

ӘОЖ 378.147.88

Х. Ж. Байшагиров, А. А. Оспанов, С. К. Ермаганбетова, Б. М. Омаров

Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті, Көкшетау, Қазақстан

ДИФFUЗОРЫ БАР КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ ЖЕЛ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ҚОНДЫРҒЫСЫН ҚҰРУ ЖӨНІНДЕГІ ЖОБАЛЫҚ ЖҰМЫСТАҒЫ МАТЕМАТИКА МЕН ФИЗИКАЛЫҚ ЭКСПЕРИМЕНТТІҢ ӨЗАРА ӘРЕКЕТТЕСУІ

Аңдатпа. Соңғы онжылдықта бүкіл әлемде және Қазақстанда жаңартылатын энергия көздерін әзірлеу және енгізу мәселелеріне қызығушылық жоғары, олардың қатарына жел энергетикалық машиналарды да жатқызуға болады. Композициялық диффузоры бар композициялық жел энергетикалық қондырғысы отынсыз қолжетімді әлемдегі жалғыз тасымалды көзі болып табылады, бұл әртүрлі арнаулы қызметтердің жергілікті сипаттағы жедел-тактикалық міндеттерді шешуі үшін өте маңызды. Композициялық диффузоры бар жел энергетикалық қондырғысын құру жөніндегі жобалар бастапқыда эксперименттік деректерге негізделеді. Әр түрлі тораптарды жобалау үшін математикалық тәсілдерді іске асыру кезінде шешім нәтижелері әр жолы физикалық эксперименттердің көмегімен тексеріледі. Олардың қанағаттанарлық сәйкестігі математикалық модельдер мен әдістердің барабарлығын, сондай-ақ міндеттерді шешудің дұрыстығын растайды.

Түйінді сөздер: жел энергиясы, жылдамдық, математикалық әдіс, айналма сызық, диффузор бетінің ауданы.

Қазақстан Республикасының ел аумағының едәуір бөлігінде үлкен жел энергетикалық ресурстары бар [1]. Желдің орташа жылдық жылдамдығы бұл ретте 6 м/с және одан да көп жетеді, бұл осы аудандарды жел энергиясын пайдалану үшін тартымды етеді [2]. Қазақстанда халық тығыздығы аз болған жағдайда ауыл еңбеккерлерін және басқа да жеке тұтынушыларды автономды шағын жел энергетикалық қондырғылармен қамтамасыз ету өзекті болып отыр. Бұл проблеманы шешу үшін диффузоры бар мобильді композициялық жел энергетикалық қондырғыны (ДЖЭҚ) құру басталды, оны тасымалдау, сондай-ақ оны монтаждау (бөлшектеу) ыңғайлы. Конструкция ең аз салмағы мен өлшемі, сондай-ақ жеткілікті беріктігі мен қаттылығы кезінде энергия өндіруі тиіс. Қазақстан Республикасының Білім және ғылым министрлігі Ғылым комитетінің гранттық жобаларын іске асыру нәтижесінде осы бағытта композициялық ДЖЭҚ алғашқы тәжірибелік, сондай-ақ модельдік және техникалық прототиптері құрылды [3-5]. Бұйымды жаппай өнеркәсіптік өндіріске жеткізу үшін де тиісті кадрларды даярлау мәселелерін шешу қажет екені анық. Бұл ретте әзірлеушілердің математика, механика, физика, қазіргі заманғы материалдар, конструкциялау және технологиялар мәселелері саласындағы құзыреттілігінің маңызы зор. ДЖЭҚ құру кезінде осы пәндерден алынған негізгі мәліметтер, олардың әр түрлі дәйектіліктегі өзара ықпалдастығы пайдаланылады. Бұл ретте ең көп өзара іс-қимыл математикалық әдістер мен физикалық эксперименттердің нәтижелері арасында байқалады. Бұл мақалада білім беру процесінде пайдалануға болатын ғылыми пәндердің осы бөлімдерінің өзара тәуелділігі көрсетіледі.

Техникалық мамандықтар студенттерін математикалық даярлау сапасын арттырудың қажетті шарттары аудиториялық сабақтардың кәсіби бағдарлануын қарқындату, сондай-ақ студенттердің аудиториядан тыс дербес жұмысын тиісінше ұйымдастыру болып табылады. Бұл ретте білім алушыларды ғылыми-техникалық жобаларға баулу арқылы, соның ішінде оларды оқытуға тарту маңызды фактор болып табылады. Мысалы, «Энергетика және машина жасау» басымдығы бойынша үш жылдық гранттық жобаларды орындау кезінде, әдетте, бірінші жыл конструкциялардың қандай да бір элементтерін, энергия машинасының тораптарын жобалау және әзірлеу мәселелеріне арналады. Бұл ретте алдын-ала жобалау кезеңдерінде қарапайым математикалық модельдер, нақты объектіні жақынырақ сипаттайтын және оңай түсінілетін біртекті тәсілдер пайдаланылады.

Математикалық курстардың көлемі мен мазмұнын таңдау, оқыту мақсатын анықтау, баяндаудың кеңдігі мен тереңдігін, қатаңдығы мен көрнекілігін дұрыс үйлестіру, яғни математиканы зерделеуге арналған оқу жоспарымен бөлінген уақытты ескере отырып, оқытудың неғұрлым тиімді және ұтымды жолдарын таңдау математикалық білім беру проблемасының принципті сәттері болып табылады.

