2024

Redaksiyaya daxil olma/Received 5.2.2024

Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 5.4.2023

<http://doi.org/10.58225/sw.2024.2-106-115>

NANOMODİFİKATORUN ASFALTBETONUN TƏKƏR İZİNƏ DAYANIQLIĞININ ARTIRILMASINDA ROLU

Quvalov Abbas Abdurəhman oğlu- professor, Materialşünaslıq kafedrası, AzMİU, abbas-guvalov@mail.ru
Abbasova Səidə İskəndər qızı-dosent, Materialşünaslıq kafedrası, AzMİU
Məmmədov Anar Davud oğlu- dissertant, Materialşünaslıq kafedrası, AzMİU

Xülasə. Əmələ gəlməsi asfaltbetonun tərkibindəki yapışdırıcının xassələrindən birbaşa asılı olan plastiki təkər izi ilə bağlı aspektlərə baxılmışdır. Tərkibində etilen və vinilasetatın sopolimeri olan termoelastoplastik EVA polimerinin tətbiqi ilə alınmış və istehsalatda istifadə edilən bitum kompozisiyası ilə müqayisəli şəkildə polimer-bitum yapışdırıcısının keyfiyyət göstəricilərinə karbon nanomateriallərinin təsirinin qiymətləndirilməsi aparılmış və onların asfaltbetonun təkər izinin əmələgəlməsinə təsiri öyrənilmişdir. Təkər izinin əmələgəlməsini təsvir edən riyazi modelin empirik əmsalının fiziki mənası müəyyən edilmişdir. Aparılmış tədqiqata uyğun olaraq örtüyün xidmət müddətinin qiymətləndirilməsi üçün verilmiş Nəqliyyat yüklərinin təsiri altında yol örtüyündə yığılan qalıq deformasiyaların təyini (EC EN 12697-22) standartının tələblərinə uyğun olan hesabat üsulundan istifadə edilmişdir. Hesablanmış xidmət müddətinin təyini plastik deformasiyaya dayanıqlılıq kriteriyası üzrə aparılmışdır. Tədqiqatlar göstərmişdir ki, polimer-bitum yapışdırıcısına çoxdivarlı karbon nanoborularını verdikdə avtomobil yol örtüyünün hesablanmış xidmət müddətinin (plastik deformasiya kriteriyaları üzrə) 75%-dək artması müşahidə olunur. Eyni zamanda karbon nanomodifikatorunu istifadə etdikdə bitumun tərkibinə verilmiş yüksək maya dəyərində malik polimerin miqdarının 29%- ə qədər azaldılmasına imkan yaranır.

Açar sözlər: birdivərli karbon nanoboruları, polimer-bitumlu yapışdırıcı, asfaltbeton, təkər izinə dayanıqlılıq

THE ROLE OF NANOMODIFIER IN IMPROVING THE TIRE TRACK RESISTANCE OF ASPHALT CONCRETE

Guvalov Abbas Abdurahman- professor, department of Material science, abbas-guvalov@mail.ru
Abbasova Saida İskandar- assistant professor, department of Materials Science, AzUAC
Mammadov Anar Davud- graduate student, department of Materials Science, AzUAC

Abstract. Aspects related to plastic tire tracks, whose performance directly depends on the properties of the adhesive contained in the asphalt concrete, have been considered. The influence of carbon nanomaterials on the quality parameters of the polymer-bitumen adhesive was compared with the bitumen composition obtained by applying the thermo-elastoplastic EVA polymer containing ethylene and vinylacetate copolymer and compared with the bitumen composition used in production. The physical meaning of the empirical coefficient of the mathematical model describing the formation of the tire track is determined. In accordance with the conducted research, for the assessment of the service life of the pavement, a reporting method was used that complies with the requirements of the standard (EC EN 12697-22) for the determination of residual deformations accumulated in the road surface under the influence of traffic loads. The determination of the calculated service life was made according to the criterion of resistance to plastic deformation. Studies have shown that adding multi-walled carbon nanotubes to the polymer-bitumen adhesive increases the calculated service life of the road surface (according to plastic deformation criteria) by up to 75%. At the same time, when using carbon nanomodifier, it is possible to reduce the amount of high-cost polymer added to bitumen up to 29%.

Keywords: single-walled carbon nanotubes, polymer-bitumen adhesive, asphalt concrete, tire rut resistance

Giriş. Hazırda nəqliyyatın ən aktual problemlərindən biri yol və aerodrom örtüklərində asfaltbetonun əyilməyə dayanıqlığının, kəsilmə müqavimətinin və təkər izinə dayanıqlığının artırılmasıdır. Nəqliyyat qurğularında asfaltbeton örtüklər tamamilə çatadayanıqlı, əyilməyə və təkər izinə dayanıqlı olmur. Bu asfaltbetonun xarici aqressiv mühit amillərinə həssaslığı ilə bağlıdır. Belə ki, intensiv nəqliyyat axınının mexaniki təsirlərindən baş verən dağılma proseslərinin fonunda onun yapışdırıcı hissəsində və nəticədə asfaltbetonun plastikliyində dəyişiklik baş verir, öz növbəsində bu da strukturun bütövlüyünün pozulmasına – çatəmələgəlməyə, eyni zamanda deformasiyaya dayanıqlığın itirilməsinə gətirib çıxarır.

