

3. Maeda K. Photocatalytic water splitting using semiconductors for particles: History

4. W. Zhou, H. Liu, R.I. Boughton, G. Du, J. Lin, J. Wang, et al., One-dimensional single-crystalline TiO₂ based nanostructures: properties, synthesis, modifications and applications, J. Mater. Chem. 20 (2010) 5993e6008.

5. N. Singh, J. Prakash, M. Misra, A. Sharma, R.K. Gupta, Dual functional Ta-doped electrospun TiO₂ nanofibers with enhanced photocatalysis and SERS detection for organic compounds, ACS Appl. Mater. Interfaces 9 (2017) 28495e28507.

6. P. Jai, A. Tripathi, V. Rigato, J.C. Pivin, T. Jalaj, C. Keun Hwa, et al., Synthesis of Au nanoparticles at the surface and embedded in carbonaceous matrix by 150keV Ar ion irradiation, J. Phys. Appl. Phys. 44 (2011) 125302.

ӘР ТҮРЛІ ТИПТЕГІ ЖЕЛ ТУРБИНАЛАРЫН МОДЕЛЬДЕУ ӘДІСТЕРІ

И.О. Саржанова¹, А.Н. Дюсембаева², А.Р. Мұхамедрахим³

¹Академик Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университеті, 1 курс докторанты, Қарағанды, Қазақстан, indirasar@mail.ru

²Академик Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университеті, Ж.С. Ақылбаев атындағы инженерлік жылу физикасы кафедрасы, қауымдастырылған профессор, Қарағанды, Қазақстан, aikabesoba88@mail.ru

³Академик Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университеті, 4 курс студенті, Қарағанды, Қазақстан, almatmuhamedrahim@gmail.com

Мақалада жел энергетикалық қондырғыларда қолданылатын ауа ағынындағы айнымалы цилиндрлердің аэродинамикасының математикалық модельдеу сұрақтарын қарастырады. Навье-Стокс теңдеуін қолдана отырып турбулентті ағыстардың сандық модельдеуіне және соңғы көлемдер әдісіне аса мән беріледі. Қазақстанға сай төмен жылдамдықтағы жел жағдайларында жел қондырғылары жұмысының тиімділігін арттыру үшін әр түрлі құрылымдық шешімдерді салыстыру жасалған. Есептік әдістер мен ANSYS Fluent бағдарламалық кешенін қолдана отырып цилиндрлік қалақшалардың геометриялық параметрлерін оңтайландырудың заманауи әдістері қарастырылған. Зерттелетін құрылымдардың аэродинамикалық сипаттамаларын бағалауға мүмкіндік беретін сандық эксперименттің нәтижелері көрсетілген. Жасалған сараптама

жел энергетикалық қондырғылардың қуат коэффициентін арттыру үшін цилиндрлік қалақшаларды қолдану болашағын көрсетеді, сонымен қатар оларды ары қарай оңтайландыру бойынша ұсыныстар береді.

Кілт сөздері: математикалық модельдеу, жел энергетикасы, айналмалы цилиндр, аэродинамика, ANSYS Fluent.

Қазіргі әлем дамуының маңызды ерекшеліктерінің бірі энергия ресурстарын пайдаланудың ұтымдылығы мен тиімділігі мәселелеріне әлемдік қоғамдастықтың жоғары назары, энергия үнемдеу технологияларын ендіру және жаңартылатын энергия көздерін іздеу болып табылады. Энергетикалық ресурстарға адамзаттың қажеттілігінің жоғарылауы энергиямен қамтамасыз етудің баламалы көздерін іздеу және кеңінен қолдану қажеттілігіне алып келеді. Олардың қатарына бірінші кезекте жел энергетикасы жатады, оны дамыту үшін жел энергетикалық қондырғысы болжамды орналасатын аумағында жел режимі туралы сенімді ақпаратты білу маңызды.

Қазіргі таңда Қазақстан электр энергетикасының дамуының және экологиялық мәселелерін шешудің басты бағыттарының бірі жаңартылған энергия ресурстарын және энергия мен ресурстарды үнемдеудің бағдарламаларын жүзеге асыру болып табылады. «Қазақстан-2050» стратегиясы бойынша қалыптасқан мемлекеттің жаңа саяси бағыты баламалы энергия түрлерін өндіруді дамыту және күн мен жел энергиясын қолданатын технологияларды белсенді ендіру қажеттілігі көрсетілген. Қазақстанда жаңартылған энергетикалық ресурстардың әлеуеті (су энергиясы, жел және күн энергиясы) өте маңызды. Бірақ, соған қарамастан, Қазақстанда баламалы энергияны өндіру пайызы барлық мөлшерден 6,5 % құрайды.

