



ХҒТАР 73.29.01

Шолу мақала

<https://doi.org/10.32523/2616-7263-2025-150-1-278-285>

Жылжымалы құрам мен жолдың өзара әрекеттесуін зерттеу жұмыстары бойынша шолу жасау

Г.Н. Байгужина¹ , Н.С. Камзанов^{2*} , М.С.Нурғалиева³ , Ж.Н. Жакишева¹

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қаласы, Қазақстан

²Қ. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

³Азаматтық авиация академиясы

(E-mail: gul_8989@mail.ru)

Аңдатпа. Қазіргі кезде Қазақстан Республикасының экономикасы нарықтық жағдайларға бейімделген. Сондықтан біздің еліміздің экономикасының қазіргі заманғы даму кезеңі бірегей объектілердің құрылысымен қоса жүреді. Осыған мысал ретінде қазіргі заманғы теміржол жолдарының құрылысы, қаншама километрге созылып жатқан бірегей көпір құрылыстарын және т.б. алуға болады.

Әр түрлі салада және өнеркәсіптік объектілерде, құрлыс саласында және коммуналдық шаруашылықта күрделі табиғат-климаттық жағдайларда пайдаланылатын барынша кеңінен таралған жылжымалы құрам болып табылады.

Теміржол жолы мен жылжымалы құрам- бұл өзара әрекеттесетін және бір-біріне тәуелді біртұтас термодинамикалық жүйе. "Жылжымалы құрам - Теміржол жолы" жүйесіндегі динамикалық процестерді зерттеудің негізгі міндеті, осы жүйенің оңтайлы мәндерін анықтау болып табылады (габариттік өлшемдер, масса, қаттылық, тұтқыр үйкеліс коэффициенттері және т. б.), онда жылжымалы құрам мен жол құрылымдарының сенімділігі мен беріктігіне теріс әсер ететін тербелістер мен динамикалық күштер азаяды.

Түйін сөздер: жылжымалы құрам, теміржол көлігі, сенімділік, қаттылық, масса, тиімділік, пойыз.

Түсті 18.02.2025. Жөнделді 18.02.2025. Мақұлданды 13.03.2025. Онлайн қолжетімді 31.03.2025

*хат-хабар үшін автор

Кіріспе

Теміржол көлігі – әлемнің көлік инфрақұрылымын дамытудың басым бағыты. Қазіргі таңда Қазақстанда темір жол инфрақұрылымы объектілерінің жоғары физикалық тозуы, қолданыстағы технологиялық процестерді интеграциялаудың бірыңғай тәсілдерінің болмауы, сондай-ақ қала маңындағы темір жол көлігін дамытудың төмен деңгейі байқалады.

Елдің әлеуметтік-экономикалық дамуының маңызды құрамдас бөлігі көлік жүйесін жаңғырту, және, ең алдымен, экономиканың өсуі мен әлемдегі бәсекеге қабілеттілігі үшін қажетті оның инфрақұрылымдық объектілерін басқару болып табылады.

Тиімділікті арттыру теміржол көлігі қозғалыс жылдамдығын арттыруды және рұқсат етілген максималды осьтік жүктеме. Бұл ретте қауіпсіздікті қамтамасыз ету ғылыми-техникалық дамудың басым бағыты болып қала береді, ал техникалық құралдардың істен шығуын болдырмау негізгі мәселе болып табылады, онсыз оны уақтылы шешу әрі қарай дамыту мүмкін емес.

Әдіснама

Жылжымалы құрам мен жолдардың өзара әрекеттесу міндеттерін көптеген Ресей ғалымдары шешті, мысалы, А.П. Бородин, А.М. Годыцкий-Цвирко, Н.Е. Жуковский, Н.П. Петров, Г. М. Шахунянц, В.Б. Медель [1], А. Я. Коган, сонымен қатар шетел ғалымдары – П. Аппель [3, 4], Г. Мариер, Х. Хейман, Дж. Калкер [5], Крейг Р. Р. [2] және т. б. өз еңбектерінде қарастырған.

