

Көлік қызметі. Инженерия және инженерлік іс

<https://doi.org/10.63377/3005-4966.4-2024-08>

ӨОЖ: 620.98

FTAMP: 73.01.75

Эко-автономиялық қиылыс: тұрақты жол қызметін басқару жүйесі түсінігі**¹Оралбеков Р.О., ²Елемес Д.Е., ²Кравченко С.А.**¹Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен, Қазақстан²Л.Б.Гончаров ат. Қазақ автомобиль-жол институті, Алматы, Қазақстан*Автор-корреспондент: e-mail: infor_comm@kazadi.edu.kz

Мақала келді:
22 қазан 2024
Сараптамадан өтті:
18 қараша 2024
Қабылданды:
06 желтоқсан 2024

Түйіндеме

Мақалада қалалық көлік инфрақұрылымының энергия тиімділігі мен сенімділігін арттыруға бағытталған қозғалысты басқарудың тұрақты жүйесі ретіндегі эко-автономды қиылыс тұжырымдамасы талқыланады.

Тұрақсыз электрмен жабдықтау жағдайында қиылыстардың автономды жұмысын қамтамасыз ету үшін күн батареялары мен гидрогенераторлар сияқты жаңартылатын энергия көздерін пайдалану ұсынылады. Мұндай жүйелерді урбандалу деңгейі жоғары және энергияға қажеттілік артып отырған өңірлерде енгізудің өзектілігіне ерекше назар аударылады.

Көміртек ізін азайту, қозғалыс қауіпсіздігін арттыру және көлік кептелісін азайтуды қоса алғанда, эко-автономды қиылыстардың артықшылықтары талданады. Жобаны әзірлеу мен жүзеге асыруда пәнаралық тәсілдің қажеттілігінің негіздемесі келтірілген.

Эко-автономды қиылыстар көміртегі бейтараптығына қол жеткізуге және ақылды қала стратегияларына интеграциялануға ықпал ететін қалалық ортаның тұрақты дамуының элементі ретінде қарастырылады.

Түйін сөздер: эко-автономды қиылыс, тұрақты даму, қозғалысты реттеу, жаңартылатын энергия көздері, күн батареялары, гидрогенераторлар, энергия үнемдеу, көлік инфрақұрылымы, көміртегі бейтараптығы, смарт қала, энергия тиімділігі, экологиялық технологиялар.

Оралбеков Р.О.	Авторлар туралы ақпарат: Халықаралық инженерлік мектебінің аға оқытушысы, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен қ., Қазақстан, ORCID ID: https://orcid.org/0000-00033-4872-6751 . E-mail: ROralbekov@mail.ru
Елемес Д.Е.	Техникалық ғылымдар кандидаты Л.Б.Гончаров атындағы Қазақ автомобиль-жол институті, Алматы қ., Қазақстан. ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-1342-3163 . E-mail: infor_comm@kazadi.edu.kz
Кравченко С.А.	6B07118 «Көлік, көліктік техника мен технологиялар» білім беру бағдарламасының студенті, Л.Б. Гончаров атындағы Қазақ автомобиль-жол институты, Алматы қ., Қазақстан. ORCID ID: https://orcid.org/0009-0005-7508-0273 . E-mail: sergey.kravchenko@mail.ru

Transportation services. Engineering

<https://doi.org/10.63377/3005-4966.4-2024-08>

UDC: 620.98

IRSTI: 73.01.75

Eco-autonomous intersection: concept of a sustainable road traffic control system**¹Oralbekov R., ^{*2}Yelemes D.E., ²Kravchenko S.A.**¹East Kazakhstan Technical University named after D. Serikbaev, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan²Kazakh Automobile and Road Institute named after L.B. Goncharov, Almaty, Kazakhstan*Corresponding author e-mail: infor_comm@kazadi.edu.kz

Received:
22 October 2024
Peer-reviewed:
18 November 2024
Accepted:
06 December 2024

Abstract

The article discusses the concept of an eco-autonomous intersection as a sustainable traffic management system aimed at improving energy efficiency and reliability of urban transport infrastructure. It is proposed to use renewable energy sources such as solar panels and hydro generators to ensure autonomous operation of intersections in conditions of unstable energy supply. Special attention is paid to the relevance of the implementation of such systems in regions with a high level of urbanization and growing energy needs. The advantages of eco-autonomous intersections are analyzed, including reducing the carbon footprint, improving traffic safety and reducing traffic congestion. The rationale for the need for an interdisciplinary approach to the development and implementation of the project is given. Eco-autonomous intersections are considered as an element of sustainable urban development, contributing to the achievement of carbon neutrality and integration into smart city strategies.

