ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ҒЫЛЫМИ-ПРАКТИКАЛЫҚ КОНФЕРЕНЦИЯ МАТЕРИАЛДАРЫ
Орталық Азия ғылымы мен білімі: цифрлық трансформация және тұрақты даму
2026 жылғы 18 желтоқсан · онлайн, Zoom · CASJ-2026
7-СЕКЦИЯ. ЖАС ЗЕРТТЕУШІЛЕР: СТУДЕНТТІК СЕКЦИЯ (БАКАЛАВРИАТ, МАГИСТРАТУРА)

DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.24621440

ӘОЖ 621.3:620.91:502.131.1

АДАМНЫҢ МЕХАНИКАЛЫҚ ҚОЗҒАЛЫСЫН ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСЫНА АЙНАЛДЫРУ: PAVEGEN ТЕХНОЛОГИЯСЫН ҚАЗАҚСТАННЫҢ ІРІ ҚАЛАЛАРЫНА ЕНГІЗУ МҮМКІНДІГІ

Е.М. Мәдениет

Мәдениет Ерасыл Мұхитұлы

Ғылыми жетекші: Нұрақова Гүлім Омартайқызы

© Е.М. Мәдениет, 2026

Аннотация: Ғылыми жобада адамның механикалық қозғалысын электр энергиясына түрлендіру мүмкіндіктері және Pavegen технологиясының жұмыс істеу принципі қарастырылады. Зерттеу барысында аяқ басу кезінде пайда болатын механикалық энергияны электр энергиясына айналдыру жолдары түсіндіріледі. Тәжірибелік плитканың қарапайым үлгісін құрастыру, оның электрлік параметрлерін өлшеу және өндірілетін энергия мөлшерін есептеу әдістері ұсынылады. Сонымен қатар, технологияны Қазақстанның ірі қалаларындағы қоғамдық орындарға енгізу мүмкіндіктері бағаланып, оның артықшылықтары мен шектеулері анықталады.

Түйін сөздер: механикалық энергия, электр энергиясы, Pavegen, электромагниттік индукция, пьезоэлектрлік түрлендіргіш, энергия жинақтау.

КІРІСПЕ

Қазіргі қоғамда электр энергиясына сұраныс артып келеді, қалаларда энергияны тиімді пайдалану, қоршаған ортаға түсетін жүктемені азайту . Күн және жел энергетикасымен қатар, күнделікті ортада адамның қозғалысы әсерінен пайда болатын шағын энергияларды пайдалану

Адамдар вокзалдарда, әуежайларда, метро станцияларында, сауда орталықтарында, университеттерде және жаяу жүргіншілер көшелерінде күн сайын мыңдаған қадам жасайды. Әр қадам кезінде тірек бетіне күш түсіп, қысқа уақыттық механикалық деформация пайда болады. Арнайы механизм арқылы осы қозғалыстың бір бөлігін электр энергиясына айналдыруға болады. Pavegen компаниясының ресми түсіндірмесінде плитка қадам түскенде шамамен 5–10 мм төмен қозғалып, ішкі электромагниттік генераторды іске қосатыны және бір ересек адамның қадамынан шамамен 3–5 Дж энергия алынатыны көрсетілген [1; 2].

Аяқ басудан алынатын энергияны дәстүрлі электр станцияларын алмастыратын негізгі қуат көзі деп қарастыру дұрыс емес. Бір қадамнан алынатын энергия аз. Дегенмен адам көп жүретін жерде мұндай жүйе LED шамдар, шағын сенсорлар, ақпараттық белгілер және интерактивті құрылғылар сияқты төмен қуатты тұтынушыларға қосымша энергия бере алады. [2; 3].

Қазақстанның Алматы, Астана, Шымкент секілді ірі қалаларына орнату арқылы тәжірибе жасау.

Зерттеу тақырыбының өзектілігі

Зерттеудің өзектілігі – күнделікті өмірде адамның қозғалысынан пайда болатын шағын энергияны алу арқылы күнделікті адам қозғалысының бір бөлігін пайдалы электр энергиясына айналдыру. Жалпы зерттеу мәселесі , адам көп жүретін орындарда қозғалыс

әсерінен пайда болатын энергия көзін жинақтап шағын қуаттау көздерін жасау.. Алайда энергия мөлшері, жабдықтың құны, беріктігі, ауа райына төзімділігі және өзін-өзі ақтау мерзімі нақты жағдайға байланысты. Соған орай зерттеу мақсаты , адамның механикалық қозғалысын электр энергиясына түрлендірудің физикалық негіздерін зерттеу, Pavegen технологиясын Қазақстанның ірі қалаларындағы қоғамдық орындарға енгізудің мүмкіндігін бағалау.

