

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ
БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ»
КеАҚ



КӨЛІК-ЭНЕРГЕТИКА ФАКУЛЬТЕТІ



**«КӨЛІК ЖӘНЕ ЭНЕРГЕТИКАНЫҢ ӨЗЕКТІ МӘСЕЛЕЛЕРІ:
ИННОВАЦИЯЛЫҚ ШЕШУ ТӘСІЛДЕРІ» XIV ХАЛЫҚАРАЛЫҚ
ҒЫЛЫМИ-ТӘЖІРИБЕЛІК КОНФЕРЕНЦИЯСЫНЫҢ
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XIV МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ: «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТА И
ЭНЕРГЕТИКИ: ПУТИ ИХ ИННОВАЦИОННОГО РЕШЕНИЯ»**

**PROCEEDINGS OF THE XIV INTERNATIONAL SCIENTIFIC- PRACTICE
CONFERENCE «ACTUAL PROBLEMS OF TRANSPORT AND ENERGY:
THE WAYS OF ITS INNOVATIVE SOLUTIONS»**

Астана, 2026

УДК 656:620.9

ББК 65.37+65.305.1

A43

Редакционная коллегия:

Председатель – Талтенов А.А., член Правления – Проректор по науке и коммерциализации, д.х.н., профессор; Заместитель председателя – Кокаев У.Ш. декан транспортно-энергетического факультета, к.т.н., ассоциированный профессор; Тлепиева Г.М. – заместитель декана по научной работе, к.т.н., доцент; Султанов Т.Т. – заведующий кафедрой «Организация перевозок, движения и эксплуатация транспорта», к.т.н., доцент; Тогизбаева Б.Б. – заведующая кафедрой «Транспортная инженерия», д.т.н., профессор; Байхожаева Б.У. – заведующая кафедрой «Стандартизация, сертификация и метрология», д.т.н., профессор; Жумажанов С.К.– заведующий кафедрой «Электроэнергетика», к.т.н., доцент; Садыкова С.Б. – заведующая кафедрой «Теплоэнергетика», PhD, доцент.

A43 Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения: XIV Международная научно-практическая конференция, 19 марта 2026г. / Подгот. А.А. Талтенов, У.Ш. Кокаев, Г.М. Тлепиева – Республика Казахстан, г.Астана, НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева», 2026. – 632 с.

ISBN 978-601-385-216-4

В сборник включены материалы XIV Международной научно-практической конференции на тему: «Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения», проходившей в г. Астана 19 марта 2026 года.

Тематика статей и докладов участников конференции посвящена актуальным вопросам логистики, организации перевозок, движения и эксплуатации транспорта, стандартизации, метрологии и сертификации, транспорту, транспортной техники и технологии, теплоэнергетики и электроэнергетики.

Материалы конференции дают отражение научной деятельности ведущих ученых дальнего и ближнего зарубежья, Республики Казахстан и могут быть полезными для докторантов, магистрантов и студентов.

