

Көлік қызметі. Инженерия және инженерлік іс

<https://doi.org/10.63377/3005-4966.4-2024-07>

ЭОЖ: 621.548

FTAMP: 70.17.47

Транспорт құралдары мен жасалатын жел энергиясын электрэнергиясына айналдыру***¹Елемес Д.Е., ¹Әнібекқызы М.**¹Л.Б.Гончаров ат. Қазақ автомобиль-жол институті, Алматы, Қазақстан*Автор-корреспондент: e-mail: infor_comm@kazadi.edu.kz

Мақала келді: 03 қазан 2024 Сараптамадан өтті: 05 қараша 2024 Қабылданды: 05 желтоқсан 2024	Түйіндеме Бұл мақалада автокөліктер қозғалысы нәтижесінде пайда болатын ауа ағындарының кинетикалық энергиясын пайдалану арқылы электр энергиясын өндірудің баламалы әдісі ұсынылады. Жолдар мен автомобиль тоннельдері бойына орнатылатын жел генераторлары арқылы ауа ағындарын тиімді пайдалану мүмкіндіктері қарастырылады. Мақалада жел генераторларының жұмыс істеу принциптері, ротор түрлерінің ерекшеліктері (Савониус, Дарье, т.б.), олардың артықшылықтары мен кемшіліктері, қолдану жағдайлары мен техникалық сипаттамалары талданады. Сонымен қатар, жүйенің экологиялық және экономикалық тиімділігі, энергия үнемдеу мүмкіндіктері, смарт-инфрақұрылыммен интеграция мәселелері қозғалады. Модельдік және эксперименттік зерттеулер арқылы көлік ағынының параметрлері (жылдамдық, тығыздық) мен ауа ағындарының жел генераторлары жұмысына әсері бағаланады. Мақала «ақылды қала» және «жасыл энергия» тұжырымдамалары аясында Қазақстандағы көлік инфрақұрылымын экологиялық тұрғыдан тұрақты ету жолдарын ұсынады. Түйін сөздер: көлік ағыны, жел генераторы, жаңартылатын энергия, тоннель, экологиялық тұрақтылық, энергетикалық тиімділік, смарт инфрақұрылым.
Елемес Д.Е.	Авторлар туралы ақпарат: Техникалық ғылымдар кандидаты, доцент, Л.Б.Гончаров атындағы Қазақ автомобиль-жол институті, Алматы қ., Қазақстан. ORCID ID: https://orcid.org/0009-0004-5645-1481. E-mail: infor_comm@kazadi.edu.kz
Әнібекқызы М.	Мұғалім, Л.Б.Гончаров атындағы Қазақ автомобиль-жол институті, Алматы қ., Қазақстан. ORCID ID: https://orcid.org/0009-0001-6352-1298. E-mail: marfuga1994@mail.ru

Transportation services. Engineering

<https://doi.org/10.63377/3005-4966.4-2024-07>

UDC: 656.22

IRSTI: 63.37.29

Utilization of wind energy generated by vehicles for electricity production***¹Yelemes D.E., ¹Anibekkyzy M.**¹Kazakh Automobile and Road Institute named after L.B. Goncharov, Almaty, Kazakhstan*Corresponding author e-mail: infor_comm@kazadi.edu.kz

Received:
03 October 2024
Peer-reviewed:
05 November 2024
Accepted:
05 December 2024

Abstract

This article explores an innovative method for generating electricity by utilizing the kinetic energy of airflows produced by moving vehicles. The system involves installing wind turbines along highways and inside tunnels to harvest this otherwise untapped energy source. The article presents a technical overview of turbine types—particularly vertical-axis designs like Savonius and Darrieus rotors—and evaluates their performance under real-world conditions. Detailed analyses are provided on aerodynamic efficiency, placement strategies, and integration with existing energy and transportation infrastructure. The study also models the relationship between vehicle speed, traffic density, and energy output, offering insight into practical applications in urban environments. Further, it discusses the system's environmental and economic benefits, including reduced CO₂ emissions, operational cost savings, and synergy with smart road technologies such as adaptive lighting and EV charging stations. This approach aligns with Kazakhstan's strategic shift toward renewable energy and sustainable infrastructure development.

Keywords: vehicle airflow, wind energy, renewable electricity, road tunnel, sustainable development, energy efficiency, smart cities.

Yelemes D.E.**Information about authors:**

Candidate of Technical Sciences, **associate professor**, Kazakh Automobile and Road Institute named after. Goncharova, Almaty, Republic of Kazakhstan. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-5645-1481>. E-mail: infor_comm@kazadi.edu.kz

Anibekkyzy M.