Математикалық даярлық деңгейі төмен білім алушылар өздерінің кәсіби жұмысында қарапайым арақатынастармен және әдістермен ғана операция жасай алады. Алайда, қазіргі уақытта объективті себептерге байланысты «... білім беру жүйесі күрделі, көп деңгейлі, сараланған және көп бейінді болып келеді»... [6]. Осы жылдан бастап туындаған проблеманы жою үшін UMS ЖОО шешімі бойынша математика курсы зерделеу үшін келесі оқу жылына екі семестрге 5 несиеден бөлінді. Бұл математиканың пәні, мақсаты мен міндеттері және оның басқа білім салаларындағы орны туралы жалпы ғылыми түсінікті анағұрлым дұрыс қалыптастыруға, сондай-ақ студенттердің қолданыстағы бағдарлама көлемінде математика бойынша білім мен шеберлік жүйесін меңгеруге мүмкіндік береді. Мұндай жоғары оқу орнының математикалық білімінің мазмұнын талдау оқу процесінде кәсіби бағдар беріп оқытуды іске асыру үшін мүмкіндіктердің бар екендігін көрсетеді.

Уақыт бойынша пайда болған ресурстарды әртүрлі деңгейлі міндеттер мен студенттің өз бетінше жұмыс істеу жүйелері арқылы сараланған тәсілді жетілдіру үшін пайдалану қажет. Арнайы пәндердің көптеген тақырыптарында бағдарламаның белгілі бір бөлімдерін зерделеу кезінде тиімді қолдануға болатын материал бар, бұл абстрактілі математикалық теорияны тереңірек зерделеуге, сондай-ақ студенттердің математиканы оқуға қызығушылығын арттыруға ықпал етеді. Математика курсына зерттелетін жекелеген ұғымдар мен фактілер бірқатар техникалық ұғымдарды анықтау кезінде негіз болады. Мысалы, «Машина жасау технологиясы», «Өндірістік дайындамаларды жобалау» және т.б. пәндерді зерделеу кезінде «Техникалық процестерді автоматтандырылған жобалау жүйесі», «Машина жасаудағы өндірістік процестерді автоматтандыру» және т.б. пәндердің бір және бірнеше ауыспалы функцияларын саралау және интегралдық есептеу бөлімінің негіздері пайдаланылады және қатарлары, ықтималдық теориясы мен математикалық статистиканың элементтері. Арнайы пәндердің көптеген бөлімдерін зерделеу кезінде математикалық білімді бекіту және қолданбалы міндеттерді шешу кезінде оларды пайдалана білу дағдыларын қалыптастыру жүргізіледі.

Болашақ инженер ең жаңа талаптарды қанағаттандыруы тиіс «... Қазақстандағы кәсіби даярлық үшін білім беру жүйесіндегі соңғы үрдістер тұрақтылық қағидатынан ұтқырлық қағидатына көшуді...» [6]. Сондықтан математиканы оқыту процесінде болашақ инженерде машиналарды жобалаудың, жасаудың және қызмет көрсетудің неғұрлым жоғары деңгейлерінде қолдануға болатын кәсіби құзыреттер қалыптасуы үшін осындай әдістемелерді (сараланған, жобалау-зерттеу тәсілі және т.б.) іске асыру қажет. Қазіргі заманғы машина жасау әдіснамасы бойынша жаңа машиналарды жасау 3 кезеңнен тұрады:

1) бірінші тәжірибелік үлгі түрінде жаңа теориялық идеяны («ноу-хау») практикалық іске асыру;

2) тәжірибелік партияны жасау, бұйымдарды, тораптарды, машиналарды сынау және жетілдіру;

3) сериялық өндіріс.

Осы ұзақ жасампаздық процестің әр кезеңінде инженер-жобалаушы, инженер-конструктор, инженер-технолог, инженер-сынаушы, инженер-экономист, менеджер және т.б. машина жасаушы мамандар қажет. Бұл ретте олар өздерінің кәсіби білімдерін, іскерліктері мен дағдыларын, соның ішінде математика саласынан да пайдаланады, ол әдетте, осы бағыттар мен кезеңдердің арасындағы байланыстырушы буын, олардың өзара іс-қимыл тілі болып табылады. Мысалы, 2-кезеңнің соңында бұйымдарды, тораптарды, машиналарды бәсекеге қабілетті деңгейге дейін жеткізу кезінде егжей-тегжейлі, анағұрлым күрделі математикалық модельдер пайдаланылады, оларды іске асыру арнайы пәндердің мазмұнын ескере отырып, елеулі математикалық даярлықты талап етеді.

Осыған байланысты біз үшін математикаға, оның ішінде жоғарыда көрсетілген кезеңдерді ескере отырып, кәсіби бағдарланған оқыту қызығушылық тудырады. Математиканы кәсіби бағдарланған оқыту деп инженерлерді даярлау кезінде математиканың әртүрлі деңгейдегі арнайы пәндермен байланысы іске асырылатын оқытуды түсінетін боламыз. Бұл ретте студенттердің шығармашылық инженерлік жұмыстың барлық кезеңдерінде болашақ кәсіби қызмет үшін тәсілдерді, әдістерді, дағдыларды меңгеруінің үздіксіз процесі жүріп жатыр.