Asfaltbeton örtüyün səthində təkər izi nəqliyyat yüklərinin təsiri altında biri-birindən asılı olmayan bir neçə səbəbdən əmələ gələ bilər: örtüyün üst və alt qatında dönməyən əyilmə və kəsilmə deformasiyaları; torpaq örtüyünün əsas qatında və qruntda dönməyən deformasiyalar; qeyri-bərabər sürtülmə və örtüyün kifayət qədər sıxlaşdırılmaması [1].

Təkər izlərinin əmələgəlmə prosesi üç növə bölünür: abrazivli, plastiki və bütün qalınlıq üzrə [2, 3]. Yol örtüyünün ümumi möhkəmliyi yola təsir göstərən faktiki yükə uyğun olmadıqda təkər izi bütün qalınlıq üzrə əmələ gəlir. Yol örtüyünün ümumi möhkəmliyi uyğun olduqda örtükdə plastik deformasiya problemi yaranır, xüsusi hallarda təkər izinin əmələ gəlməsi abrazivli yaxud sürtülmə ilə baş verir.

Tədqiqatçılar plastiki təkər izini aradan qaldırmaq üçün çoxqırmadaşlı sıx asfaltbetonların, eyni zamanda yüksək əyilməyə dayanıqlılıq göstəricilərinə və qalıq deformasiyaların yığılmasına müqavimət göstərmə qabiliyyətinə malik digər asfaltbeton növlərinin tətbiqini tövsiyə edirlər [3,4].

Asfaltbeton örtüyün əyilməyə dayanıqlığı bitumun reologiyası və istiliyə dayanıqlığı ilə müəyyən edilir. Yol kompozitinin əyilməyə dayanıqlığının yaxşılaşdırılmasına yönəlmiş ən səmərəli və geniş yayılmış üsullardan biri bitumun müxtəlif əlavələrlə, ilk növbədə polimer əlavələrlə modifikasiyasıdır [5-8].

Polimer-bitum yapışdırıcısı (PBY) əsasında olan yol örtüyünün plastik deformasiyaya və təkər izinə qarşı yüksək dayanıqlığa malik olduğuna görə PBY bir çox avropa ölkələrində yol-tikintisində müvəffəqiyyətlə tətbiq edilir [9-11].

Respublikamızda bitum materialları bazarının bu segmenti nisbətən yenidir, lakin dinamik inkişaf edir. Bu Azərbaycan Respublikasında xammal və kompozit materiallara, tikintiyə, habelə avtomobil yollarına olan tələblərin sərtləşdirilməsidir. Bu tələblər sahə elminin inkişafına təkan verir və üzvi yapışdırıcıların keyfiyyətinin artırılması üsullarının genişləndirilməsini stimullaşdırır. Polimer-bitum yapışdırıcısının keyfiyyətinin artırılması sahəsindəki perspektiv istiqamətlərdən biri də yapışdırıcının karbon nanomaterialları (KNM) ilə modifikasiya texnologiyasının işlənməsidir. Bu üsulun tətbiqi xüsusilə makromodifikasiyanın [12-13] səmərəliliyini yaxşılaşdırmağa və onların çatışmazlıqlarını aradan qaldırmağa imkan verir [14-18].

Materiallar və tədqiqat üsulları. Tədqiqat işində BNB 50/70 markalı neft bitumundan (TŞ AZ 3536601.242-2015 üzrə H.Əliyev adına Bakı neft emalı zavodunun istehsalı); etilen və vinilasetatın sopolimeri olan termoelastoplastik polimer –EVA, üzvi plastikləşdirici kimi İ-40 markalı sənaye yağı, AMEA-nın Kataliz və Qeyri-üzvi Kimya İnstitutunun 28-ci laboratoriyasında karbohidrogen qaz xammalından alınmış çox divarlı karbon nanoborularından (ÇDKNB) istifadə olunmuşdur.

70°C-də polimerlərin İ-40 markalı sənaye yağında 5-15%-li məhlulu hazırlanır. Sonra alınmış məhlul 6 saat müddətində qarışdırılmaqla bituma əlavə edilir və temperatur 160°C-dək artırılır. Bundan sonra modifikatorların bitumun xassələrinə təsirini öyrənmək üçün aşağıdakı tədqiqat üsullarından istifadə olunmuşdur:

- PBY yumşalma temperaturu K və Ş (QOST 11506-76) metodu üzrə təyin edilir.
- Kövrəklik temperaturu Fraas üzrə (QOST 11507-78) ölçülür.
- 25°C-də iynənin batma dərinliyi QOST 11501-78 üzrə təyin edilir.
- Bitumun dartılması (duktilliyi) QOST 11505-78 üzrə təyin edilir.
- Yüksək temperaturda uzunmüddətli (163°C, 5 saat) saxlanılma zamanı keyfiyyət göstəricilərinin dəyişməsinə görə qiymətləndirilən bitumun stabilliyi QOST 18180-72 üzrə aparılır.

- Nəqliyyat yüklərinin təsiri altında yol örtüyündə yığılan qalıq deformasiyaların təyini EC EN 12697-22 standartına uyğun olaraq InfraTest 20-4000 laboratoriya qurğusunda aparılmışdır (Şəkil 1).