Практикалық маңыздылығы

Модельді адамдар көп шоғырлланатын жерлерге орнату нәтижесінде берілетін шағын қуатты тиімді пайдалану, мысалы смартфон, ноутбук сынды құрылғыларды қуаттау, ЛЭД шамдарды жағу яғни энергия шығыны аз құралдарға қолдану.

Күтілетін нәтижелер

Зерттеу барысында адамның аяқ басуынан пайда болатын механикалық энергияны электр энергиясына түрлендірудің физикалық негіздері түсіндіріледі. Тәжірибелік плитканың қарапайым үлгісін жасау әдістемесі ұсынылып, оның электрлік параметрлері өлшенеді және өндірілген энергия мөлшері есептеледі. Сонымен қатар, технологияны Қазақстан қалаларында қолданудың тиімділігі зерттеліп, оның негізгі шектеулері мен жетілдіру жолдары анықталады.

1.1 Адам қозғалысының механикалық энергиясы

Механикалық энергия дененің қозғалысы мен орналасуына байланысты болады және кинетикалық пен потенциалдық энергия түрлерінен тұрады. Қадам басқан кезде еденге шағын энергия бөлінеді сол энергияны пайдалану.

Қозғалыстағы дененің кинетикалық энергиясы: $Ек = mv^2/2$. Мұндағы m – масса (кг), v – жылдамдық (м/с). Күш әсерінен орын ауыстыру болғанда механикалық жұмыс: $A = F·s·cosα$. Мұндағы F – күш (Н), s – орын ауыстыру (м), α – күш пен орын ауыстыру арасындағы бұрыш. Күш пен орын ауыстыру бір бағытта болса, $A = F·s$.

Мысалы, тиімді күш 600 Н, ал плитканың қозғалысы 0,005 м деп шартты алсақ, механикалық жұмыс $A = 600·0,005 = 3$ Дж болады. Бұл иллюстрациялық есеп қана: механикалық жұмыстың барлығы электр энергиясына айналмайды, себебі механизмде, генераторда және электрондық бөлікте шығын болады.

1.2 Түрлендірудің физикалық негіздері

1.2.1 Электромагниттік индукция

Электромагниттік индукция деп магнит өрісінің ағыны уақыт бойынша өзгерген жағдайда тұйық өткізгіште электр қозғаушы күштің түзілу процесін айтады. Аталған физикалық құбылыс электр энергиясын өндіретін генераторлардың жұмыс істеу принципін құрайды. Магнит пен өткізгіш орамның өзара орын ауыстыруы нәтижесінде магнит ағыны өзгеріске ұшырап, соның әсерінен тізбекте индукциялық электр тогы туындайды.

Фарадей заңы: $ε = −N·ΔΦ/Δt$. Мұндағы ε – индукциялық электр қозғаушы күш (В), N – орам саны, ΔΦ – магнит ағынының өзгерісі (Вб), Δt – уақыт (с). Теріс таңба Ленц ережесін білдіреді. Pavegen жүйесінде плитканың аз ғана тік қозғалысы механикалық беріліс арқылы айналмалы қозғалысқа айналып, генераторды іске қосады [1; 2].

1.2.3 Электр энергиясын түзету және жинақтау

Генератордан немесе пьезоэлементтен алынатын сигнал айнымалы не импульстік сипатта болуы мүмкін. Аккумулятор немесе суперконденсатор қолданылады. Негізгі байланыстар: $P=U*I\ E=P*t=U*I*t$ Мұнда P – қуат (Вт), U – кернеу (В), I – ток (А), t – уақыт (с), E – энергия (Дж).

1.3 Pavegen технологиясының құрылысы

Pavegen – адамның аяқ басуынан туындайтын қозғалысты электр энергиясына айналдыратын кинетикалық еден жүйесі. Компанияның техникалық сипаттамасында жүйенің негізгі бөліктері композиттік плитка, электромагниттік генераторлар және пайдаланушының қадамы деп көрсетіледі. Адам плиткаға басқанда оның беті шамамен 5–10 мм төмен қозғалып, ішкі механизм генераторды іске қосады [1; 2].