Кәсіби бағдарланған интегративтік байланыстар жүйесін құру және оны іске асыру үшін студенттердің кәсіби деңгейін біртіндеп арттыратын математиканы оқытудағы міндеттер кешенін пайдалануға болады. Студенттерге инженерлік тапсырманы математика тіліне аударып, сауатты түрде тұжырымдауға, оның шешілу нәтижесін нақты жағдай тілінде түсіндіруге, алынған және тәжірибелік деректердің сәйкестігін тексеруге үйрету керек. Күрделіліктің әртүрлі деңгейіндегі кәсіби бағдарланған міндеттерді белгілі бір реттілікпен шеше отырып, студенттер кәсіби терминдермен жұмыс істейді, болашақ кәсіби қызмет үшін жағдайды талдау білігіне ие болады, Мысалы, композициялардан жасалған жел энергетикалық машинаның элементтері мен тораптарын әзірлеу кезінде болады.

Бірінші кезеңдерде дифференциалды теңдеулерде тұрақты коэффициенттер болатын біртекті немесе квази біртекті математикалық модельдер мен теориялар қолданылады. Объектілерді неғұрлым толық математикалық сипаттау кезінде ауыспалы коэффициенттері бар дифференциалдық теңдеулерге немесе күрделі көп байланысты салаларға келеміз. Сондықтан тиісті мамандарды математикалық даярлау

үшін көп деңгейлі жеке тәсіл талап етіледі. Мұндай кадрларды даярлау жоғары деңгейдегі математикалық модельдерді немесе басқа да күрделі математикалық әдістерді тереңдетіп зерттеумен байланысты [7].

Мұндай математикалық модельдер немесе арақатынастар тікелей анықтау немесе аспаппен өлшеу мүмкін емес сандық объектілерді есептеу үшін өзіндік таным құралы болатыны анық. Мысалы, дененің әр текті құрылымын математикалық сипаттау кезінде белгілі бір интеграл көмегімен орташалау әдістері қолданылады. Бұл ретте интеграциялау аралықтары композициялардың, қосындылардың, дәндердің, талшықтар диаметрлерінің және т.б. микроқұрылымының өзіне тән мөлшеріне байланысты белгілі бір арақатынасты қанағаттандыруы тиіс. Біртекті емес дене құрылымына және жергілікті деңгейдегі құбылыстардың физикасына белгілі бір интегралдың әдеттегі ыдырауы арқылы терең ену мамандар даярлау әдістемесін жетілдіруге мүмкіндік береді.

Қазақстандағы ЖЭК және олардың даму перспективалары жайлы елімізде бірақ заңдылықтар қабылданды. Жобаға «Қайталама энергетикалық ресурстарды пайдалану» ұғымы қосылды, - жобалардың осы санаты ЖЭК-пен бірдей қолдау табатын болады [8].

Қайталама энергетикалық ресурстар - электр энергиясын өндіру үшін пайдаланылатын ферроқорытпа, кокс және домна газдарын пайдалану бөлігінде өнеркәсіптік өндіріс процесінде жанама өнім ретінде пайда болатын энергетикалық ресурстар.

Қалдықтарды жағу және электр энергиясын өндіру есебінен оларды энергетикалық кәдеге жарату тетігін енгізуді көздейтін өзгерістер қабылданды. Өндірілген энергияның барлық көлемін мемлекет 15 жыл мерзімге ЖЭК жобаларына ұқсас сатып алатын болады.

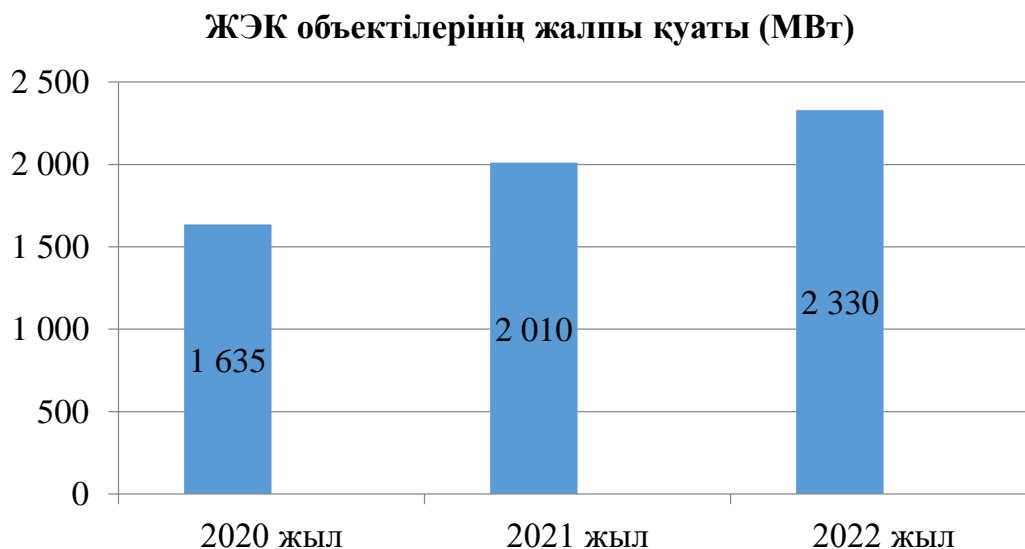
ЖЭК пайдалануды қолдауға 2021 жылдың шілдесінен бастап үстеме қолданылады және дәстүрлі станциялардың жіберу бағасы екі құрамдас бөлікке бөлінген:

- Электр энергиясын өндіруге жұмсалатын шығындардан және уәкілетті орган белгілеген әдістеме бойынша айқындалатын пайда нормасынан тұратын электр энергиясына арналған тариф.