ISBN 978-601-385-216-4

УДК 656:620.9
ББК 65.37+65.305.1

© НАО «ЕНУ имени Л.Н. Гумилева», 2026

**Секция 2 «ТРАНСПОРТ, ТРАНСПОРТНАЯ ТЕХНИКА И
ТЕХНОЛОГИИ»**

Алпысбаев Н.Қ., Касабеков М. И. ОРТА ҚАШЫҚТЫҚТАҒЫ ҰШАҚ ТИПТІ ҰШҚЫШСЫЗ ҰШУ АППАРАТЫНЫҢ АЭРОДИНАМИКАЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРІНІҢ ҰШУ ҚАШЫҚТЫҒЫНА ӘСЕРІН ТАЛДАУ	316
Асанби А. Д., Кокаев У.Ш. ЖЕҢІЛ АВТОКӨЛІКТІҢ АРТҚЫ КӨРІНІС АЙНАЛАРЫНЫҢ АЭРОДИНАМИКАЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫН ТАЛДАУ	320
Арпабекова А. М., Jan Vlnka КОНСТРУКЦИЯ КОВША ЭКСКАВАТОРА С КОЛЬЦЕВЫМ ЭЛЕМЕНТОМ ДЛЯ ПОДЪЕМА ГРУЗОВ	325
Арстамбаев С.О., Боярин В.А. ПОВЫШЕНИЕ ЖИВУЧЕСТИ И МОБИЛЬНОСТИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЗЕНИТНОЙ ПУШКИ С-60 ПУТЕМ ИНТЕГРАЦИИ С КОЛЕСНЫМ БАЗОВЫМ ШАССИ	328
Әлібек Б.Ә., Жаманбаев Б.У. КОНТРЕЙЛЕРЛІК ТАСЫМАЛДАУДЫҢ ӘЛЕМДІК ТӘЖІРИБЕСІН ЖҮЙЕЛІ ТАЛДАУ	332
Бақытов Ж.Д., Каражанов А.А. МЕТАЛЛ ҰНТАҚТЫ КОМПОЗИЦИЯЛАРДЫҢ КӨЛІК БӨЛШЕКТЕРІНІҢ КОРРОЗИЯҒА ТӨЗІМДІЛІГІНЕ ӘСЕРІН ТАЛДАУ	335
Bekbay B.B., Sirgetayeva G.E. IMPROVING THE EFFICIENCY OF ELECTRIC MOTORS OF TRANSPORT VEHICLES UNDER LOW-TEMPERATURE CONDITIONS	339
Дуйсембаева Б.Ш., Тогизбаева Б.Б., Баташов С.И. ВЕРОЯТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ СПЕКТРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ НЕРОВНОСТЕЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ И МЕТОДЫ ИХ КЛАССИФИКАЦИИ	342
Ескендір І.А. ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА ПРИ СБОРКЕ АВТОМОБИЛЕЙ НА КОНВЕЙЕРНОЙ ЛИНИИ	348
Жұмағұл Қ. М., Сиргетаева Г.Е. ҚАЛАЛЫҚ ЖАҒДАЙДА ДИЗЕЛЬДІ ЖӘНЕ ЭЛЕКТР КӨЛІКТЕРІНІҢ ПАЙДАЛАНУ СИПАТТАМАЛАРЫН БАҒАЛАУ ӨЗЕКТІЛІГІ	353
Жанбатыр У., Жаманбаев Б.У. АСТАНА ҚАЛАСЫНЫҢ МЫСАЛЫНДА КӨЛІК ИНФРАҚҰРЫЛЫМЫНЫҢ ТИІМДІЛІГІНЕ МИКРОМОБИЛЬДІЛІКТІҢ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ	356
Жаманкулов С.Т., Каражанов А.А. ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП АВТОПАРКТІ ПРЕДИКТИВТІ ТЕХНИКАЛЫҚ ҚЫЗМЕТ КӨРСЕТУ ЖҮЙЕСІН ТАЛДАУ	358
Қуанышбекова Қ.Қ., Тогизбаева Б.Б. ШӨМШТІ ЭЛЕВАТОРДЫҢ ЖҰМЫС ОРҒАНЫН ЕСЕПТЕУДЕ ҚАБЫҚША ТЕОРИЯСЫН ҚОЛДАНУ	361
Мамбетов Д.М., Джундибаев В.Е., Сахапов Р.Л. ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ	

МЕЖМОДУЛЬНОГО УСТРОЙСТВА КРЕПЛЕНИЯ СМЕННОГО РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ПОГРУЗЧИКОВ	364
Омаров Б.Ж., Сиргетаева Г.Е. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В УСЛОВИЯХ ГОРОДА АСТАНА	366
Раунак Д.О., Костюченкова О.Н. СНИЖЕНИЕ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ ПРИЦЕПАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДЕМПФИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ	369
Тойлыбаев А.Е., Баймағамбетов А., Құрманәліұлы Д. АВТОМОБИЛЬДЕНДІРУ ДЕҢГЕЙІ ЖӘНЕ КӨЛІКТІК ҚЫЗМЕТ КӨРСЕТУ НАРЫҒЫНДАҒЫ ҰСЫНЫСТАРДЫҢ АРТУЫ	372
Тулєков А.Б., Сахапов Р.Л., Кенесбек И.Б. МҰНАРА КРАНЫНЫҢ БУМ ЖҰМЫСЫНДАҒЫ ДӘНЕКЕРЛЕНГЕН ҚОСЫЛЫСТАРДЫҢ РӨЛІ	377

Дегенмен бұл көрсеткішті тек толық қуатпен жұмыс істеген жағдайда және тұрақты жүк легі қамтамасыз етілгенде күтуге болады.