Teacher, Kazakh Automobile and Road Institute named after. Goncharova, Almaty, Republic of Kazakhstan. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-6352-1298>. E-mail: marfuga1994@mail.ru

Транспортные услуги. Инженерия и инженерное дело

<https://doi.org/10.63377/3005-4966.4-2024-07>

УДС: 621.548

МРНТИ: 70.17.47

Использование энергии ветра, создаваемой транспортными средствами, для генерации электроэнергии***¹Елемес Д.Е., ¹Әнібекқызы М.**¹Казахский автомобильно-дорожный институт им. Л.Б.Гончарова, г. Алматы, Казахстан*Автор-корреспондент e-mail: infor_comm@kazadi.edu.kz

Поступила: 03 октября 2024 Рецензирование: 05 ноября 2024 Принята в печать: 05 декабря 2024	Аннотация В статье рассматривается инновационный подход к использованию кинетической энергии воздушных потоков, создаваемых движущимися транспортными средствами, для генерации электроэнергии с помощью ветрогенераторов, размещенных вдоль автомагистралей и внутри тоннелей. Проведен анализ принципа действия ветротурбин, в частности, вертикальных моделей типа Савониуса и Дарье, рассмотрены их конструктивные особенности и применимость в условиях городской и транспортной инфраструктуры. Обоснована актуальность темы в контексте перехода Казахстана к углеродно-нейтральной экономике. Приводятся расчетные модели, графики и схемы, демонстрирующие взаимосвязь между скоростью транспортного потока и объемом вырабатываемой энергии. Также оцениваются возможности интеграции таких решений в «умные» дорожные системы, включая освещение, интеллектуальное регулирование движения и зарядные станции для электромобилей. Предложенная система способствует снижению выбросов CO₂, повышению энергоэффективности и устойчивому развитию. Ключевые слова: транспортный поток, ветрогенераторы, возобновляемая энергия, тоннель, экология, энергоэффективность, умная инфраструктура.
Елемес Д.Е.	Информация об авторах: Кандидат технических наук, ассоциированный профессор, Казахский автомобильно-дорожный институт им. Л.Б. Гончарова, г. Алматы, Республика Казахстан. ORCID ID: https://orcid.org/0009-0004-5645-1481. E-mail: infor_comm@kazadi.edu.kz
Әнібекқызы М.	преподаватель, Казахский автомобильно-дорожный институт им. Л.Б. Гончарова, г. Алматы, Республика Казахстан. ORCID ID: https://orcid.org/0009-0001-6352-1298. E-mail: marfuga1994@mail.ru

Кіріспе

2020 жылдың желтоқсан айында климаттың өзгеруіне байланысты амбициозды мақсаттарға арналған саммитте Президент Тоқаев Қазақстанның 2060 жылға қарай көміртегі бейтараптығына жету мақсатында жаңа мақсатты жариялады, бұл елдің Париж келісіміне деген міндеттемелерін растады [1].

Осы мақсаттарды жүзеге асыру үшін Қазақстан 2060 жылға дейін көміртегі бейтараптығына жету стратегиясын әзірледі, ол энергетикалық кешенді жаңғыртуды, өнеркәсіптік және агроөнеркәсіптік саясатты қайта қарауды, сондай-ақ тұрғын үй-коммуналдық қызметтер мен құрылыс саласында жаңа тәсілдерді қарастырады. 2060 жылға қарай жаңартылатын және баламалы энергия көздерінің үлесі елдің жалпы энергетикалық балансының 80%-дан астамын құрауы жоспарланып отыр [2].

2024 жылдың қараша айында Қазақстан, Әзірбайжан және Өзбекстан Президенттері «жасыл» энергия өндірісі мен жеткізілуі саласында стратегиялық әріптестік туралы келісімге қол қойды, бұл энергия жүйелерін интеграциялау мен экологиялық таза энергияның Еуропа мен басқа нарықтарға жеткізілуі үшін жаңа мүмкіндіктер ашады [3].

Бұл қадамдар Қазақстанның тұрақты даму жолына түсуі мен қоршаған ортаға әсерін азайтуға деген адалдығын көрсетеді.

Соңғы бірнеше жылда жаңартылатын энергия көздерін, оның ішінде күн және жел энергиясын пайдалану айтарлықтай артты, бұл көміртегі шығындарын азайту мен қоршаған ортаға әсерін минимизациялау қажеттілігімен байланысты. Алайда дәстүрлі энергия өндіру әдістері, оның ішінде күн панельдері мен ірі жел электр станциялары бірнеше кедергілерге тап болады: қымбат орнату құны, үлкен жер алаңдарын қажет ету және ауа-райы жағдайларына тәуелділік.

Осыған байланысты жаңартылатын энергияны пайдалану бойынша дәстүрлі емес тәсілдерге көбірек назар аударылуда. Мұндай тәсілдердің бірі - автомагистральдар мен қалалық жолдарда жүріп жатқан транспорт құралдары жасаған ауа ағындарының энергиясын электр энергиясына айналдыру. Жүк көліктері мен автобустар сияқты ауыр транспорт құралдары қуатты ауа ағындарын тудырады, оларды жолдар бойына орнатылған жел генераторлары арқылы тиімді пайдалануға болады. Бұл шешім тек жаңартылатын энергияның қосымша көзін қамтамасыз етіп қана қоймай, жаңа ірі құрылымдар салудың қажеттілігін азайтып, қолда бар ресурстарды тиімді пайдалануға мүмкіндік береді.

Бұл зерттеудің негізгі мақсаты - автомагистральдардағы қозғалыс кезінде пайдаланылатын ауа ағындарын электр энергиясына айналдыру мүмкіндігін бағалау. Зерттеу жолдар бойына жел генераторларын орнату концепциясын жасауға, сондай-ақ алынған энергияны түрлі міндеттерді шешу үшін қолдануды талдауға бағытталған, мысалы: көше жарығын беру, бағдаршамдарды басқару, энергияны жергілікті тұтыну үшін сақтау, артық энергияны басқа аймақтарға тасымалдау.