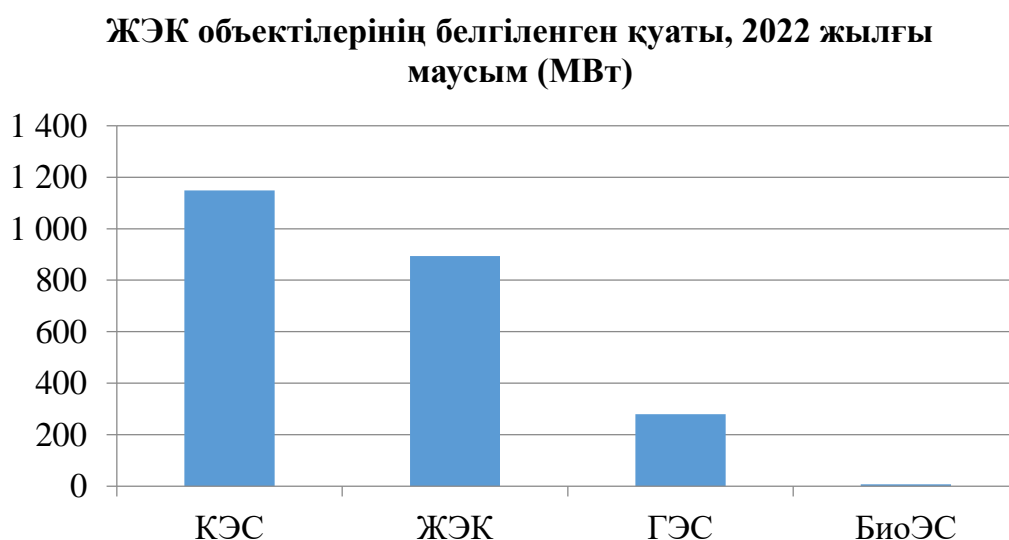
- Күнтізбелік жылға арналған қаржы-есеп айырысу орталығы айқындайтын жаңартылатын энергия көздерін пайдалануды қолдауға арналған үстемеақы.

ЖЭК нысандарының электр энергиясын өндіру мөлшері 2021 жылы 30 % -ға өсуін 1-суреттен байқауға болады [9].

ЖЭК объектілері арасында электр энергиясын өндірудің басым бөлігі 2 суретте көрсетілгендей, жел электр станцияларына тиесілі – 42,1 %, 2021 жылы жылдық өсім – 65 %. Белгіленген қуаттылыққа қарамастан күн электр станциялары ЖЭС-тен аз өндірді – 38,9 %, өсім – 21,6.



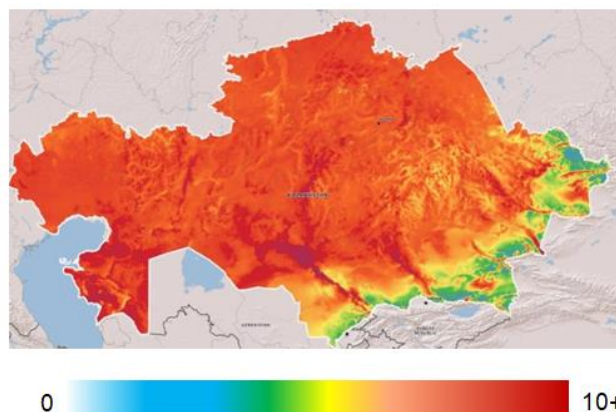
1 сурет – ЖЭК объектілерінің жалпы қуаты, МВт



2 сурет – ЖЭК объектілерінің белгіленген қуаты, 2022 жылғы маусым, МВт

Қазақстанда жаңартылатын энергия көздері, энергия үнемдеу технологиялары және энергия тиімділігін арттыру саласына инвестициялар, сондай-ақ табиғат қорғау қызметіне бағытталған инвестициялар жүзеге асырылады. Негізгі тіркеме көздері инвестициялар кәсіпорындардың меншікті қаражаты, бюджеттік және басқа да қарыз қаражаты, сондай-ақ банктердің кредиттері болып табылды.

Қазақстан қайта жаңғыртылатын энергияның әлеуетіне ие ел болып табылады. 3-суретте көріп отырғанымыздай Global Wind Atlas веб-қосымшасы арқылы Қазақстан жерінің желдің орташа жылдамдығының картасы қарастырылды [10].



3 сурет – Желдің орташа жылдамдығының картасы Қазақстан аумағы, World Bank, м/сек

Жоғарыдағы мәліметтерді саралай отырып келесі қорытындыға келдік, елдің батыс және солтүстік өңірлері едәуір жер ресурстарымен қатар жел энергиясының неғұрлым әлеуетіне ие. Оңтүстік өңірлерде желілік шектеулермен қатар жел ресурстары неғұрлым шектеулі.

Жобаларды орындау кезінде ДЖЭҚ конструкциясының аэродинамикалық параметрлерін математикалық негіздеу жүргізілді, тораптардың ауырлық орталығын есептеу әдістері, аударуға арналған ДЖЭҚ есептеулері, композициялық тіреудің тұрақтылық міндеттері, сондай-ақ қалақтардың жиілік сипаттамаларын есептеу іске асырылды.

