

Industrial Transport of Kazakhstan
ISSN 1814-5787 (print)
ISSN 3006-0273 (online)
Vol. 22. Is. 1. Number 85 (2025). Pp. 17–28
Journal homepage: <https://prom.mtgu.edu.kz>
<https://doi.org/10.58420/ptk/2025.85.01.002>
ӘОЖ3977

NEW METHODS FOR DETERMINING AND RESTORING THE EVENNESS OF HIGHWAYS

N. Kamzanov*

Satbayev University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: nuke963@mail.ru

Nurbol Kamzanov — PhD, associate professor, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan
E-mail: nuke963@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2420-8362>.

© N. Kamzanov

Abstract. The quality and smoothness of roads play an important role in ensuring the efficiency and safety of modern transportation systems. Proper design and quality of the pavement directly affect the stresses on the vehicle structure and passenger comfort. The aim of this study is to evaluate the smoothness of roads and develop new methods for pavement restoration. During the study, the height variance of road profile irregularities was analyzed, and spectral density methods were applied. Calculations were performed for various measurement bases, and pavement treatment methods were proposed to minimize stresses during vehicle movement. The results showed that the length of the measurement base plays an important role in evaluating variance of irregularities, and the road smoothness should correspond to the vehicle's average vibration frequency. The practical significance of the study lies in providing a foundation for designing road technological machines that reduce structural stresses and improve passenger comfort during pavement construction and repair. This methodology is aimed at increasing the effectiveness of road quality assessment and restoration, as well as ensuring the safety and reliability of traffic.

Keywords: roads, pavement smoothness, asphalt concrete, road profiles, spectral density, road technological machine

For citation: N. Kamzanov. New methods for determining and restoring the evenness of highways // Industrial Transport of Kazakhstan. 2025. Vol. 22. No. 85. Pp. 00–00. (In Kaz.). <https://doi.org/10.58420/ptk/2025.85.01.002>.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

АВТОМОБИЛЬ ЖОЛДАРЫНЫҢ ТЕГІСТІГІН АНЫҚТАУДЫҢ ЖӘНЕ ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУДІҢ ЖАҢА ӘДІСТЕРІ

Н. Камзанов*

Satbayev University, Алматы, Қазақстан.

E-mail: nuke963@mail.ru

Нурбол Камзанов — PhD, қауымдастырылған профессор, Satbayev University, Алматы, Қазақстан
E-mail: nuke963@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2420-8362>.

© Н. Камзанов



Аннотация. Автомобиль жолдарының сапасы және тегістігі қазіргі көлік жүйелерінің тиімділігі мен қауіпсіздігін қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады. Жол төсемінің дұрыс құрылуы және оның сапасы көлік құралының құрылымына түсетін кернеулер мен жолаушылардың жайлылығына тікелей әсер етеді. Осы зерттеудің мақсаты — автомобиль жолдарының тегістігін бағалау және жол төсемдерін қалпына келтірудің жаңа әдістерін әзірлеу. Зерттеу барысында жол профильдерінің бұзушылықтарының биіктік дисперсиялары талданып, спектрлік тығыздық әдістері қолданылды. Әр түрлі базалар үшін есептеулер жүргізіліп, көлік құралдарының қозғалысы кезіндегі кернеулердің минималды болуын қамтамасыз ететін жол төсемін өңдеу тәсілдері ұсынылды. Нәтижелер көрсеткендей, бұзушылықтардың дисперсиясын бағалауда өлшеу базасының ұзындығы маңызды рөл атқарады, ал жолдың тегістігі көлік құралының орташа тербеліс жиілігіне сәйкес келуі тиіс. Зерттеудің практикалық маңызы — жол төсемдерін салу және жөндеу кезінде құрылымдық кернеулерді азайтуға, жолаушылардың жайлылығын арттыруға мүмкіндік беретін жол технологиялық машиналарын жобалауға негіз жасау. Бұл әдістеме автомобиль жолдарының сапасын бағалау мен қалпына келтірудің тиімділігін арттыруға, сондай-ақ жол қозғалысының қауіпсіздігі мен сенімділігін қамтамасыз етуге бағытталған.

Түйін сөздер: автомобиль жолдары, жол төсемінің тегістігі, асфальтбетон, жол профильдері, спектрлік тығыздық, жол технологиялық машинасы

Дәйексөздер үшін: Н. Камзанов. Автомобиль жолдарының тегістігін анықтаудың және қалпына келтірудің жаңа әдістері // Қазақстан өндіріс көлігі. 2025. Том. 22. № 85. 17–28 бет. (Қаз. тіл.). <https://doi.org/10.58420/ptk/2025.85.01.002>.

Мүдделер қақтығысы: Авторлар осы мақалада мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

НОВЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ РОВНОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

*Н. Камзанов**

Satbayev University, Алматы, Қазақстан.

E-mail: nuke963@mail.ru

Нурбол Камзанов — PhD, ассоциированный профессор, Satbayev University, Алматы, Казахстан

E-mail: nuke963@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2420-8362>.

© Н. Камзанов

Аннотация. Качество и ровность автомобильных дорог играют важную роль в обеспечении эффективности и безопасности современных транспортных систем. Правильное устройство дорожного покрытия и его качество напрямую влияют на напряжения, действующие на конструкцию транспортного средства, и на комфорт пассажиров. Целью данного исследования является оценка ровности автомобильных дорог и разработка новых методов восстановления дорожных покрытий. В ходе исследования анализировалась дисперсия высотных нарушений дорожных профилей, применялись методы спектральной плотности. Были проведены расчёты для различных баз, предложены методы обработки дорожного покрытия, обеспечивающие минимальные напряжения при движении транспортных средств. Результаты показали, что длина измерительной базы играет важную роль при оценке дисперсии нарушений, а ровность дороги должна соответствовать средней частоте колебаний транспортного средства. Практическая значимость исследования заключается в создании основы для

проектирования дорожных технологических машин, позволяющих уменьшить конструктивные напряжения и повысить комфорт пассажиров при строительстве и ремонте дорожных покрытий. Данный метод направлен на повышение эффективности оценки и восстановления качества автомобильных дорог, а также на обеспечение безопасности и надежности дорожного движения.

Ключевые слова: автомобильные дороги, ровность дорожного покрытия, асфальтобетон, дорожные профили, спектральная плотность, дорожная технологическая машина

Для цитирования: Н. Камзанов. Новые методы определения и восстановления ровности автомобильных дорог // Помышленный транспорт Казахстана. 2025. Т. 22. No. 85. Стр. 17–28. (На каз.). <https://doi.org/10.58420/ptk/2025.85.01.002>.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Кіріспе.