Негізгі міндеттердің бірі - транспорт қозғалысы жағдайында жұмыс істей алатын, қолданыстағы энергетикалық желілермен интеграцияланатын тұрақты жүйені құру.

Қосымша ретінде, автомобиль туннельдерінде жел генераторларын орнату мүмкіндігі зерттеледі. Жабық кеңістіктердегі ауа ағындарының ерекшеліктері, бұл жүйелердің тиімділігін айтарлықтай арттыруы мүмкін.

Осы жұмыстар Қазақстан Республикасының Президенті Қасым-Жомарт Тоқаевтың «жасыл» энергетиканы дамыту және тұрақты қалалық агломерацияларды құру бойынша бастамаларын қолдайды. Президент атап өткендей, ұлттық дамудың басты бағыты - елдің инфрақұрылымына инновациялық және экологиялық таза шешімдерді енгізу.

Ұсынылған зерттеу «ақылды қалалар» концепциясын дамытуға және қолданыстағы көлік жүйелерінің энергоэффективтілігін арттыруға үлес қосады. Жел турбиналары тұрақты қалалық энергетика жүйесінің маңызды бөлігіне айналуы мүмкін, жолдарды жарықтандыруды, бағдаршамдардың жұмысын және алыс аймақтарды электрмен

қамтамасыз етуді қамтамасыз етеді. Осылайша, қарастырылған концепция заманауи технологиялар мен экологиялық таза энергетиканы тұрақты дамудың негізгі міндеттерін шешу үшін біріктіреді.

Әдістер

Қолданыстағы шешімдер мен технологияларға шолу. Транспорт құралдарымен жасалатын жел энергиясын электр энергиясына айналдыру автомагистральдарында - бұл жаңа идея, ол зерттеушілер мен инженерлердің назарын көбірек аударып отыр. Бұл идея әлі даму кезеңінде болса да, бірнеше зерттеулер мен пилоттық жобалар оның мүмкін тиімділігін және практикалық қолданылуын көрсетті.

Бұл саладағы негізгі зерттеулердің бірі - "Assessment of Wind Energy Potential from Highways" [4] атты жұмыс. Бұл зерттеуде автомагистральдар бойына вертикалды жел генераторларын орнату мүмкіндігі талқыланады, олар көлік құралдары тудыратын турбулентті ауа ағынын электрэнергиясына айналдырады. Тағы бір мысал - "Wind Power for Highway Traffic" [5] жобасы, онда көліктердің қозғалысы арқылы жел энергиясын алу мүмкіндігі зерттелген. Зерттеу нәтижелері мұндай жүйелерден алынған энергияны жол жарықтандыруы мен бағдаршамдарды қуаттандыру үшін тиімді пайдалануға болатынын көрсетеді, бұл дәстүрлі электрэнергиясына деген қажеттілікті азайтады. Қазіргі заманғы технологиялар жел генераторларын тек жолдар бойына ғана емес, тоннельдерде де орнатуға мүмкіндік береді, онда ауа ағындарының интенсивті шектеулі кеңістікке байланысты жоғары болады. "Wind energy harvesting using highway vehicles" [6] зерттеуі төмен және орташа жел жылдамдығында тиімді жұмыс істей алатын вертикалды осьті турбиналарды қолдануды ұсынады. Сонымен қатар, мұндай шешімдер қозғалыс жолдарының қарсы бағыттағы жолақтарының арасында турбиналарды орнатуды қамтиды, онда ауа ағындарының тығыздығы ең жоғары. Бұл жүйені ең тиімді етіп, көлік қозғалысына кедергі келтірмей қолдануға мүмкіндік береді.

Қолданыстағы технологиялардың басты мәселесі - ауа ағындарының өзгермелілігі, ол қозғалыс жылдамдығына, көлік түріне және трафиктің қарқындылығына байланысты болады. Бұл мәселені шешу үшін түрлі жұмыс жағдайларына бейімделетін турбиналарды қолдану ұсынылады. Дегенмен, осындай жүйелерді қолданыстағы энергетикалық желілерге интеграциялау және энергияны қауіпсіз жинақтау мәселелері әлі де өзекті болып отыр.

Жаңартылатын энергия көздерінің технологияларының дамуына байланысты жел генераторларын жолдар бойына және тоннельдерде орнату концепциясы "ақылды қалалар" инфрақұрылымының маңызды элементі бола алады. Бұл шешім тек экологиялық таза энергияны қамтамасыз етіп қана қоймай, дәстүрлі электр желілерінің жүктемесін де азайтады.

Жел генераторларының жұмыс принципі және жобалануы. Жел генераторларының жұмыс принципі көлік құралдары туғызатын желдің кинетикалық энергиясын электр энергиясына айналдыруға негізделген. Ауа ағындары ротор қалақтарына әсер етіп, оны айналуға мәжбүрлейді, ал бұл қозғалыс генератордың жұмысын қамтамасыз етеді.

Желдің кинетикалық энергиясы келесі формула бойынша есептеледі:

$$E = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

мұнда: E - жел генераторы өндіретін қуат,

ρ – ауаның тығыздығы,

A – ауа ағыны өтетін аумақ,

v – желдің жылдамдығы.

Турбина қалақтарына әсерететін күшауаның тығыздығына, желдің жылдамдығына және қалақтармен қамтылатын аумаққа байланысты. Энергияны тиімді түрлендіру үшін ро-

тордың түрі мен өлшемін дұрыстандап, оны қозғалып жатқан көлік құралдары туғызатынауа ағындарын ұстай алатындай етіп орналастыру маңызды.

