

Е.Е. Назарбаев*, Ж.Р. Алипбаев, А.А. Каражанов, У.Ш. Кокаев

*Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан
(E-mail:*nazarbayev_kz@mail.ru, alipbaev.1977@mail.ru,
akarazhanov@mail.ru, kush_kush78@mail)*

Гибридті автокөліктер технологияларын зерттеу және электр қондырғысын таңдау шарттары

Аңдатпа. ХХ-ХХІ ғасырлардағы өндірістік-өнеркәсіптік саланың қарқынды дамуына сәйкес, мұнай мен газ өнімдерін қолданудың күрт өскендігі белгілі. Аталған фактор өз кезегінде, қоршаған ортаның ластануы, әлемдік температураның өзгеруі, мұнай ресурстарының тапшылығы сынды мәселелердің пайда болуына әкеліп соқты. Аталған себептерге байланысты автомобиль компаниялары гибридті технологияларды күнделікті өмірге енгізу мақсатында зерттеулер жүргізе бастады. Мақала гибридтік технологиялардың пайда болу тарихын, және олардың қазіргі кезеңдегі қолданылатын технологияларына шолу жасаумен қатар, жұмыс істеу принциптері мен негіздерін қарастырады. Мақала Toyota Prius, Astrolab сынды қолданыстағы коммерциялық автокөліктердің жасалу технологиялары, сондай-ақ гибридті автокөліктерде қолданылатын отын мен шикізатқа қатысты зерттеулерге негізделген. Мақалада қарастырылған технологиялардың артықшылықтары мен кемшіліктері, гибридті көліктердің болашақта бензинді және дизельді автокөліктердің баламасы болатындығы туралы қорытындылар келтірілген.

Түйін сөздер: автокөлік, гибридті және электрлік көліктер, батарея, қоршаған орта, қуат көздері.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-143-2-79-91

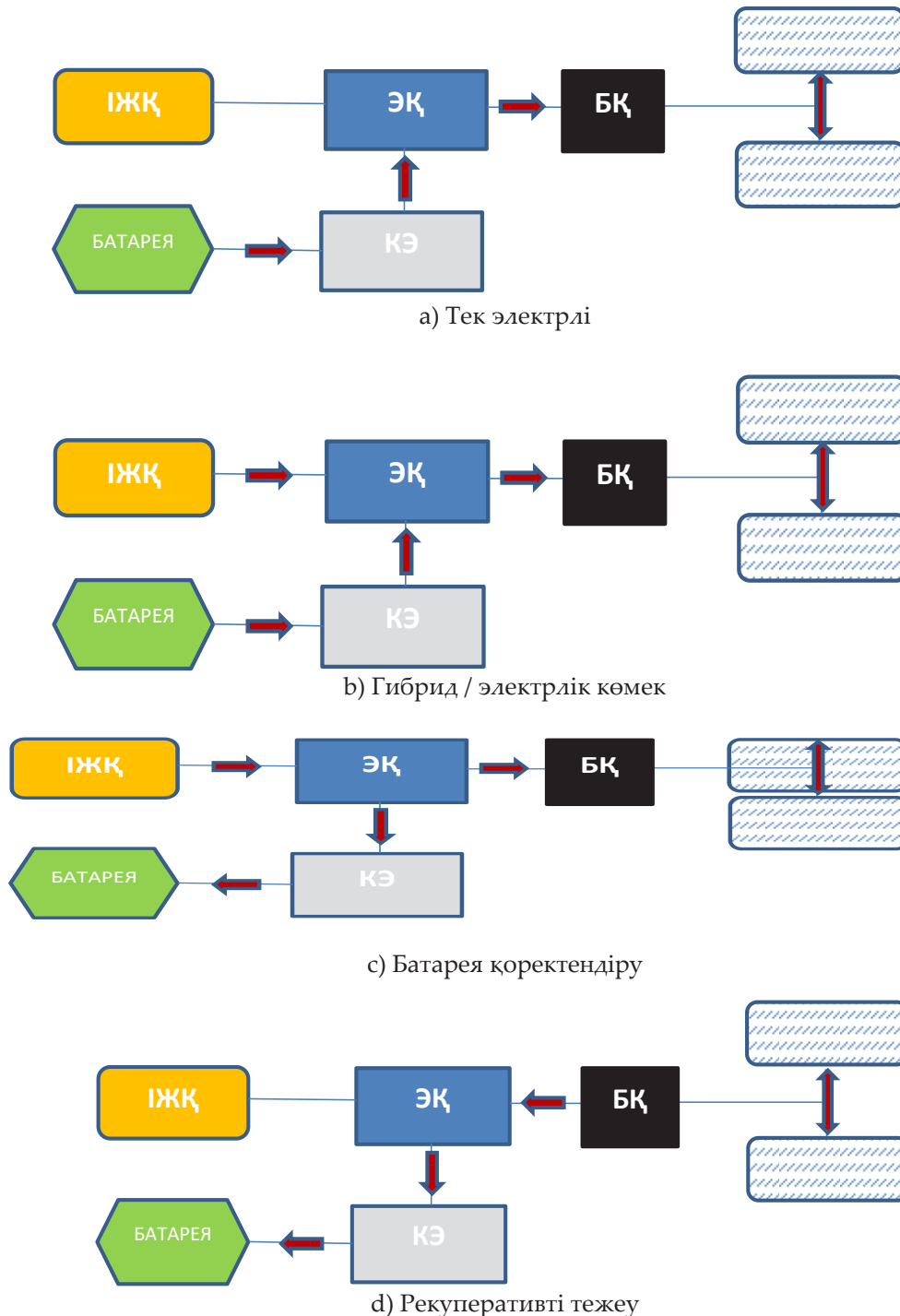
Кіріспе

Николаус Оттоның іштен жану қозғалтқышын ойлап табуының арқасында автокөлік жасау саласында революция болды. Кейінірек бензин мен дизель отыны осы автокөліктер үшін негізгі отын көзі болды. Бұл технология нарықтағы коммерцияландыру арқылы адамның тиімді қозғалтқыштар құрастырудағы еңбегін айтарлықтай жеңілдетті. Әлем 20-шы ғасырға тап болған кезде, бұл технологияны тиімді және үнемді етуге бағытталған көптеген жетістіктер болды. Осылайша ол коммерциялық табысқа қол жеткізді және оны күнделікті өмірде қолдану артты. Бұл технологиямен адамдар мыңдаған шақырым/мильге жетуі мүмкіншілігі пайда болуымен қатар оның жағымсыз жақтары бар екенін де білеміз. Көміртегі тотығы (СО) мен көмірқышқыл газының (СО₂) бөліну жылдамдығы 21 ғасырдың басында кенеттен жоғары деңгейге дейін өсті және ол өз кезегінде әлемдік экожүйеге теріс әсерін тигізбей қоймады. Аталған мәселелерді шешу жолында көптеген автокөлік жасау компаниялары альтернативті қозғалтқыштар жасауға кірісті.