Keywords: eco-autonomous crossroads, sustainable development, traffic regulation, renewable energy sources, solar panels, hydro generators, energy saving, transport infrastructure, carbon neutrality, smart city, energy efficiency, environmental technologies.

Oralbekov R.**Information about authors:**

Senior Lecturer, International School of Engineering, East Kazakhstan Technical University named after D. Serikbaev, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-00033-4872-6751>. E-mail: ROralbekov@mail.ru

Yelemes D.E.

Candidate of Technical Sciences, Kazakh Automobile and Road Institute named after Goncharova, Almaty, Kazakhstan. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1342-3163>. E-mail: infor_comm@kazadi.edu.kz

Kravchenko S.A.

Student of the OP 6B07118 - "Transport, transport equipment and technologies", Kazakh Automobile and Road Institute named after L.B. Goncharov, Almaty, Kazakhstan. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-7508-0273>. E-mail: sergey.kravchenko@mail.ru

Транспортные услуги. Инженерия и инженерное дело

<https://doi.org/10.63377/3005-4966.4-2024-08>
УДК: 620.98
МРНТИ: 73.01.75

Эко-автономный перекрёсток: концепт устойчивой системы регулирования дорожного движения

¹Оралбеков Р.О., ^{*2}Елемес Д.Е., ²Кравченко С.А.

¹Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева
²Казахский автомобильно-дорожный институт им. Л.Б.Гончарова, г. Алматы, Казахстан
*Автор-корреспондент e-mail: infor_comm@kazadi.edu.kz

Поступила: 22 октября 2024 Рецензирование: 18 ноября 2024 Принята в печать: 06 декабря 2024	Аннотация В статье рассматривается концепция экоавтономного перекрёстка как устойчивой системы регулирования дорожного движения, направленной на повышение энергоэффективности и надёжности городской транспортной инфраструктуры. Предлагается использование возобновляемых источников энергии, таких как солнечные панели и гидрогенераторы, для обеспечения автономной работы перекрёстков в условиях нестабильного энергоснабжения. Особое внимание уделяется актуальности внедрения таких систем в регионах с высоким уровнем урбанизации и растущими энергопотребностями. Анализируются преимущества экоавтономных перекрёстков, включая снижение углеродного следа, повышение безопасности движения и сокращение транспортных заторов. Приводится обоснование необходимости междисциплинарного подхода к разработке и реализации проекта. Экоавтономные перекрёстки рассматриваются как элемент устойчивого развития городской среды, способствующий достижению углеродной нейтральности и интеграции в стратегии умного города. Ключевые слова: экоавтономный перекрёсток, устойчивое развитие, регулирование дорожного движения, возобновляемые источники энергии, солнечные панели, гидрогенераторы, энергосбережение, транспортная инфраструктура, углеродная нейтральность, умный город, энергоэффективность, экологические технологии.
Оралбеков Р.О.	Информация об авторах: Старший преподаватель, Международная школа инженерии, Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, Казахстан, ORCID ID: https://orcid.org/0000-00033-4872-6751 . E-mail: ROralbekov@mail.ru
Елемес Д.Е.	Кандидат технических наук, кафедра «Транспортное строительство и производство строительных материалов», Казахский автомобильно-дорожный институт им. Л.Б. Гончарова, г. Алматы, Республика Казахстан. ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-1342-3163. E-mail: infor_comm@kazadi.edu.kz
Кравченко С.А.	Студент ОП 6В07118 «Транспорт, транспортная техника и технологии», Казахский автомобильно-дорожный институт имени Л.Б. Гончарова, г. Алматы, Республика Казахстан. ORCID ID: https://orcid.org/0009-0005-7508-0273. E-mail: sergey.kravchenko@mail.ru

Кіріспе

Заманауи жолдарды қалаларды, облыстарды және елдерді байланыстыратын көлік ағындарын қамтамасыз ететін артериялармен салыстыруға болады. Өзендер сияқты олар қаланың инфрақұрылымын дамытуда, экономиканы және халықтың күнделікті өмірін қамтамасыз етуде маңызды қызмет атқарады. Жүктер мен жолаушылар күн сайын көлік артериялары арқылы қозғалып, қамтамасыз ету жүйелерінің жұмыс істеуін және қоғамның ұтқырлығын қамтамасыз етеді.