Жел генераторларын жобалаудың негізгі аспектілерінің бірі – ротор түрін таңдау. Ротордың бірнеше түрі бар, олардың ішіндегі ең танымалдары – горизонтальді осьті және вертикальді осьті жел генераторлары.

Вертикальді осьті роторлар жол бойында орнатуға ыңғайлы, себебі олар өзгермелі ауа ағындарына тұрақты және қозғалыстың әртүрлі жағдайларына бейімделе алады. Бұл роторларға мыналар жатады: Савониус роторы – қарапайым құрылым, төмен жел жылдамдығында тиімді жұмыс істейді; Дарье роторы – ауа ағынының күшті ағымдарында жоғары тиімділік көрсетеді, бұл оны автомагистральдар мен туннельдерге орнатуға ыңғайлы етеді.

Жел генераторларын жолдар бойына орнату жобалауы. Жел генераторларын жолдар бойына және қарсы бағыттағы жолақтар арасында орнату үшін бірнеше факторларды ескеру қажет: автомобильдердің жылдамдығы, қозғалыс тығыздығы, турбиналардың аэродинамикалық тиімділігі және орнатудың қауіпсіздігі.

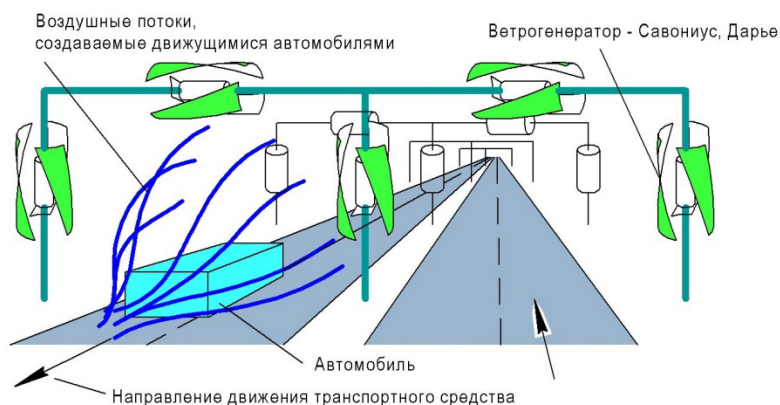
Жел генераторлары жолдың жиегінде, жолақтар арасындағы бос орындарда немесе турбиналарды жолдың екі жағына қосатын көлденең тіректерде орнатылуы мүмкін. Мұндай орналастыру ауаның түрлі бағыттарынан және биіктіктерден келетін ауа ағындарын тиімді түрде ұстауға мүмкіндік береді. Жолақтар арасында немесе тіректерде орнатылған турбиналар горизонтальді және вертикальді бағыттағы ауа ағындарын пайдалануға қабілетті болады.

Жолдар бойына орнату үшін ең қолайлы турбиналар - вертикальды осьті турбиналар, себебі олар маңызды артықшылыққа ие: олар желдің бағытына тәуелді емес, бұл оларды жолдарда кездесетін ауа ағынының өзгермелі жағдайында тиімді етеді.

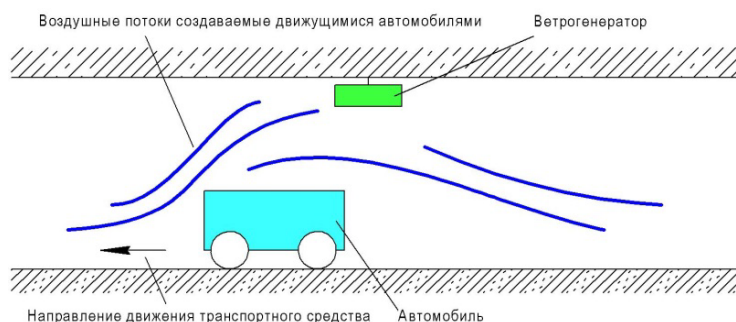
Жел генераторлары автомобильді туннельдерде. Автомобильді туннельдер – жел генераторларын орнату үшін идеал орындар болып табылады. Туннельдерде көлік қозғалысы жоғары интенсивті ауа ағындарын тудырады, оларды электрэнергиясын өндіру үшін пайдалануға болады. Бұл жағдайда жел генераторларын туннельдердің қабырғаларына немесе тіпті төбесіне орнатуға болады, осылайша ауа ағындарын жоғары бағытта пайдалануға мүмкіндік туады.

Туннельдерде орнатуға ең қолайлысы - вертикальды осьті турбиналар, мысалы, Савониус немесе Дарье роторлары, олар шектеулі кеңістіктегі және өзгермелі ауа ағындары жағдайында тиімді жұмыс істей алады.

Туннельдерде жел генераторларын орнатудың бір неше артықшылығы бар. Бұл қалыпты жағдайда пайдаланылмайтын ресурстарды тиімді пайдалану мүмкіндігін береді. Сондай-ақ, осындай жүйелер туннельдердің жарықтандыруы мен басқа да қауіпсіздік жүйелерін энергия мен қамтамасыз етуі мүмкін.