Жоғарыда келтірілген автокөліктердің зиянды қасиеттерін азайту мақсатында соңғы кездерде гибридті және электрлі, күн энергиясымен қуатталатын, сутегі отынын тұтынатын көлік түрлері пайда болды. Аталмыш гибридті көліктерге тоқтала келе, оларға қарағанда технологиялық тұрғыдан қарапайым және экологиялық талаптарға толығымен жауап

беретін көлік – ол электр жетекті көліктер, олар бензин, дизель немесе табиғи сығылған газ негізінде жасалған көліктерге қарағанда зиянды элементтерді шығармайды. Дегенмен оның толық зарядталған батареясы өте алшақ қашықтықтарды бағындыруға келмейді, олардың батареясын қайта толық қуаттау үшін біршама уақыт және арнайы қоректендіру посттары қажет. Қоршаған ортаға зиянды азайту және де ұзақ қашықтықтарды қиындықсыз бағындыру мақсатында «қосылатын гибридті көлік құралдары» пайда болды.

Toyota Prius – гибридті электрлік көлік түрі, Astrolab – гибридті көлік күн құралы, Chevrolet Volt – қосылатын гибридті көлік құралы.



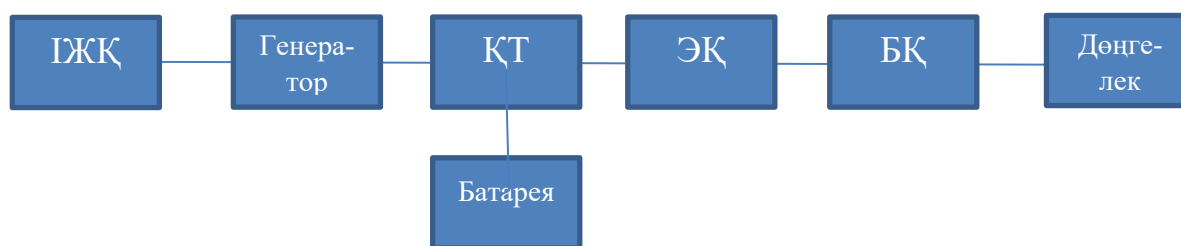
Сурет 1. Гибридті автокөліктің жұмыс істеу принципі

Рекуперациялық тежеу – энергияны қалпына келтіру механизмі болып табылады, ол көлікті баяулатып, оның кинетикалық энергиясын басқа формаға, әдетте қажет болса сол мезетте жұмсалатын немесе батареяға жоғары кернеу уақытында қажет болғанға дейін сақталатын электр энергиясына ауыстырады. Электр қозғалтқышы генератор ретінде әрекет ететін тежеу немесе қозғалу уақытында кері бағытта жұмыс істейді. Роторлар тартқыш электр қозғалтқышы дөңгелектерге қосылған, олар қарама-қарсы момент, өйткені қозғалтқыш катушкаларында ток индукцияланады. Дөңгелектер кинетикалық энергияны беріліс қорабы арқылы генераторға жібереді. Сонымен бірге генератордың кедергісінен алынған электр қуаты көлік құралының қозғалысын баяулатады. Үлкен тежеу күші қажет болғанда, бір генератор бере алатын момент қосымша үйкеліс тежегіштерімен тежеуді жүзеге асырады.

Материалдар және әдістер

Гибридті көлік құралдарының түрлері. Гибридті көлік – бұл көлік құралының бір түрі, ол электр қозғалтқышы мен іштен жану қозғалтқышының қызметтерін біріктіреді. Немесе, техникалық тілмен айтқанда, гибридті автокөлік – бұл механикалық принциппен жұмыс істейтін көліктерді де, сонымен қатар электромобильдер технологиясын да үйлестіре қамтитын көлік түрі. Гибридті көліктің басты плюсы – отын шығыны аз. 2021 жылғы Toyota Prius аралас циклде 100 км-ге 4,3 литр бензин тұтынады. Қуаттылығы бойынша салыстырмалы Skoda Octavia 1,6 MPI бірдей жағдайларда 7,5 литр отын жұмсайды.

Кезекті гибрид. Бұл жағдайда ішкі жану қозғалтқышы (ішкі жану қозғалтқышы) тек генераторды қуаттайды және жетекші дөңгелектермен механикалық байланысы жоқ. Генератор өз кезегінде тартқыш электр қозғалтқышына арналған (ТЭҚ) электр энергиясын өндіреді немесе қосымша зарядтайды. Автокөліктің қажетті жұмыс режимін қамтамасыз ету үшін генератордың энергиясы жетіспесе, ТЭҚ аккумуляторлардан қосымша қуат алады, ал артық болған жағдайда оны дискіге береді. Көлік әрқашан электр қуатымен қозғалады. Диапазон-150-200 шақырымнан. Батарея таусылған кезде ішкі жану қозғалтқышы іске қосылады. Мұнда ол дөңгелектерге тікелей қосылмаған генератор ретінде қызмет етеді. Қозғалтқыш тұрақты айналымдарда тыныш режимде жұмыс істейді, сондықтан ол кәдімгі көліктерге қарағанда әлдеқайда баяу тозады. Жанармай шығыны 100 км-ге 1,5-тен 3,5 литрге дейін. сериялық мысалдар әлі де аз, Chevrolet Volt және Opel Ampera-ны еске түсіруге болады.