Автомобиль жолдары – транспорт инфрақұрылымының негізгі элементтерінің бірі болып табылады және адамдар мен жүктердің қауіпсіз әрі тиімді қозғалысын қамтамасыз етеді. Жол төсемінің сапасы қозғалыстың қауіпсіздігіне, транспорт құралдарының ұзақ қызмет ету мерзіміне, жолаушылардың жайлылығына, сондай-ақ жол мен көліктерді пайдалану шығындарына тікелей әсер етеді. Әсіресе, жол бетінде пайда болатын кедір-бұдырлықтар, төсемнің тозуы, механикалық зақымдануы немесе конструктивтік ерекшеліктері нәтижесінде қалыптасатын динамикалық жүктемелер транспорт құралдарының бөлшектерінің тез тозуына, қозғалыс сапасының төмендеуіне және жолаушылардың жайлылығының азаюына әкеледі. Сол себепті автомобиль жолдарының профилін зерттеу, оны талдау, қалпына келтіру және нормативтік жағдайда ұстау әдістерін әзірлеу – маңызды ғылыми және практикалық мәселе болып табылады (Аспанова, 2025: 401–408).

Жол профильдерін зерттеу және жолдағы кедір-бұдырлардың транспорт құралдарына әсерін бағалау жұмыстары ғасырдан астам тарихқа ие. XX ғасырдың ортасында ғалымдар жолдардың микропрофильдерін статистикалық әдістер арқылы бағалауды бастады, жол учаскелеріндегі биіктік ауытқулардың дисперсиясын және таралуын өлшей отырып, жол сапасының критерийлерін қалыптастырды (Пархиловский, 1964: 14; Яценко, 1969: 219). Бұл зерттеулер жол төсемдерінің сапасын бағалауда негіз болып қызмет етті, алайда олар көбінесе тек статикалық параметрлерге сүйенді және қозғалыс жылдамдығы мен транспорт құралының конструкциясына әсерін есепке алмады. Кейінгі онжылдықтарда жол профилін бағалау әдістері күрделене түсті: амплитудалық және жиілік сипаттамаларын анықтауға мүмкіндік беретін спектрлік талдау қолданылды, бұл нүктелік және ұзын толқын ұзындығының көлік құралдарына әсерін анықтауға жол ашты (Сидаков, 1973: 20–22; Певзнер, 1964: 15–18).

Қазіргі заманғы Қазақстандағы жол сапасына қойылатын талаптар транспорт құралдарының есептік жылдамдықтарында рұқсат етілген вертикаль үдеулерді қамтамасыз етуді көздейді. Бұл транспорт құралдарының конструкциялық элементтеріне түсетін динамикалық жүктемелерді азайту, бөлшектердің қызмет мерзімін ұзарту және жолаушылардың жайлылығын арттыру үшін маңызды. Сонымен қатар, жол құрылысын және жөндеуді жобалау кезінде экономикалық тиімділік пен технологиялық аспектілерді ескеру қажет. Яғни, жолдар ұзақ қызмет етуге жарамды, қауіпсіз болуы, механикаландыруға және автоматтандыруға ыңғайлы болуы тиіс (Бармакова және Қасымова, 2020: 200).

Дәстүрлі жол профильдерін бағалау әдістері, мысалы биіктік ауытқуларының дисперсиясын өлшеу, белгілі бір шектеулерге ие. Біріншіден, бұл әдістер транспорт құралының қозғалыс жылдамдығын ескермейді, сондықтан бір жол профилін әртүрлі жағдайларда әрқалай бағалауға тура келеді. Екіншіден, дисперсия көрсеткіші жол бетінің

неровностарын толық сипаттай алмайды: бірдей дисперсияға ие асфальтбетон және тас көпір учаскелері әртүрлі әсер етеді. Ұзын, тегіс толқындар минималды динамикалық жүктемелер береді, ал қысқа және биік неровностар едәуір жүктеме туғызады (Певзнер, 1964: 15; Яценко, 1970: 22–28).

Қазіргі замандағы жол профильдерін талдаудың негізгі әдістерінің бірі – спектрлік талдау, ол жол бетіндегі неровностардың амплитудалық-жиілік сипаттамаларын бағалауға мүмкіндік береді. Бұл әдіс динамикалық жүктемені және жолаушылардың жайлылығын анықтауға ғана емес, сонымен қатар жолды әртүрлі эксплуатациялық жағдайларда қалай өзгертетінін алдын ала болжауға мүмкіндік береді, сондай-ақ жөндеу және қалпына келтіру шараларын тиімді жобалауға жол ашады (Боровских, 1970: 51–54).

Осы зерттеудің өзектілігі бірнеше факторлармен түсіндіріледі. Біріншіден, Қазақстанда көптеген жолдар 20–30 жылдан астам уақыт бойы пайдаланылады, және олардың жағдайы қазіргі заманғы қауіпсіздік пен жайлылық талаптарына сай келмейді. Екіншіден, дәстүрлі әдістер жол профилін өлшеу мен бағалауда тиімді болмағандықтан, жоғары жылдамдықтағы қозғалыста транспорт құралдарына және жолаушыларға түсетін динамикалық әсерді дұрыс болжай алмайды. Үшіншіден, жол профильдерін талдау мен қалпына келтірудің жаңа әдістерін енгізу эксплуатациялық шығындарды азайтуға, жолдардың қызмет ету мерзімін ұзартуға және транспорт қызметінің сапасын арттыруға мүмкіндік береді.

Зерттеудің мақсаты – транспорт құралдарына түсетін динамикалық жүктеме мен жолаушылардың жайлылығын ескере отырып, автомобиль жолдарының тегістігін анықтау және қалпына келтірудің жаңа әдістерін әзірлеу. Мақсатқа жету үшін келесі міндеттер қойылады:

- Қолданыстағы жол профильдерін өлшеу және бағалау әдістерін талдау, олардың шектеулерін анықтау.

- Әртүрлі жол төсемдерінің транспорт құралдарына әсерін және биіктік ауытқуларының таралуын зерттеу.

- Жол бетіндегі неровностардың амплитудалық-жиілік сипаттамаларын бағалау үшін спектрлік талдауды қолдану.

- Қолайлы толқын ұзындығы мен интенсивтілігін ескере отырып, жол төсемін қалпына келтіру әдістерін әзірлеу.

- Жол төсемін жөндеуге арналған технологиялық машиналарды жобалау бойынша практикалық ұсыныстар жасау.

Осылайша, жүргізілген зерттеу статистикалық, спектрлік және инженерлік әдістерді біріктіре отырып, автомобиль жолдарының сапасын кешенді бағалауға және жақсартуға бағытталған. Алынған нәтижелер қозғалыс қауіпсіздігін, транспорт құралдарының қызмет ету мерзімін, жолаушылардың жайлылығын арттыруға, сондай-ақ жол құрылысын және жөндеуді оңтайландыруға практикалық мәнге ие болады (Аспанова, 2025: 401–408; Бармакова, 2020: 200).

Материалдар мен әдістер.