Әр түрлі құрылымды жел қозғалтқыштары желдің аз жылдамдықтарында жеткілікті тиімділікке әрқашан ие бола бермейді. Жел қозғалтқыштарының кейбір құрылымдарының жұмыс қабілеттілігі қазіргі уақытта аз зерттелген. Аз зерттелген әлеуетті жел қозғалтқыштарының бірі айнымалы қимадағы айнымалы цилиндр түріндегі қалақшалары бар жел қондырғысы болып табылады. Сол себепті айнымалы қимадағы айнымалы цилиндр түріндегі қалақшалары бар жел энергетикалық қондырғыларды әзірлеу және құру Қазақстан үшін өте өзекті болып табылады және республикадағы ғылымның даму әлеуетіне сәйкес келеді.

Есепті сандық шешу үшін соңғы көлемдер әдісі және Навье-Стокстың стационарлы емес теңдеуі қолданылады. Жеке туындылар дәлдіктің екінші ретімен, уақыт бойынша туындылар - екінші реттегі

Эйлердің көрінбейтін схемасы бойынша аппроксимацияланады. Есептеу және модельдеу үшін ANSYS Fluent бағдарламалық кешені қолданылған. Модель турбуленттіліктің 2 параметрлік модельдер тобына жатады, турбуленттіліктің кинетикалық энергиясы және оның диссипациясы үшін тасымалдау теңдеулерінен құралған.

Зерттеу объектісі мен нысаны

Жел агрегаттарын құрастыру кезінде көп физикалық процестердің (ағынның үзілуі, қалақшалардың өзара байланысы, жел агрегатының ізі мен гондоласының маңындағы ағыс) өзара байланысын ескеру қажет. Зерттеулердің эксперименттік мәндері көбінесе деректердің шектеулі көлемдерімен жұмыс істейді. Сонымен қатар, толық ауқымды эксперименттер техникалық және экономикалық жағынан себептер бойынша әрқашан мүмкін емес. Жел турбиналарының жұмысы кезінде алынатын турбуленттік ағыстарды модельдеудің екі негізгі түрі бар: математикалық және компьютерлік. Қазіргі уақытта жел турбиналарын математикалық модельдеу бойынша жұмыстар жеткілікті. Қазіргі уақытта энергиямен қамтамасыз етудің автономдық жүйелерінде энергия тиімділікті жоғарылату мақсатында өндіруші көздер ретінде көбінесе аз және орташа қуатты жел энергетикалық қондырғылар қолданылады. Осыған байланысты өндіретін жабдықтың жұмыс режимдерін оңтайландыруға, басқаруға және реттеуге байланысты әр түрлі ғылыми зерттеулерді жүргізу қажеттілігі туындайды. Ұқсас энергетикалық жүйелерді зерттеудің негізгі құралы ретінде математикалық модельдеу әдістерін қолдану ыңғайлы, соның нәтижесінде жел турбинасының математикалық моделін жасау міндеті туындайды.

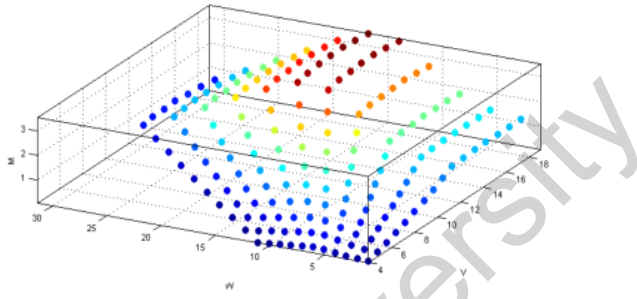
Қолданыстағы зерттеулер мен модельдеу әдістерін талдау

Мақалада [1] тік айналу осьті жел турбинасының динамикасы мен аэродинамикасының байланысты мәселелерін шешу үшін математикалық модельдеу нәтижелері көрсетілген. Сандық алгоритм Навье-Стокс теңдеуі негізінде жасалған. Мобильді қисық сызықты координаталарда Навье-Стокстың стационарлы емес теңдеулерін шешу алгоритмдері айқын емес схема негізінде жүзеге асырылады. Дарье, Савониус роторы және оның элементтері мысалы негізінде жел электрлік қондырғының динамикасы мен аэродинамикасының сандық зерттеулер нәтижелері келтірілген.

Жұмыс авторларымен [2] жел турбинасының математикалық модельдеуі жүргізілген. Жел турбинасында өтетін процестерді модельдеу үшін Model-Based Calibration Toolbox (МВСТ) құралдарымен одан кейін Simulink (MATLAB) ортасына экспорттаумен ЖЭҚ функционалдық моделін құру қолданылған. Құру процесі үш айнымалы

функциясының графигін құрудан тұрады. Бұл функция жел турбинасының моменті жел жылдамдығынан және біліктің бұрыштық айналу жылдамдығына тәуелділігін көрсетеді.