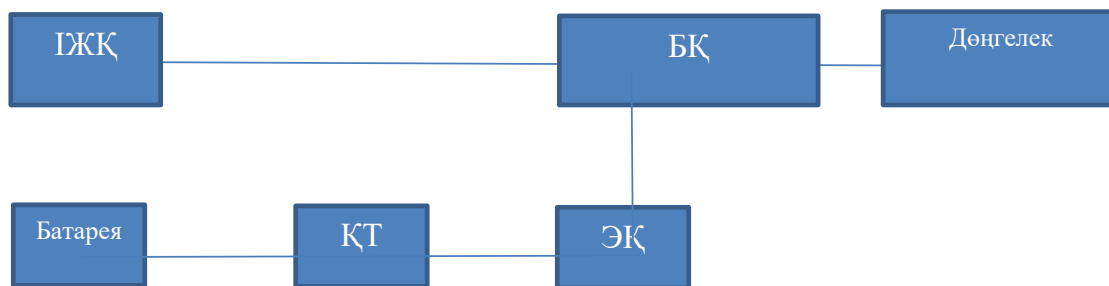
Сурет 2. Кезекті гибрид сұлбасы

Параллель гибрид. Екінші топ – параллель гибрид. Бұл схемада ІЖҚ механикалық күш арқылы беріліс қорабы автомобильдің жетекші дөңгелектеріне арнайы жүйе арқылы қуат береді, электр қозғалтқышының генераторын (қайтымды электр машинасын) пайдаланып, артық қуат алу арқылы батареяны қуаттай алады. Энергия тапшылығы кезінде дәл осы жүйе арқылы автомобиль дискіден қосымша қуат ала алады. Мұнда жолдың шектеулі бөлігінде жұмыс істемейтін ішкі жану қозғалтқышымен қозғалыс мүмкін. Автокөлік іштен жану қозғалтқышын іске қоспай 30-150 км-ге дейін таза электр қуатымен жүре алады.

Көбінесе қосымша қозғалтқыш негізгі қозғалтқыш пен беріліс қорабы арасындағы қуат блогына орнатылады. Содан кейін оның қуаты аз – 50 ат күшіне дейін. Ол 30-60 км/сағ тұрақты жылдамдықпен, динамикалық серпіліссіз жүргенде өздігінен жұмыс істейді. Бұл дизайнды Volkswagen, Porsche, Audi және Mercedes-Benz пайдаланады.

Егер электр қозғалтқышы бөлек орнатылса, оның қуаты шектелмейді – кейбір модельдерде ол 200 ат күшінен асады. Тиісінше, сіз таза электр қуатымен жақсы динамика аласыз. Toyota, BMW және Lexus бұл технологияны жақсы көреді.

Кейде ішкі жану қозғалтқышы мен электр қозғалтқышы әртүрлі осьтерге орнатылады. Осылайша, салыстырмалы түрде қарапайым механикалық тізбегі бар толық жетекті алуға болады. Автокөліктің трафигі артады, отын шығыны азаяды, өңдеу жақсарады. Бұл схема бойынша Peugeot, Citroën, Nissan және FIAT гибридті машиналары жұмыс істейді.



Сурет 3. Параллель гибрид сұлбасы

Кезекті-параллель гибрид. Сондай-ақ, үшінші деп аталатын тізбекті-параллель схема немесе біз оны «сплит» деп атаймыз, оны сериялық және параллель симбиоз схемалар деп санауға болады. Онда ішкі жану қозғалтқышы, генератор және электр қозғалтқышы бір-бірімен және автомобильдің жетекші дөңгелектерімен арнайы механикалық құрылғы арқылы байланысады, оны сплиттер деп атауға болады, бұл планеталық берілістен басқа ештеңе емес. Мұндай техникалық шешім артықшылықтарды біріктіруге және жұмыс режимдерін жүзеге асыруға мүмкіндік береді гибридті электр станциясы жоғарыда сипатталған екі схема сияқты.

Мұндай гибридті автомобиль екі дизайнның ерекшеліктерін біріктіреді. Ол тұрақты қарқынмен тегіс жолмен келе жатқанда, ішкі жану қозғалтқышы қуатты генераторды айналдырады және батареяны зарядтайды. Жүктеме көтерілген кезде электр қозғалтқышы қосылады, ол үдеткішті жылдамдатады және соққыларды жеңуге көмектеседі. Бұл схема Toyota-ны жетілдірді. Оны Volvo және BMW - де де табуға болады.

Қолданыстағы энергия үнемдеу технологияларын талдау. Көлік отынның көп мөлшерін тұтынады, бірақ тек 10-16 % ол тікелей қозғалысқа кетеді. Энергия шығыны осы энергияны пайдалану принципі бойынша таңдалған факторларға бөлінеді. Автомобильдің мультимедиялық жүйесі, жылыту,

кондиционер, жарықтандыру, климаттық бақылау және басқа да автомобиль элементтері сынды пайдалы қызметтер бөлек бөлінген, қалған бөлігі жылжымалы үйкеліс, жылу шығару және т. б. сияқты энергия шығыны электр энергиясына мұқтаж мәжбүрлі факторларды да көрсетеді.



Сурет 4. Автокөліктегі қолданылатын энергияны жіктеу

Жанармайдың тек 17%-ы қозғалысқа жұмсалады. Басқаша айтқанда, көліктегі тиімділік тек 17% құрайды. Бұл көрсеткіш барлық қарсылықтарды жеңуге кеткен энергия мөлшері үлкен екенін дәлелдейді. Ыңғайлы қозғалыс үшін барлық медианы пайдалану қажет және автомобильдің басқа керек-жарақтары, бұл орташа есеппен 2% құрайды. Нәтижесінде

Жанармайдың 19%-ы шынымен мақсатына сай пайдаланылады. Кез келген энергия үнемдеу технологиясының басты мақсаты қалған 81% энергия шығыны көрсеткішін мүмкіндігінше төмендету.

Суретте көрсетілгендей - қозғалтқыш шығаратын жылу сақтауға болатын көліктің қозғалысы энергиясының 10-30 % құрайды. Тежеу процесі орта есеппен энергияның 30% - сініреді. Көлік қозғалу процесінде еңсеретін кедергілер, олар пайдалы энергияға бағытталуы мүмкін энергияның 10% - на дейін алады.