Зерттеудің практикалық маңызы автомобиль жолдарының төсемдерін бағалау және қалпына келтіру әдістерін жетілдіруде көрінеді. Жол профильдерінің сапасын бағалауда қолданылатын дәстүрлі статистикалық көрсеткіштер, мысалы биіктік ауытқуларының орташа дисперсиясы, тек жол бетінің жалпы тегістігін сипаттай алады, бірақ әртүрлі жол төсемдері үшін динамикалық әсердің ерекшеліктерін есепке алмайды (Пархиловский, 1964: 14; Яценко, 1969: 219). Осыған байланысты зерттеудің негізгі әдістерінің бірі ретінде спектрлік талдау таңдалды, ол жол бетінде қалыптасқан неровностардың амплитудалық және жиілік сипаттамаларын анықтауға мүмкіндік береді. Бұл тәсіл көлік құралдарына түсетін динамикалық жүктемелерді болжауға, жол профилінің сапасын салыстырмалы түрде бағалауға және жөндеу жұмыстарының тиімділігін арттыруға негіз болады (Сидаков, 1973: 20–22; Певзнер, 1964: 15–18).

Материалдар

Зерттеуде Қазақстандағы әртүрлі типтегі автомобиль жолдарының профилдері пайдаланылды. Оларға мыналар кіреді:

- асфальтбетон төсемдері (жаңа және тозған);
- цемент-бетон төсемдері;
- тас төсемдері;
- қар мен мұзбен жабылған учаскелер.

Әр жол типі үшін зерттеу учаскелерінің ұзындығы 12–30 м аралығында алынды, бұл динамикалық және статика сипаттамаларды анықтауға жеткілікті болды. Жиналған деректерге сәйкес, әр жол учаскесіндегі неровностардың биіктігінің дисперсиясы түрлі ұзындықтағы толқындармен анықталады, бұл көлік құралына түсетін әсерді толық сипаттауға мүмкіндік береді (Певзнер, 1964: 15; Яценко, 1970: 22–28).

Кесте 1. Автомобиль жолдары учаскелерінің біркелкі емес биіктігі шамаларының дисперсиясы

Жол төсемінің түрі	Дисперсия [$см^2$]	Бағаланатын учаскелердің максималды ұзындығы [$м$]
Асфальтбетон	0,14 – 0,22	-
Асфальтбетон	0,64 – 1,59	30
Цемент-бетон	0,25 – 1,54	30
Асфальтбетон жақсы жағдайда	1,55	-
Асфальтбетон	1,5 ÷ 5,0	12
Тас	1,82 ÷ 5,24	30

Өлшеу әдістері

Жол профильдерін өлшеу үшін кешенді әдіс қолданылды, ол келесі құралдар мен тәсілдерді қамтиды:

1) Механикалық профиль өлшеу құралдары. Роликтік немесе линейкалық құрылғылар арқылы жол бетінің микропрофилін анықтау жүзеге асырылды. Бұл әдіс жолдағы микро-неровностардың биіктігін нақты өлшеуге мүмкіндік береді.

2) Спектрлік талдау. Жол профилінің бұзушылықтарын амплитудалық-жиілік сипаттамаларымен бағалау жүргізілді. Бұл тәсіл көлік құралдарына түсетін динамикалық жүктемелерді болжауға, жол профилінің сапасын салыстырмалы түрде бағалауға және жөндеу жұмыстарының тиімділігін арттыруға негіз болады.

3) Статистикалық өңдеу

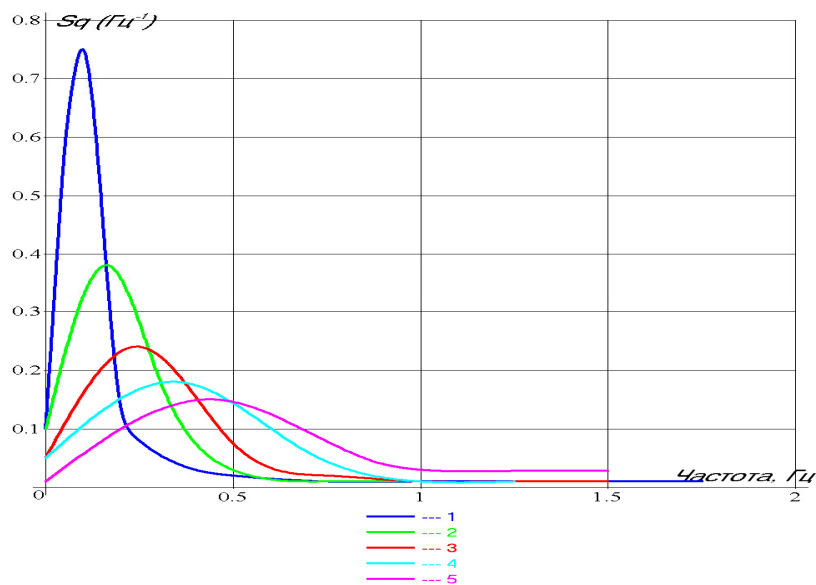
Негізгі көрсеткіштер:

Орташа дисперсия;

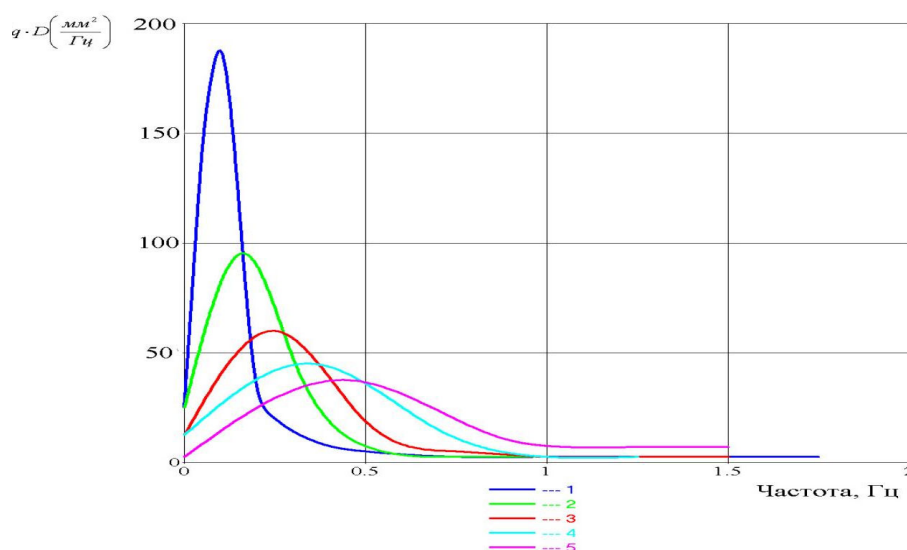
Стандарттық ауытқу;

Спектрлік тығыздық;

Максималды және минималды биіктік ауытқулары.



а)



б)

а) нормаланған спектрлік тығыздықтар, б) нормалан тыс спектрлік тығыздықтар,

1–10 км/сағ; 2–20 км / сағ; 3–30 км / сағ; 4–40 км / сағ; 5– 0 км/сағ

Сур. 1. Көлік құралының әртүрлі қозғалыс жылдамдығына арналған тозған асфальтбетон төсемінің спектрлік тығыздығы.