Талдау көрсеткендей, Қытай, Қазақстан және Өзбекстан сияқты мемлекеттер арасындағы халықаралық көлік дәліздерін дамыту контрейлерлік тасымалдауды кеңінен енгізуге қолайлы жағдай жасайды. Әсіресе Қорғас, Алашанькоу сияқты шекаралық логистикалық орталықтар мен транзиттік бағыттардың маңызы жоғары. Бұл бағытта интермодальдық терминалдарды дамыту, көлік инфрақұрылымын жетілдіру және халықаралық логистикалық байланыстарды күшейту маңызды рөл атқарады.

Контрейлерлік тасымалдау жүйесін енгізу Қазақстанның көлік-логистикалық саласының бәсекеге қабілеттілігін арттырып, елдің транзиттік әлеуетін тиімді пайдалануға мүмкіндік береді. Сонымен қатар бұл жүйе халықаралық сауда байланыстарын нығайтып, аймақтық экономикалық дамуға оң әсерін тигізеді. Сондықтан контрейлерлік тасымалдауды дамыту Қазақстанның көлік саясатының басым бағыттарының бірі болуы тиіс.

П а й д а л а н ғ а н ә д е б и е т т е р т і з і м і :

1. Alyami, H., Yang, Z., Riahi, R., Bonsall, S., & Wang, J. (2019) контейнерлік порттардағы тәуекелдерді талдау үшін белгісіздікті Кеңейтілген модельдеу. Жазатайым Оқиғаларды Талдау Және Алдын Алу, 123. doi: 10.1016 / j.aar.2016.08.007.
2. Ди Вайо, А., Варриале, Л. Және Альвино, Ф. (2018). Экологиялық тұрақты және энергияны үнемдейтін порттарды дамыту тиімділігінің негізгі көрсеткіштері: Италиядан алынған деректер. Энергетикалық Саясат, 122. doi: 10.1016 / j.enpol.2018.07.046.
3. Черманский, Э. (2021). Балтық Теңізі Аймағындағы Аралас Көлік туралы электронды кітап. Гданьск университеті, Теңіз Көлігі Және Теңіз Сауда Баспасөзі Кафедрасы, ISBN 978-83-7939-023-6, 2021. (168 б.).
4. Клеменчич, М.Және Бург, Р. (2018). Кт және кт үшін ауыстырып тиеу технологияларының мәліметтер базасы және салыстырмалы талдауы. Марибор университеті, SSP Consult, 2018. (114 б.). Алынған.
5. Виницки, Б. (2020). Біріктірілген көлік терминалының жұмысын талдау- терминалдарды жақсарту шараларын Анықтау. 2020. Қол жетімді:https://www.combineproject.com/sites/default/files/content/resource/files/identification_of_me
6. Tian, Y., & Bhattacharya, S. (2017). Smart autonomous grain carts for harvesting-on-demand. In IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems (pp. 5168–5173). Vancouver.
7. Tu, X., & Tang, L. (2019). Headland turning optimisation for agricultural vehicles and those with towed implements. Journal of Agriculture and Food Research, 1 , 100009.
8. Utamima, A., Reiners, T., & Ansariipoor, A. H. (2019). Optimisation of agricultural routing planning in field logistics with Evolutionary Hybrid Neighbourhood Search. Biosystems Engineering, 184 , 166–180.