Дегенмен, көлік ағындарының тиімділігі орталық элементі бағдаршамның қиылысы болып табылатын қозғалысты басқару жүйесінің жұмысына тікелей байланысты. Бағдаршамдар көлік құралдары мен жаяу жүргіншілердің қозғалысын жеңілдетеді, жол-көлік оқиғаларының ықтималдығын азайтады (ЖТҚ).

Бағдаршам жүйелерінің негізгі рөліне қарамастан, нақты жұмыс жағдайында олардың функционалдық сенімділігіне байланысты мәселелер жиі туындайды. Олардың істен шығуының ең көп тараған себептерінің бірі электрмен жабдықтаудағы үзілістер болып табылады, бұл әсіресе энергетикалық дағдарыс және ресурстарды тұтынудың жоғарылауы жағдайында өзекті болып табылады.

Бағдаршам жабдығының істен шығуы жағымсыз салдарға әкеп соғады: жолдардың жергілікті учаскелерін ғана емес, сонымен қатар олармен байланысты автомобиль жолдарын да қамтитын көлік кептелісін қалыптастыру; қиылыстардағы ретсіз қозғалыс салдарынан болатын апаттардың ықтималдылығының артуы; жүк тасымалдаудың кешігуіне және халықтың қиын қозғалуына байланысты экономикалық белсенділіктің бәсеңдеуі.

Мәселені шешудің дәстүрлі жолы - жол полициясы инспекторларының қолмен жол қозғалысын басқаруы. Дегенмен, бұл тәсіл: мамандардың оқиға орнына келу уақытын талап етеді, бұл кептелісті күшейтеді; ауыр қозғалыс кезінде қызметкерлердің жарақат алу қаупін арттырады; тығыз қалалық қозғалыс жағдайында төмен тиімділікті көрсетеді.

Бірқатар стратегиялық құжаттар мен жоғары деңгейде жасалған мәлімдемелерге сәйкес, Қазақстан тұрақты даму мен ресурстарды үнемдеу мәселелеріне ерекше көңіл бөледі. Қазақстан Республикасының Президенті Қасым-Жомарт Тоқаев экологиялық таза технологияларға көшу және энергия тиімділігін арттыру қажеттігін бірнеше рет атап өтті.

Елбасының Қазақстан халқына Жолдауы (2021):

«Мен 2060 жылға қарай көміртегі бейтараптығына қол жеткізу мақсатын қойдым. Біз бұл бағытта прагматикалық жұмыс істеуіміз керек. Еліміздің халқы мен экономикасы өсіп, сапалы өсу үшін энергия қажет.

Көмір дәуірінің бірте-бірте құлдырауымен жаңартылатын көздерден басқа, біз сенімді базалық жүктемелі энергия өндіру көздері туралы ойлануымыз керек. 2030 жылға қарай Қазақстанда электр энергиясы тапшылығы болады».

Елбасының Жолдауы (2023):

«Су мен электр энергиясы сияқты ресурстарды ысырап ету енді қол жетімді сән-салтанат емес. Ресурстарды үнемдеу және оларды жауапкершілікпен пайдалану маңызды».

Дүниежүзілік климаттық саммитте сөйлеген сөз:

«Қазақстан жел мен күн энергиясын дамыту, сондай-ақ жасыл сутегін өндіру үшін орасан зор әлеуетке ие. Біз жеке қоршаған ортаны қорғау бастамаларын белсенді түрде қолдауды жалғастырамыз және метан шығарындыларын азайтуды ұстанамыз».

Париж келісімін ратификациялау:

«Қазақстан Париж келісімін ратификациялап, 2060 жылға дейінгі көміртегі бейтараптығы стратегиясын әзірледі. Жаңа экологиялық бастамалар экономиканың барлық секторларында жасыл технологияларды енгізуге көмектеседі».

Бұл тезистер маңызды инфрақұрылымның, соның ішінде жолды басқару жүйелерінің автономиясын қамтамасыз ете алатын энергияны үнемдейтін шешімдерді енгізу қажеттілігіне баса назар аударады.