Зерттеу әдістемесінің принциптері.

- Толқын ұзындығын есепке алу – көлік құралына әсер ететін маңызды параметр;
 - Қозғалыс жылдамдығын ескеру – спектрлік тығыздықтар көлік құралдарының нақты жылдамдығына көбейтілді;
 - Статистикалық сипаттамалар – дисперсия мен стандарттық ауытқу салыстырмалы талдау үшін негіз болады;
 - Өлшеу базасын таңдау – профиль ерекшелігін дұрыс бағалау үшін маңызды.
- Өлшеу деректерін өңдеу.

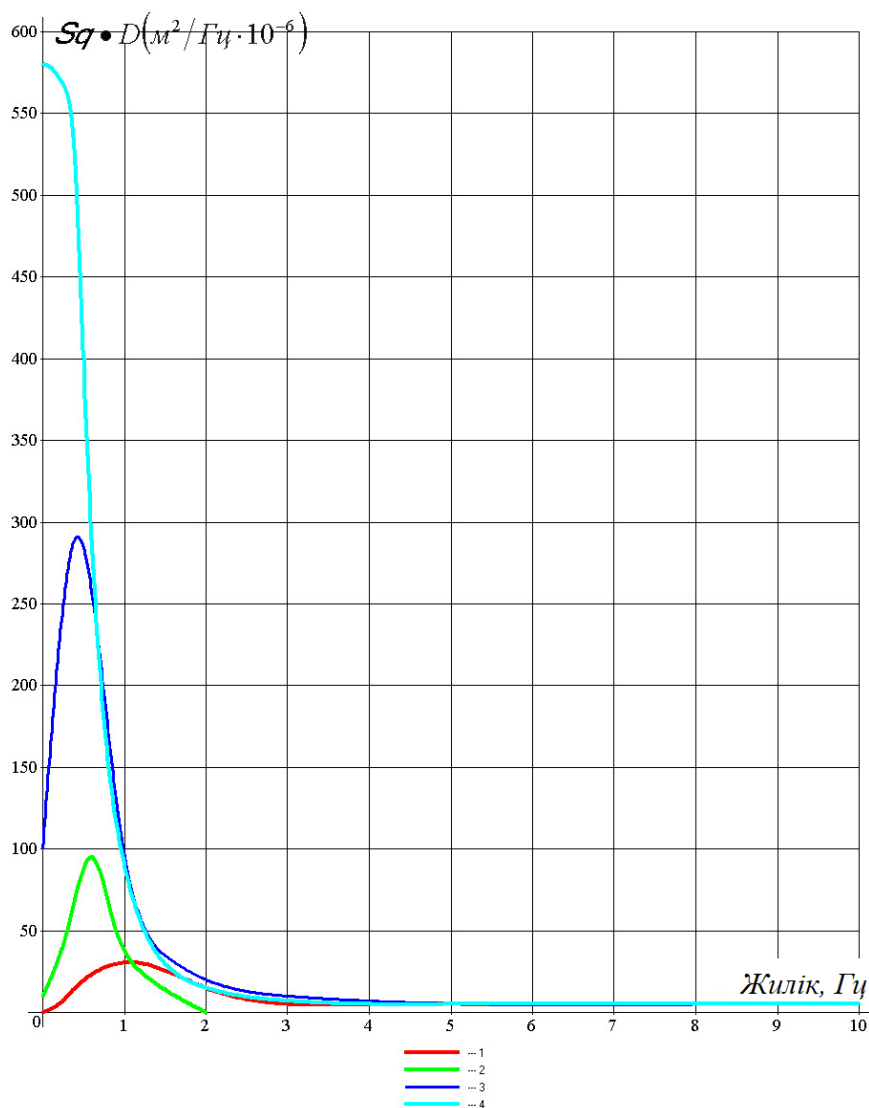
Зерттеудің әдістемесі жол бетінің неровностарын түрлі жылдамдықтағы көлік құралдарының динамикалық әсерін есепке алуға мүмкіндік береді. Деректерді өңдеу барысында спектрлік тығыздықтар нормаланған және нормаланбаған түрінде есептелді, бұл жол сапасының бағасын нақты және салыстырмалы түрде көрсетуге мүмкіндік береді.

Зерттеу барысында алынған деректер жол төсемін жобалау және жөндеу кезінде динамикалық және статикалық жүктемелерді ескере отырып, оптималды шешімдер қабылдауға негіз болады.

Нәтижелер мен талқылау.

Автомобиль жолы профилінің адамға және көлік құралының тасымалдаушы жүйесіне әсерін бағалау (бұзушы функция) профильдердегі бұзушылықтар биіктігінің таралуының спектрлік тығыздығымен байланысты екені белгілі. Қазіргі уақытта көлік құралының әртүрлі қозғалыс жылдамдықтарындағы автомобиль жолдарының профильдерінің әсер етуінің спектрлік тығыздығы ординаттарды бөлу және бірлік жылдамдық үшін есептелген учаскенің спектрлік тығыздығының абсциссаларын көлік құралының нақты жылдамдығына көбейту арқылы есептеледі. Алынған спектрлік тығыздықтардың көрнісі (1-сур., а және б).

Профильдердің спектрлік тығыздығы қисықтарының сипатын талдау нормаланған спектрлік тығыздықтардың ординаттарынан нормаланбаған тығыздықтардың ординаттары тұрақты көбейткішпен ерекшеленетінін көрсетті-кез-келген негізде профильдің берілген бөлімі үшін анықталуы мүмкін дисперсия. Сонымен, егер автомобиль жолының кез-келген учаскесінің профилі базаның әртүрлі мәндерімен алынып тасталса, онда көлік құралының бірлік жылдамдығына арналған спектрлік тығыздықтар 2-суретте көрсетілген.