УДК 621.762

МЕТАЛЛ ҮНТАҚТЫ КОМПОЗИЦИЯЛАРДЫҢ КӨЛІК БӨЛШЕКТЕРІНІҢ КОРРОЗИЯҒА ТӨЗІМДІЛІГІНЕ ӘСЕРІН ТАЛДАУ

Каражанов Абдиқарим Алмаханович
karazhanov_aa@enu.kz

Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ «Көлік инженериясы» кафедрасының қауымдастырылған
профессоры т.ғ.к., Астана, Қазақстан

Бақытов Жандос Данабекұлы

Түйіндеме. Мақалада аддитивті технологиялар, атап айтқанда селективті лазерлік балқыту (SLM) әдісімен өндірілген көлік бөлшектерінің коррозияға төзімділігіне металл ұнтақты композициялардың әсері кешенді түрде қарастырылады. Зерттеудің негізгі мақсаты — ұнтақтардың химиялық құрамы, бөлшектердің морфологиясы және өлшемдік таралуы сияқты бастапқы сипаттамаларының дайын бөлшектің микроқұрылымына және оның агрессивті ортадағы (тұзды су, хлоридті ерітінділер) электрохимиялық мінез-құлқына әсерін талдау. Мақалада 316L тот баспайтын болат, Ti-6Al-4V титан қорытпасы және AlSi10Mg алюминий қорытпаларының коррозиялық механизмдері, балку бассейндерінің иерархиялық құрылымы және легирлеуші элементтері (Mo, Cr, Si) талқыланады. Сонымен қатар, Қазақстанның көлік инженериясы саласындағы аддитивті өндіріс әлеуеті және беттік өңдеу технологияларының коррозияны тежеудегі рөлі сарапталады.

Кіріспе. Көлік инженериясы, соның ішінде автомобиль, аэроғарыш және теңіз техникасы салалары, бүгінгі таңда құрылымдық материалдардың салмағын азайту және функционалдық мүмкіндіктерін арттыру бойынша үлкен трансформацияны бастан кешуде. Аддитивті өндіріс (АӨ) немесе 3D басып шығару технологиясы дәстүрлі субтрактивті әдістермен қол жеткізу мүмкін емес күрделі геометриялық пішіндерді жасауға, материалдардың шығынын азайтуға және бөлшектерді жеңілдетуге мүмкіндік береді [1]. Дегенмен, көлік құралдарының пайдалану жағдайлары көбінесе жоғары ылғалдылық, температураның ауытқуы және химиялық агрессивті ортамен (теңіз суы, мұздануға қарсы реагенттер) байланысты болғандықтан, бұл бөлшектердің коррозияға төзімділігі мәселесі басты назарда қалады.

Металл ұнтақты композициялар аддитивті өндіріс тізбегіндегі ең маңызды буын болып табылады. Олардың сапасы тек механикалық беріктікке ғана емес, сонымен қатар беткі қабаттағы қорғаныс пассивті қабықшаларының қалыптасуына да тікелей әсер етеді [2]. Зерттеулер көрсеткендей, металл аддитивті өндірісінде (МАӨ) материалдардың электрохимиялық қасиеттері дәстүрлі соғылған немесе құйылған аналогтарынан айтарлықтай ерекшеленеді [3]. Бұл айырмашылықтардың негізінде лазерлік балқыту кезіндегі өте жоғары салқындау жылдамдығы мен қайталанатын термиялық циклдар жатыр.

Ұнтақтың сфералық пішіні лазерлік ұнтақты қабатты балқыту процесінде маңызды рөл атқарады. Сфералық бөлшектер жоғары аққыштықты қамтамасыз етеді, бұл өз кезегінде біркелкі қабаттардың түзілуіне және ішкі кеуектіліктің азаюына мүмкіндік береді [4]. Иррегулярлы немесе дұрыс емес пішінді ұнтақтарды қолдану бөлшек ішінде кілт тесігі тәрізді кеуектердің (keyhole pores) немесе балқымай қалған аймақтардың пайда болуына әкеледі. Бұл дефектілер агрессивті хлорид иондарының жиналуына жағдай жасап, жарықшақты коррозияның басталу нүктесіне айналады.

Сфералық ұнтақтарды қолданғанда түзілетін жабындар немесе бөлшектер тығыз әрі біркелкі болады, бұл коррозияға төзімділікті жақсартады [5].