Бородин мұз айдындарындағы паровоздың тербелістерін зерттеу негізінде кейіннен паровоздарды сызықтық сынау әдісін жасады. Н.П. Петров супрессорлық құрылымның тербелісінен туындайтын тік күштерді зерттеумен айналысты және Акад гипотезасына негіздеді. Н.П. Петров, статикалық және динамикалық әсер ету кезінде рельстің серпімді иілу сызығының пішінінің сәйкестігін болжайтын, жылжымалы құрам мен жолдың өзара әрекеттесуі бойынша бірқатар міндеттер шешілді. Г.М. Шахунянц [2] кез-келген уақытта ерікті динамикалық жүктемеден тербелетін сәуленің серпімді иілу сызығы қозғалатын тұрақты жүктеме әсер еткенде пайда болатын пішінге сәйкес келеді, сандық жағынан сол уақытта алынған динамикалық жүктеме мәніне тең екенін дәлелдеді.

Өз зерттеулерінде Стокс сәуленің массасын есепке алмай, белгілі бір массадағы жүктің қозғалысын сипаттады, ал А.Н. Крылова керісінше, массивтік сәуле бойымен тұрақты күштің қозғалысын қарастырды. Тұрақты күштің әсерінен серпімді негізде бөлінген массасы бар сәуленің тербеліс процестерін, екі еркіндік дәрежесі бар теміржол экипажының еркін және мәжбүрлі тербелістерін С.П. Тимошенко сипаттады [4].

Шетелдік зерттеушілер үлестірілген масса арқалығы бойынша массасы бар тұрақты жүктің қозғалысын, сондай-ақ үлестірілген масса мен демпферлік арқалықтағы тұрақты инерциясыз күштердің қозғалысын зерттеді.

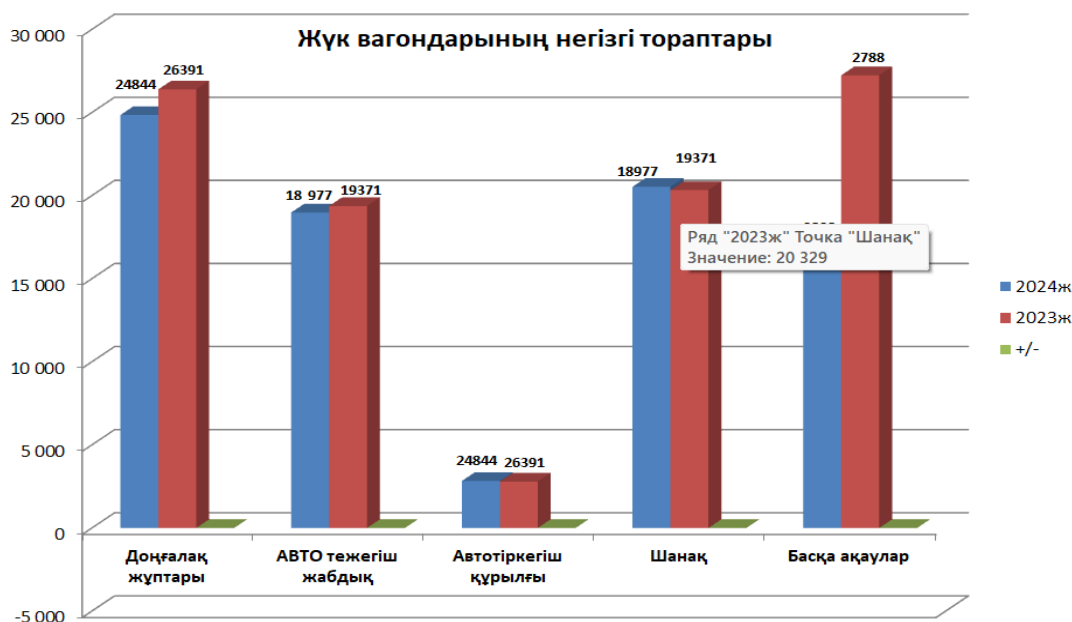
Ф. Картер алғаш рет доңғалақтардың серпімді сырғанау аймағының болуы туралы гипотеза жасады – жалған сырғанау, бұл кейіннен доңғалақ жұбының қозғалысын