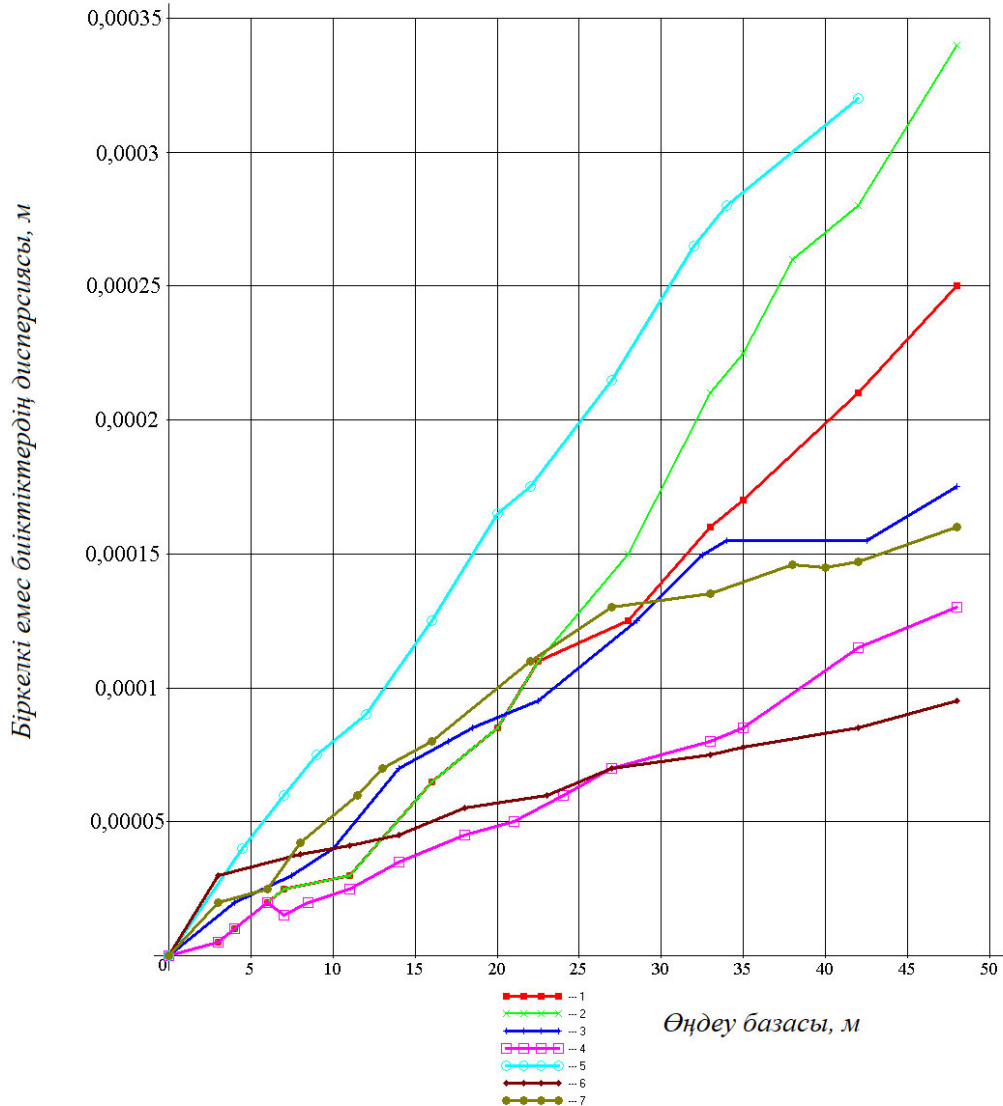


Сур. 2. Әртүрлі базалар үшін есептелген асфальт төселген автомобиль жолы учаскесінің нормадан тыс спектрлік тығыздығы

1 – $l = 4,1$ м; 2 – $l = 7,2$ м; 3 – $l = 13,8$ м; 4 – $l = 24,2$ м

Содан кейін сапа талаптарын қанағаттандыратын асфальтбетон жабыны учаскесі үшін дисперсияны бағалау $l = 8,2$ м базасы үшін $D = 34,2 \text{ мм}^2$ - ға; ВВВ - $D = 73,5 \text{ мм}^2$ базасы үшін; $l = 14.4$ м - $D = 119,6 \text{ мм}^2$, $l = 27.6$ м базасы үшін және т. б. тең қабылдануы мүмкін.

Демек, кез-келген профильдегі бұзушылықтар биіктігінің дисперсиясы осы профильдің тұрақтысы емес, бірақ өлшеу базасының өзгеруімен өзгереді, ал базаның өсуімен дисперсия мөлшері де өседі (3-сур.).

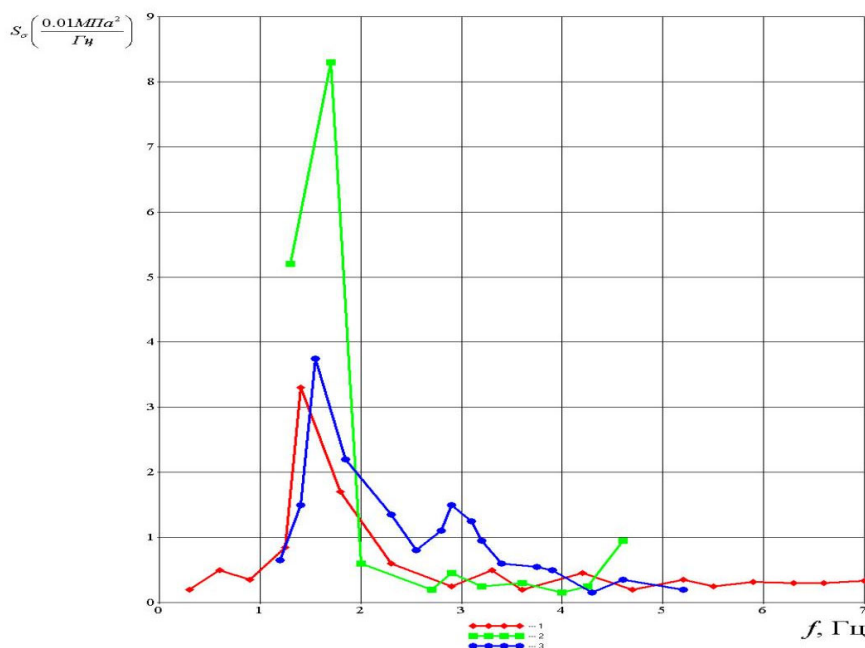


1, 2, 3-асфальтбетон төсемі; 4-тозған асфальтбетон төсемі; 5-қар мен мұзбен жабылған асфальтбетон төсемі; 6-көпір төсемі; 7-қардың жұқа қабатымен жабылған асфальтбетон төсемі

Сур. 3. Базаға байланысты әр түрлі автомобиль жолдарының профильдерінің дисперсиясының мөлшері.

Автомобиль жолының профилін өлшеу және өңдеу әдістемесі басқаша болуы керек. Мұндай әдіс жұмыста ұсынылды (Дмитриченко, 1976: 24–25). Оны қолданудың негізділігі соңғы үш онжылдықта кең ауқымды эксперимент арқылы алынған үлкен статистикалық материалмен расталды. Бұл, мысалы, әртүрлі көліктерді жобалау кезеңінде олардың құрылымдық элементтеріндегі кернеулердің спектрлік тығыздығын есептеуге мүмкіндік берді. Ұсынылған әдістеменің заңдылығы кернеулердің спектрлік тығыздығының өзгеру сипатымен расталады (4-сур.).

Бір кездері жұмыста (Дмитриченко, 1976: 24–25) автомобиль жолдарының профильдерін өлшеу және талдау әдістемесі жобалау кезеңінде көлік құралының құрылымының жүктемесі мен беріктігін бағалау тұрғысынан жасалды (4-сур.).