Металл ұнтағының композициясы — бұл тек негізгі металл емес, сонымен қатар оның коррозиялық қасиеттерін жақсартатын легирлеуші қоспалардың жиынтығы. Көлік бөлшектерінде жиі қолданылатын элементтердің функциялары төмендегідей жүйеленеді:

- **Хром (Cr):** Тот баспайтын болаттар мен никель қорытпаларының бетінде Cr₂O₃ пассивті қабықшасын түзу үшін жауапты.
- **Молибден (Mo):** Хлоридті ортада питтингтік (нүктелі) коррозияға қарсы тұру қабілетін арттырады және пассивті қабықшаның өзін-өзі емдеуін жеделдетеді.

- Никель (Ni): Қышқыл ортада жалпы коррозия жылдамдығын төмендетеді және аустениттік фазаны тұрақтандырады.
- Кремний (Si): Алюминий қорытпаларында балқығыштықты жақсартады және сілтілі ортада төзімділікті арттырады [6].

Хлорид иондары (Cl^-) кеуек ішінде жиналып, ортаның рН мәнін төмендетеді (қышқылдану), бұл коррозия процесін автокаталитикалық түрде жеделдетеді. Сондықтан, металл ұнтағының сапасы мен лазер энергиясының тығыздығын оңтайландыру арқылы 99.9%-дан жоғары тығыздыққа қол жеткізу коррозиядан қорғаудың алғашқы шарты болып табылады [7].

316L тот баспайтын болаты — коррозияға төзімділігі жоғары болғандықтан, көлік инженериясы мен теңіз техникасында өте көп қолданылады. Аддитивті өндіріс арқылы алынған 316L үлгілері дәстүрлі соғылған материалдармен салыстырғанда бірегей қасиеттерге ие.

Дәстүрлі 316L болатында марганец сульфиді (MnS) инклюзиялары питтингтік коррозияның басталуына негізгі себепші болады. Аддитивті өндіріс кезіндегі жылдам салқындату бұл ірі инклюзиялардың түзілуін тежейді. Нәтижесінде, SLM 316L үлгілері көптеген жағдайларда соғылған болаттарға қарағанда жоғары питтингтік потенциал мен кеңірек пассивті диапазон көрсетеді.

Дегенмен, кейбір зерттеулер SLM 316L үлгілерінің кейбір агрессивті ортада пассивтілігін жоғалтуға бейімділігін көрсетеді. Бұл Молибденнің (Mo) балку бассейндері мен жасуша шекараларында біркелкі таралмауымен байланысты. Соғылған болатта Мо атомарлық деңгейде гомогенді таралса, АӨ үлгілерінде Мо-ге бай және Мо-ге кедей аймақтар түзіледі. Мо-ге кедей аймақтарда пассивті қабықша әлсіз болып, хлоридтердің енуіне жол береді.

Титан қорытпалары, әсіресе *Ti-6Al-4V*, жоғары меншікті беріктігі мен тамаша коррозияға төзімділігі үшін аэроғарыш және жоғары жылдамдықты көлік саласында қолданылады. SLM процесінде *Ti-6Al-4V* ұнтағы балқығанда мартенситтік құрылым түзіледі. Бұл ине тәрізді құрылым өте берік болғанымен, коррозиялық ортада дәстүрлі құрылымға қарағанда сәл жоғарырақ коррозия жылдамдығын көрсетуі мүмкін.

Титан бөлшектерінің коррозиясына бастапқы ұнтақтың өлшемі тікелей әсер етеді. Зерттеулерге сәйкес, ұнтақ бөлшегінің өлшемі 17 мкм-ден 43 мкм-ге дейін өскенде, кеуекті титан үлгілерінің коррозиялық ток тығыздығы артады. Бұл үлкенірек бөлшектердің арасындағы бос орындардың (микрокеуектердің) көбірек болуымен және электролитпен жанасу ауданының кеңеюімен түсіндіріледі.

Алюминий-кремний-магний қорытпалары автомобильдердің қозғалтқыш блоктары, жылу алмастырғыштар және шасси бөлшектері үшін кеңінен қолданылады.