дифференциалдық теңдеулермен сипаттауға мүмкіндік берді. Трибология мәселелері, атап айтқанда, тербелісті сөндіруші ретіндегі үйкелістің рөлін г.Мариер егжей-тегжейлі зерттеді.

Сонымен қатар қазіргі таңда жылжымалы құрамды отандық ғалымдарда кеңінен зерттеп келеді. Ғалымдар өз еңбектерінде жылжымалы құрамның бөлшектері мен тораптарын жөндеу және қалпына келтіру технологиясын дамытуға әр жылдары белгілі бір үлес қосып келеді.

Қ.С. Мустапаев – жол мен жылжымалы құрамның өзара іс-қимылы кезінде Қазақстан темір жолдарында пойыздардың жүрдек қозғалысын енгізу перспективаларын зерттеу, Г.М. Нуржанова – мұнай жүктерін тасымалдау көлемін ұлғайту жағдайында темір жолдың техникалық жай-күйін басқару, Ш.Т. Алмагамбетова – Қазақстан Республикасы теміржол көлігінің жылжымалы құрамын техникалық қайта жарықтандырудың тиімділігі, С.К.Тулбаев – Қазақстан темір жолдарындағы жол мен жылжымалы құрамның өзара іс-қимылының күші мен сипатын зерттеу, А.Б.Забиева – пойыз жылдамдығының жоғарылауындағы өтпелі қисықтардың тегістігін зерттеу және бағалау, М.Ж.Туркебаев – жолдың қисық учаскелеріндегі теміржол экипаждарының доңғалақ жұптарының өзара әрекеті сияқты өзекті мәселелерді көтеріп, шешімін тапты.

Дегенменде елімізде осы уақытқа дейін жылжымалы құрамның жұмыс істеуіне көптеген кедергілер бар. ҚТЖ «Жүк тасымалы» ЖШС 2023- 2024 жылдардың мәліметтерінің қорытындысы бойынша жылжымалы құрамның үздіксіз жұмыс істеуіне жүк вагондарының негізгі тораптарының істен шығуы жиі кездеседі. 1-сурет ҚТЖ «Жүк тасымалы» мекемесінің вагондардың тораптарының істен шығуы көрсетілген.



1-сурет. Жүк вагондарының негізгі тораптарының істен шығу кестесі

Қазақстан Республикасында да, ТМД темір жолдарының кеңістігінде де жаңа дайындалған доңғалақ жұптарының тапшылығы бар. Нәтижесінде вагондарда жоспарлы жөндеу, техникалық қызмет көрсету қиынға соғады.

Нәтижелер мен талқылау

Жылжымалы құрамның сенімділігін қамтамасыз ету саласындағы бұрын орындалған жұмыстарға шолу берілген, онда жылжымалы құрамға, әсіресе, поездардың бөлігіне барынша көп көңіл бөлінген.

Сенімділікті қамтамасыз ету жөніндегі зерттеулерді бірнеше хронологиялық кезеңдерге бөлуге болады, бұл кезеңдерде аталған ғылыми-техникалық бағыттар бойынша ғылыми білімге қол жеткізілген және жүйелендірілген.

Сенімділіктің қазіргі заманғы теориясының дамуы кезінде үш кезеңді атап өтуге болады.