Эко-автономды шешімдердің келешегі

Анықталған проблемалар мен қиындықтарды ескере отырып, орталықтандырылған электрмен жабдықтаудан тәуелсіз жұмыс істей алатын эко-автономды қиылыстар сияқты инновациялық жүйелерді құру қажеттілігі туындайды. Бұл тұжырымдаманы болжайды:

Жаңартылатын энергия көздерін пайдалану (күн батареялары, жел генераторлары).

Резервтік жұмыс үшін энергия сақтау құрылғыларын пайдалану.

Бейімделуді жақсарту үшін қозғалысты басқарудың интеллектуалды жүйелерін машиналық оқыту алгоритмдерімен біріктіру.

Осылайша, эко-автономды қиылыстар қалалық ортаның тұрақты дамуына және көлік инфрақұрылымындағы энергияны тұтынуды оңтайландыруға маңызды қадам бола алады.

Әдістер

Эко-автономды қиылыс тұжырымдамасы

Қалалық электр желісінен тәуелсіз жұмыс істеуге қабілетті эко-автономды қиылыс тұжырымдамасы ұсынылды. Негізгі идея – бағдарлам жүйесін қуаттандыру үшін жаңартылатын энергия көздерін пайдалану.

Жүйенің негізгі элементтері:

1. Күн батареялары (1-сурет):

- қиылысатын тіректердің үстіне орналастырылған.

Тиімділікті арттыру үшін күнді автоматты түрде бағдарлау механизмімен жабдықталған.

2. Жел генераторлары, тік осьті жел турбиналары (VAWT):

- тірек конструкцияларының үстіңгі және бүйір бөліктеріне орнатылады.

Тік осьті жел турбиналары (2., 3.-сурет) жел энергиясын пайдалану үшін қызықты шешімдерді ұсынады, әсіресе жел бағыты үнемі өзгереді орталарда немесе ықшам және жөндеуге оңай жабдық қажет.

Олардың бірегей дизайн ерекшеліктері оларды энергия өндіру үшін ауа ағындарын оңай өзгерте алатын Астана қаласы сияқты жағдайларға қолайлы етеді және оны Қазақстан Республикасының басқа желді аймақтарында да қолдануға болады.



1-сурет. Күн панелі [1]

Негізгі артықшылығы - турбинаны желдің бағытына бағыттаудың қажеті жоқ, бұл оның жұмысын өте жеңілдетеді.

Тік осьтің айналасында айналатын жел турбинасы тік осьті жел турбинасы (VWT) деп аталады. Бұл инновациялық дизайн жел энергиясын дәстүрлі көлденең конструкцияларға қарағанда тиімдірек пайдаланады, бұл оны әртүрлі қолданбалар үшін тамаша таңдау етеді.

Оның бірегей дизайны мен жұмыс механизмі төмен шу деңгейлері мен техникалық қызмет көрсету талаптарын азайту сияқты көптеген артықшылықтарды қамтамасыз етеді.

3. Сутегі генераторлары:

- қиылысқа жақын арықтарға немесе басқа су қоймаларына орналастырылған.

Бұл гидрогенераторды (4. сурет) ағынды судың энергиясын пайдалану үшін шұңқырға орнатуға болады. Ол тұрақты су ағыны бар аймақтар үшін өте қолайлы және тұрақты және экологиялық таза электр энергиясын өндіруді қамтамасыз ете алады.

Артықшылықтары

Экологиялық тазалық: жаңартылатын энергия көзі – суды пайдалану.

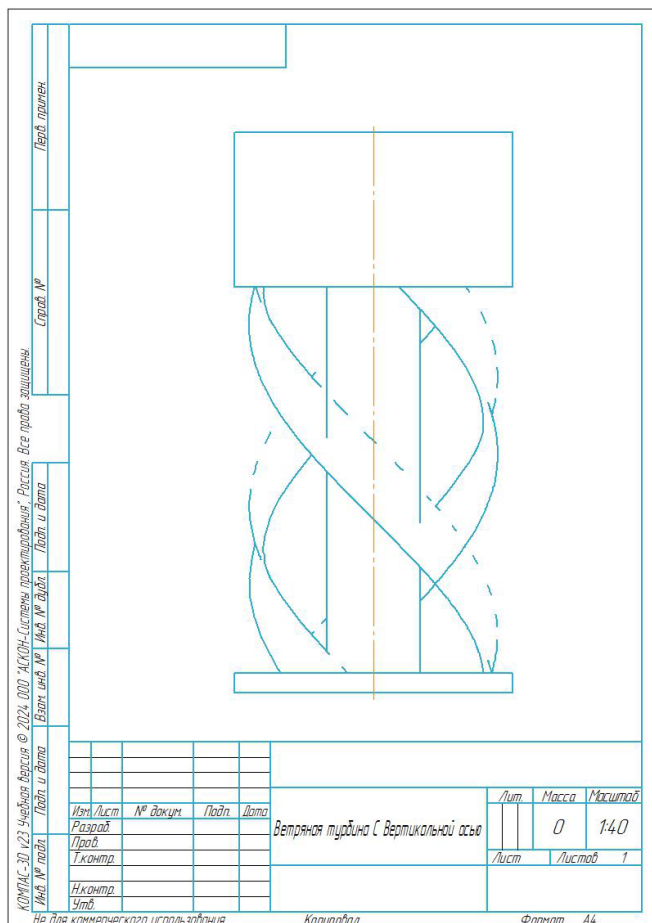
Тәуелсіздік: қашықтағы объектілерді автономды электрмен жабдықтау мүмкіндігі.