Энергияны үнемдейтін технологиялар, 50-70% энергияны бірге үнемдеуге, тиімділікті 3-4 есе арттыруға қабілетті. Бұл өз кезегінде энергияны үнемдейтін технологияларды зерттеу көлік индустриясының дамыту бағыттарының ең маңыздыларының бірі екендігі деп қортынды жасауға мүмкіндік береді. Ұсынылған технологиялар қазірдің өзінде бүкіл әлемде әзірленуде.

Регенеративті тежеу жүйесі (СРТ) көбінесе гибридті қозғалтқыштары бар жаңа буын автомобильдерінде кездесуі мүмкін. Оның негізгі бөлігі кинетикалық энергияны электрлік қайтару әдісі болып саналады.

Бұл энергия автомобильдің қозғалысы кезінде пайда болады. Тежеу кезінде пайда болатын артық кинетикалық энергия тежегіш жүйесіндегі жастықшалар мен тежегіш диск үйкелісі арқылы жылу энергиясына ауысады. Осыдан энергия шығыны пайда болады. Автокөліктің беріліс қорабына кіретін электр қозғалтқышы, SRT-де тежеу үшін қолданылады. Қозғалтқыш баяулату кезінде генераторлық режимде жұмысын бастайды, қозғалтқыш білігінде бар тежеу моменті және электр энергиясы батареяда жинақталады. Бұл резерв одан әрі қарай көлік қозғалысы үшін пайдаланылады.

Жоғарыда аталған электр энергиясын қалпына келтіру әдісінен басқа энергия шығынын болдырмаудың бірнеше басқа нұсқалары бар:

- Механикалық
- Гидравликалық
- Пневматикалық

Бірінші нұсқа және оның негізінде жасалған кинетикалық энергияны қалпына келтіру жүйесі (Kinetic Energy Recovery Systems, KERS) ең танымал болды. Көлік құралының энергиясы, қозғалыс процесінде тоқтау кезінде қалпына келтіріледі және оны болашақта пайдалану мүмкіндігі үшін маховиктің көмегімен сақталады. SRT мен KERS арасындағы айырмашылық мынада: соңғысы тежеу моментін болдырмайды.

Маховик көліктің беріліс қорабында, ол вакуумдық камерада айналмалы сипатқа ие қозғалыс жасайды. Конструкция ерекшеліктері 600 кДж энергия мен қуатты 60 кВт-қа дейін сақтауға мүмкіндік береді, бұл ат күшіне ауысқанда 80 а. к. Қалпына келтірілген энергияны одан әрі жылдамдықтың күрт өсуі, серпіліс немесе көлік құралы қозғала бастаған сәтте пайдалануға болады.

Гибридті көліктерді жобалау кезіндегі қуат көзін таңдаудың негізгі критерийлері. Жеңіл көліктер үшін қозғалтқыштың максималды қуаты әдетте жолда максималды жылдамдықты қамтамасыз ету негізінде таңдалады. Жоғары жылдамдыққа жоғарғы берілісте қол жеткізіледі. Максималды қуат пен жылдамдықты өндіруші көлік құралының техникалық сипаттамасында мәлімдейді, ол өз кезегінде сертификаттау сынағы кезінде тексеріледі. Қозғалтқыш сонымен қатар жолда басып озу кезінде автомобильге жақсы динамикалық қасиеттермен қамтамасыз ету керек. Автомобильдің динамикалық қасиеттері қозғалтқыштың максималды айналу моментінің шамасына және оның сыртқы жылдамдық сипаттамасына орналасуына байланысты.

Жол жүктемесінің құрамдас бөліктері қозғалтқыштың қуатын анықтайды. Егерде жылдамдық функциясындағы автомобильдің қозғалыс кедергісінің жалпы қуатын және бірдей координаттардағы қозғалтқыштың қуатын графикалық түрде салсақ, онда қуаттардың қиылысы максималды жылдамдықтың мәнін анықтайды. Көлік құралының қозғалыс теңдеулеріне кіретін компоненттер бойынша есептеулер қуаттың ең үлкен мәні қуаттың жоғалуына әсер ететіндігін көрсетеді. Автокөліктің белгілі бір массасы мен оның инерция моменті кезіндегі қуат үдеу шамасымен және үдеудің соңғы жылдамдығымен анықталады. Шамадан тыс қуат және сәйкесінше қозғалтқыштың жұмыс көлемі қарапайым автомобильде жеткілікті интенсивті үдеткіш сипаттамаға және автомобильдің максималды жылдамдығына ие болуға мүмкіндік береді, бірақ бұл тек максималды жүктеме режимдерінде ғана емес, сонымен қатар аз жүктемелерде де отын шығынының айтарлықтай өсуіне әкеледі. Гибридті автомобильде қуаты аз ішкі жану қозғалтқышы қолданылады, өйткені электр қондырғысында электр қозғалтқышы да бар, ал электр қондырғысының жалпы қуаты қарапайым автомобильден кем емес. Бірақ электр қуатын пайдалану арқылы гибридті автомобильдің отын шығыны қарапайым автомобильге қарағанда едәуір аз. Электр қозғалтқышының қуаты жылдамдықтың өсуімен сызықтық өсуде, сондықтан гибридті автомобильдің динамикасы басқа автомобильдерден кем түспейді.

Гибридті көлікті жобалау және бірінші кезеңде қуатты таңдау кезінде автомобиль каталогтарының статистикасын пайдалану ыңғайлы. Гибридті автомобильдердің (HV) электр қондырғыларының параметрлерін талдау көрсеткендей, электр қондырғысының жалпы қуаты, әдетте, аналогтық автомобильде орнатылған ішкі жану қозғалтқышының қуатынан сәл аз немесе тең таңдалады. Бұл гибридті көлікте отын шығынын азайтудың белгілі бір нәтижесін береді [1, 2]. Аналог дегеніміз - сол өндірушінің және сол кластағы дәстүрлі бензин машинасы. Статистикалық коэффициенттер бойынша бірінші жуықтауда электр қондырғысының параметрлерін таңдаймыз.

Қуат қондырғысының энергетикалық параметрлерін статистикалық критерийлер (коэффициенттер) бойынша бірінші жуықтауда таңдауға болады. Ол үшін техникалық әдебиеттерде бар гибридті автомобильдердің әртүрлі модельдерінің қуат параметрлері туралы статистикалық ақпаратты пайдалануға болады [3, 4].