Диффузор арқылы ауа ағынының өтуіне физикалық эксперименттен шетелдік ғалымдар ауа ағынының жылдамдығын 27 % -ға ұлғайту мүмкіндігін көрсетті [11]. Бұл осы физикалық нәтижені оның ішіндегі жылдамдатылатын ауа ағынының қуатын пайдалану мақсатында диффузордың пішіні мен мөлшерін математикалық анықтау үшін пайдалануға түрткі болды. Себебі, айналудың көлденең осі бар қанатты желдің қуаты мына формула бойынша бағаланады: [12]

$$P = kD^2V^3 \quad (1)$$

Мұндағы: D – диаметр, V – желдің жылдамдығы, k – механизмдердің, генератордың және т.б. ауа тығыздығына байланысты тұрақты коэффициент.

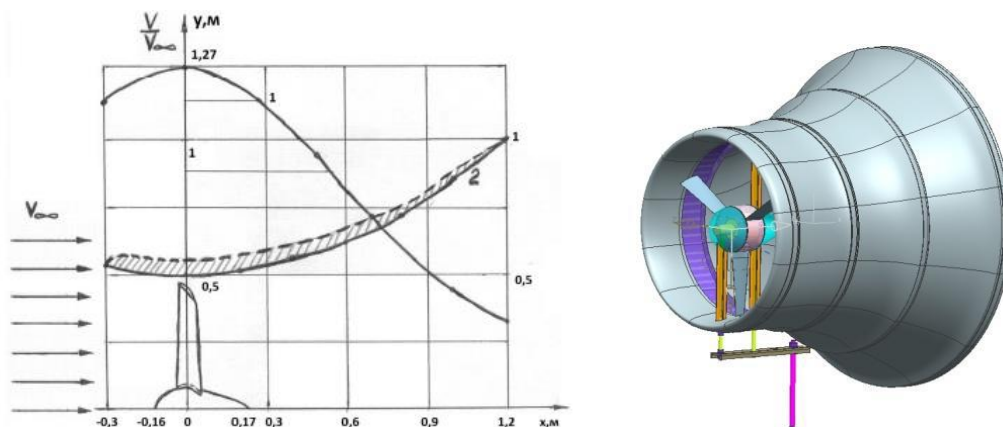
Сонда (1) арақатынасынан жел қондырғысының қуаты екі есе өсетіндігі байқалады, себебі $1,27^3 \approx 2,04$. Ауа ағыны массасын сақтаудың дифференциалдық теңдеуі негізінде [13].

$$\frac{1}{V} \frac{dV}{dx} + \frac{1}{S} \frac{dS}{dx} = 0 \quad (2)$$

мұнда S – көлденең айналма қиманың ауданы, диффузордың ішкі бетінің әртүрлі пішіндері үшін жылдамдық профилін есептеуге болады. 2 суретке сәйкес ауданы келесідей болады

$$S = \pi \cdot y^2(x) = \pi(a + bx^2)^2 \quad (3)$$

(2) дифференциалдық теңдеу айнымалыларды бөлу әдісімен іске асырылды. Сонымен қатар, шаршы, текше функциядан бастап сегізінші дәрежелі көпмүшелікке дейінгі әр түрлі дәрежедегі полиномдар қарастырылды. Бұл ретте диффузордың ішкі беті үшін ең оңтайлы құрайтын шаршы функция болып табылатыны көрсетілген. Зерттеудің нәтижелері ұсынылған диффузор моделі 4-суретте көрсетілген [14].



4 сурет – Диффузор білігі бойымен жылдамдықты бөлу және диффузор моделі ДЖЭҚ

Жоба бойынша жұмыстың осы бөлігінде диффузордағы ауаның өту жылдамдығының өсуі туралы эксперименталды деректер алғашқы болып табылды, ал математикалық қалаулар мен әдістер қайталама болды. Алайда, әр кез полиномның әртүрлі дәрежелерімен тапсырманы іске асыру кезінде алынған нәтиже бастапқы экспериментпен салыстырылды.

Жобаның тәжірибелік-конструкторлық және технологиялық бөліктері шыны пластикті пайдалануды көздейтіндіктен, жұмсалатын материалдың санын анықтау үшін айналып тұрған желінің айналуымен пайда болатын диффузордың ішкі және сыртқы беттерінің ауданын есептеу талап етілді. Бұл айналып тұрған сызықтың квадраттық функциясы үшін белгілі бір интегралдарды пайдалана отырып іске асырылды. Шыны пластиктен жасалған қаптамаларды жобалау кезінде қалақ аймағында жел ағынының ең жақсы параметрлерін қамтамасыз ететін ұтымды пішін мен өлшемдер табылды.

Есептеулер көрсеткендей, ең оңтайлы нұсқа алдыңғы қаптама - конус, ал артқы қаптама - айналу параболоиды болу керек [15]. Кейіннен, «Тыныс» АҚ зауытының аумағындағы заттай эксперимент осы есептеулер бойынша жасалған қаптағыштардың (обтекатель) жеткілікті энергия тиімділігін көрсетті.