1 – эксперименттегі жазба бойынша; 2 – профильді тегістеу ұзындығымен $l = 25$ мм; 3 – тегістеу ұзындығы бойынша $l = V/f_n$

Сур. 4. Троллейбус рамасының ланжерон кимасындағы кернеудің спектрлік тығыздығы № 5, $V=30$ км/сағ сенсор) есептелген

Сонымен қатар, көлік құралының құрылымдық элементтеріндегі айнымалы кернеулер деңгейін төмендету үшін жол жабынының тегістігі көлік құралының қозғалысы кезіндегі кернеулер минималды болатындай болуы керек. Демек, көлік құралдарының металл конструкцияларының беріктігін арттыру және жолаушылар мен жүргізушілердің жүру ыңғайлылығын арттыру мәселесі жол төсемін орнату және жөндеу кезінде жобалау және сапаны қамтамасыз ету кезеңінде шешілуі керек. Сапа деп автомобиль жолының макронеровность толқындарының көлік құралының қозғалыс жылдамдығымен байланысы түсініледі.

Автомобиль жолдарының профильдерін өлшеу және талдау, жүктемені және сәйкесінше үдеуді бағалау бойынша жұмыстарды шолудан көрініп тұрғандай, автомобиль жолының профилі тек жүк көтергіш жүйенің жүктемесіне және көлік құралының үдеу мөлшеріне әсер етпейтін немесе аз әсер ететін толқын ұзындығына ие болатындай етіп құрылуы керек.

Осылайша, жол төсемін салу және жөндеу кезінде құрылымның жүктелуіне және жолаушылардың жайлылығына әсер ететін толқын ұзындығы алынып тасталуы керек.

Қорытынды.

Осы зерттеу жұмысы автомобиль жолдарының профилі мен олардың көлік құралының тасымалдаушы жүйесіне, сондай-ақ адамға әсерін жан-жақты талдауға арналған. Зерттеу барысында автомобиль жолдарының бұзушылықтары мен профиліндегі биіктіктің ауытқулары спектрлік тығыздық әдісі арқылы бағаланып, көлік құралының әртүрлі қозғалыс жылдамдықтарындағы әсері анықталды. Бұл тәсіл жол профилінің нақты әсерін сандық тұрғыда көрсетуге, көліктің бірлік жылдамдығындағы кернеу деңгейін бағалауға және жол төсемінің сапасын бақылауға мүмкіндік береді.

Зерттеу көрсеткендей, профильдегі бұзушылықтардың биіктігінің дисперсиясы өлшеу базасының өзгеруіне тәуелді болып, базаның өсуімен спектрлік ауытқу да артады.

Өртүрлі базалар үшін алынған спектрлік тығыздықтардың талдауы көлік құралының құрылымдық элементтеріндегі кернеулердің өзгеру сипатын нақты көрсетеді. Бұл мәліметтер көлік құралдарының металл конструкцияларының беріктігін жобалау кезінде, сондай-ақ жол төсемінің сапасын бағалау және жөндеу жұмыстары кезінде негіз ретінде қолданылады.

Жол профилін өлшеу және талдау әдістемесі соңғы үш онжылдықта алынған статистикалық деректерге негізделген. Бұл әдіс көліктерді жобалау кезеңінде олардың құрылымдық элементтеріндегі кернеулерді есептеуге, жол төсемінің сапасын жобалау мен жөндеу кезінде қажетті ақпарат алуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, жолдағы қауіпті толқын ұзындықтарын анықтап, оларды фрезерлеу арқылы алып тастау жол төсемі арқылы қозғалатын көліктердің металл конструкцияларының беріктігін арттырады және жолаушылардың жайлылығын қамтамасыз етеді.

Зерттеу барысында жол төсемінің сапасын арттыру үшін жаңа жол технологиялық машиналарын қолдану ұсынылды. Тозған жол төсемін фрезерлеу арқылы алып тастау, фрезерлеу учаскесін жолдың орташа толқын ұзындығына орналастыру және машинаның оптималды жылдамдықпен қозғалуын қамтамасыз ету көлік құралдарының табиғи тербелістерін азайтуға мүмкіндік береді. Бұл тәсіл жол технологиялық машиналардың ұзындығын азайтып қана қоймай, материалдық шығындарды төмендетуге, еңбек өнімділігін арттыруға және жөндеу жұмыстарының уақытын қысқартуға жағдай жасайды.

Қосымша талдаулар көрсеткендей, жол профилінің сапасы тек көлік құралдарының құрылымдық беріктігіне ғана емес, сонымен қатар жолаушылардың қозғалыс ыңғайлылығына, жол қозғалысының қауіпсіздігіне және қозғалыс жылдамдығының тұрақтылығына да әсер етеді. Автомобиль жолдарының макронеровность толқындарын тиімді басқару жол төсемінің қызмет ету мерзімін ұлғайтуға, апаттық жағдайлардың алдын алуға және жалпы көлік жүйесінің сенімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Осылайша, жол профилін өлшеу мен талдаудың және жол төсемін фрезерлеу арқылы түзетудің кешенді әдістемесін енгізу жол қозғалысының сапасын жақсартады, көлік құралдарының табиғи тербелісін төмендетеді, металл конструкциялардың қызмет ету мерзімін ұзартады және жолаушылардың жайлылығын қамтамасыз етеді. Жол төсемін жобалау және жөндеудегі бұл тәсілдер экономикалық тиімділікті арттыруға, жол жабындарының ұзақ мерзімді қызметін қамтамасыз етуге және көлік инфрақұрылымын жетілдіруге нақты үлес қосады.

Қорытындылай келе, зерттеу нәтижелері көрсеткендей, автомобиль жолдарының профилін өлшеу және талдау әдістемесін енгізу, қауіпті толқын ұзындықтарын анықтау және алып тастау, сондай-ақ жол технологиялық машиналарды тиімді пайдалану жол төсемдерінің сапасын, көлік құралдарының сенімділігін және жолаушылардың қозғалыс ыңғайлылығын қамтамасыз етуде шешуші рөл атқарады. Бұл тәсілдер болашақта автомобиль жолдарын жобалау, жөндеу және қайта қалпына келтіру кезінде ғылыми негізделген шешімдер қабылдауға мүмкіндік береді және көлік жүйесінің тұрақтылығы мен қауіпсіздігін арттыруға бағытталған.

ӘДЕБИЕТТЕР

Андреев А., 2011 – Андреев, А. Материалдық цивилизация, экономика және капитализм. — Т.1. Күнделікті өмір құрылымдары: мүмкін және мүмкін емес. — М.: Прогресс. — 2011. — 623 б. [Russ.]

Боровских, 1976 – Боровских, В.Е., Дмитриченко, С.С., Ильинич, И.М., Колокольцев, В.А. Қалалық көлік үшін жолдардың микропрофильдерін зерттеу. — Автомобиль өнеркәсібі. — 1976. — № 5. — Б. 24–25. [Russ.]