Сурет 1. Жолдар бойындағы жел генераторларын орнату схемасы [11]



Сурет 2. Турбиналардың автомобильді туннельдердегі жұмыс принципі [11]

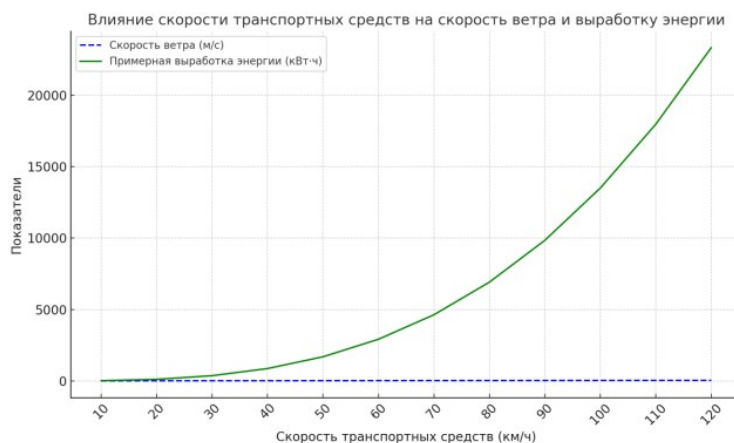
Таблица 1. Түрлі турбиналардың салыстырмалы кестесі

Параметрлері	Савониус турби- насы	Дарье турби-насы	Горизонталды ось
Ось түрі	Вертикалды	Вертикалды	Горизонтальды
Турбуленттік ағындардағы тиімділік	Жоғары	Орташа	Төмен
Жолдар бойы мен орнатуға жарамдылық	Иә	Иә	Жоқ
Құрылымның күрделілігі	Қарапайым	Орташа	Жоғары
Дыбыс деңгейі	Төмен	Төмен	Жоғары
Туннельдердегі тиімділік	Жоғары	Жоғары	Төмен
Өндіріс құны	Төмен	Орташа	Жоғары

Нәтижелер

Перспективалар мен мәселелер. Жел генераторларын жолдар бойына және туннельдерге орнату кезінде жобалаудағы негізгі мәселе — ауа ағындарының тұрақсыздығы. Қозғалатын көлік құралдары тудырған ауа ағындарының жылдамдығы мен бағыты тұрақсыз болады, бұл турбиналар мен олардың басқару жүйелерін бейімдеуді талап етеді. Алайда, вертикальды осьті турбиналарды, мысалы, Савониус және Дарье роторларын қолдану бұл мәселені тиімді түрде шешуге мүмкіндік береді.

Бұдан басқа, маңызды аспектілерге бар болып жатқан энергетикалық жүйелермен интеграциялау және осындай құрылғыларды жолдарға орнату кезінде қауіпсіздікті қамтамасыз ету жатады.



Сурет 3. Энергия өндірісінің автомобиль жылдамдығы мен ауа ағынының

интенсивтілігіне тәуелділік графигі [4]

График (Сурет 3) көрсетеді, көлік құралдарының қозғалысынан туындайтын жел жылдамдығы мен энергия өндірісінің автомобиль жылдамдығы мен ауа ағынының интенсивтілігіне тәуелділігін.

Жолдар бойына орнатылған жел генераторлары жергілікті және аймақтық энергетикалық жүйелерге интеграциялануы мүмкін: жергілікті желі - энергия жолдарды жарықтандыруға, бағдаршамдарды қуаттауға және электромобильдердің зарядтау станцияларын қамтамасыз етуге пайдаланылады, бұл дәстүрлі көздерге тәуелділікті азайтады; аймақтық желі - артық энергия жақын маңдағы елді мекендер мен инфрақұрылым объектілерін қамтамасыз ету үшін желіге жіберіледі.

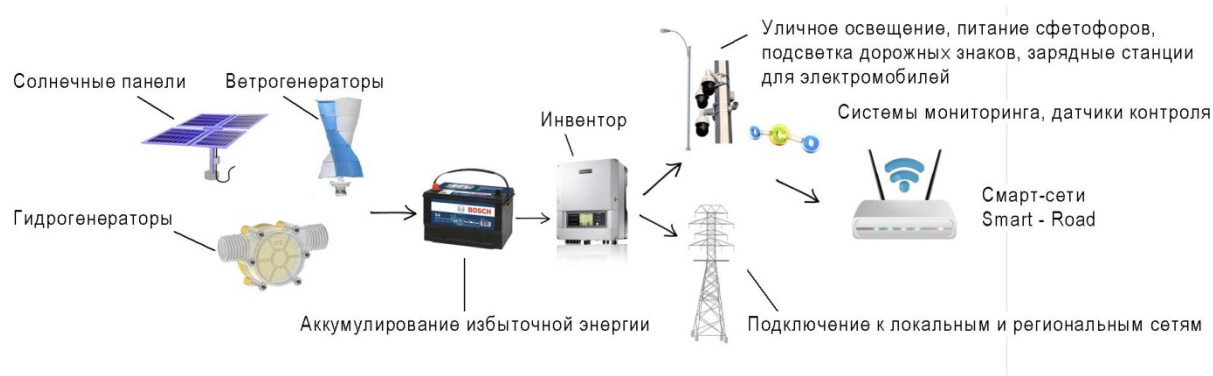
Жергілікті энергияны тиімді пайдалану мысалы ретінде Нидерландтарда жүзеге асырылған жобалар бар, мұнда жел энергиясы жол туннельдерін жарықтандыру үшін қолданылады [4].