Төмен пайдалану шығындары: ең аз техникалық қызмет көрсету және пайдалану шығындары.

4. Батарея жинақтары:

Олар герметикалық түрде жер астына орналастырылған.

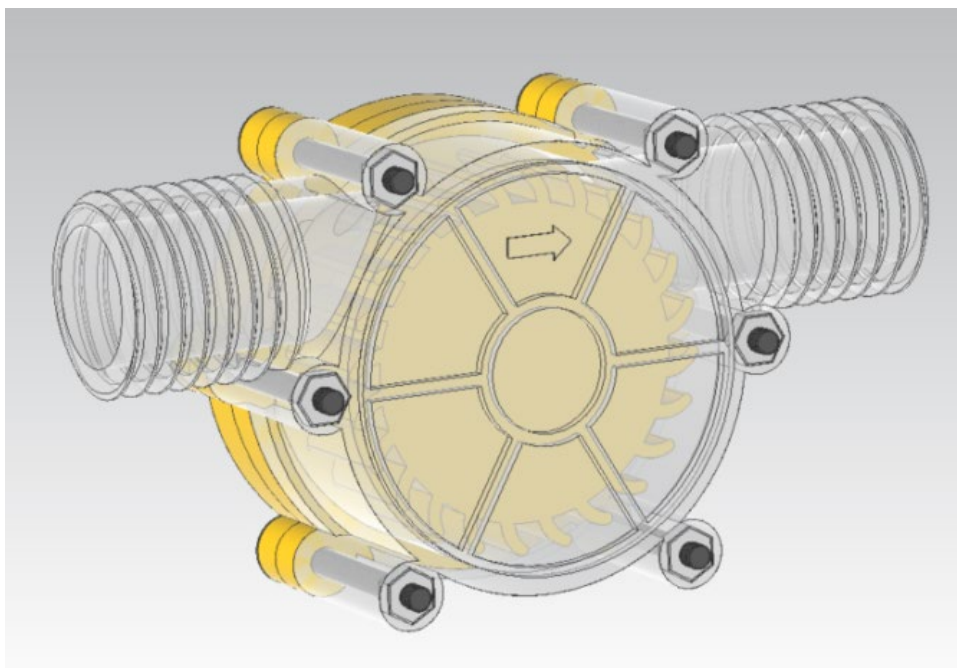
Олар түнде немесе генерациялау үшін ауа-райы жағдайлары болмаған кезде үзіліссіз жұмысын қамтамасыз ететін энергияны сақтауға қызмет етеді.



2-сурет. Тік осьті жел турбиналары (VAWT) [1]