Коэффициент

$$\kappa_1 = N_{эл} / N_{іжқ} \quad (1)$$

берілген кесте 1, гибриді автомобильдердің электр қозғалтқышы мен ішкі қозғалтқыш қуаттарының қатынасын сипаттайды. Гибриді автомобильдердің әртүрлі модельдері бойынша электр қондырғыларының энергетикалық параметрлерін сипаттайтын статистикалық деректерді талдау үшін поршенді қозғалтқыштардың жұмысына (V_h) байланысты k_1 коэффициентінің және электр станцияларының басқа параметрлерінің өзгеруін қарастыру ыңғайлы, өйткені V_h гибриді автомобильдің электр станциясының қуаты мен отын үнемділігіне әсер етеді.

Суретте әр түрлі гибриді автомобильдердің K_1 коэффициентінің статистикасы көрсетілген. Әр түрлі гибриді автомобильдер үшін k_1 коэффициентінің мәні 0,0045 (BMW 7) және 0,073 (Mercedes-Bens S400) 0,95 (Toyota Camry) аралығында өзгереді. K_1 коэффициентінің ең төменгі мәні - 15 кВт электр қозғалтқыштары бар және ішкі жану қозғалтқышының үлкен жұмыс көлемі бар автомобильдердің модельдері, ал ең үлкені - 105 кВт электр қозғалтқышы бар Toyota Camry көлігі және ішкі жану қозғалтқышының шағын жұмыс көлемі - 1,36 л. Айта кету керек, K_1 коэффициентінің үлкен мәні автомобильдің төмен отын шығынына қол жеткізудің кепілі болып табылмайды. Сонымен, 30 кВт электр қозғалтқышы бар Hyundai Sonata көлігінде ($k_1=0,24$) отын шығыны 70 кВт, электр қозғалтқышы бар Ford Escape-ке қарағанда бензин аналогына қатысты американдық ЕРА сынақ циклдарында төмен ($k_1=0,61$). Бұл Toyota Camry гибридіне және басқа модельдерге де қатысты. Егер Hyundai Sonata көлігінің жанармай шығыны қалалық циклде 45% және аралас циклде 29% болса, екінші көлікте сәйкесінше 36% және 18%, ал үшіншісінде 36% және 24% болады.

10 және 15 кВт электр қозғалтқыштары бар Honda Insight және Honda Civic гибриді көліктерінде k_1 коэффициенті де 0,15 және 0,23 төмен мәндерге ие. Алайда, бұл гибриді көліктерде аналогтарға қатысты отын шығыны айтарлықтай төмендеді. Бұл нәтижеге белгілі бір дәрежеде қол жеткізілді, өйткені автомобильдердің осы модельдерінде ішкі жану қозғалтқышының жұмыс көлемі Honda Civic аналогына қатысты 2,0 л-ден 1,34 л-ге дейін төмендеді, ал негізгі қозғалтқыштың қуаты сәйкесінше 148 кВт-тан 65 және 70 кВт-қа дейін төмендеді. Қабылданған шешім сынақ циклдарында отын шығынын едәуір азайтуға мүмкіндік берді.

Гибриді автомобильдердің аналогтарына қатысты отын тиімділігін салыстырмалы бағалау 1-кестеде келтірілген. Гибриді автомобильдердің электр қондырғыларының тиімділігін салыстыру үшін американдық федералды ЕРА және еуропалық EU сынақ циклдары бойынша отын шығынын азайту пайызбен көрсетілген. Сондай-ақ, энергетикалық қондырғының k_1 коэффициентінің мәндері және гибриді автомобильдердің отын тиімділігі көрсеткіштері келтірілген.

Электр қондырғысының басқа энергетикалық параметрлерін сипаттайтын коэффициенттер, мысалы, ДЖҚ пен электр қозғалтқышының айналу моменттерінің арақатынасы, электр қондырғысының жалпы қуаты және автомобильдің толық массасы, каталог[3] мәліметтері бойынша есептелген, 2-кестеде келтірілген. Электр қозғалтқышы мен іштен жану қозғалтқышының айналу моменттерінің арақатынасын сипаттайтын

$$k_2 = M_{кэл} / M_{кд} \quad (2)$$

коэффициенті әдеттегі будандарда (HEV) 0,65-1,46 аралығында болады.

Максималды мәні $k_2=2,8$ жаңа типтегі электр қондырғысы (PHEV) 55 кВт электр қозғалтқышы бар Chevrolet Volt гибриді автомобиль. Бұл автомобиль сонымен қатар әдеттегі гибридтерге қарағанда 16 кВт / сағ қуатты литий-ионды аккумуляторға ие және оны электр желісінен қайта зарядтауға мүмкіндік береді, бұл оған бір зарядта 61 км қашықтықты жүруге мүмкіндік береді. Осы автомобильдердің электр қондырғысы олардың жұмысының ерекшелігіне байланысты бөлек қарастыруға лайық. Айта кету керек, соңғы жылдары кәдімгі гибридтердің (rum) автомобиль паркінің қарқынды дамуымен ерекше будандар (PHEV) Chevrolet Volt, Toyota Prius Plug-in және т.б. пайда болды, бұл будандар электр

желісінен қайта зарядталатындығымен ерекшеленеді (plug-in hybrid vehicle – қосалқы гибридті автомобиль). Олар электр тартымдылығын барынша пайдаланады, ал егер батарея таусылған болса, олар ішкі жану қозғалтқышынан тартылуға ауысады. Зарядтау үшін кәдімгі электр желісі қолданылады немесе арнайы зарядтағыштар қолданылады.

Үшінші коэффициент

$$\kappa_3 = N_{\text{іжк}} / N_{\Sigma} \quad (3)$$

ДЖҚ қуатының электр қондырғысының жалпы қуатына қатынасын сипаттайды және 0,73-0,9 аралығында болады. Chevrolet Volt гибридті көлігі ең төменгі мәнге ие $\kappa_3=0,57$. $N_1 = N_{\Sigma}/m_{\Sigma}$ коэффициенті электр станциясының жалпы қуатының автомобильдің толық массасына қатынасын сипаттайды және 0,044-0,096 аралығында болады. N1-дің ең үлкен мәні - Porsche Cayenne сияқты жылдам гибридті көліктер. Автокөліктің максималды жылдамдығы 242 км/сағ және жоғары динамикалық сапалары бар, бір жерден 100 км-ге дейін үдеткіш 6,5 с құрайды.