Энергияны жинақтау жүйесінің тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін келесі шешімдер ұсынылады: литий-ионды аккумуляторлар - түнгі уақытта қысқа мерзімді пайдалану үшін; гибриді жинақтаушылар - күн панельдерімен бірге тиімділікті арттыру үшін. Мысал ретінде, жел энергиясын шағын ауқымды жобаларда жинақтау үшін пайдаланылатын Tesla Powerwall шешімдерін айтуға болады [5].

Энергия ағындарын басқару. Смарт желілер (Smart Grids) энергияны қажеттіліктерге байланысты оңтайландыруға мүмкіндік береді. Мысалы, шарықтау кезеңдерінде энергия жолдарды жарықтандыруға, ал түнде аккумуляторларды зарядтауға бағытталады; транспорт инфрақұрылымымен интеграциялау - энергияны электромобильдерді зарядтау үшін пайдалану мүмкіндігі, бұл қазіргі заманғы транспорттық технологиялар даму тенденцияларына сәйкес келеді [6].

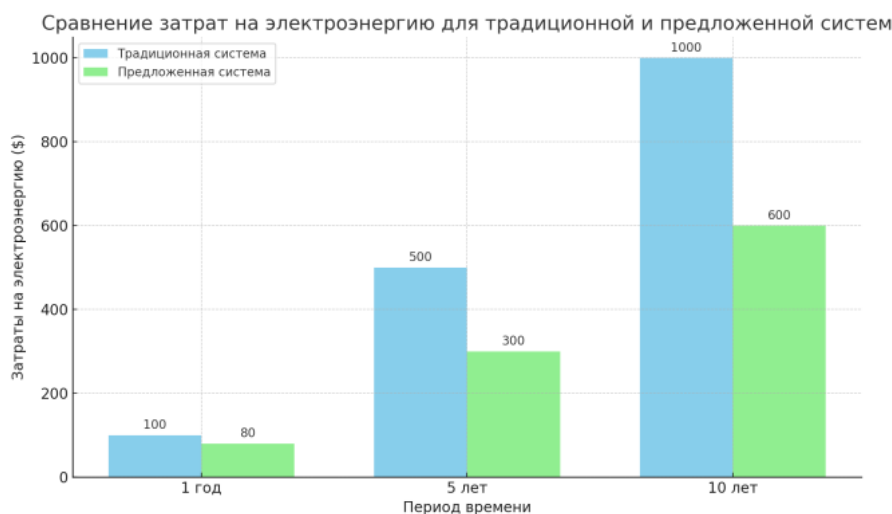
Ұсынылған жүйе жолдар бойындағы және туннельдердегі учаскелерді тиімді пайдалануға мүмкіндік береді: жолдар бойындағы жел генераторлары - турбиналарды жолдар арасындағы аралық белдеулерге және жол жиектеріне орнату қосымша жер учаскелерін талап етпейді, себебі бұл кеңістік инфрақұрылымның бөлігі болып табылады; туннельдер - автомобильді туннельдерде тұрақты ауа ағыны қалыптасады, оны Савониус және Дарье турбиналарын айналдыру үшін тиімді пайдалану мүмкіндігі бар.

Болашақта ұсынылған жүйе «ақылды жолдар» бөліміне айналуы мүмкін, мұнда жел генераторлары тек электр энергиясын өндіріп қана қоймай, инфрақұрылымның басқа элементтерімен өзара әрекеттеседі: көлік ағынын бақылау жүйелері; интеллектуалды бағдаршамдар, олар қозғалыс қарқындылығына байланысты жұмыс режимін өзгертеді; жол жамылғысының жағдайын анықтайтын датчиктер, олар жел генераторларының энергиясымен жұмыс істейді.



Сурет 4. Жүйенің ақылды жолмен интеграциялау схемасы [6]

Экономикалық перспектива энергияның тегін көзі арқылы эксплуатациялық шығындарды үнемдеуде жатыр; Инвестициялардың ұзақ мерзімді өтелуі — өтелу мерзімі туралы мәліметтер 2-ші кестеде көрсетілген — «Электр энергиясына шығындардың салыстырмасы».



Сурет 5. Экономикалық пайда графигі [авторлық материалдар]

Графиктен (5 сурет) көріп отырғанымыздай, ұсынылған жүйе энергияны өндіру және сақтау шығындарын үнемдеу арқылы электр энергиясына жұмсалатын шығындарды, әсіресе ұзақ уақыт аралығында (5-10 жыл) азайтады.

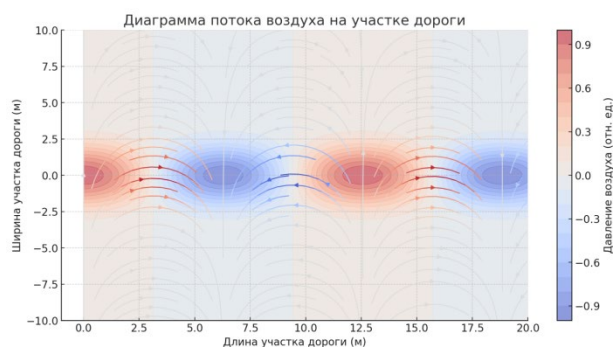
Кесте 2. Дәстүрлі және ұсынылған жүйелердің электр энергиясына шығындарын салыстыру