Şəkil 1. Təkər izinə sınağın aparılması üçün 20-4000 cihazı [18]

Müzakirələr. Tədqiqat işində PBY-nin keyfiyyət göstəricilərinə karbon nanomateriallərin təsirinin qiymətləndirilməsi aparılmış və nanomodifikasiya olunmuş yapışdırıcının asfaltbetonun təkər izinin əmələgəlməsinə dayanıqlığına təsiri öyrənilmişdir. Aparılmış tədqiqatlarda bitum əsasında modifikasiya olunmuş yapışdırıcının matrisasında KNB-un bərabər yayılmasının və dispersləşməsinin optimal və səmərəli rejimləri seçilmiş və müəyyən edilmişdir ki, polimer-bitum yapışdırıcılarının tərkibində karbon nanomateriallərinin miqdarı 0,002-0,01% olduqda onun təsiri daha səmərəli olur [17,18].

Tədqiqatda bitum kompozisiyasının tərkibindəki komponentləri dəyişməklə müxtəlif növ nümunələr hazırlanmışdır. Nəzarət nümunəsi kimi tərkibində 4,5% polimer olan yapışdırıcı istifadə olunmuşdur. Çünki istehsalat şəraitində tətbiq olunan modifikasiya olunmuş bitumun tərkibində polimer maddənin miqdarını 4,5% götürürlər. Tədqiq olunan modeli sadələşdirmək üçün bitumun tərkibində polimerin və nanomodifikatorun miqdarı dəyişdirilmişdir. Plastikləşdiricinin tərkibi onun xassələrinin QOST 52056-2003 tələblərinə uyğun olması şərti ilə əvvəlcədən seçilir. PBY nümunələrinin hazırlanması standart texnologiya üzrə aparılır, qarışdırılma pərli qarışdırıcıda həyata keçirilir, tam standarta uyğun qarışıq alınması üçün növbəti mərhələdə qarışıq quruducu şkafa yerləşdirilir.

Bütün tərkiblər laboratoriya şəraitində hazırlanmışdır. Bütün tərkiblər, o cümlədən təklif olunan (№ 2-4) və nəzarət nümunəsi (№ 1) cədvəl 1-də, onların fiziki-mexaniki göstəriciləri isə cədvəl 2-də verilmişdir.

Cədvəl 1. Tədqiq olunan yapışdırıcı nümunələrinin tərkibləri [18]

Komponent	PBY nümunələri			
	1	2	3	4
ÇDKNB, %	-	-	0,002	0,002
EVA, %	4,5	4,5	2,8	3,2
Plastikləşdirici, %	-	2,0	2,0	2,0
Bitum, %	100*	100	100	100

Cədvəl 2-dən göründüyü kimi, tərkib №2 polimerin miqdarına görə istehsalat tərkibinə (4,5%) oxşardır, istiliyədayanıqlığına, elastikliyinə və adgeziyalı yapışmasına görə ondan geri qalır, bu da bitumun dispers mühitində polimerin formalaşdırdığı “şəbəkənin” kifayət qədər möhkəm olmamasını və onun tərkibində əlavə möhkəmləndirici komponentlərin istifadə edilməsinin lazım olduğunu sübut edir. İstehsalatda tətbiq olunan polimer bitum yapışdırıcısında bu rolu çarpaz birləşdirici agentlər (polimerlər) yerinə yetirir. Onlar yapışdırıcının xassələrinin yaxşılaşmasını təmin edir, lakin polimerin miqdarını azaltmağa imkan vermir. 4-cü tərkibdə olduğu kimi karbon nanoborularını PBY-nin tərkibinə verdikdə yapışdırıcının xassələri yüksəlir. 1-ci və 2-ci tərkibə nisbətən ÇDKNB verdikdə (3-cü və 4-cü tərkiblərdə) PBY bütün göstəriciləri yüksəlir.

1-ci və 2-ci tərkibləri müqayisə etdikdə görürük ki, PBY-nin tərkibində plastifikatorun istifadəsi (2-ci tərkib) onun adgeziya xassələrinə mənfi təsir göstərir. ÇDKNB plastifikator olan bütüm mühitində yaxşı dispersləşmə bilmədiyinə görə tərkibində plastifikator olan PBY adgeziya xassələrinə nanoboruların təsirinin öyrənilməsi vacibdir. Adgeziyalı yapışma müxtəlif əsaslığa malik daş materialların qaynadılması zamanı beş ballıq şkala ilə qiymətləndirilir (bax cədvəl 2). Göründüyü kimi tərkib №1-də adgeziya standartın tələblərini ödəyir, lakin qeyd etmək lazımdır ki, bu qiymət sərhəddədir. Nanoölçülü materialların əlavə edilməsi (tərkib №4) yapışdırıcının əsaslığından asılı olmayaraq bütün mineral materiallarla adgeziyalı yapışmasını təmin etməyə imkan verir.