SLM арқылы алынған *AlSi10Mg* үлгілерінде кремнийдің (Si) өте ұсақ, үздіксіз торы қалыптасады. Бұл тор алюминий матрицасын қоршап, оның локальды коррозиясын тежейді. Дәстүрлі құйылған алюминийде кремний ірі, ине тәрізді фаза түрінде болады, бұл коррозияға қарсы тұру қабілетін төмендетеді. Сондықтан, АӨ алюминий бөлшектерінің коррозияға төзімділігі құйылған аналогтарынан 2-3 есе жоғары екендігі ғылыми дәлелденген [8].

Аддитивті өндірістен кейінгі бөлшектердің беті әдетте жоғары бұдырлықпен (R_a) сипатталады. Бұл бұдырлық - коррозияны тудыратын стресс концентраторларының жиынтығы.

Беттік өңдеу R_a мәнін айтарлықтай төмендетуге мүмкіндік береді. Мысалы, R_a мәнін 78%-ға азайту коррозияға төзімділікті ғана емес, сонымен қатар бөлшектің шаршауға төзімділігін де арттырады [9]. Теңіз көлігінде қолданылатын бөлшектер үшін

жылтыратып өңдеу міндетті кезең болып табылады, өйткені тегіс бетте тұз шөгінділері аз жиналады [10].

Көлік бөлшектерін қосымша қорғау үшін келесі технологиялар қолданылады:

1. Электролиттік-плазмалық тотығу (PEO): Алюминий мен титан бетінде қалың, қатты және коррозияға төзімді керамикалық қабат түзеді.
2. Нитрлеу және цементтеу: Болат бөлшектердің беткі қабатын азотпен немесе көміртегімен байыту арқылы олардың тозуға және коррозияға төзімділігін арттырады.
3. PEN технологиясы: Плазмалық электролиттік нитрлеу әдісі PEO-ға қарағанда жоғарырақ қорғаныс деңгейін қамтамасыз етеді, әсіресе күрделі пішінді жылу алмастырғыштар үшін тиімді [3].

Көлік бөлшектерінің коррозиясы пайдалану ортасына байланысты әртүрлі механизмдермен жүреді.

Теңіз көлігінде хлоридті коррозия мен гальваникалық коррозия басым болады. Мысалы, титан плиталары мен тот баспайтын болаттан жасалған шайбалар арасында гальваникалық жұп түзіліп, болаттың жылдам бұзылуына әкелуі мүмкін. Автомобиль көлігінде тұзды бүрку сынақтары көрсеткендей, электролиздік жалатылған бөлшектерге қарағанда, тот баспайтын болаттан жасалған АӨ бөлшектері (шасси элементтері) әлдеқайда ұзақ қызмет етеді [1].

Зерттеулердің тағы бір маңызды қыры — аддитивті өндіріс кезіндегі металл ұнтақтарының эмиссиясы. 3D принтерлерден бөлінетін ультрадисперсті бөлшектер қоршаған орта мен адам денсаулығына әсер етуі мүмкін. Сондықтан, жабық циклді өндіріс жүйелері мен ұнтақтарды қауіпсіз өңдеу хаттамалары коррозиялық зерттеулермен қатар жүруі тиіс.

Аддитивті өндірістің болашағы — жасанды интеллект (AI) мен машиналық оқытуды қолдану арқылы коррозияға төзімді қорытпаларды жобалауда. AI көмегімен лазер параметрлерін (қуат, жылдамдық, жол аралығы) нақты уақыт режимінде реттеп, дефектілердің пайда болуын алдын алуға болады. Сондай-ақ, "металл матрицалық композиттер" (MMCs) — металл ұнтағына керамикалық бөлшектерді (мысалы, SiC) қосу арқылы материалдың тозуға және коррозияға төзімділігін бір мезгілде арттыру бағыты белсенді дамып келеді [6].

Қорытынды. Металл ұнтақты композициялардың көлік бөлшектерінің коррозияға төзімділігіне әсерін кешенді талдау келесі тұжырымдарға негіз болады: сфералық морфология мен оңтайлы өлшемдік таралу (PSD) біркелкі пассивті қабықшаның түзілуіне және ішкі кеуектіліктің минималдануына кепілдік береді. Кеуектер — локальды коррозияның басты ошақтары.