Бірінші кезең – қалыптасу, екінші кезің – сенімділік теориясын қарқынды дамыту, объектілердің сенімділігін бағалау кезінде жүйе элементтері арасындағы функционалдық байланыстардың әсері, жұмыс режимдері және қоршаған орта факторларының әсері: температурасы, ылғалдығы, қысымы, дірілі, сәуле шығаруы және т.б. ескеріле бастады. Ал үшінші кезең- қарапайым және күрделі жүйелердегі істен шығулардың пайда болуының физикалық-химиялық және сататистикалық заңдылықтарын бұдан әрі қарайғы терең зерттеумен сипатталады.

Нарықтық экономиканың жағдайы, ЖҚ конструкциясының күрделілігін ұлғайту, шешілетін міндеттердің көп түрлілігі мен жауапкершілігі жол құрылысында пайдаланылатын жылжымалы құрамның сенімділігін қамтамасыз ету проблемаларына да айрықша көңіл бөлуге мәжбүрлейді. Кез келген қазіргі заманғы пойыз немесе аспап қандай да бір жоғары сипаттамаларға ие болса да, сенімсіз жұмыс кезінде құнсызданады. Жоғарыда атап көрсеткендей [4], сенімділік – кез келген техникалық құрылғылардың және жүйелердің функционалдық көрсеткіштерін анықтайтын барынша маңызды көрсеткіштердің бірі болып саналады.

Сенімділікті қамтамасыз ету жөніндегі зерттеулерді бірнеше хронологиялық кезеңдерге бөлуге болады, бұл кезеңдерде аталған ғылыми-техникалық бағыттар бойынша ғылыми білімге қол жеткізілген және жүйелендірілген [4].

Сенімділік теориясын дамытуға, атап айтқанда, техникалық жүйелердің жұмыс қабілетін қалпына келтіру, олардың сенімділігін бағалаудағы математикалық мәселелер, сондай-ақ пайдалану тиімділігін арттыру мәселелерін шешуге әлемдік деңгейдегі ғалымдар: А.И.Берг, Н.Г.Бруевич, А.Н.Колмогоров, Б.В.Гнеденко, Н.П.Бусленко, Б.Е.Бердичевский, Е.С.Вентцель, Г.В. Дружинин, Б.Р.Левин, А.М.Половко, Н.М.Седякин, Б.С.Сотсков, И.А.Ушаков, Е.В.Чепурин, Н.А.Шишонок, Я.Б.Шор, сондай-ақ И.Базовский, Р.Барлоу, Ф.Байхельт, М.де Грот, С.Калабро, К.Капур, Д.Кокс, Л.Ламберсон, М.Липов, Д.Ллойд, Ф.Прошан, Д.Сандлер, Р.Хевиленд және көптеген басқа ғалымдар да маңызды үлес қосты.

Жоғары пайдалану қасиеттеріне қол жеткізу үшін әзірленетін техниканың сенімділігін келесі зерттеулерді ескере отырып, өмірлік цикл процесінде қамтамасыз ету ұсынылады:

– өнімдердің сапасын анықтайтын сенімділік деңгейі өмірлік циклдің барлық кезеңінде сенімділікті қамтамасыз ету бойынша жұмыстарды үздіксіз жүргізуге кешенді тәсілдері кезінде қол жеткізіледі;