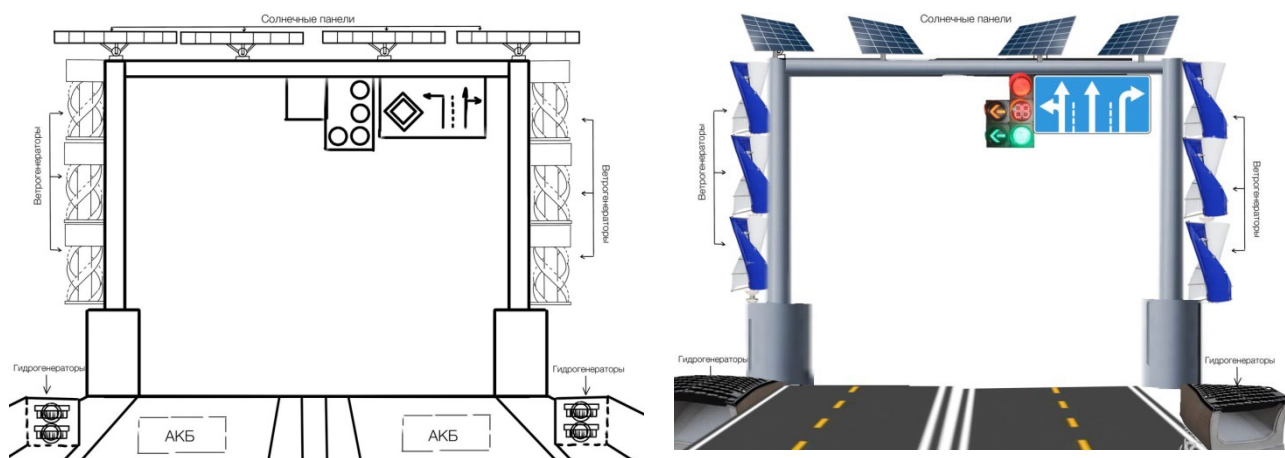
3-сурет. Тік осьті жел турбиналары (VAWT) 3D моделі [1]



4-сурет. Сутегі генераторы [2]

5. Өмбебап модульдік жүйе:

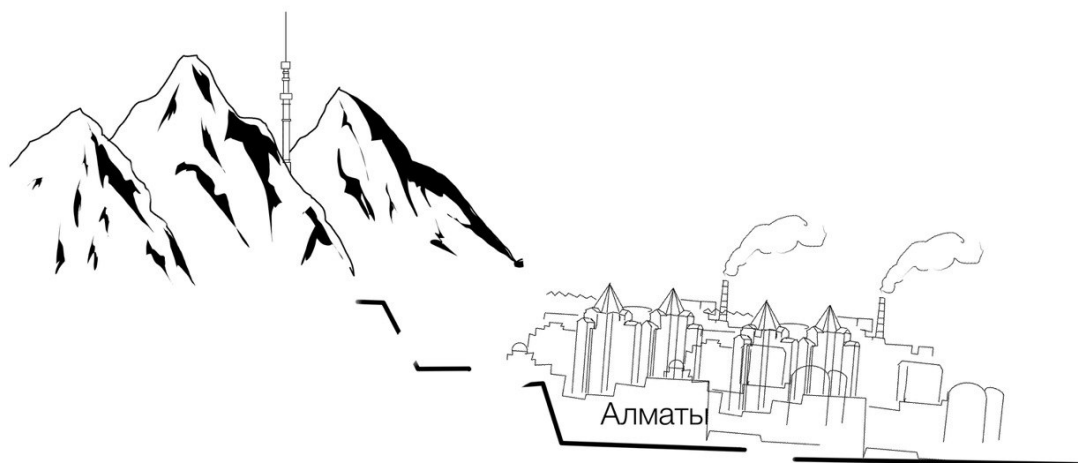
-Қазақстан Республикасындағы және одан тыс жерлерде белгілі бір қаланың климаттық және географиялық ерекшеліктеріне дизайнды бейімдеуге мүмкіндік береді. Мысалы, күн радиациясы аз аймақтарда жел мен су өндіруге баса назар аударылады.



5-сурет. Эко-автономды жол қиылысының схемасы [2]

Эко-автономды қиылыстардың артықшылықтары

1. Энергетикалық тәуелсіздік: жүйенің жұмысы орталық электр желісіне тәуелді емес.
2. Экологиялық таза: жаңартылатын энергияны пайдалану көміртегі ізін азайтады.
3. Қауіпсіздікті арттыру: бағдаршам жүйелері электр қуаты үзілген кезде де жұмысын жалғастырады.
4. Масштабтылық: модульдік құрылым жобаны әртүрлі жағдайларға бейімдеуге мүмкіндік береді.



6-сурет. Алматы қаласы бойынша биіктік айырмашылығының шамамен диаграммасы [3]

Нәтижелер

Алматы қаласын тұрақты энергиямен қамтамасыз ету үшін арық генераторларын қолдану

Тау жоталарына жақын орналасқан Алматы қаласы су энергетикалық әлеуетін пайдалану үшін қолайлы жағдай туғызатын биіктіктің айтарлықтай өзгеруімен сипатталады (6-сурет). Тарихи түрде еріген және жаңбыр суын ағызу үшін жобаланған қаланың қолданыстағы арық жүйесін шағын гидрогенераторларды орнату арқылы электр энергиясын өндіру үшін қайта құруға және жаңартуға болады.