Бұдан басқа, басқа ДЖЭҚ тораптарына - негізі бар шыны пластикалық тіреуге, капрон арқандарына, қалақтарға, сондай-ақ тұтастай конструкцияға - тораптардың ауырлық орталығын есептей отырып, аударылуға жол бермеуге, тіреудің тұрақтылығын қамтамасыз етуге және қалақтардың ауытқу жиілігіне шектеуге қойылатын талаптар қойылады.

Аударып тастау міндеті топырақтың әртүрлі типтері үшін негіздердің икемділігін ескере отырып шешілді. Бұл ретте тораптардың ауырлық орталықтарын табу үшін бөлшек-ұтымды функциялар да, белгілі бір интегралдар да пайдаланылды.

Жел қондырғысының үш бекітпесін үзуге есептеу кезінде проекциялау әдісі қолданылды. Бұл ретте Крамер әдісімен іске асырылған алты алгебралық теңдеу жүйесі алынды. Соңғы шешім тростардағы жел бағытының диаграммасын да дауыл кезінде ескереді.

Тұрақтылыққа тіреуді зерттеу кезінде иілген ось үшін екінші реттік кәдімгі сызықтық дифференциалдық теңдеу пайдаланылды және Эйлердің сыни күші анықталды.

«Көкше» АҚ және «Тыныс» АҚ зауыттарының аумақтарындағы заттай сынақтар мен эксперименттер шыны пластиктен жасалған тораптар үшін математикалық нәтижелеріміздің сенімділігін көрсетті. Бұл ретте конструкцияның беріктігінің, орнықтылығының және қаттылығының тиісті жағдайлары қамтамасыз етілді.

Қалақтардың ауытқуы үшін Гамильтон принципін пайдалану арқылы вариациялық әдіспен өз жиіліктері туралы міндет шешілді. Эксперименттік деректермен салыстыру қанағаттанарлық сәйкес келеді. Бұл ретте айналмалы қалақтар сандық мәндері адам естетін тербелістер ауқымына кіретін және оның денсаулығына қауіп төндірмейтін өз жиіліктерін генерациялайды.

Эксперименттер кезінде өндірілетін электр тоғының көрсеткіштері кәдімгі электр өлшегіш аспаптармен алынды. Сондай-ақ тахометр, анемометр және басқа да стандартты аспаптар пайдаланылды. Жоба бойынша әлі де зерттеулер өткізіледі, болашақта тәжірибелі-өнеркәсіптік эксперименттер жүргізу нәтижесінде ДЖЭҚ кешенді үлгісі жасалады. Бұл зерттеулер АР23487721- «Диффузоры бар жылжымалы композиттік жел электр станциясының тәжірибелі-өнеркәсіптік үлгісін кешенді әзірлеу (ДЖЭҚ)» атты жобамен жұмыс жасағанда көрініс табады.

Осылайша, физикалық эксперименттердің деректері математикалық модельдер мен әдістерді пайдалана отырып, жобалық жұмыс үшін бірінші негіз береді, сондай-ақ оларды іске асырудың әрбір кезеңінде математикалық шешім нәтижелерінің дұрыстығын растайды. ДЖЭҚ өндірілетін электр энергиясын жеке тұтынушылар - малшылар, шопандар, туристер, альпинистер, балықшылар, сондай-ақ құтқарушылар, геологтар және т.б. өз тіршілігіне байланысты көшіп-қонатын адамдар топтары пайдалануы мүмкін.

Әдебиеттер тізімі

1. Пресс-служба Правительства Республики Казахстан. «Обзор: как обеспечивается экологическая безопасность в Казахстане». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://primeminister.kz/ru/news/reviews/obzor-kak-obespechivaetsya-ekologicheskaya-bezopasnost-v-kazahstane> (дата обращения 20.01.2024 г.).

2. Савельева, А. Д., Оразаева А. К., Гусаренко Ю. Д. Анализ потенциала ветровой энергии территории ВКО с применением цифрового картографирования // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2018. – № 1. – С. 215-220.

3. Техническое предложение по созданию рациональной ветроэнергетической установки из композитов: отчет о НИОКР / КГУ им. Ш. Уалиханова МОН РК: рук. Байшагиров Х.Ж. – Кокшетау, 2010. – 114 с. – ГР 0108 РК 00268.

4. Создание модельного прототипа композиционной ветроэнергетической установки с диффузором (ВЭУД): отчет о НИОКР / Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова РК:

рук. Байшагиров Х. Ж.; исполн.: Каримбаев Т. Д., Ермаганбетова С. К., Омаров Б. М. и др. – Кокшетау, 2018. – 73 с. – ГР 0118 РК 00949.

5. Байшагиров Х.Ж., Ермаганбетова С.К., Сулейменов А.Қ. Композициялық диффузоры бар жел қондырғысы: конструктивтік параметрлері мен қолданылуы // Вестник Кокшетауского технического института. – 2018. – № 2 (30). – С. 18-25.

6. Абылкасымова А. Е., Шишов С. Е. Оценка перспективных моделей развития педагогического образования для целей инновационного развития Казахстана: анализ международного опыта // Перспективы Науки и Образования. – 2015. – № 4 (16). – С. 49-55.

7. Байшагиров Х.Ж., Каримбаев Т.Д. Двухкомпонентная теория упругости неоднородной среды. – Караганда, 2016. – 270 с.