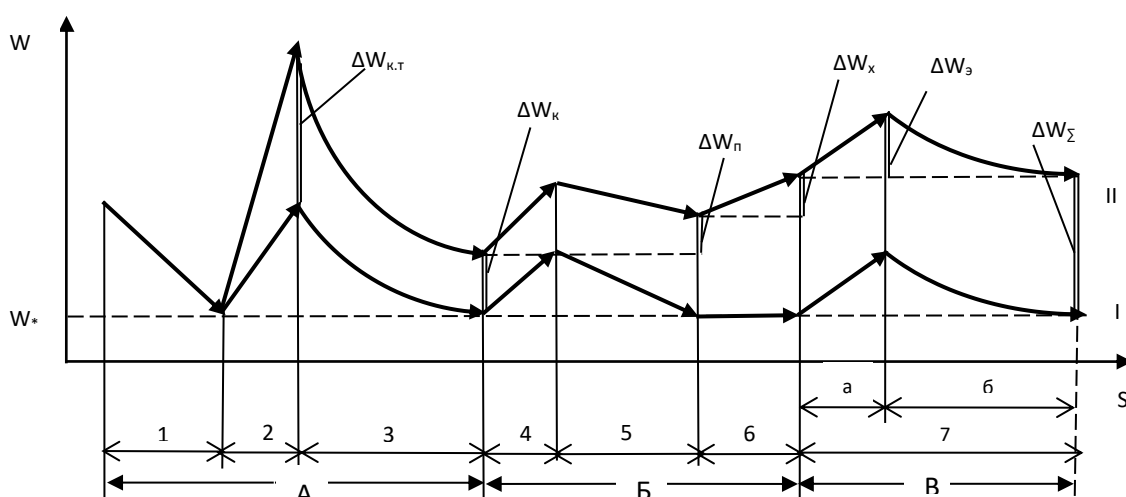
– әрбір келесі кезеңде реттеу жұмыстарының нәтижелігі сенімділік деңгейінің алдыңғы кезеңдерінде қол жеткізілген нәтижелеріне байланысты;

– үлгілердің өмірлік циклдің соңғы кезеңінде істен шығу себептерін анықтау және жою алдыңғы кезеңдердегі осы кемшілікті жою кезіндегі үлкен шығындарға әкеледі;

– бұйымдардың әрбір кезеңінде өзінің сипатты ерекшеліктерімен меншікті технологиялық және әдістемелік базалармен ілесе жүреді, бұларды толық масштабты іске асыру үлгілерді біртіндеп ретке келтіруді анықтайды;

– техниканың дамуы сенімділікті қамтамасыз етудің әдістемелік аппаратын барабар жетілдіру қажеттілігіне байланысты, талдауға байланысты артта қалып қою мүмкіндіктеріне жол берілмейді, ал бұл ғылыми сыйымдылықты технологияларды қолдануды талап етеді.

Техниканың өмірлік циклінің процесінде сенімділік өзгерісінің динамикасы кезіндегі [3] қарастырылған сапалы сипаттамаға қызығушылық білдіреді (2-сурет).



2-сурет. Техниканың өмірлік циклінің процесінде сенімділік өзгерісінің динамикасы

А – ғылыми-зерттеушілік, тәжірибелі-конструкторлық жұмыстар; Б – өндіріс; В – пайдалану; 1 – жобалау; 2 – тәжірибелі үлгілерді дайындау; 3 – сынақ; 4 – өндіріске енгізу; 5 – сериялық өндіріс; 6 – сақтау; 7 – тағайындау бойынша қолдану; а – бастапқы саты; б – қалпыптасқан мерзім; W – істен шығулар ағыны параметрі; W* – тоқтаусыз жұмыс істеудің талап етілген деңгейі; S – атқарым; I және II – техниканы толық және жеткіліксіз реттеуге сәйкес нұсқалар; ΔW_{Σ} – істен шығулар ағынының қорытынды өсуі; істен шығулар есебінен W деңгейінің өсуі: $\Delta W_{к.т}$ – конструктивті және технологиялық, $\Delta W_{к}$ – конструктивті, $\Delta W_{п}$ – өндірістік, $\Delta W_{х}$ – сақтаудан кейін, $\Delta W_{э}$ – пайдалану.

Атап көрсетілгендей, объектілер өмірінің әрбір кезеңінде өзіндік сипатты ерекшеліктегі факторлар әсер етеді. Бұл факторлар әрекет ету саласы бойынша жіктеледі. [4] бұйымдардың сенімділігі олардың түрлеріне байланысты сенімділіктің барлық көрсеткіштерімен немесе бір бөлігімен бағалануы мүмкін.