Cədvəl 2. Tədqiq olunan yapışdırıcının xüsusiyyətləri [18]

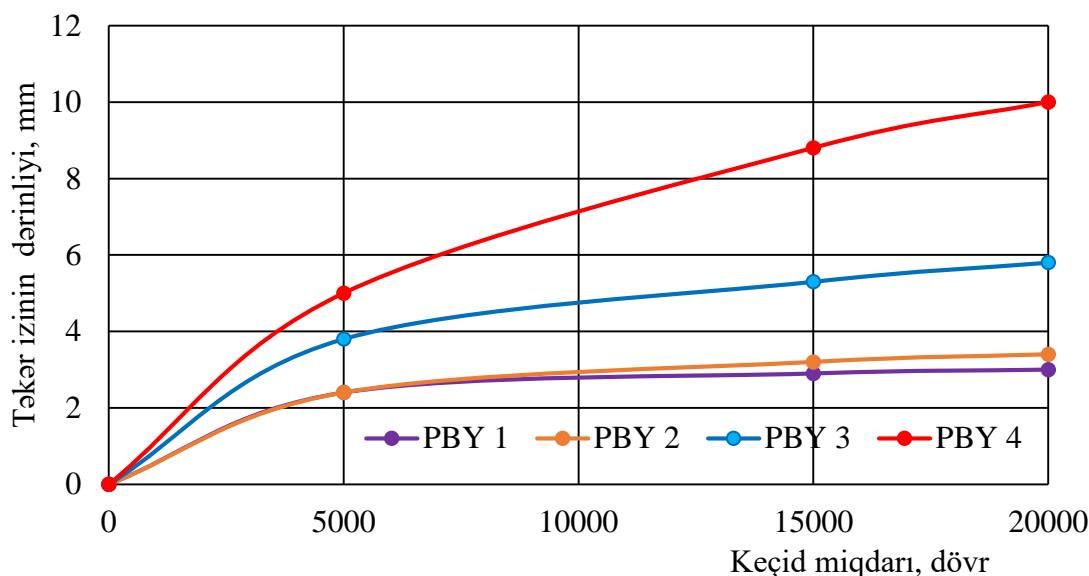
Göstəricilər	QOST 52056-2003, PBY	İstifadə olunan bitum 50/70	PBY nümunələri, tərkiblərin nömrələri			
			1	2	3	4
0,1 mm iynənin batma dərinliyi, az olmamalıdır: 25 ⁰ C-də 0 ⁰ C-də	60 32	94 44	65 35	67 33	68 34	66 35
Genişlənməsi, sm, az olmamalıdır: 25 ⁰ C-də 0 ⁰ C-də	25 11	72 20	68 34	65 16	56 20	72 41
Yumşalma temperaturu, ⁰ C, aşağı olmayaraq:	54	47	68	65	61	75
Fraasuya görə kövrəklik temperaturu T _k , yüksək olmayaraq:	-20	-19	-23	-20	-23	-24
Qızdırıldıqdan sonra yumşalma temperaturunun dəyişməsi, ⁰ C, çox olmayaraq:	5	5	3	4	1	1
Adgeziya balla: Qranitə Kvarsitə Əhəng daşına	-	4 3 4	4 4 5	3 3 4	5 5 5	
Bircinslilik	bircinsli	-	bircinsli			
Elastiklik, %, az olmayaraq: 25 ⁰ C-də 0 ⁰ C-də	80 70	-	92 75	89 74	95 87	98 92

Avtomobil yol örtüklərinin səmərəli fəaliyyətini müəyyənləşdirmək və xarici mühitin mənfi amillərinə müqavimət göstərmək qabiliyyətini öyrənmək üçün modifikasiya olunmuş yapışdırıcının asfaltbetonun tərkibində özünü necə aparması tədqiq edilmişdir.

Nəqliyyat yüklərinin təsiri altında yol örtüyündə yığılan qalıq deformasiyaları real iş şəraitində imitasiya edən müasir sınaq üsulları InfraTest 20-4000 laboratoriya qurğusunda təkər izinin əmələ gəlməsinə asfaltbetonun dayanıqlığının təyini. Bunun üçün InfraTest 20-4030 sektorlu sıxlaşdırıcılarda yapışdırıcının bərabər miqdarında EC EN 12697-22 standart metodikası üzrə asfaltbetondan xüsusi nümunələr-tavalər hazırlanmışdır. Tədqiq olunan nümunələrdə yapışdırıcı kimi PBY istifadə olunur (№1 -№4). Tədqiqat üsulu asfaltbetondan hazırlanmış tavanın üzərində avtomobili imitasiya edən təkərin çoxmərhələli hərəkətindən əmələ gələn təkər izinin öyrənilməsinə aiddir. Nümunələrin sınılanması su mühitində 60⁰C temperaturda aparılır. Alınmış nəticələri qiymətləndirmək üçün təkərin 20000 keçidinə uyğun gələn təkər izinin dərinliyi ölçülür.

Çoxsaylı tədqiqatlarla [1-3, 19] təsdiq edilmişdir ki, bu üsulun tətbiq edilməsi asfaltbetonun real istismar şəraitində özünü necə aparmasını proqnozlaşdırmağa və materialın xassələrini qiymətləndirməyə imkan verir, hansı ki, birmərhələli dağıdıcı yüklə sınaq zamanı qiymətləndirmək çətinidir. Beləliklə asfaltbetonun modifikasiyasının səmərəliliyini müəyyənləşdirmək imkanları yaranır ki, bu da istismar zamanı onun təkər izinin əmələgəlməsinə daha çox dayanıqlığı ilə xarakterizə olunur.

Asfaltbeton nümunələrində plastik deformasiyadan yaranan təkər izinə dayanıqlığın tədqiqi üzrə təcrübə nəticələri şəkil 2-də verilmişdir. Şəkildə qrafiklərin nömrələri cədvəl 2-də verilmiş tərkiblərin nömrələrinə uyğundur.