Боровских, 1980 – Боровских, В.Е., Колокольцев, В.А. Мобильді машиналардың тасымалдаушы жүйелерінің жүктемесін бағалау үшін жол микропрофильдерін зерттеу. — М.: НИИНАвтопром, 1980. — 32 б. [Russ.]

Боровских, 1970 – Боровских, В.Е., Солянов, А.Н. Саратов қаласының троллейбус маршруттарындағы жол микропрофильдерін зерттеудің кейбір нәтижелері. — XXXIII Ғылыми-техникалық конференция материалдары, Саратов, 1970. — Б. 51–54. [Russ.]

Дмитриченко, 1981 – Дмитриченко, С.С., Боровских, В.Е., Колокольцев, В.А. Мобильді машиналардың тасымалдаушы жүйелерінің ұзақ мерзімділігін жобалау кезеңінде есептеу үшін жол микропрофильдерінің статистикалық сипаттамаларын бағалау әдісі. — Машиналар жасау журналы. — 1981. — № 4. — Б. 17–20. [Russ.]

Гордеев, 1972 – Гордеев, В.Н. Жолдардың тегіс емес жерлерінің ықтималдық сипаттамалары әдісі. — Автомобиль өнеркәсібі. — 1972. — № 3. — Б. 14–16. [Russ.]

Николаенко, 1967 – Николаенко, Н.А. Құрылыс конструкцияларын динамикалық есептеу үшін ықтималдық әдістер. — М.: Машиностроение, 1967. — 366 б. [Russ.]

Пархиловский, 1964 – Пархиловский, И.Г., Кислов, Б.А. Жол микропрофильдерін өлшеуге арналған құрылғы. — Горький ауылшаруашылық институтының еңбектері, Горький, 1964. — № 11. — Т.14. [Russ.]

Пархиловский, 1968 – Пархиловский, И.Г. Жолдардың таралған түрлерінің беттерінің ықтималдық сипаттамаларын зерттеу. — Автомобиль өнеркәсібі, 1968. — № 8. — Б. 18–22. [Russ.]

Певзнер, 1973 – Певзнер, Ю.М., Гридасов, Г.Г., Плетнев, А.Е. Автомобильдердің жүру тегістігін нормалау. — Автомобиль өнеркәсібі, 1973. — № 11. — Б. 11–15. [Russ.]

Певзнер, 1964 – Певзнер, Ю.М., Тихонов, А.А. Жолдардың негізгі түрлерінің микропрофильдерінің статистикалық қасиеттерін зерттеу. — Автомобиль өнеркәсібі, 1964. — № 1. — Б. 15–18. [Russ.]

Проскуряков В.Б., Развалов А.С., 1972 – Проскуряков, В.Б., Развалов, А.С. Стационарлы кездейсоқ әсер кезінде машиналардың бөлшектерінің сенімділігі. — Машиналар жасау журналы, 1972. — № 2. — Б. 26–28. [Russ.]

Сидуков Ю.Д., Плужников И.И., 1973 – Сидуков, Ю.Д., Плужников, И.И. Ағаш тасымал жолдарының микропрофильдерінің әсерінің статистикалық сипаттамалары. — Автомобиль өнеркәсібі, 1973. — № 5. — Б. 20–22. [Russ.]

Щепиляков В.С., Яценко Н.Н., 1968 – Щепиляков, В.С., Яценко, Н.Н. Тегіс емес жолда қозғалған кезде аспа жүйесінің беріліске әсері. — Автомобиль аспаларының зерттеулері (НАМИ семинары материалдары), 1968. — Б. 47–51. [Russ.]

Щетина В.А., Грачев Е.В., 1969 – Щетина, В.А., Грачев, Е.В. Жолдардың микропрофильдерінің статистикалық сипаттамаларын жанама әдіспен зерттеу. — Автомобиль өнеркәсібі, 1969. — № 12. — Б. 11–14. [Russ.]

Владыкин Н.Г., Геккер Ф.Р., Спицына Д.Н., Югов Б.В., 1973 – Владыкин, Н.Г., Геккер, Ф.Р., Спицына, Д.Н., Югов, Б.В. Жүк көлігінің тасымалдаушы жүйесінің динамикалық жүктемесіне амортизацияланған тораптардың параметрлерінің әсері. — Автомобиль өнеркәсібі, 1973. — № 10. — Б. 18–21. [Russ.]

Яценко Н.Н., 1970 – Яценко, Н.Н. Жүк көлігінің рамасының жолдағы тегіс емес жерлердің әсерінен жүктемесін қалыптастыру. — Автомобиль өнеркәсібі, 1970. — № 11. — Б. 22–28. [Russ.]

Боровских, 1976 – Боровских, В.Е., Дмитриченко, С.С., Ильинич, И.М., Колокольцев, В.А. Қалалық көлік үшін жолдардың микропрофильдерін зерттеу. — Автомобиль өнеркәсібі, 1976. — № 5. — Б. 24–25. [Russ.]

Боровских, 1970 – Боровских, В.Е., Солянов, А.Н. Саратов қаласының троллейбус маршруттарындағы жол микропрофильдерін зерттеудің кейбір нәтижелері. — XXXIII Ғылыми-техникалық конференция материалдары, Саратов, 1970. — Б. 51–54. [Russ.]

Дмитриченко, 1976 – Дмитриченко, С.С., Боровских, В.Е., Ильинич, И.М., Колокольцев, В.А. Қалалық көлік үшін жолдардың микропрофильдерін зерттеу. — Автомобиль өнеркәсібі, 1976. — № 5. — Б. 24–25. [Russ.]

Дмитриченко, 1981 – Дмитриченко, С.С., Боровских, В.Е., Колокольцев, В.А. Мобильді машиналардың тасымалдаушы жүйелерінің ұзақ мерзімділігін жобалау кезеңінде есептеу үшін жол микропрофильдерінің статистикалық сипаттамаларын бағалау әдісі. — Машиналар жасау журналы, 1981. — № 4. — Б. 17–20. [Russ.]

REFERENCES

Andreev A, 2011 – Andreev, A. (2011) Material'naiа tsivilizatsiia, ekonomika i kapitalizm. — Tom 1. Struktury povsednevnosti: vozmozhnoe i nevozmozhnoe. — М.: Progress. — 2011. — 623 p. [in Russ.]

Borovskikh, 1976 – Borovskikh, V.E., Dmitrichenko, S.S., Ilinich, I.M., Kolokoltsev, V.A. (1976) Issledovanie mikropofiliei dorog dlya gorodskogo transporta [Research of road microprofiles for urban transport]. — Avtomobil'naiа promyshlennost'. — 1976. — № 5. — P. 24–25. [in Russ.]

Borovskikh, 1980 – Borovskikh, V.E., Kolokoltsev, V.A. (1980) Issledovanie mikropofiliei dorog dlya otsenki nagruzhennosti nesushchikh sistem transportnykh mashin [Study of road microprofiles for evaluating load on supporting systems of transport machines]. — М.: NIINAvtoprom. — 1980. — 32 p. [in Russ.]