Арық жүйелерін энергия өндіруге бейімдеу су ағындарының кинетикалық энергиясын электр энергиясына түрлендіруге негізделген. Мұндай жағдайларда шағын гидравликалық қондырғыларды пайдалану жаңбыр мен қардың белсенді еруі кезінде эко-қиылыстардың автономиясын қамтамасыз ете алатын перспективалы шешім болып табылады.

Эко-қиылыстардың барлық маусымдық энергия тиімділігі үшін жаңартылатын энергия көздерін біріктіріп пайдалану ұсынылады:

1. Арықтардағы судың қозғалысы негізінде жұмыс істейтін гидрогенераторлар белсенді су ағыны кезеңінде тұрақты энергиямен қамтамасыз етеді.

2. Эко-қиылыс құрылымдарында орналастырылған күн батареялары ашық ауа райында энергия өндіруге және құрғақ кезеңде энергия тапшылығын толтыруға мүмкіндік береді.

Бұл тәсіл эко-қиылыстардың көп маусымдық жұмысын қамтамасыз етеді, олардың энергиямен жабдықтаудың орталықтандырылған көздеріне тәуелділігін барынша азайтады.

Арық гидрогенераторларын біріктірудің артықшылықтары

1. Табиғи ресурстарды пайдалануды ұтымды ету: электр энергиясын өндіру үшін арықтардағы суды кәдеге жарату қалалық қоршаған ортаға елеулі араласусыз қолданыстағы инфрақұрылымды тиімді пайдалануға ықпал етеді.

2. Көміртегі ізін азайту: жергілікті энергия көздерін енгізу дәстүрлі энергетикалық ресурстарды тұтынуды барынша азайтуға және көмірқышқыл газының шығарындыларын азайтуға мүмкіндік береді.

3. Энергетикалық тұрақтылықты арттыру: энергиямен қамтамасыз етудің біріктірілген жүйесі бар автономды экоқиылыстар жол қозғалысын реттеу үшін маңызды болып табылатын қалалық электр желісіндегі үзілістер кезінде жұмыс істей алады.

Іске асыру перспективалары

Тұрақсыз энергиямен қамтамасыз ету проблемаларына тап болған аймақтар үшін эко-автономды қиылыстар ерекше құнды болып табылады. Оларды жүзеге асыру кептелістердің жиілігін айтарлықтай төмендетуге, жол қозғалысы қауіпсіздігінің деңгейін арттыруға және

қалалық көлік инфрақұрылымының орталықтандырылған энергия көздеріне тәуелділігін төмендетуге мүмкіндік береді.

Болашақта ұсынылып отырған жүйе жел генераторлары тек электр энергиясын өндіріп қана қоймай, инфрақұрылымның басқа элементтерімен де әрекеттесетін «ақылды жолдардың» бөлігі болуы мүмкін: қозғалысты бақылау жүйелері; қозғалыс қарқындылығына байланысты жұмыс режимін өзгертетін интеллектуалды бағдарламалар; жел генераторларымен жұмыс істейтін жол бетінің жағдайының сенсорлары.

Экономикалық перспективаларға энергияның еркін көзінің есебінен операциялық шығындарды үнемдеу кіреді.

Талқылау мен қорытынды

Эко-автономды қиылыстар тұжырымдамасын әзірлеу және енгізу тұрақты және энергияны үнемдейтін қалалық инфрақұрылымды қалыптастыру үшін жаңа мүмкіндіктер ашады. Бұл тәсіл кешенді пәнаралық тәсілді талап етеді, соның ішінде:

Энергия-автономды қозғалысты басқару жүйелерін құруға бағытталған инженерлік шешімдер;

Қоршаған ортаға ең аз әсер етуді қамтамасыз ететін экологиялық бағалау;

Жобаның табыстылығын және оның ұзақ мерзімді пайдасын бағалау үшін экономикалық есептеулер.

Мұндай бастамаларды жүзеге асыру озық технологияларды, энергия тиімділігін және экологиялық тұрақтылықты біріктіретін заманауи қалаларды дамытуға маңызды қадам болмақ.