Адам плитканың үстіне аяқ басу арқылы оған механикалық күш түсіреді, соның нәтижесінде плитканың жоғарғы беті аз қашықтыққа төмен қарай қозғалады. Бұл қозғалыс механикалық беріліс жүйесі арқылы айналмалы қозғалысқа түрленіп, электромагниттік генераторды іске қосады. Генератор механикалық энергияны электр энергиясына айналдырады. Өндірілген электр энергиясы электрондық басқару блогына жіберіліп, онда түзетілгеннен кейін тікелей тұтынуға немесе аккумуляторға жинақтауға бағытталады

Pavegen ресми материалдарында бір ересек адамның қадамынан шамамен 3–5 Дж энергия алынатыны көрсетілген [1; 2]. Бұл өндіруші жариялаған көрсеткі.

Әдеби шолуларда аяқ басу энергиясын жинаудың пьезоэлектрлік, электромагниттік, трибоэлектрлік және механикалық беріліске негізделген түрлері қарастырылған [4; 5].

1.4 Артықшылықтары мен шектеулері

Артықшылықтары

1 Заманауй стандарттағы электр энергиясын алу тәсілдерінен бөлек, адамның қозғалысынан энергия алу.

2 Шағын электр энергиясын шығындайтын құрылғыларды қоректендіруге жарамды.

3 Датчиктар арқылы адам саны мен электр шығынының ауқымын анықтау.

Шектеулері

1 1 қадамнан алынатын энергия көзі аз болғандықтан тұрғын үйлермен жеке тереторияларға орныту тиімсіз.

2 Арнайы тақтайшаның адамның салмағы мен жүру жылдамдығына тәуелділігі.

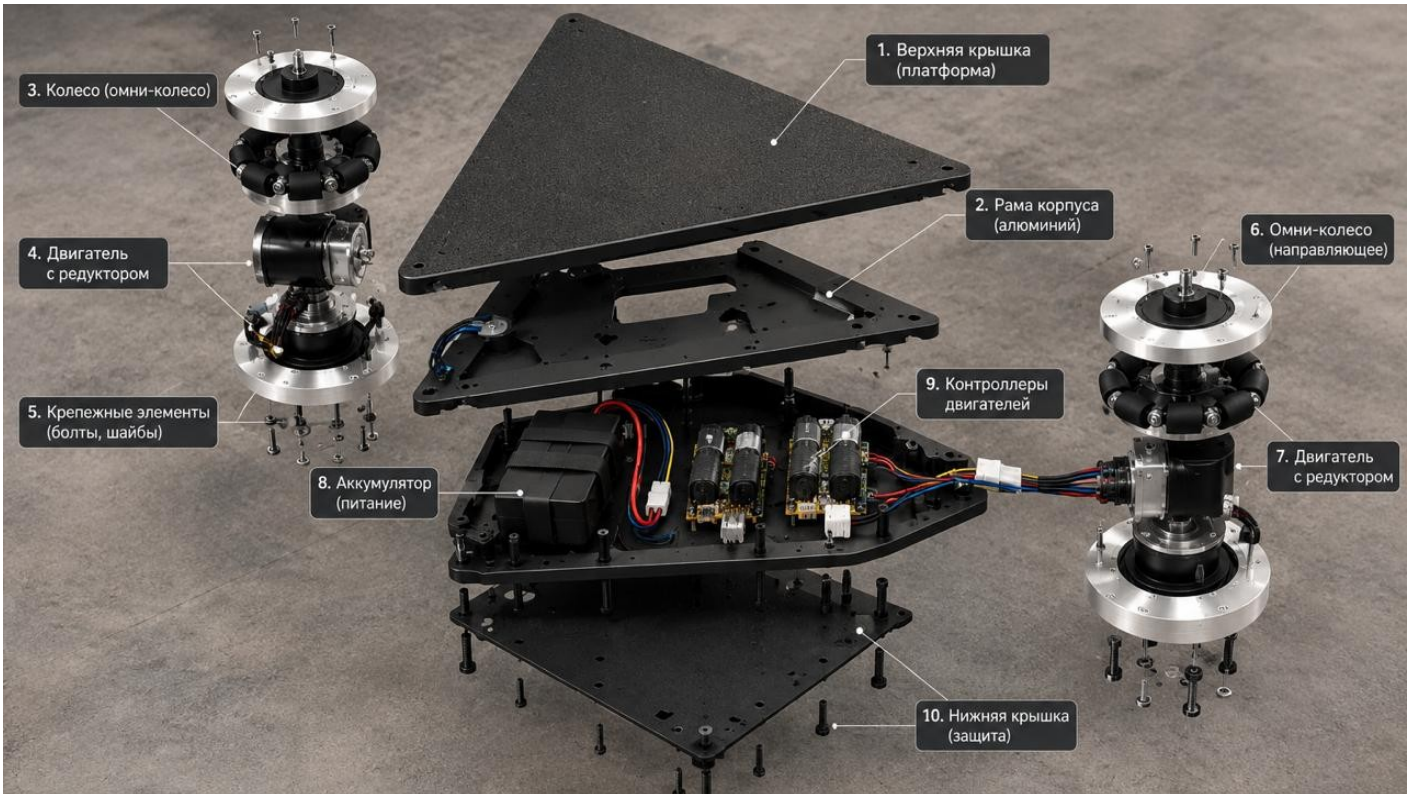
3 Қолданылу уақыты мен жұмыс істеу ұзақтығының нақты болмауы.