Şəkil 2. PBY ilə müxtəlif tərkibli asfaltbetonun təkər izinə dayanıqlığı [19]

Məlum olduğu kimi, təkər izinin əmələgəlmə prosesi üç mərhələdə baş verir: əlavə sıxılma; plastik deformasiya nəticəsində təkər izinin əmələ gəlməsi; asfaltbetonun dağılması. Ona görə də empirik asılılığın alınması üçün tədqiqat işində eksponensial model seçilmişdir [17]. Bu model materialın təkər izinə dayanıqlığının öyrənilməsi zamanı baş verən dəyişiklikləri daha dəqiq təsvir edir. Seçilmiş model aşağıdakı prinsipləri nəzərdə tutur:

- başlanğıc mərhələdə təkər izinin əmələgəlmə sürəti – keçid nömrəsindən asılı olmayaraq son müsbət qiymət;
- təcrübədə təkərlərin keçidini nəzərə almaq üçün bu asılılıq $y = k_{\infty}x + b_{\infty}$ mövcuddur;
- materialın əlavə sıxılmasının son mərhələsində təkər izinin əmələgəlmə sürətinin stabilləşməsi baş verir.

Göstərilən amillərin cəmi qapalı sistem təşkil edir ki, bu da üç parametrlili asılılığın yaranmasını təmin edir:

$$H = H(N) = a\left(\frac{2}{1+e^{-bN}} - 1\right) + cN \quad (1)$$

Burada, $H(N)$ -N-ci keçiddən sonra təkər izinin dərinliyi; a , b , c – təcrübə əsasında təyin olunan empirik əmsallar (modelin parametrləri). Modelin parametrlərinin $H(N)$ hesabət qiymətləri cədvəl 3-də verilir.

Cədvəl 3. Modelin parametrlərinin $H(N)$ qiymətləri [19]

Asfaltbeton nümunələri	Empirik əmsalların qiyməti		
	a	b	c
PBY № 1	2,190	0,534	0,055

PBY № 2	5,817	0,380	0,212
PBY № 3	3,289	0,574	0,113
PBY № 4	2,022	0,611	0,052

Müxtəlif PBY əsasında hazırlanmış asfaltbeton nümunələrində təkər izinin dərinliyinin təkər keçidlərinin miqdarından asılılığının analizi və onların aproksimasiya tənliyi müəyyənləşdirməyə imkan verir ki, a əmsalı- təkər izinin maksimal dərinliyinin qiymətini xarakterizə edir; b əmsalı- istismar prosesində asfaltbetonun əlavə sıxılma mərhələsinin müddəti; c əmsalı- əlavə sıxılma mərhələsi başa çatdıqdan sonra təkər izinin əmələgəlmə sürəti.

Təqdim olunan məlumatlardan (cədvəl 3.) görünür ki, PBY (№ 2) laboratoriya tərkibləri əsasında hazırlanmış asfaltbeton nümunələri tərkibində polimerin miqdarının çox olmasına (4,5%) baxmayaraq daha pis nəticələr göstərir və təkər izinin daha böyük dərinliyi və əmələgəlmə sürəti ilə xarakterizə olunur. Tərkibində polimer olan PBY (№ 1) və nanomodifikasiya olunmuş polimer-bitum yapışdırıcısı (№ 4) əsasında hazırlanmış asfaltbeton nümunələrində təkər izinin dərinliyinin qiyməti daha kiçik, izin əmələgəlmə sürəti isə daha aşağı olur. Alınmış nəticələr plastik deformasiyadan əmələ gələn qüsurlara materialın strukturunun müqavimətini təmin etmək üçün polimerli modifikatorun təsirinin kifayət qədər olmaması barədə fikir yürütməyə imkan verir.

Plastik deformasiyadan təkər izinin əmələ gəlməsinə asfaltbetonun dayanıqlığı üzrə alınmış nəticələrə əsaslanaraq ehtimal etmək olar ki, avtomobil yol örtüyünün tikintisi zamanı nanomodifikasiya olunmuş asfaltbetonun tətbiqi avtomobil yollarının qüsursuz xidmətini artırmağa imkan verəcək.

Nanomodifikatorların tətbiqi ilə avtomobil yol örtüyünün xidmət müddətini qiymətləndirmək üçün ДМД 02191.2.051-2012-də (Asfalt yapışdırıcısına əsaslanan asfalt-beton qarışığı kompozisiyalarının seçilməsi üçün tövsiyələr) təsvir edilmiş hesabat metodikasından istifadə olunmuşdur. Hesablanmış xidmət müddətinin təyini plastik deformasiyaya dayanıqlılıq kriteriyası üzrə yerinə yetirilir. Kritik plastik deformasiya aşağıdakı formulla hesablanır:

$$T = K_{\xi} H_{kr} / H_1 \dot{I}_{hes} T_{60}, \quad (2)$$

Burada, K_{ξ} – hərəkət şəraiti əmsalı. Onun qiyməti sıx hərəkət şəraiti üçün (körpü, yerüstü keçidlər, tunellər) 1,0 -ə, qalan hallarda 1,3-ə bərabər olur;

H_{kr} – kritik deformasiya (təkər izinin buraxıla bilən dərinliyi) m, QOST P 50597-93-ə görə qəbul edilir;

H_1 – plastik deformasiyanın qiyməti (təkər izinin dərinliyi) m, 60°C temperaturda təkər yükünün təsirinin bir dövründən sonra;