8. Жанадилова Ж., Лим Н., Болатбекова Б., Досмайыл Р., Галимов Б. Энергетический переход – основа декарбонизации Казахстана. – PwS Kazakhstan, 2022. – 66 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.pwc.com/kz/en/assets/energy-report/energy-report-rus-final.pdf> (дата обращения 20.01.2024 г.).

9. Электр желілерін басқару жөніндегі Қазақстан компаниясы «KEGOC» (Kazakhstan Electricity Grid Operating Company). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.kegoc.kz/ru/electric-power/normativno-pravovaya-baza/?PAGEN_1=2 (дата обращения 20.01.2024 г.).

10. Глобальный атлас ветров. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://globalwindatlas.info/ru> (дата обращения 20.01.2024 г.).

11. Рензо Д. и др. Ветроэнергетика. – М.: Мир, 1982. – 256 с.

12. Шефтер Я. И. Использование энергии ветра. – М.: Энергоатом, 1983. – 243 с.

13. Повх И. Л. Техническая гидромеханика. – Л.: Машиностр., 1969. – 524 с.

14. Байшагиров Х. Ж., Ермаганбетова С. К. Математические методы при разработке композиционной ветроэнергетической установки с диффузором: учебное пособие. – Кокшетау: Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова, 2020. – 198 с.

15. Baishagirov Kh.Zh., Kalimoldayev M., Karimbayev T.D., Omarov B.M., Yermaganbetova S.K. Mobile composite wind power plant with a diffuser // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences. – 2020. – 5(443). – P. 30-38. Режим доступа: <https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.101>.

References

1. Press-sluzhba Pravitel'stva Respubliki Kazahstan. «Obzor: kak obespechivaetsya ekologicheskaya bezopasnost' v Kazahstane». [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://primeminister.kz/ru/news/reviews/obzor-kak-obespechivaetsya-ekologicheskaya-bezopasnost-v-kazahstane> (data obrashcheniya 20.01.2024 g.).

2. Savel'eva A. D., Orazaeva A. K., Gusarenko YU.D. Analiz potentsiala vetrovoj energii territorii VKO s primeneniem cifrovogo kartografirovaniya // Interekspo Geo-Sibir'. – 2018. – № 1. – S. 215-220.

3. Tekhnicheskoe predlozhenie po sozdaniyu racional'noj vetroenergeticheskoy ustanovki iz kompozitov: otchet o NIOKR / KGU im. SH. Ualihanova MON RK: ruk. Bajshagirov H.ZH. – Kokshetau, 2010. – 114 s. – GR 0108 RK 00268.

4. Sozdanie model'nogo prototipa kompozicionnoj vetroenergeticheskoy ustanovki s diffuzorom (VEUD): otchet o NIOKR / KGU im. SH. Ualihanova MON RK: ruk. Bajshagirov H. ZH.; ispoln.: Karimbaev T. D., Ermaganbetova S. K., Omarov B. M. i dr. – Kokshetau, 2018. – 73 s. – GR 0118 RK 00949.

5. Bajshagirov H.ZH., Ermaganbetova S.K., Sulejmenov A.K. Kompoziciyaluk diffuzory bar zhel kondyrgysy: konstruktivtik parametrleri men koldanylyuy // Vestnik Kokshetauskogo tekhnicheskogo instituta. – 2018. – № 2 (30). – S. 18-25.

6. Abylkasymova A.E., SHishov S.E. Ocenka perspektivnyh modelej razvitiya pedagogicheskogo obrazovaniya dlya celej innovacionnogo razvitiya Kazahstana: analiz mezhdunarodnogo opyta // Perspektivy Nauki i Obrazovaniya. – 2015. – № 4 (16). – S. 49-55.
7. Bajshagirov H.ZH., Karimbaev T.D. Dvuhkomponentnaya teoriya uprugosti neodnorodnoj sredy. – Karaganda, 2016. – 270 s.
8. ZHanadilova ZH., Lim N., Bolatbekova B., Dosmajyl R., Galimov B. Energeticheskij perekhod – osnova dekarbonizacii Kazahstana. – PwS Kazakhstan, 2022. – 66 s. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.pwc.com/kz/en/assets/energy-report/energy-report-rus-final.pdf> (data obrashcheniya 20.01.2024 g.).
9. Elektr zhelilerin baskaru zhonindegi Kazakstan kompaniyasy «KEGOC» (Kazakhstan Electricity Grid Operating Company). [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: https://www.kegoc.kz/ru/electric-power/normativno-pravovaya-baza/?PAGEN_1=2 (data obrashcheniya 20.01.2024 g.).
10. Global'nyj atlas vetrov. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://globalwindatlas.info/ru> (data obrashcheniya 20.01.2024 g.).
11. Renzo D. i dr. Vetroenergetika. – M.: Mir, 1982. – 256 s.
12. SHefter YA. I. Ispol'zovanie energii vetra. – M.: Energoatom, 1983. – 243 s.
13. Povh I. L. Tekhnicheskaya gidromekhanika. – L.: Mashinostr., 1969. – 524 s.
14. Bajshagirov H.ZH., Ermaganbetova S.K. Matematicheskie metody pri razrabotke kompozicionnoj vetroenergeticheskoy ustanovki s diffuzorom: uchebnoe posobie. – Kokshetau: Kokshetauskij universitet im. SH.Ualihanova, 2020. – 198 s.
15. Baishagirov Kh.Zh., Kalimoldayev M., Karimbayev T.D., Omarov B.M., Yermaganbetova S.K. Mobile composite wind power plant with a diffuser // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences. – 2020. – 5(443). – P. 30-38. Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.101>.