4 Қазақстан климаты мен табиғи факторларға төзімсіздігі.

5 Орнатылу құнының қымбат болуы мен қиындығы

Сондықтан технологияны алдымен адам ағыны жоғары және электр қуаты аз қажет ететін орындарда сынаған жөн. Pavegen компаниясы да жүйені дәстүрлі энергия көздерін алмастырушы емес, қосымша энергия және интерактивті тәжірибе құралы ретінде сипаттайды [2].

2. ПРАКТИКАЛЫҚ БӨЛІМ



1- Жоғарғы жапқышы; 2- Корпус жақтауы; 3- Дөңгелек (омни-дөңгелегі); 4- Редукторлы қозғалтқышы; 5- Бегіткіш бөлшектер; 6-Бағытталған омни-дөңгелегі; 7- Редукторлы қозғалтқышы; 8- Аккумулятор; 9-Бақылаушы қозғалтқыштар; 10- Төменгі жапқышы:

2.1 Тәжірибелік модель

Бұл тәжірибелік зерттеудің негізгі міндеті – адамның аяқпен басуы нәтижесінде туындайтын механикалық күшті электр энергиясына түрлендіретін ықшам плитка үлгісін жобалау және оның электрлік сипаттамаларын тәжірибе жүзінде анықтау. Зертханалық жағдайда мұндай құрылғыны пьезоэлектрлік түрлендіргіштерді пайдалану арқылы жасауға болады. Әзірленетін қондырғы Pavegen компаниясының өндірістік плиткаларының толық баламасы болып саналмайды. Оның басты мақсаты – механикалық әсерден электр энергиясын алу үдерісінің физикалық негіздерін тәжірибе арқылы көрсету.

Құрылғының конструкциясы бірнеше негізгі бөліктен тұрады: қозғалысқа келетін жоғарғы панель, серпімділік қасиеті бар тірек элементтері, пьезоэлектрлік дискілер, диодтардан құралған түзеткіш көпір, энергияны уақытша сақтайтын конденсатор, электрлік өлшеу құралы және жарықдиодты шам. Плитка бетіне аяқпен күш түсірілген кезде жоғарғы панель төмен қарай ығысып, пьезоэлектрлік элементтерге механикалық қысым беріледі. Нәтижесінде олардың беттерінде электр зарядтары қалыптасады. Түзеткіш жүйе пайда болған электр тогын бір бағытқа келтіреді, ал конденсатор өндірілген энергияны белгілі бір уақыт аралығында жинақтап сақтайды.

2.2 Қажетті құрал-жабдықтар

№	Құрал/материал	Міндеті
1	Қалың фанера немесе берік пластик	Негіз және қозғалмалы бет
2	Пьезоэлектрлік дискілер (4–8 дана)	Қысымды электр сигналына айналдыру
3	Серіппе/серпімді тіректер	Тақтаны бастапқы орнына қайтару
4	Диодты көпір немесе Шоттки диодтары	Сигналды түзету
5	Конденсатор/суперконденсатор	Энергияны жинақтау
6	Мультиметр	Кернеу мен кедергіні өлшеу
7	Жүктеме резисторы және LED	Энергияны тұтынуды көрсету
8	Сымдар, дәнекер, оқшаулағыш	Электр тізбегін жинау
9	Қорғаныш корпус	Элементтерді зақымданудан қорғау

Электромагниттік нұсқа үшін пьезоэлементтердің орнына шағын магнит, мыс орам және қозғалмалы өзек немесе механикалық беріліс қолдануға болады. Алғашқы тәжірибеде бір технологияны ғана сынап, кейін салыстыру ұсынылады.