\dot{I}_{hes} – avtomobillərin hərəkət zolağı üzrə hərəkətinin intensivliyi, avt./saat, avtomobil yolunun konkret sahəsində müşahidələrin nəticələrinə görə təyin olunur; müşahidələr olmadığı halda avtomobillərin hərəkət intensivliyi İN 34.13330.2012-yə görə qəbul olunur;

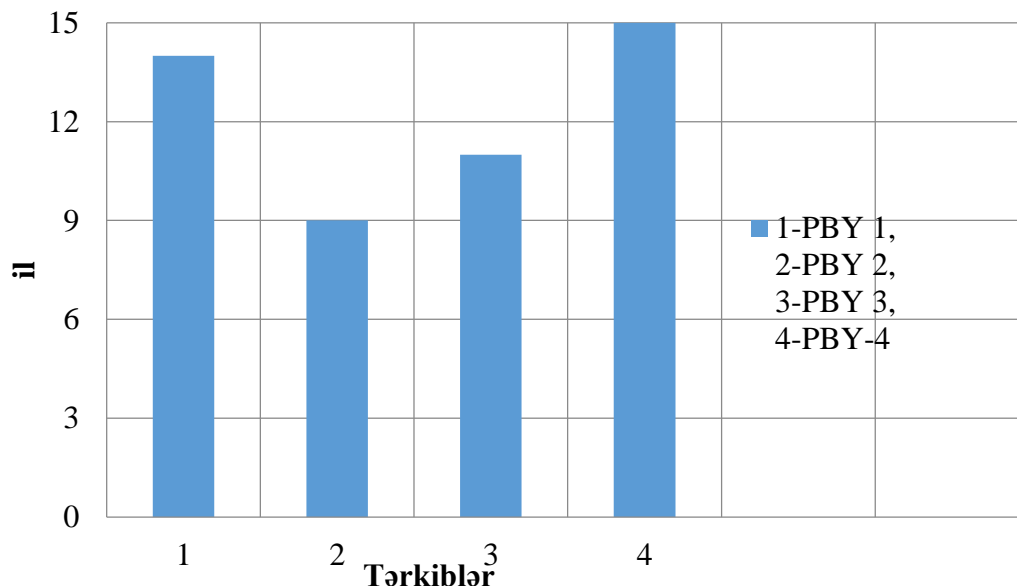
T_{60} – örtüyün temperaturu 60°C və yüksək olmaqla ildə saatların miqdarı, hər bir konkret regionda meteoroloji stansiyaların məlumatlarına əsasən müəyyən edilir. Baxılan hal üçün cədvəl 4-də verilən əmsallar qəbul edilmişdir.

Cədvəl 4. Örtüyün xidmət müddətinin hesabı üçün əmsallar [19]

Əmsallar	Polimerasfaltbeton qarışıqlarının tərkibləri			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
K_{ξ}	1,3	1,3	1,3	1,3
H_{kr} , m	0,05	0,05	0,05	0,05
H_1 , m	$28 \cdot 10^{-8}$	$7 \cdot 10^{-8}$	$8 \cdot 10^{-8}$	-
\dot{I}_{hes} , avt/saat	250	250	250	250
T_{60} , saat/il	230	230	230	230

Tədqiq olunan qərarın (bax cədvəl 1) və qəbul olunmuş əmsalların (bax cədvəl 3) tətbiqi ilə yerinə yetirilmiş avtomobil yol örtüyünün plastik deformasiya üzrə qüsursuz xidmət müddətinin hesabat nəticələri şəkil 3-də verilmişdir.

Təqdim olunan nəticələrdən görünür ki, hesablanmış qüsursuz xidmət müddətinin ən kiçik qiyməti (7 il) tərkibində 4,5% polimer olan PBY № 2 laboratoriya tərkibi əsasında asfaltbeton nümunələrinə uyğun gəlir. Ən yaxşı nəticələr tərkibində əlavə olaraq polimer agentlər iştirak edən PBY № 1 (13 il) istehsalat nümunələri və nanomodifikasiya olunmuş PBY № 4 (14 il) əsasında asfaltbeton nümunələri üçün xarakterikdir.



Şəkil 3. Örtüyün hesablanmış xidmət müddətinin dəyişməsinin istifadə olunan qərardan asılılığı