АӨ процесіндегі жылдам салқындату MnS сияқты зиянды инклюзияларды жойып, питтингке төзімділікті арттырғанымен, легирлеуші элементтердің (Mo, Cr) микро-сегрегациясына әкеледі. Бұл мәселе термиялық өңдеу арқылы шешілуі тиіс. AlSi10Mg қорытпасы АӨ нұсқасында құйылған нұсқасына қарағанда кремний торының арқасында жоғары төзімділік көрсетеді. Тот баспайтын болаттар мен титан қорытпаларында коррозиялық мінез-құлық балку бассейндерінің иерархиясы мен фазалық құрамға (аустенит vs мартенсит) тікелей байланысты. Одан бөлек, пост-процессингке де көп мән беру керек. Беттік бұдырлықты азайту және арнайы қорғаныс жабындарын (PEO, PEN) қолдану көлік бөлшектерінің агрессивті ортадағы қызмет ету мерзімін бірнеше есе ұзарта алады. Қазақстандық перспектива туралы айтатын болсақ Отандық металлургия ресурстарын пайдалана отырып, 3D басып шығаруға арналған металл ұнтақтарын өндіруді жолға қою елдің көлік-логистикалық және технологиялық егемендігін арттырудың стратегиялық бағыты болып табылады.

П а й д а л а н ы л ғ а н ә д е б и е т т е р т і з і м і

1. Diaz, A., McFadden, P., Garcia-Avila, M., & Scovill, J. (2023). Surface texture optimisation of metal additively manufactured components. *Metal AM*.
2. Revilla, R. I., et al. (2020). Microstructure and corrosion behavior of 316L stainless steel prepared using different additive manufacturing methods. *Corrosion Science*.
3. Trelewicz, J. R., et al. (2016). Microstructure and Corrosion Resistance of Laser Additively Manufactured 316L Stainless Steel. *JOM: The Journal of the Minerals, Metals & Materials Society*.
4. Talamona, D., et al. (2023). Additive manufacturing systems and metal powders for the Kazakh industry. *Nazarbayev University Research Project*.
5. Girelli, L., et al. (2023). Corrosion behavior of AlSi10Mg alloy produced by selective laser melting. *Coatings*.
6. Leon, A., et al. (2022). Effect of heat treatments on microstructure and corrosion resistance of AlSi10Mg alloy. *Materials*.
7. Wang, S., et al. (2022). Influence of powder particle size and sphericity on Ti coatings. *Coatings*.
8. Yustiani, F., et al. (2025). Analysis of the Application of Additive Manufacturing for On-Demand Repair and Maintenance of Naval Equipment in Remote Maritime Operations. *International Journal of Mechanical Industrial and Control Systems Engineering*.
9. Alontseva, D., et al. (2025). Improving Corrosion and Wear Resistance of 316L Stainless Steel via In Situ Ti Coatings. *Materials*.
10. Conflux Technology (2024). Unlocking the potential of metal powder for 3D printing heat exchangers.

UDC 621.313

IMPROVING THE EFFICIENCY OF ELECTRIC MOTORS OF TRANSPORT VEHICLES UNDER LOW-TEMPERATURE CONDITIONS

Bekbay Bekbolat Bekturganuly

bekbolatbekbay@gmail.com

Masters Student of Faculty of Transport and Energy

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

Scientific Supervisor: Sirgetayeva G.E.

Abstract. This paper investigates the optimization of electric vehicle (EV) powertrain efficiency in harsh climatic conditions, with a focus on the integration of heat pump systems. The study analyzes the primary challenges of operating electric motors at low temperatures and proposes solutions aimed at minimizing energy consumption for thermal management. The prospects for implementing advanced thermal regulation technologies in the transport sector of Kazakhstan are evaluated, contributing to increased vehicle range and overall system sustainability.

Keywords: electric motors, low-temperature efficiency, heat pump, energy saving, transport vehicles.

Modern transportation systems require the implementation of advanced technologies to improve the efficiency of electric vehicles. One of the most significant problems in the industry remains the decline in powertrain performance at low temperatures, which increases energy consumption, reduces the effective driving range, and places additional stress on the vehicle's electrical infrastructure.