2.3 Тәжірибені жүргізу әдістемесі

1. Қондырғының тірек құрылымын құрастырып, қозғалмалы панелін бекіту және оның қозғалыс шегін реттейтін шектеуіш механизмін қарастыру.
2. Пьезоэлектрлік түрлендіргіштерді панельдің ішкі бөлігіне бекітіп, оларды электрлік түзету жүйесімен байланыстыру.
3. Электр тізбегінің шығыс бөлігіне заряд жинақтаушы конденсаторды, кернеуді бақылау нүктелерін және тұтынушы қызметін атқаратын LED шамын жалғау.
4. Құрастырылған электр жүйесінің жарамдылығын мультиметр көмегімен бақылап, өткізгіштер арасындағы қысқа тұйықталу ықтималдығын анықтау.
5. Қауіпсіздік талаптарын сақтай отырып, құрылғының жұмыс қабілетін 10, 20 және 50 рет аяқ басу арқылы тәжірибелік тексеруден өткізу.
6. Әрбір тәжірибелік кезең аяқталған соң конденсаторда жинақталған кернеу көрсеткіштерін тіркеп, алынған мәліметтерді өлшеу кестесіне енгізу.
7. Электр энергиясын тұтынушыға беру барысында тізбектегі ток күші мен кернеу шамаларын анықтап, жүктемеге берілген энергия көлемін есептеу.
8. Нәтижелердің нақтылығын арттыру мақсатында тәжірибелік өлшеулерді әр жағдайда үш мәрте жүргізіп, алынған көрсеткіштердің арифметикалық орташа шамасын есептеу.

2.4 Есептеу формулалары

Электр қуаты: $P = U * I$. Егер жүктеме кедергісі R белгілі болса, $I = \frac{U}{R}$ және $P = \frac{U^2}{R}$.

Конденсаторда жиналған энергия: $E = \frac{C U^2}{2}$. Мұнда C – сыйымдылық (Ф), U – кернеу (В). Бастапқы кернеу нөл болмаса, энергия өзгерісі.

$$\Delta E = \frac{C\left(U_2^2 - U_1^2\right)}{2}$$

2.5 Есептеу үлгісі

Төмендегі есеп Pavegen компаниясы жариялаған 3–5 Дж/қадам мәніне негізделген теориялық сценарий [1; 2]. Бұл Қазақстан қалаларында өлшенген нәтиже емес. Жүйе шығындары мен сақтау кезіндегі жоғалтулар ескерілмеген.

Мысал: бір нүктеден тәулігіне 100 000 қадам өтеді деп алайық. Төменгі баға: 100 000·3 = 300 000 Дж. Жоғарғы баға: 100 000·5 = 500 000 Дж. 1 кВт·сағ = 3 600 000 Дж болғандықтан, тәуліктік энергия 0,083–0,139 кВт·сағ болады.

2.6 Қазақстан қалаларында енгізу жолдары

Жобаны кезең-кезеңімен енгізу ұсынылады: яғни адам ағыны айтарлықтай өп орындарды бақылау керек , артынша сол орынға тәжірибелік плиткалар орнатылып алғашқы сынақтардан өтеді.

Қала	Ықтимал орындар	Қолдану мақсаты	Негізгі фактор
Алматы	Метро кіреберісі, жаяу жүргінші көшесі, сауда орталығы	Құрылғылар мен гаджеттерді қуаттау үшін пайдалану.	Қыста қар мен мұз қаупі, басқа мезгілдерде су қаупі.
Астана	Әуежай, вокзал, EXPO, қоғамдық ғимарат	LED навигация, датчиктер, арнайы жарнамалық тақтайшалар.	Қатты аяз, ауарайының күрт өзгерістері
Шымкент	Саябақ, орталық алаң, қоғамдық кеңістік	Шағын жарықтандыру.	Жазғы ыстық, шаң

Кестеде көрсетілген аумақтар пилоттық жобаны жүзеге асыруға болатын ықтимал орындардың үлгісі ретінде ұсынылған және олар түпкілікті бекітілген нысандар болып есептелмейді. Жобаны іске асыруға арналған нақты аумақты анықтау үшін келушілер қозғалысының қарқындылығын зерттеу, нысанның техникалық және инженерлік жағдайына бағалау жүргізу, сондай-ақ тиісті меншік иелерімен өзара келісімге келу талап етіледі.