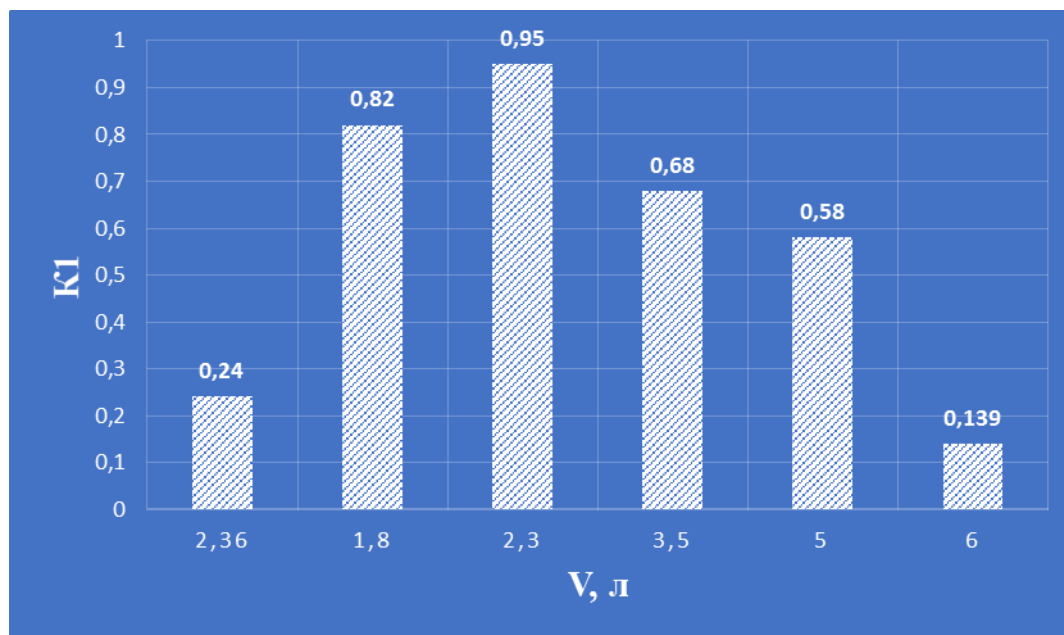
3. Нәтижелер мен талдаулар

Кесте 1. κ_1 коэффициентінің сынақ циклындағы аналогтарға қатысты гибридті автомобильдердің отын шығынын азайтуға әсері

№	Автокөлік	$\kappa_1=N_{эл}/N_{іжк}$, кВт/кВт	Сынақ циклындағы отын шығыны, л/100 км	Аналогпен салыстырғанда отын шығынының азаюы, %
1	Toyota Corolla (гибрид)	0,82	EU 3,8/3,8/3,8	56/31/43
2	Toyota Corolla (бензин)	-	EU 8,7/5,5/6,7	-
3	Toyota Camry (гибрид)	0,95	EPA 6,9/7,1/6,9	36/ - /24
4	Toyota Camry (бензин)	-	EPA 10,7/7,3/9,1	-
5	Hyundai Sonata (гибрид)	0,24	EPA 6,4/6,0/6,2	45/ - /29
6	Hyundai Sonata Fe (бензин)	-	EPA 11,7/6,9/8,7	-
7	Ford Escape (гибрид)	0,61	EPA 7,6/6,9	36/18
8	Ford Escape (бензин)	-	EPA 11,8/8,4	-
9	Lexus RX (гибрид)	0,67	EPA 7,3/8,4/7,8	49/ - /26
10	Lexus RX 350 (бензин)	-	EPA 14,3/8,4/10,6	-
11	Mercedes-Bens S400(гибрид)	0,073	EU 10,8/6,4/4,8	0/ - /41
12	Mercedes-Bens S350 (бензин)	-	EU 10,8/6,5/8,1	-
13	Cadillac Escalade (гибрид)	0,24	EU 11,6/10,7/11,1 EPA 11,8/10,2	41 /5/24 54/22
14	Cadillac Escalade (бензин)	-	EU 20,1/11,3/14,5 EPA 18,1/13,1	-

15	Porsche Cayenne (гибрид)	0,139	EU 8,7/7,9/8,2	45/6/27
16	Porsche Cayenne (бензин)	-	EU 15,9/8,4/11,2	-
17	BMW 7 (гибрид)	0,045	EU 12,6/7,6/9,4	26/15/21
18	BMW 7 (бензин)	-	EU 17,1/8,9/11,9	-

Honda insight гибридинің және оның Honda Inspire бензин аналогының өнімділігін талдау көрсеткендей, іштен жану қозғалтқышының қуат резервуарының жұмыс көлемін ұтымды таңдау және әртүрлі режимдерде Электр қозғалтқышын оңтайлы пайдалану аралас еуропалық циклде отын шығынын 36% - ға төмендетуге мүмкіндік береді [3, 4]. Жанармай үнемдеудің едәуір бөлігіне ішкі жану қозғалтқышының литрін 3,47 литрден 1,34 литрге дейін азайту және автомобильдің бос салмағын азайту арқылы қол жеткізілді. Бұл ретте электр қондырғысының жалпы қуаты 10 кВт электр қозғалтқышының қуаты кезінде 72 кВт құрады. Аналогқа қатысты қуат екі еседен астам төмендеді, гибридіті көліктің максималды жылдамдығы 186 км/сағ, ал үдеу уақыты 100 км/сағ - 12,6 с.



Сурет 5. Әр түрлі гибридіті автомобильдердегі іштен жану қозғалтқышының жұмыс көлеміне байланысты K_1 коэффициентінің мәні

Электр қозғалтқышының қуаты жылдамдықтың жоғарылауымен сызықты түрде өседі, сондықтан гибридіті автомобильдің динамикасы дәстүрлі автомобильдерден кем түспейді. Жұмыс көлемі 1,6 - 1,8 л болатын бір класты бензинді ДЖҚ бар Toyota фирмасының автомобильдері сол фирманың 3,5 литрге қарағанда сынақ циклдерінде отын шығынын 18% - ға аз.