Tədqiqat işində əsas problem örtüyün plastik deformasiyası ilə bağlı olsa da yol geyiminin ümumi möhkəmliyinin uyğunluğuna da baxılmışdır. Alınmış nəticələr plastik deformasiyadan təkər izinin əmələ gəlməsinə dayanıqlığı təmin etmək üçün PBY-nin tərkibində bir modifikasiyaedici komponentin (polimerin) istifadəsinin yetərli olmaması barədə nəticə çıxarmağa imkan verir. Əlavə möhkəmləndirici komponentlər kimi polimerləri, nanomateriaları daxil etmək lazımdır. Müəyyən edilmişdir ki, yapışdırıcının laboratoriya tərkibinə (PBY № 4) çoxdivarlı karbon nanoborularının daxil edilməsi təkə istehsalatın tələblərinə uyğun yapışdırıcı əldə etməyə deyil, həm də onların xassələrini yaxşılaşdırmağa imkan verir: istiliyə dayanıqlılıq-10%, elastiklik 25⁰C və 0⁰C-də uyğun olaraq 7 % və 24% artır. Bu zamanda polimerin miqdarını da müəyyən qədər azaltmaq olur. Asfaltbetonun xassələrində müşahidə olunan dəyişikliklər istismar zamanı yol örtüyünün təkər izi əmələgəlməyə dayanıqlığında qanunauyğun şəkildə öz əksini tapır: polimerin miqdarının yüksək (4,5%) olmasına baxmayaraq tərkib № 2-də pis nəticə alınır və təkər izinin ən böyük dərinliyi (9,9 mm) və yüksək əmələgəlmə sürəti ilə xarakterizə olunur. Təkər izinin ən kiçik dərinliyi, həmçinin ən az əmələgəlmə sürəti ilə tərkibində polimer olan nəzarət nümunəsi (№ 1) və nanomodifikasiya olunmuş yapışdırıcı (№ 4) əsasında olan asfaltbeton nümunələri xarakterizə olunur. Təkər izinin dərinliyi №1-də 3,3 mm, №4-də isə 3 mm təşkil edir. Bu da №4 tərkibini tətbiq etdikdə avtomobil yol örtüyünün hesablanmış xidmət müddətinin (plastik deformasiya kriteriyaları üzrə) 76%-dək artmasına səbəb olur. Eyni zamanda nanomodifikatorun istifadəsi bahalı polimerin miqdarını 30% azaltmağa imkan verir.

Nəticələr.

1. Məlum edilmişdir ki, təkər izinin yaranma prosesi kompleks olduğuna görə təkər izinin əmələgəlməsi zamanı yalnız əsas amillər nəzərə alınır. Təkər izinin əmələgəlməsi ilə səmərəli mübarizə aparmaq üçün prosədə iştirak edən bütün amilləri nəzərə almaq və onun qarşısını almaq üçün kompleks tədbirlər görmək lazımdır. Bu tədbirlərə həm asfaltbetonun və bütövlükdə yol

konstruksiyasının layihələndirmə üsullarının təkmilləşdirilməsi, həm də yüksək ox yükünə malik nəqliyyatın hərəkətinə, eləcə də çivili təkərlərin istifadəsinə qoyulan məhdudiyətlər aiddir.

2. Tədqiqatlarla müəyyən edilmişdir ki, karbon nanoborularının tətbiqi ilə polimer-bitum yapışdırıcısı əsasında hazırlanmış avtomobil yol örtüyündə təkər izinin dərinliyi 3 mm təşkil edir. Bu isə avtomobil yol örtüyünün xidmət müddətinin 76%-dək artmasına səbəb olur.

Ədəbiyyat

1. Ядыкина В.В., Акимов А.Е., Тоболенко С.С. (2019). Повышение устойчивости к колееобразованию покрытий автомобильных дорог при применении модифицированных компонентов в составе щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей // Научный журнал строительства и архитектуры. № 1 (53). с.56-63 doi:10.25987/VSTU.2019.53.1.005
2. Мозговой В.В., Онищенко А.Н., Пруткий А.В. (2010). Экспериментальная оценка устойчивости асфальтобетонного покрытия к образованию колеевости. Дорожная техника и технологии: каталог-справочник. СПб: ООО «Славутич», с. 114-128
3. Huang H., Tutumluer E., Shen S. (2010). Moving load on track with asphalt trackbed // Vehicle System Dynamics. Vol. 48. Iss. 6. p. 737-749
4. Поздняков М.К. (2011). Влияние свойств асфальтобетонных смесей на сопротивляемость колееобразованию. Строительные материалы. № 10. с.22-25
5. Guvalov A.A., Mamedov A.D., Kakhramanov N.T. (2021). Effect of modifiers on the properties of bitumen and asphalt concrete. ChemChemTech [Izv. Vyssh.Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. Vol. 64. №10. p. 98–104. <https://doi.org/10.6060/ivkkt.20216410.6383>
6. Гувалов А.А., Мамедов А.Д. (2020). Влияние модифицирующих добавок на свойства асфальтобетона // Актуальные проблемы прочности: материалы международной научной конференции, Витебск, 25-29 мая 2020 года / под ред. В.В. Рубаника. - Молодечно: Типография «Победа». с.336. <http://mks-phys.ru/index.php/page/get/635>
7. Quvalov A.A., Məmmədov A.D. (2022). Polimer modifikatorların yol bitumunun xassələrinə təsiri. Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetinin Elmi Əsərləri. Bakı. №1. s. 70-76 <https://azmiu.edu.az/upload/ckeditor/575254293.pdf>
8. Saglik A., Gungor A.G. (2012). Evolution of performance grades and polymer dispersion of polymermodified binders. Turkish Highways Research and Development Department: Proceedings of. 5th Eurasphalt & Eurobitume Congress. Istanbul. p. 8.
9. R. Plesuma., A. Megne., I. Mateusa-Krukke., L. Malers. (2013). Mechanical properties of the composite material based on modified scrap tires and polymer binder. Progress in Rubber Plastics and Recycling Technology. vol.29. Iss. 3. p. 177-187
10. Bala N., Kamaruddin I. (2016). Physical and storage stability properties of linear low density polyethylene at optimum content. Engineering Challenges for Sustainable Future: Proceedings of the 3rd International Conference on Civil, offshore and Environmental Engineering, ICCOEE 2016. p.395-400
11. Гувалов А.А., Мамедов А.Д. (2019). Применение нанопорошки в производстве асфальтобетона // Материалы международного симпозиума / Перспективные материалы и технологии, УО «ВГТУ», с.114-115 http://www.issp.ac.ru/ebooks/conf/Adv.mater_2019.pdf
12. Quvalov A.A., Abbasova S.İ., Məmmədov A.D., Zeynalov E.B., Hüseynov Ə.B. Məhərrəmova M.Y. İxtiralar Faydalı modellər Sənaye nümunələri (aylıq rəsmi bülleten). (2023). №12. s. Asfalt yol örtüyünün karbon nanomaterialı ilə möhkəmləndirilməsi üsulu
13. Quintero L., Sanabria S., Luis E. Analysis of colombian bitumen modified with a nanocomposite. Journal of Testing and Evaluation (JTE). Vol. 40. Iss. 7. p. 367-374
14. Guvalov A.A., Mamedov A. D., Abbasova S.I. (2023). The effect of carbon nanotubes on the properties of asphalt concrete/ PPOR, Vol.24, №3. p.505-513 <https://www.ppor.az/jpdf/15-Guvalov-3-2023.pdf>
15. V. G. Nikolskii., T. V. Dudareva, I. A. Krasotkina, U. G. Zvereva, V. G. Bekeshev, V. Y. Rochev, A. M. Kaplan, N. I. Chekunaev, L. V. Vnukova, N. M. Styrkovich, I. V. Gordeeva. (2014). Development