2.6.1 Тәжірибелік жоба

Алғашқы кезеңде университет немесе сауда орталығының кіреберісі сияқты жабық, қауіпсіз және адам ағыны тұрақты жерде 4–10 плиткадан тұратын сынақ алаңын құру ұсынылады. Плиткалардан алынған энергия шағын аккумуляторға жиналып қолданысқа жарайды.

2.6.2 Экономикалық, экологиялық және әлеуметтік бағалау

Экономикалық бағалау.

Энергия алу шығындарының азайуы, бүгінгі таңда электр энергиясын алу шекті түрде отын жағу арқылы алынылып жатыр , ал жел, күн, су энергиялары барлық өңірлерде жетік дамымаған. Соның ішінде қала ішінде адамның өз қолданысы үшін жасалатын жаңа энергия алу жолы.

Экологиялық бағалау

Аяқ басу энергиясын жинау кезінде тікелей отын жағылмайды. Бұл жүйенің еш қандай табиғатқа тигізетін зияны жоқ, тек тұрақты тексеріс пен күтімді қажет етеді.

Әлеуметтік бағалау

Қадам арқылы жарықтың жануы немесе экранда энергия көлемінің көрсетілуі оқушылар мен студеттердің қызығушылығын арттырады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Зерттеу барысында адамның механикалық қозғалысынан пайда болатын энергия көзін алу арқылы, шағын электр энергиясын жұмсайтын құралдарды қуаттауға болатынын көрсету. Осы жоба аясында Pavegen идеясын басшылыққа ала отырып Қазақстанның ірі қалаларына орнату . Жобаның негізгі сынақ орны ретінде жүйені жаппай барлық қала аудандарға емес тек адам саны көп мегаполистерге орнату сынағын жүргізу . Нәтижесіне қарай өңірдің басқада қалалары мен аудандарына орнату.

Практикалық бөлімде аяқ басу күшін электр энергиясына айналдыратын тәжірибелік плитканың қарапайым моделін жасау әдістемесі ұсынылды. Пьезоэлектрлік элементтерді, түзеткіш диодтарды, конденсаторды және өлшеу құралдарын пайдалану арқылы энергия өндіру, жинақтау және электрлік параметрлерін анықтау жолдары қарастырылды. Ұсынылған тәжірибе механикалық энергия мен электр энергиясының өзара байланысын түсінуге және физикалық заңдылықтарды тәжірибе жүзінде зерттеуге мүмкіндік береді.

Зерттеу нәтижесінде технологияның тиімділігі адам ағынының санына, құрылғының беріктігіне, орнату құнына, климаттық жағдайларға және энергия түрлендіру кезіндегі шығындарға тәуелді екені анықталды. Сондықтан оны Қазақстан жағдайында қолдану үшін алдымен шағын пилоттық жобалар жүргізіп, нақты энергия өндіру көрсеткіштерін, техникалық сенімділігін және экономикалық тиімділігін бағалау қажет.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР:

1. Pavegen. How It Works: official technology overview. https://www.pavegen.com/how-it-works (қаралған күні: 12.11.2026).

2. Pavegen. FAQs; What Can Pavegen Power. https://www.pavegen.com/faq; https://www.pavegen.com/what-can-pavegen-power (қаралған күні: 12.11.2026).

3. Zhao B., Qian F., Hatfield A., Zuo L., Xu T. B. A Review of Piezoelectric Footwear Energy Harvesters: Principles, Methods, and Applications. Sensors. 2023. Vol. 23(13), 5841. DOI: 10.3390/s23135841.

4. A Review of Piezoelectric Energy Harvesting Tiles: Available Designs and Future Perspective. Energy Conversion and Management. 2022. Vol. 254, 115272. DOI: 10.1016/j.enconman.2022.115272.

5. Chandra K. K. et al. A Review of Footstep Energy Harvesting Systems. IEEE Access. 2025. Vol. 13, pp. 87149–87174. DOI: 10.1109/ACCESS.2025.3570963.