Х. Ж. Байшагиров, А. А. Оспанов, С. К. Ермаганбетова, Б. М. Омаров
Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова, Кокшетау, Казахстан

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МАТЕМАТИКИ И ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА В ПРОЕКТНОЙ РАБОТЕ ПО СОЗДАНИЮ КОМПОЗИЦИОННОЙ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ С ДИФфуЗОРОМ

Аннотация. В последнее десятилетие во всем мире и в Казахстане наблюдается повышенный интерес к вопросам разработки и внедрения возобновляемых источников энергии, к числу которых можно отнести и ветроэнергетические машины. Ветроэнергетическая установка с диффузором является единственным в мире (среди ветряков) переносным источником доступной бестопливной электроэнергии, что крайне важно для решения разными спецслужбами оперативно-тактических задач локального характера. Проекты по созданию композиционной ветроэнергетической установки с диффузором изначально базируются на экспериментальных данных. При реализации математических подходов для проектирования различных узлов результаты решения каждый раз проверяются с помощью физических экспериментов. Их удовлетворительное соответствие подтверждает адекватность математических моделей и методов, а также правильность решения задач.

Ключевые слова: энергия ветра, скорость, математический метод, огибающая линия, площадь поверхности диффузора.

K. Zh. Baishagirov, A. A. Ospanov, S. K. Yermaganbetova, B. M. Omarov
Kokshetau University named after Sh. Ualikhanov, Kokshetau, Kazakhstan

THE INTERACTION BETWEEN MATHEMATICS AND PHYSICAL EXPERIMENT IN A PROJECT ON CREATING A COMPOSITE WIND TURBINE WITH A DIFFUSER

Abstract. In the last ten years, a heightened interest towards the questions of developing and implementing renewable energy sources, including wind energy machines, can be observed in the entire world and in Kazakhstan. Wind turbine with a diffuser is the only mobile source of accessible fuel-free electric energy in the world (among other wind turbines), which is highly important for solving operational and tactical problems of local character. Projects on creating a composite wind turbine with a diffuser are initially based on experimental data. When mathematical approaches are realized in order to design various machine parts, the results of the solutions are verified each time by physical experiments. Their satisfactory correspondence proves that the mathematical models and methods are justified, and that the solutions of the problems are correct.

Keywords: wind energy, velocity, mathematical method, wrapping curve, surface area of a diffuser.

Авторлар туралы мәлімет / Сведения об авторах / Information about authors

Хайрулла Жамбайұлы Байшагиров – техника ғылымдарының докторы, Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау университетінің профессоры. Қазақстан, Көкшетау, Абай к-сі, 76. E-mail: bayshagir@mail.ru

Ақылбек Ануарбекұлы Оспанов – Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау университетінің 2 курс магистранты. Қазақстан, Көкшетау, Абай к-сі, 76. E-mail: 68917002@bk.ru

Сәуле Каиырқызы Ермаганбетова – Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау университетінің математика, физика және информатика кафедрасының дәріскері. Қазақстан, Көкшетау, Абай к-сі, 76. E-mail: sever_sk@mail.ru

Бақыт Муратұлы Омаров – Құрылыс-технологиялық колледжінің оқытушысы. Қазақстан, Көкшетау, Абылай Хан даңғылы, 1 А. E-mail: omarov.bakhyt1@mail.ru

Байшагиров Хайрулла Жамбаевич – доктор технических наук, профессор Кокшетауского университета им. Ш. Уалиханов. Казахстан, Кокшетау, ул. Абая, 76. E-mail: bayshagir@mail.ru

Оспанов Ақылбек Ануарбекович – магистрант 2 курса Кокшетауского университета им. Ш. Уалиханов. Казахстан, Кокшетау, ул. Абая, 76. E-mail: 68917002@bk.ru

Ермаганбетова Сауле Каировна – лектор кафедры математики, физики и информатики Кокшетауского университета им. Ш. Уалиханова. Казахстан, Кокшетау, ул. Абая, 76. E-mail: sever_sk@mail.ru

Омаров Бахыт Муратович – преподаватель Строительно-технологического колледжа. Казахстан, Кокшетау, пр-т Абылай Хана, 1 А. E-mail: omarov.bakhyt1@mail.ru

Khairulla Zh. Baishagirov – Doctor of Technical Sciences, Professor of Kokshetau University named after Sh. Ualikhanov. Kazakhstan, Kokshetau, 76 Abay street. E-mail: bayshagir@mail.ru

Akylbek A. Ospanov – 2nd year master's student of Kokshetau University named after Sh. Ualikhanov. Kazakhstan, Kokshetau, 76 Abay street. E-mail: 68917002@bk.ru

Saule K. Yermaganbetova – Lecturer at the Department of Mathematics, Physics and Informatics of Kokshetau University named after Sh. Ualikhanov. Kazakhstan, Kokshetau, 76 Abay street. E-mail: sever_sk@mail.ru

Bakhyt M. Omarov – Teacher at the College of Construction and Technology. Kazakhstan, Kokshetau, 1 A Abylay Khan Ave. E-mail: omarov.bakhyt1@mail.ru