Қорытынды

1. Мақалада жылжымалы құрам мен жолдардың өзара әрекеттесу міндеттері, кез-келген уақытта ерікті динамикалық жүктемеден тербелетін сәуленің серпімді иілу сызығы қозғалатын тұрақты жүктеме, жол мен жылжымалы құрамның өзара іс-қимылы кезінде Қазақстан темір жолдарында пойыздардың жүрдек қозғалысын енгізу перспективаларын зерттеу сияқты Ресейлік, шетелдік және отандық ғалымдардың еңбектеріне шолу жүргізілді.

2. Зерттеу нәтижелері теміржол көлігінің сенімділігін арттыруға ықпал етеді. Жылжымалы құрамның бөлшектерінің істен шығуы, тұрып қалуы өзекті мәселе болып табылады. Осыған байланысты сенімділік теориясы ұсынылды.

Авторлардың қосқан үлесі:

Г.Н. Байгужина – мәліметтер жинау, тестілеу, жазу, қаржыландыру

Н. Камзанов – тұжырымдама, әдістеме, ресурстар, жазу.

М. Нургалиева – мәліметтер жинау, ресурстар.

Н.Ж. Жакишева – тестілеу, қаржыландыру

Әдебиеттер тізімі

1. Медель В.Б. Исследование движения железнодорожных экипажей в кривых [Текст] / В.Б. Медель. – Томск, 2017.- Вып.20.

2. Kalker J.J. Survey of Wheel – Rail Rolling contact theory // Vehicle System Dynamics. – 2019. - P.317-358.

3. Carter, F.W. ON THE ACTION OF LOCOMOTIVE DRIVING WHEEL [Текст] /F.W. Carter //Proc. Roy. Soc. -Ser. A. - 2016. - V. 112. - S. 151- 157.

4. Муздыбаева А.С., Кульсеитов Ж.О. Управление надежностью технических систем на примере гидромеханических передач машин. –Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2017. – 216 с.

5. Казахстанские железные дороги - 27 ноября 2022 г.;

6. Boronenko Yu., Orlova A., Rudakova E. Influence of construction schemes and parameters of three-piece freight bogies on wagon stability, ride and curving qualities // Vehicle System Dynamics, Vol.44, 2018. - P. 402-414.

Г.Н. Байгужина¹, Н.С.Камзанов², М.С.Нургалиева³, Ж.Н.Жакишева¹

¹*Евразийский национальный университет имен Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан*

²*Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.Сатпаева*

³*Академия гражданской авиации*

Обзор работ по изучению взаимодействия подвижного состава и пути

Аннотация. В настоящее время экономика Республики Казахстан адаптирована к рыночным условиям. Поэтому современный этап развития экономики нашей страны сопровождается строительством уникальных объектов. Примером этого может служить строительство современных железнодорожных путей, уникальных мостовых сооружений, простирающихся на многие километры и др.

Наиболее распространенным является подвижной состав, используемый в сложных природно-климатических условиях в различных сферах и на промышленных объектах, в сфере строительства и коммунального хозяйства.

Железнодорожный путь и подвижной состав представляют собой единую термодинамическую систему, которая взаимодействует и зависит друг от друга. Основной задачей исследования динамических процессов в системе "Подвижной состав – Железнодорожный путь" является определение оптимальных значений этой системы (габаритные размеры, масса, жесткость, коэффициенты вязкого трения и т.д.), при которых уменьшаются колебания и динамические силы, отрицательно влияющие на надежность и прочность подвижного состава и дорожных конструкций.

Ключевые слова: подвижной состав, железнодорожный транспорт, надежность, жесткость, масса, эффективность, поезд.