K_1 коэффициенті 1 кестеде келтірілген $N_{эл}/N_{ішкі}$ гибридіті автомобильдің электр қозғалтқышы мен ішкі қозғалтқыш қуаттарының қатынасын сипаттайды. Гибридіті автомобильдер үшін K_1 коэффициентінің мәні 0,073-тен 0,95-ке дейін өзгереді. Ішкі жану

қозғалтқышы мен электр қозғалтқышынан тартудың негізгі көздерінің қуаттылығының оңтайлы арақатынасы, сондай - ақ энергия сыйымдылығы мен энергияны сақтау қуаты гибридті автомобильдің қандай қозғалыс режимдерінде жұмыс істейтініне байланысты.

K_2 коэффициенті электр қозғалтқышы мен іштен жану қозғалтқышы моменттерінің арақатынасын сипаттайды, $\kappa_2 = M_{кдвс} / M_{кэл}$ және 0,69-3,1 шегінде. K_3 коэффициенті ішкі жану қозғалтқышының қуаты мен электр станциясының жалпы қуатының арақатынасын сипаттайды $\kappa_3 = N_{двс} / N_{эл}$. N_1 коэффициенті электр қондырғысының жалпы қуатының автомобильдің жалпы салмағына қатынасын сипаттайды $N_1 = N_{кв} / m \Sigma (\kappa_{Вт} / \kappa_2)$ және 0,039-0,125 аралығында болады. Электр қондырғыларының энергетикалық параметрлерін сипаттайтын коэффициенттер, мысалы, іштен жану қозғалтқышы мен электр қозғалтқышының моменттерінің арақатынасы, іштен жану қозғалтқышы мен электр қозғалтқышының қуаты, автомобильдің толық массасына қатысты электр станциясының жалпы қуаты кестеде келтірілген.

Қорытынды

Гибридті автокөліктердің артықшылықтары мен кемшіліктері. Энергияның екі түрін біріктіретін автомобильдер туралы айтатын болсақ, соңғы әзірлемелер мен жобалар барысында инженерлік ойлар қайта зарядталатын гибрид жүйелерінің тиімділігі айқын көрінеді. Олар кез келген басқа гибридті көліктермен салыстыра келгенде тиімдірек болып табылады. Қайта зарядталатын гибридтердің беріліс қорабы екі қозғалтқышпен де, электрлік және ішкі жану қозғалтқышымен қатар, (параллель гибридтер) және электр қозғалтқышымен қозғалысқа келтірілетін ішкі жану қозғалтқышы бар (сериялық гибридтер) арқылы да жұмыс жасай алады. Режимдер арасында ауысуды электронды басқару блогы жүзеге асырады, бұл отын шығынын азайтуды қамтамасыз етеді, нәтижесінде, ластаушы заттар шығарындыларының деңгейін төмендету мақсаты жүзеге асырылады.

Қайта зарядталатын гибридтер әдетте ішкі жану қозғалтқышының жылу энергиясын және литий-ионды сыйымдылығы жоғары аккумулятормен қамтамасыз етілген электр энергиясын біріктіреді. Бұл көлікке батареяның көлеміне және оның сипаттамаларына байланысты электромобиль режимінде қозғалуға мүмкіндік береді. Қайта зарядталатын гибридтердің басқалардан басты айырмашылығы гибридті қондырғылар батареяны зарядтауды қарапайым электромобильдегідей электр желісіне қосу арқылы жүзеге асыруға болады. Ғалымдар мен инженерлер дизайнның күрделілігі мен үдеу уақытын азайту, электромобиль режиміндегі қозғалыс уақытын арттыру үшін жұмыс істейді. Және бұл жұмыс өзекті, өйткені автомобильдер көбірек фирмалар қайта зарядталатын гибридтерді құрастырады. Мысалы, Mitsubishi 2020 жылға қарай электр энергиясына арналған автомобиль паркіне толығымен бет бұрады.

Сонымен қатар, гибридті автомобильдердің тежеу кезіндегі электр энергиясы, жанармай құю станциялары арасында жүріс қашықтығын ұлғайтуға және энергияның екі түрін пайдалануға мүмкіндігі бар, сондықтан олар үнемді және экологиялық таза болып келеді.

Гибридтердің кемшіліктеріне олардың техникалық құрылымының күрделілігі және сәйкесінше жоғары баға жатады. Мысалы, Mitsubishi Outlander автокөлігінің гибридті нұсқасының құны бензин моделінің құнынан екі есе жоғары. Содан кейін пайдаланылған батареяларды қайта өңдеу қажеттілігін атап өту керек, олардың қызмет мерзімінің соңында шамамен 30% заряд қалады, бұл көлікті қуаттандыруға жеткіліксіз. Ғалымдар бұл батареяларды баламалы көздерден алынатын электр энергиясын сақтау үшін пайдалануды ұсынады. Сонымен қатар, батареяларда қайта өңдеуді қажет ететін қымбат сирек металл - литий бар. Оған қоса, батареяның өнімділігі қоршаған ортаның температурасы мен ылғалдылығына байланысты. Тағы бір айта кететін мәселе, гибридтер жоғары кернеудің болуына байланысты жол-көлік оқиғалары кезінде жаяу жүргіншілер үшін қауіпті. Қазіргі уақытта ТМД елдері жолдарында көптеген гибридті модельдер пайда болды. Алайда,

электр машиналары үшін дамыған инфрақұрылымның болмауы қайта зарядталатын гибридтердің дамуына кедергі келтіреді. Алайда, жақын арада қазба отындарының қоры азайып, гибридті көліктер кең таралуы мүмкін.