Borovskikh, 1970 – Borovskikh, V.E., Solyanov, A.N. (1970) Nekotorye rezul'taty issledovaniia mikropofilii dorog na marshrutnykh liniyakh trolleibusov g. Sarova [Some results of the study of road microprofiles on trolleybus routes of Saratov]. — Tez. dokl. XXXIII nauch.-tekhn. konf., Saratov. — 1970. — P. 51–54. [in Russ.]

Dmitrichenko, 1981 – Dmitrichenko, S.S., Borovskikh, V.E., Kolokoltsev, V.A. (1981) Metod otsenki statisticheskikh kharakteristik mikropofilii dorog dlya rascheta dolgochnosti nesushchikh sistem mobil'nykh mashin

stadii proektirovaniia [Method for evaluating statistical characteristics of road microprofiles for durability calculation of mobile machine supporting systems at the design stage]. — Vestnik mashinostroeniia. — 1981. — № 4. — P. 17–20. [in Russ.]

Gordeev, 1972 – Gordeev, V.N. (1972) Metod veroiatnostnykh kharakteristik nerovnosti dorog [Method of probabilistic characteristics of road irregularities]. — Avtomobil'naia promyshlennost'. — 1972. — № 3. — P. 14–16. [in Russ.]

Nikolaenko, 1967 – Nikolaenko, N.A. (1967) Veroiatnostnye metody dinamicheskogo rascheta mashinostroitel'nykh konstruksii [Probabilistic methods of dynamic calculation of engineering structures]. — M.: Mashinostroenie. — 1967. — 366 p. [in Russ.]

Parhilovskii, 1964 – Parhilovskii, I.G., Kislov, B.A. (1964) Pribor dlia izmereniia mikroprofilia dorogi [Device for measuring road microprofile]. — Trudy in-ta / Gorkovskii s.-kh. in-t, Gorkii. — 1964. — № 11. — T.14. — [in Russ.]

Parhilovskii, 1968 – Parhilovskii, I.G. (1968) Issledovanie veroiatnostnykh kharakteristik poverkhnosti rasprostranennykh tipov dorog [Study of probabilistic characteristics of surfaces of common types of roads]. — Avtomobil'naia promyshlennost'. — 1968. — № 8. — P. 18–22. [in Russ.]

Pevzner, 1973 – Pevzner, Y.M., Gridasov, G.G., Pletnev, A.E. (1973) O normirovaniu plavnosti khoda avtomobiley [On standardization of vehicle ride smoothness]. — Avtomobil'naia promyshlennost'. — 1973. — № 11. — P. 11–15. [in Russ.]

Pevzner, 1964 – Pevzner, Y.M., Tikhonov, A.A. (1964) Issledovanie statisticheskikh svoystv mikroprofilia osnovnykh tipov avtomobil'nykh dorog [Study of statistical properties of microprofiles of matypes of roads]. — Avtomobil'naia promyshlennost'. — 1964. — № 1. — P. 15–18. [in Russ.]

Proskuriakov, 1972 – Proskuriakov, V.B., Razvalov, A.S. (1972) Nadyozhnost' detaley mashpri stacionarnom sluchainom vozdeistvii [Reliability of machine parts under stationary random load]. — Vestnik mashinostroeniia. — 1972. — № 2. — P. 26–28. [in Russ.]

Sidukov, 1973 – Sidukov, Y.D., Pluzhnikov, I.I. (1973) Statisticheskie kharakteristiki vozdeistviia mikroprofilia lesovoznykh dorog [Statistical characteristics of road microprofiles impact on timber transport roads]. — Avtomobil'naia promyshlennost'. — 1973. — № 5. — P. 20–22. [in Russ.]

Shchepiliakov, 1968 – Shchepiliakov, V.S., Yatsenko, N.N. (1968) Vliianie podressorivaniia na nagruzhennost' transmisii pri dvizhenii avtomobilia na nerovnoi doroge [Influence of suspension on transmission load when driving on uneven road]. — Issledovanie avtomobil'nykh podvesok (Trudy seminara NAMI). — 1968. — P. 47–51. [in Russ.]

Shchetina, 1969 – Shchetina, V.A., Grachev, E.V. (1969) Kosvennyi metod issledovaniia statisticheskikh kharakteristik mikroprofilia avtomobil'nykh dorog [Indirect method for studying statistical characteristics of road microprofiles]. — Avtomobil'naia promyshlennost'. — 1969. — № 12. — P. 11–14. [in Russ.]

Vladykin, 1973 – Vladykin, N.G., Gekker, F.R., Spitsyna, D.N., Yugov, B.V. (1973) Vliianie parametrov amortizirovannykh uzlov na dinamicheskuiu nagruzhennost' nesushchei sistemy gruzovogo avtomobilia [Influence of suspension parameters on dynamic load of truck supporting system]. — Avtomobil'naia promyshlennost'. — 1973. — № 10. — P. 18–21. [in Russ.]

Yatsenko, 1970 – Yatsenko, N.N. (1970) Formirovanie nagruzhennosti ramy gruzovogo avtomobilia ot vozdeistviia nerovnoi dorogi [Formation of truck frame load from uneven road]. — Avtomobil'naia promyshlennost'. — 1970. — № 11. — P. 22–28. [in Russ.]

Borovskikh, 1976 – Borovskikh, V.E., Dmitrichenko, S.S., Ilinich, I.M., Kolokoltsev, V.A. (1976) Issledovanie mikropofiliei dorog dlya gorodskogo transporta [Research of road microprofiles for urban transport]. — Avtomobil'naia promyshlennost'. — 1976. — № 5. — P. 24–25. [in Russ.]

Borovskikh, 1970 – Borovskikh, V.E., Solyanov, A.N. (1970) Nekotorye rezul'taty issledovaniia mikroprofilia dorog na marshrutnykh liniyakh trolleibusov g. Sarova [Some results of the study of road microprofiles on trolleybus routes of Saratov]. — Tez. dokl. XXXIII nauch.-tekhn. konf., Saratov. — 1970. — P. 51–54. [in Russ.]

Dmitrichenko, 1976 – Dmitrichenko, S.S., Borovskikh, V.E., Ilinich, I.M., Kolokoltsev, V.A. (1976) Issledovanie mikropofiliei dorog dlya gorodskogo transporta [Research of road microprofiles for urban transport]. — Avtomobil'naia promyshlennost'. — 1976. — № 5. — P. 24–25. [in Russ.]

Dmitrichenko, 1981 – Dmitrichenko, S.S., Borovskikh, V.E., Kolokoltsev, V.A. (1981) Metod otsenki statisticheskikh kharakteristik mikroprofiliei dorog dlya rascheta dolgoechnosti nesushchikh sistem mobil'nykh mashina stadii proektirovaniia [Method for evaluating statistical characteristics of road microprofiles for durability calculation of supporting systems of mobile machines at the design stage]. — Vestnik mashinostroeniia. — 1981. — № 4. — P. 17–20. [in Russ.]