Көрсеткіш	Дәстүрлі жүйелер	Ұсынылған жүйе
Энергия түрі	Қазбаотын	Қалпынакелетін (желэнергетикасы)
Пайдалану шығындары	Жоғары	Төмен
CO ₂ шығарындылары	Маңызды	Жоқ
Автономды қуаттандыру мүмкіндігі	Жоқ	Иә
Өздігінен төлем жасау мерзімі	Ұзақ	Орташа
Ақылды жолдарда қолданылуы	Шектеулі	Толық интеграция

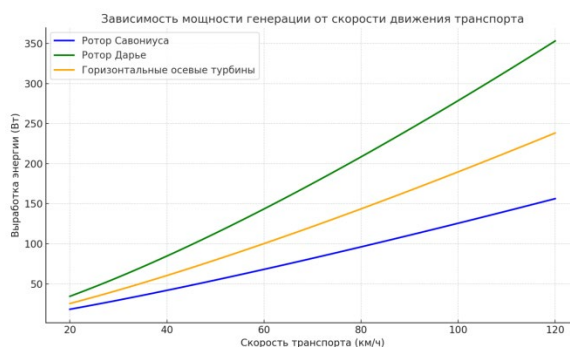
Қолданудың кеңейту мүмкіндіктері: Туннельдер – Туннельдердің желдету жүйелері көлік құралдары тудырған жел энергиясын ұстап алу үшін жаңартылуы мүмкін. Нәтижесінде туннельдердің қызмет көрсету және пайдалану шығындары азаяды; Әуе магистралдары – Теміржол желілері немесе монорейстер бойында вертикальды турбиналарды енгізу теміржол инфрақұрылымының энергетикалық жүйелерінің тиімділігін арттыруы мүмкін; Теңіз көпірлері – Теңіз көпірлерінде жағалау аймақтарындағы күшті желдерді пайдалану үшін жел генераторларын орнатуға болады.

Ұсынылған эксперименттердің мақсаты: Көлік құралдары тудырған ауа ағындарын әртүрлі типтегі жел генераторлары арқылы электр энергиясын өндіруге пайдалану тиімділігін анықтау; Көлік қозғалысының параметрлерінің (жылдамдық, тығыздық, салмақ) энергия өндірісіне әсерін зерттеу; Экономикалық және техникалық аспектілерді ескере отырып, жүйені жол инфрақұрылымына интеграциялау бойынша ұсыныстар әзірлеу.

Теориялық негіздеу желдің қысым мен жылдамдығын жолдың геометриялық параметрлеріне байланысты бөлу, 6 суретте көрсетілген, ал 7 суретте турбиналардың типтерінің салыстырмалы сипаттамалары көрсетілген.



Сурет 6. Жолдың таңдалған учаскелерінде желдің қысымы мен жылдамдығының таралу диаграммасы [авторлық материалдар]



Сурет 7. Көлік қозғалысының жылдамдығына байланысты энергия өндіру қуатының графигі [авторлық материалдар]

Талқылау

Ауа ағыны диаграммасында (6 сурет) жол учаскесіндегі жел қысымы мен жылдамдығының таралуы визуализацияланған: Диаграмма ауа ағындарын талдау және жел генераторларын орналастыру үшін оңтайлы орындарды таңдауда пайдалы болуы мүмкін.

Графикте (7 сурет) жолдағы көлік қозғалысының жылдамдығына байланысты әртүрлі типтегі турбиналар (Савониус роторы, Дарье роторы, горизонтальды осьті турбиналар) арқылы энергия өндірудің тәуелділігі көрсетілген. График әрбір турбина типінің артықшылықтарын және көлік жылдамдығына байланысты қолдану салаларын ерекшелейді.

Шынайы жағдайларда жүргізілетін эксперименттер мыналарды қамтиды: Турбиналарды жолақтар бойына, қарсы жолақтардың арасына және көлденең тіректерге орнату; Жүк көлігі параметрлері (жылдамдық, тығыздық) өзгергенде қуатты өлшеу; Ауа ағындарын талдау - аэродинамикалық түтікшелерді пайдалану арқылы тасжол қозғалысына тән жағдайларды модельдеу, сондай-ақ тоннельдердегі ауа ағысының ерекшеліктерін зерттеу; Экономикалық бағалау - 1 кВт*сағ өндірісінің құнын есептеу және оны дәстүрлі энергия көздерімен салыстыру.

Күтілетін нәтижелер: Әр түрлі жұмыс жағдайлары үшін ең тиімді турбина түрлерін анықтау; Турбиналар арасындағы қашықтықтарды, олардың бұрыштық орналасуын және орнату биіктігін анықтау бойынша ұсыныстар жасау; Типтік тасжол учаскесіндегі жалпы энергия өндіру көлемін болжау.

Қорытынды

Жүруде жүрген көліктер айтарлықтай ауалық ағындар тудырады, олар әлі күнге дейін пайдаланылмаған. Ұсынылған жел генераторлары жүйесі жолдар бойында және тоннельдерде осы энергияны электр энергиясына тиімді түрде айналдыруды қамтамасыз етеді, бұл Қазақстанның тұрақты даму мақсаттарын қолдауға мүмкіндік береді.

Қазақстан Президенті Қасым-Жомарт Тоқаев өз сөздерінде: «Тұрақты дамуға қол жеткізу үшін біз озық технологияларды енгізіп, баламалы энергия көздеріне көшуіміз керек, бұл біздің халықаралық міндеттемелеріміз бен экологиялық мақсаттарымызға сәйкес келеді» деп атап өтті.