Осылайша, автомобильдің отын шығынын азайтудағы шешуші рөлді электр қозғалтқышының таңдалған қуаты ғана емес, оның басқа сипаттамалары - электр қозғалтқышының жұмыс алгоритмі, автомобильдің әртүрлі қозғалыс режимдерінде электр қозғалтқышын қосу режимін анықтайтын таяқшалар, сондай-ақ қозғалтқыштың құрылымдық ерекшеліктері. Іштен жану қозғалтқышының көп параметрлі сипаттамалары оңтайлы аймақта жұмыс істеуге мүмкіндік береді. Бірақ сонымен бірге, үнемділік тұрғысынан оңтайлы алгоритмді іске асыру үшін электр қозғалтқышының белгілі бір қуаты қажет екенін атап өткен жөн, ол қалалық және магистральдық цикл жүктемелерінің кең ауқымында электр тартқышпен жұмыс істеуді қамтамасыз етеді. Жоғарыда келтірілген статистикалық мәліметтерге сүйене отырып, гибридті көлікті жобалаудың бірінші кезеңінде оның қуат блоктарының қуат қатынасын таңдауға болады.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Каталоги автомобилей 2012-2015 г. Automobile revue.
2. T. Hoffman, M. Steinbuch, R. V. Druten, A. Serrarens, "Rule-based energy management strategies for hybrid vehicle," International Journal of Electric and Hybrid Vehicles 1, no. 1 (2007) (pp. 71-94)
3. Гибридные автомобили и их компоненты (обзор зарубежной печати). Мобильная техника №1, №2, №3, 2003 г.
4. T. Cummings, T. H. Bradley, and Z. D. Asher, "The effect of trip preview prediction signal quality on hybrid vehicle fuel economy", IFAC-Papers Online, vol. 48, no. 15, pp. 271-276, 2015
5. Ломакин В.В. К вопросу выбора мощности ДВС энергетической установки гибридных автомобилей / В.В. Ломакин, А.В. Шабанов, А.А. Шабанов // Журнал автомобильных инженеров. ААИ. – 2013. – № 1 (78). – С. 26–29.
6. Загарин Д.А. Плюс электропривод [и др.]//Энергоэффективность и энергосбережение. 2013. № 9–10.
7. S. Onori, L. Serrao, and G. Rizzoni, "Hybrid electric vehicles energy: management strategies," in Springer Briefs in Control, Automation and Robotics. New York, NY, USA: Springer, 2016, chs. 4-7.
8. L. Serrao, S. Onori, G. Rizzoni, "A comparative analysis of energy management strategies for hybrid electric vehicles", Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control, vol. 133, no. 3, pp. 031012(1-9), doi: <https://doi.org/10.1115/1.4003267>, 2015.

Е.Е. Назарбаев, Ж.Р. Алипбаев, А.А. Каражанов, У.Ш. Кокаев

Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан

Исследования технологий гибридных автомобилей и условия выбора электроустановки

Аннотация. Известно, что в соответствии с быстрым развитием производственно-промышленной отрасли в XX-XXI веках резко возросло использование нефтегазовых продуктов. Данный фактор, в свою очередь, привел к возникновению таких проблем, как загрязнение окружающей среды, изменение мировых температур, дефицит нефтяных ресурсов. По указанным причинам автомобильные компании начали проводить исследования с целью внедрения гибридных технологий в повседневную жизнь. В статье рассматривается история возникновения гибридных технологий, принципы и основы их функционирования, а также обзор используемых технологий на современном этапе. Статья основана на исследованиях,

касающихся технологий изготовления существующих коммерческих автомобилей, таких, как Toyota Prius, Astrolab, а также топлива и сырья, используемых в гибридных автомобилях. В статье приводятся плюсы и минусы рассмотренных технологий, выводы о том, что гибридные автомобили в будущем станут альтернативой бензиновым и дизельным автомобилям.

Ключевые слова: автомобиль, гибридные автомобили и электромобили, аккумулятор, окружающая среда, источники питания.

Y. Nazarbayev, Zh. Alipbayev, A. Karazhanov, U. Kokayev
L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

Research of hybrid car technologies and conditions for choosing an electrical installation

Abstract. It is known that in accordance with the rapid development of the industrial industry in the XX-XXI centuries, the use of oil and gas products has increased dramatically. This factor, in turn, has led to problems such as environmental pollution, changes in global temperatures, and a shortage of oil resources. For these reasons, car companies have begun to conduct research in order to introduce hybrid technologies into everyday life. The article examines the history of the emergence of hybrid technologies, as well as the principles and fundamentals of their functioning, as well as an overview of the technologies used at the present stage. The article is based on research concerning the manufacturing technologies of existing commercial vehicles, such as Toyota Prius, Astrolab, as well as fuel and raw materials used in hybrid cars. The article presents the pros and cons of the technologies considered, conclusions that hybrid cars will become an alternative to gasoline and diesel cars in the future.

Keywords: car, hybrid cars and electric vehicles, battery, environment, power sources.

References

1. Catalogs of cars 2012-2015 Automobile revue.
2. Hoffman T., Steinbuch M., Drueten R.V., Serrarens A. Rule-based energy management strategies for hybrid vehicle// International Journal of Electric and Hybrid Vehicles 1, no. 1 (2007) (pp. 71-94)
3. Hybrid cars and their components (review of foreign press). Mobile equipment No. 1, No. 2, No. 3, 2003
4. Cummings T., Bradley T. H., Asher Z. D. The effect of trip preview prediction signal quality on hybrid vehicle fuel economy// IFAC-Papers Online, vol. 48, no. 15, pp. 271-276, 2015
5. Lomakin V.V. On the issue of choosing the power of the internal combustion engine of a hybrid car power plant / V.V. Lomakin, A.V. Shabanov, A.A. Shabanov // Journal of Automotive Engineers. AAI. – 2013. – № 1 (78). – Pp. 26-29.
6. Zagarin D.A. Plus electric drive [et al.]//Energy efficiency and energy conservation. 2013. № 9–10.
7. Onori S., Serrao L., Rizzoni G. Hybrid electric vehicles energy: management strategies/ In Springer Briefs in Control, Automation and Robotics. New York, NY, USA: Springer, 2016, pp. 4-7.
8. Serrao L., Onori S., Rizzoni G. A comparative analysis of energy management strategies for hybrid electric vehicles//Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control, vol. 133, no. 3, pp. 031012(1-9), doi: <https://doi.org/10.1115/1.4003267>, 2015.

Авторлар туралы мәлімет:

Е.Е. Назарбаев – докторант, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

Ж.Р. Алыпбаев – техника ғылымдарының кандидаты, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

А.А. Каражанов – техника ғылымдарының кандидаты, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

У.Ш. Кокаев – техника ғылымдарының кандидаты, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтпаев көш., 2, Астана, Қазақстан.

Ү. Назарбаев – PhD student, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

А. Каражанов – Candidate of Technical Sciences, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

Ж. Алипбаев – Candidate of Technical Sciences, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

И. Кокаев – Candidate of Technical Sciences, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2 Satpayev str., Astana, Kazakhstan.