1.1 суретте МВСТ-де алынған үш өлшемді түрдегі модельденген жел турбинасының механикалық сипаттамалары көрсетілген.



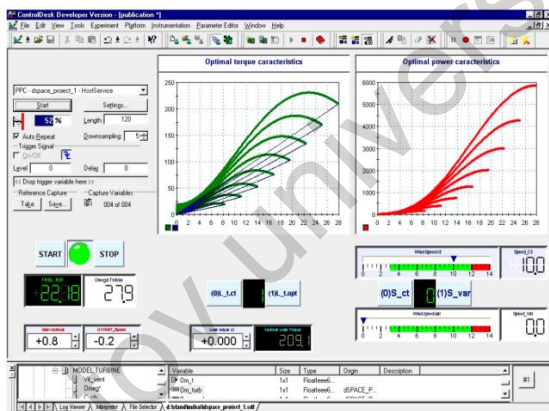
1.1 сурет. Жел турбинасының механикалық сипаттамалары.

Мақала авторларымен [3] MATLAB бағдарламалау ортасында жел турбина қалақшаларының негізгі геометриялық сипаттамаларын оңтайландыру үшін сызықты емес есептеу моделі жасалған. Қалақшаны оңтайландыру квазистатикалық режимде жүргізілген. Модель нақты техникалық міндеттерді шешуге жеке тәсілді қолдануға бағытталған. Модельде бағдарламаның жұмысын ретке келтіру және көрсету үшін бұрын жасалған қуаты 5 кВт құрайтын жобалық параметрлерді қолданады. Модель параметрлері берілген көлденең осьті жел қондырғыларының жұмысын сараптау үшін, сонымен қатар оларды берілген жұмыс сипаттамаларымен синтездеу үшін де қолданылуы мүмкін. Сандық модельді сынау кезінде үш қалақшалы жел дөңгелегі қалақшаларының геометриялық параметрлерінің оңтайландырылған мәндері алынған, олар есептік жұмыс режимінде жел дөңгелегінің теориялық қол жетімді қуат коэффициентінің артуын қамтамасыз етеді.

Жұмыс [4] Дарье жел дөңгелегінің 2D CFD моделін жетілдіруге арналған. Модель жел турбиналарының өнімділігін алдын ала есептеу және геометриясын оңтайландыру үшін арналған ANSYS Fluent бағдарламасы арқылы жүзеге асырылған. Жел турбинасының 2D моделі үшін сынақ нәтижелері көрсетілген. Сандық және экспериментальді мәндер жақсы үйлеседі. Жұмыс нақты 3D CFD стационарлы емес модельдерді жасау үшін негіз болып келеді және қарапайым 1D модельдерді тексеру үшін қолданылуы мүмкін.

Мақала [5] жел турбинасының симуляторын жасауға арналған. Симулятор оның білігінде жел энергиясын өндіру және ұсынылған турбинаның статистикалық және динамикалық сипаттамаларын қамтамасыз ету үшін арналған. Симулятордың жалпы құрылымы екі кіші жүйеден құралған: математикалық модель негізінде нақты уақыт режимінде жел турбинасын модельдеуді іске асыратын «виртуалды симулятор» және электромеханикалық бақылау жүйесі, ол виртуалды симулятордан белгі қабылдайды және виртуалды симуляторға айнымалы жауап ретінде берілетін өлшенетін шығыс айнымалысын береді.

1.2 суретте нақты режимдегі жел турбинасының жасалған симуляторының графикалық интерфейсі ұсынылған.



1.2 сурет. Нақты режимдегі жел турбинасының жасалған симуляторының графикалық интерфейсі.

Нәтижелер және талқылау

Сандық модельдеу жел турбинасының қаалақшалары ретінде айналмалы цилиндрлерді қолдану Магнус эффектісінің әсерінен қондырғының қуат коэффициентін едәуір жоғарылатуға мүмкіндік беретінін көрсетеді. Ең жоғары тиімділік келесі шарттар сақталған кезде жеткізіледі:

- цилиндрдің айналу жылдамдығының ауа ағынының жылдамдығына (айналу саны) қатынасы 2-4 диапазон аралығында;
- айнымалы қимасы бар цилиндрлердің аэродинамикалық оңтайландырылған профильдерін пайдалану;

- цилиндрлердің шабуыл бұрышын ағынның өзгеретін параметрлеріне бейімдеу үшін басқарудың біріктірілген жүйесін қолдану.