G.N. Baiguzhina¹, N.S. Kamzanov², M.S.Nurgaliyeva³, Zh.N.Zhakisheva¹

¹*L.N. Gumilyov Eurasian National University, K. Satpayev str. 2, Astana, Kazakhstan*

²*Kazakh National Research Technical University named after K.Satpayev*

³*Academy of Civil Aviation*

An overview of the work on studying the interaction of rolling stock and track

Abstract. Currently, the economy of the Republic of Kazakhstan is adapted to market conditions. Therefore, the current stage of economic development in our country is accompanied by the construction of unique facilities. An example of this is the construction of modern railway tracks, unique bridge structures stretching for many kilometers, etc.

The most common is rolling stock used in difficult natural and climatic conditions in various fields and industrial facilities, in the field of construction and utilities.

The railway track and rolling stock represent a single thermodynamic system that interacts and depends on each other. The main task of studying dynamic processes in the Rolling Stock-Railway system is to determine the optimal values of this system (overall dimensions, weight, stiffness, coefficients of viscous friction, etc.), which reduce fluctuations and dynamic forces that negatively affect the reliability and strength of rolling stock and road structures.

Keywords: rolling stock, railway transport, reliability, rigidity, mass, efficiency, train.

References

1. Medel, V.B. Investigation of the movement of railway carriages in curves [Text] / V.B. Medel. – Tomsk, 2017.- Issue 20. – P. 2017
2. Kalker J.J. Survey of Wheel — Rail Rolling contact theory // Vehicle System Dynamics. – 2019. - P. 317 -358.
3. Carter, F.W. ON THE ACTION OF LOCOMOTIVE DRIVING WHEEL [Text] /F.W. Carter //Proc. Roy. Soc. -Ser. A. - 2016. - V. 112. - S. 151- 157.
4. Muzdybayeva A.S., Kulseitov J.O. Reliability management of technical systems using the example of hydromechanical transmissions of machines. –Ust-Kamenogorsk: EKSTU, 2007. – 216 b.

5. Kazakhstan Railways - November 27, 2022;

6. Boronenko Yu., Orlova A., Rudakova E. Influence of construction schemes and parameters of three-piece freight bogies on wagon stability, ride and curving qualities // Vehicle System Dynamics, Vol.44, 2018. - P. 402-414.

Авторлар туралы мәлімет:

Г.Н. Байгужина – докторант, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қ.Сәтпаев көшесі 2 Астана қаласы, Қазақстан Республикасы, +77023236796, gul_8989@mail.ru.

Н.С. Камзанов – хат-хабар авторы, PhD докторы, «Көліктік инженерия» ББ басшысы, қауымдастырылған профессор, Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Сәтбаев көшесі 22, 050060, Алматы, Қазақстан

М.Нурғалиева – магистрант Академия гражданской авиации. г.Алматы

Ж.Н.Жақишева – магистрант, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қ.Сәтпаев көшесі 2 Астана қаласы, Қазақстан Республикасы

Г.Н. Байгужина – докторант, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, улица Сатпаева, 2, Астана, Республика Казахстан, +77023236796, gul_8989@mail.ru.

Камзанов Н.С. – автор для корреспонденции, доктор PhD, руководитель ОП "Транспортная инженерия", ассоциированный профессор, Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. И. Сатпаева, ул. Сатпаева, 22, 050060, Алматы, Казахстан.

М. Нурғалиева – магистрант, Академия гражданской авиации, г. Алматы.

Ж.Н.Жақишева – магистрант, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, улица Сатпаева, 2, Астана, Республика Казахстан.

G.N. Baiguzhina – doctoral student, Eurasian National University named by L.N. Gumilyov, Street Satpayev, 2, Astana, Kazakhstan, +77023236796, gul_8989@mail.ru.

N.S. Kamzanov – author of correspondence, PhD, Head of the EP" Transport Engineering", Associate Professor, K.I. Satpayev Kazakh National Research Technical University, Satpayev STR., 22, 050060, Almaty, Kazakhstan

M. Nurgalieva – master's student of the Academy of Civil Aviation. Almaty

Zh.N. Zhakisheva – master's student, Eurasian National University named by L.N. Gumilyov, Street Satpayev, 2, Astana, Kazakhstan



Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).