and properties of new nanomodifiers for road pavement. Russian Journal of Physical Chemistry B. Vol. 8. Iss. 4. p. 577-583.

16. Guvalov A.A., Mamedov A. D. The effect of carbon nanotubes on the properties of asphalt concrete/ XI International Scientific and Practical Conference Innovative Technologies in Environmental Science and Education (ITSE-2023), 2023. vol.43, №3. p. 50-56. https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2023/68/e3sconf_itse2023_06001.pdf

17. Vysotskaya M. A., Shekhovtsova S. Y., Kindeev O. N. (2016). The destruction of polymer modified binder and prescription factors her determining International. Journal of Pharmacy and Technology. Vol. 8. Iss. 3. p. 182-182.

18. Жданюк В. К., Мокарчев О. А., Шрестха Р. Б., Костин Д. Ю., Воловик А. А. (2012). Исследование влияния модифицирующих добавок в битум на физико-механические свойства и колееустойчивость мелкозернистого асфальтобетона. Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. № 58. с. 130-133

References

1. Yadykina V.V. Akimov A.E., Tobolenko S.S. (2019). Increasing the resistance to rutting of road surfaces when using modified components in the composition of crushed stone-mastic asphalt concrete mixtures. Scientific Journal of Construction and Architecture. No. 1 (53). с.56-63 doi:10.25987/VSTU.2019.53.1.005

2. Mozgovoy V.V., Onishchenko A.N., Prutkiy A.V. (2010). Experimental assessment of the resistance of asphalt concrete pavement to rutting. Road equipment and technologies: directory catalogue. St. Petersburg: Slavutich LLC, с. 114-128

3. Huang H., Tutumluer E., Shen S. (2010). Moving load on track with asphalt trackbed // Vehicle System Dynamics. Vol. 48. Iss. 6. p. 737-749

4. Pozdnyakov M.K. (2011). Influence of properties of asphalt concrete mixtures on resistance to rutting. Construction Materials. No. 10. p.22-25

5. Guvalov A.A., Mamedov A.D., Kakhramanov N.T. (2021). Effect of modifiers on the properties of bitumen and asphalt concrete. ChemChemTech [Izv. Vyssh.Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. Vol. 64. No. 10. p. 98-104. <https://doi.org/10.6060/ivkkt.20216410.6383>

6. Guvalov A.A., Mamedov A.D. (2020). The influence of modifying additives on the properties of asphalt concrete // Current problems of strength: materials of the international scientific conference, Vitebsk, May 25-29, 2020 / ed. V.V. Rubanika. - Molodechno: Printing house "Victory". p.336. <http://mks-phys.ru/index.php/page/get/635>

7. Quvalov A.A., Məmmədov A.D. (2022). Polimer modifikatorların yol bitumunun xassələrinə təsiri. Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetinin Elmi Əsərləri. Bakı. No. 1. s. 70-76 <https://azmiu.edu.az/upload/ckeditor/575254293.pdf>

8. Saglik A., Gungor A.G. (2012). Evolution of performance grades and polymer dispersion of polymermodified binders. Turkish Highways Research and Development Department: Proceedings of. 5th Euroasphalt & Eurobitume Congress. Istanbul. p. 8.

9. R.Plesuma., A.Megne., I.Mateusa-Krukke., L.Malers. (2013). Mechanical properties of the composite material based on modified scrap tires and polymer binder. Progress in Rubber Plastics and Recycling Technology. vol.29. Iss. 3. p. 177-187

10. Bala N., Kamaruddin I. (2016). Physical and storage stability properties of linear low density polyethylene at optimum content. Engineering Challenges for Sustainable Future: Proceedings of the 3rd International Conference on Civil, Offshore and Environmental Engineering, ICCOEE 2016. p.395-400

11. Guvalov A.A., Mamedov A.D. (2019). Application of nanopowder in the production of asphalt concrete // Materials of the international symposium / Advanced materials and technologies, Educational Institution "VSTU", pp. 114-115 http://www.issp.ac.ru/ebooks/conf/Adv.mater_2019.pdf