Мүдделер қақтығысы. Корреспондент автор мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

Осы мақалаға сілтеме: Оралбеков РО, Елемес ДЕ, Кравченко СА. Эко-автономиялық қиылыс: тұрақты жол қызметін басқару жүйесі түсінігі. Қазақ автомобиль-жол институтының Хабаршысы = Bulletin of Kazakh Automobile and Road Institute = Kazakh avtomobil-zhol institutyryn Khabarshysy. 2024; 4(8): 71-80. <https://doi.org/10.63377/3005-4966.4-2024-08>

Cite this article as: Oralbekov R, Elemes DE, Kravchenko SA. Eko-avtonomnyj perekrystok: konceptustojchivojsistemyregulirovaniyadorozhnogodvizheniya [Eco-autonomous intersection: concept of a sustainable road traffic control system]. VestnikKazhskogoavtomobil'no-dorozhnogo institute = Bulletin of Kazakh Automobile and Road Institute = Kazakh avtomobil-zhol institutyryn Khabarshysy. 2024; 4(8): 71-80. (In Russ.) <https://doi.org/10.63377/3005-4966.4-2024-08>

Пайдаланған деректер тізім

- [1] Горлов А.А. Возобновляемые источники энергии в транспортной инфраструктуре. Москва: Транспорт. 2020.
- [2] Иванов С.В., Петров А.Н. Энергетическая независимость городских систем: перспективы и решения. Урбанистика. 2019.
- [3] Ахметов К.Е. Альтернативные источники энергии: проблемы и перспективы. Алматы: Энергопресс. 2021.
- [4] Тоқаев Қ.-Ж. Көміртегі бей тараптығы: Қазақстанның сын-қатерлері мен стратегиясы. Мемлекеттік баяндама. 2023.
- [5] International Energy Agency (IEA). "Renewable Energy in Urban Systems". Paris: IEA Publications. 2021.
- [6] ISO 14996:2014. Requirements for renewable energy solutions in traffic systems.
- [7] Smith J., Brown L. Off-Grid Traffic Systems: Design and Deployment. London: GreenTech Publishing. 2022.
- [8] Федоров А.И. Системы автономного энергоснабжения в дорожной инфраструктуре. Санкт-Петербург: Научная книга. 2018.

- [9] United Nations Environment Programme (UNEP). "Renewable Energy in Smart Cities". Nairobi. 2021.
- [10] Назарбаев Н.Ә. XXI ғасырдың сын-қатерлері: Қазақстанның тұрақты дамуы. Астана: Экономика. 2018.

References

- [1] Gorlov AA. Vozobnovlyayemye istochniki energii v transportnoj infrastrukture [Renewable energy sources in transport infrastructure]. Moskva: Transport. 2020. (in Russ.).
- [2] Ivanov SV., Petrov AN. Energeticheskaya nezavisimost' gorodskih sistem: perspektivy i resheniya [Energy independence of urban systems: prospects and solutions]. Urbanistika = Urbanism. 2019. (in Russ.).
- [3] Ahmetov KE. Al'ternativnye istochniki energii: problemy i perspektivy [Alternative energy sources: problems and prospects]. Almaty: Energopress. 2021. (in Russ.).
- [4] Тоқаев ҚЗ. Көміртегі беі тарартығы: Қазақстанның сын-қатерлері мен стратегиясы [Kömirtegi beytaraptygy: Kazakhstani son-katerleri men strategies]. Memlekettik bayandama. 2023. (in Kaz.).
- [5] International Energy Agency (IEA). "Renewable Energy in Urban Systems". Paris: IEA Publications. 2021.
- [6] ISO 14996:2014. Requirements for renewable energy solutions in traffic systems.
- [7] Smith J, Brown L. Off-Grid Traffic Systems: Design and Deployment. London: GreenTech Publishing. 2022.
- [8] Fedorov AI. Sistemy avtonomnogo energosnabzheniya v dorozhnoj infrastrukture [Autonomous power supply systems in road infrastructure]. Sankt-Peterburg: Nauchnaya kniga = St. Petersburg: Scientific book. 2018. (in Russ.).
- [9] United Nations Environment Programme (UNEP). "Renewable Energy in Smart Cities". Nairobi. 2021.
- [10] Nazarbaev NӘ. XXI ғасырдың сын-қатерлері: Қазақстанның тұрақты дамуы [Challenges of the 21st century: Sustainable development of Kazakhstan]. Astana: Ekonomika. 2018. (in Kaz.).