Әр түрлі құрылымдардың салыстырмалы сараптамасы бірдей пайдалану жағдайларында айнымалы цилиндрлары бар қондырғы дәстүрлі роторлы ЖЭҚ салыстырғанда 20-30%-ға энергияны көбірек өндіру қабілеттілігіне ие екенін көрсеткен. Бұл жел турбиналарының берілген түрі жел жылдамдықтары төменгі және орташа өңірлерде жұмыс істеу үшін болашағы зор болып табылады, әсіресе Қазақстан жағдайлары үшін өзекті.

Қорытынды

Берілген жұмыста жел энергетикалық қондырғыларда қолданылатын ауа ағынындағы айналмалы цилиндрлардың аэродинамикалық сипаттамаларына зерттеу жүргізілген. Сандық модельдеудің алынған нәтижелері Қазақстанға тән жел жылдамдығының төменгі шарттарында жұмыс істеу үшін айнымалы қимадағы цилиндрлік қалақшаларды қолдану тиімділігін растайды. Соңғы көлемдер әдісі мен Навье-Стокс теңдеулерін қолдана отырып жүргізілген сандық есептеулер қалақшалардың геометриясын оңтайландыру есебінен жел энергетикалық қондырғысының қуат коэффициентін жоғарылату мүмкіндігін көрсетеді.

Жел энергетикасының берілген бағытын дамыту Қазақстанның энергетикалық тәуелділігі көмірқышқыл газының тастандыларын азайту үшін үлкен маңызға ие. Одан әрі зерттеудің болашағы цилиндрлік қалақшалардың бетімен турбуленттік ағыстардың өзара әсерін тереңірек сараптауды, цилиндрлердің айналу жылдамдығын адаптивті басқару алгоритмдерін әзірлеуді және жаңа жел энергетикалық қондырғыларды жобалау кезінде инженерлік есептеулерге алынған модельдерді ендіруді қарастырады.

Осылайша, айнымалы цилиндрлері бар жел энергетикалық қондырғыларды жобалау және оңтайландыру кезінде математикалық модельдеуді қолдану желдің төмен потенциалы бар өңірлерде олардың тиімділігін арттыру және олардың қолдану аймғын кеңейту үшін жаңа мүмкіндіктер ашады.

Пайдаланылған әдебиеттер мен деректер тізімі

1. Олейников А.М., Матвеев Ю.В., Канов Л.Н. Моделирование режима ветроэлектрической установки малой мощности // Электротехника и электромеханика. – 2010. – № 2. – С. 16–20.

2. Baek S., Sung H.J. Numerical simulation of the flow behind a rotary oscillating circular cylinder // Phys. Fluids. – 1998. – Vol.10, №4. – P. 869 – 893.

3. Белов И. А., Исаев С. А. Моделирование турбулентных течений: учебное пособие. – С–Пб.: Балтийский гос. ун–т, 2001. – 34 с.

4. Батурич О.В. Построение расчетных моделей в препроцессоре Гамбит универсального программного комплекса Флуент: учебное пособие. – Самара: Изд–во Самар. гос. аэрокосм. университета, 2009. – 172 с.

5. Jansuya Ph., Kumsuwan Y. Design of MATLAB/Simulink Modeling of Fixed-pitch Angle Wind Turbine Simulator // Energy Procedia. – 2013. – V. 34. - P.362-370.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ СВОЙСТВ ЗОЛОТЫХ НАНОПЛАСТИН С ОТВЕРСТИЯМИ РАЗЛИЧНОГО ДИАМЕТРА

Шарапов И.А., Селиверстова Е.В., Омарова Г.С.

Карагандинский университет имени академика Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан, ivan.sharapov.2001@mail.ru

Проведено теоретическое исследование влияния диаметра отверстий в нанопластинах Au на их оптоэлектронные свойства. Исследование проведено при помощи численного моделирования методом конечных разностей во временной области (FDTD), которое позволило проанализировать спектры пропускания и распределение локального электрического поля. Показано, что увеличение диаметра отверстий в нанопластинах приводит к усилению локализованных плазмонных мод, что может быть использовано в разработке сенсоров и нанофотонных устройств.

Ключевые слова: нанопластины золота, локализованный плазмонный резонанс, FDTD, оптические свойства, распределение напряженности поля.

Исследование оптических свойств металлических наноструктур представляет собой одно из наиболее перспективных направлений современной нанофотоники и плазмоники. Известно, что свойства локализованного плазмонного резонанса (ЛПР) металлических наночастиц (НЧ) определяются их материалом, формой и размером [1]. Поэтому сейчас активно ведутся исследования в области дизайна и синтеза плаз-