Ұсынылған жүйе Қазақстанның жол инфрақұрылымын дамытуға елеулі үлес қосуы мүмкін, инновациялық технологияларды экологиялық және экономикалық басымдықтармен үйлестіре отырып. Мұндай жобаларды дамыту мемлекет тарапынан «жасыл» энергетикаға көшу және тұрақты қалалар құру бойынша стратегиялық бастамаларды қолдайды.

Мүдделер қақтығысы. Корреспондент автор мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

Осы мақалаға сілтеме: Елемес ДЕ, Әнібекқызы М. Транспорт құралдары мен жасалатын жел энергиясын электрэнергиясына айналдыру. Қазақ автомобиль-жол институтының Хабаршысы = Bulletin of Kazakh Automobile and Road Institute = Kazakh avtomobil-zhol institutynyn Khabarshysy. 2024; 4(8): 59-70. <https://doi.org/10.63377/3005-4966.4-2024-07>

Cite this article as: Yelemes DE, Anibekkyzy M. Ispol'zovanie energii vetra, sozdavaemoj transportnymi sredstvami, dlya generacii elektroenergii [Utilization of wind energy generated by vehicles for electricity production]. Vestnik Kazahskogo avtomobil'no-dorozhnogo institute = Bulletin of Kazakh Automobile and Road Institute = Kazakh avtomobil-zhol institutynyn Khabarshysy. 2024; 4(8): 59-70. (In Kaz.) <https://doi.org/10.63377/3005-4966.4-2024-07>

Пайдаланған деректер тізімі

- [1] Қазақстан Президенті Қасым-Жомарт Тоқаевтың 2023 жылғы 2 ақпандағы №121 Жарлығы «Қазақстан Республикасының 2060 жылға дейін көміртегі бейтараптығына қол жеткізу стратегиясы».
- [2] Қазақстан Президенті Қасым-Жомарт Тоқаевтың 2021 жылғы 13 қазанда көміртегі бейтараптығына қол жеткізу бойынша халықаралық конференциядағы баяндамасы.
- [3] Үш елдің (Қазақстан, Әзербайжан, Өзбекстан) энергетикалық жүйелерін интеграциялау туралы келісім, 2024 жылғы 13 қараша.
- [4] Mukesh Kumar Sharma, Assessment of Wind Energy Potential from Highways, International Journal of Engineering Research & Technology, Vol. 1 Issue 8, October 2012.
- [5] A. R. Rajendra, Wind Power for Highway Traffic, International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics, and Instrumentation Engineering, 2015.
- [6] Zhao et al., Wind energy harvesting using highway vehicles, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2020.
- [7] IRENA (International Renewable Energy Agency). "Renewable Energy Costs: Comprehensive Overview of Energy Generation Costs", 2020.
- [8] Jeroen van der Meer. "Renewable energy in tunnel systems: A Dutch perspective", Renewable Energy Journal, 2020.
- [9] International Renewable Energy Agency (IRENA). "Future of Wind: Deployment, Investment, Technology", 2019.
- [10] Van Hulle F. "Integrating Wind Energy into Power Systems", Wind Europe Technical Reports, 2020.
- [11] Ахмедов А.П., Худойбергенов С.Б., Кутбидинов О.М., Усмонов Д.Ф. Способ получения электроэнергии от ветра проезжающих транспортных средств. Universum: технические науки: электронный научный журнал. 2022, 11(104).

References

- [1] Decree No. 121 of the President of Kazakhstan Kassym-Jomart Tokayev dated February 2, 2023 "Strategy for achieving carbon neutrality of the Republic of Kazakhstan by 2060". (in Kaz.).
- [2] Speech by the President of Kazakhstan Kassym-Jomart Tokayev at the International Conference on Achieving Carbon Neutrality on October 13, 2021. (in Kaz.).
- [3] Agreement on the integration of the energy systems of the three countries (Kazakhstan, Azerbaijan, Uzbekistan), November 13, 2024. (in Kaz.).

-
- [4] Mukesh Kumar Sharma, Assessment of Wind Energy Potential from Highways, International Journal of Engineering Research & Technology, Vol. 1 Issue 8, October 2012.
 - [5] RajendraAR, Wind Power for Highway Traffic, International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics, and Instrumentation Engineering, 2015.
 - [6] Zhao et al., Wind energy harvesting using highway vehicles, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2020.
 - [7] IRENA (International Renewable Energy Agency). "Renewable Energy Costs: Comprehensive Overview of Energy Generation Costs", 2020.
 - [8] Jeroen van der Meer. "Renewable energy in tunnel systems: A Dutch perspective", Renewable Energy Journal, 2020.
 - [9] International Renewable Energy Agency (IRENA). "Future of Wind: Deployment, Investment, Technology", 2019.
 - [10] Van Hulle F. "Integrating Wind Energy into Power Systems", WindEurope Technical Reports, 2020.
 - [11] Ahmedov AP., Hudoberganov SB., Kugbidinov OM., Usmonov DF. Sposob polucheniya elektroenergii ot vetra proezhayushchih transportnyh sredstv [Method of obtaining electric power from the wind of passing vehicles]. Universum: tekhnicheskie nauki: elektronnyj nauchnyj zhurnal = Universum: technical sciences: electronic scientific journal. 2022, 11(104). (in Russ.).