

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 4 (2024)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/FYZZ1289>

Бас редакторы – главный редактор

Талипов О. М.

доктор PhD, ассоц. профессор (доцент)

Заместитель главного редактора

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Сағындық Ә.Б., *доктор PhD*

Редакция алкасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никитин К. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Алиферов А. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Кошеков К. Т.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Приходько Е. В.,	<i>к.т.н., профессор</i>
Кислов А. П.,	<i>к.т.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD</i>
Омарова А. Р.	<i>технический редактор</i>

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

<https://doi.org/10.48081/WANN8387>***А. А. Бектасова¹, А. К. Ашимова², К. Б. Шакенов³**^{1,2,3}Сәтбаев университеті, Қазақстан Республикасы, Алматы қ.¹ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-8888-8894>²ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9036-0508>³ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9722-1605>*e-mail: Bektasova_aa@mail.ru

ЖЕЛ ЭНЕРГИЯСЫН ОРНАТУЛАРЫНЫҢ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУДЫҢ ПЕРСПЕКТИВАЛЫ ӘДІСТЕРІ

Бұл мақалада жел турбиналарының тиімділігі мен қуатын арттырудың перспективалы әдістері ұсынылған. Бұл жалпы энергетикалық баланста жел энергиясының үлесінің артуы және электр энергиясын өндіру құнының төмендеуіне байланысты. Жел электр станцияларының қуатын арттыру жел ресурстарын тиімді пайдалану үшін, әсіресе желдің төмен және орташа жылдамдығында қажет. Жел электр станцияларының тиімділігін арттырудың перспективалы жолдарының бірі арнайы жел ұстағыштар мен ауа ағынын күшейткіштерді пайдалану болып табылады. Жұмыс принципі турбина арқылы өтетін желдің жылдамдығын арттыруға негізделген, бұл өз кезегінде энергия өндіруді арттырады. Жабық жел турбинасын жобалауды зерттеу COMSOL Multiphysics, ақырлы элементтерді есептеуді жүзеге асыратын инженерлік талдау бағдарламалық құралының көмегімен жүргізілді. COMSOL Multiphysics инженерлік талдау бағдарламалық жасақтамасының «Геометрия» интерфейсында құрастырылған толық масштабты үлгіге жақын, ауа ағынын күшейткіштің бір түрінің моделі құрастырылды. Желдің әсер етуіне инженерлік талдау жүргізілді және шығыс жылдамдықтарының нәтижелеріне сүйене отырып, ауа ағыны арнаның тарылмалы бөлігінен өткенде жылдамдайды деген қорытындыға келді. Мақалада конфузорлар, диффузорлар және басқа ауа ағыны күшейткіштері турбина арқылы өтетін желдің жылдамдығын арттыруға көмектеседі, осылайша өндірілетін электр энергиясының көлемін арттырады.

Кілтті сөздер: жаңартылатын энергия, жел генераторы, концентратор, ауа ағынының күшейткіштері, конфузор.

Кіріспе

Дәстүрлі емес (жаңартылатын) энергия қазбалы энергия көздеріне тәуелділікті азайтуға және қоршаған ортаға теріс әсерді барынша азайтуға көмектесетін қазіргі әлемде шешуші рөл атқарады. Жаңартылатын энергия көздерінің ішінде жел энергиясы планетаның жел ресурстарының үлкен әлеуетіне байланысты жетекші орындардың бірін алады. Жел энергетикасын дамыту әсіресе климаттың өзгеруімен күресу және энергия өндірудің тұрақты әдістеріне көшу жағдайында маңызды. [1, 2-б.]

Жел энергетикасының негізгі міндеттерінің бірі жел электр станцияларының тиімділігі мен қуатын арттыру болып табылады, өйткені бұл жалпы энергетикалық баланста жел өндіру үлесін арттыруға және электр энергиясын өндірудің өзіндік құнын төмендетуге мүмкіндік береді. Жел электр станцияларының қуатын арттыру жел ресурстарын тиімдірек пайдалану үшін, әсіресе желдің төмен және орташа жылдамдығы жағдайында қажет. Жел электр станцияларының тиімділігін арттырудың перспективалы әдістерінің бірі арнайы концентраторларды немесе ауа ағынын күшейткіштерді пайдалану болып табылады. [2, 10-14-б.]

Диффузорлар, конфузорлар немесе ауа концентраторлары – жел турбинасы қалақтарына соқтығысқанға дейін ауа ағынын бағыттайтын және күшейтетін құрылымдар. Жұмыс принципі турбина арқылы өтетін желдің жылдамдығын арттыруға негізделген, бұл өз кезегінде энергия өндіруді арттырады. Бұл құрылғылар тар бөліктерде ауаның үдеуін, яғни Вентури эффектісін жасайды. Мұндай концентраторлар әртүрлі формада болуы мүмкін.

Материалдар мен әдістері

Конвертердегі энергия тасымалдаушының энергияны пайдалану коэффициентін арттыру үшін жел турбинасы орналасқан аймақта ауа массасы ағынының жылдамдығын арттыруға мүмкіндік беретін жел электр станциясының ең жақсы жобасын табу үшін зерттеулер жүргізу қажет. Жел жылдамдығының шамалы өсуінің өзі үлкен энергетикалық эффект береді, өйткені желдің кинетикалық энергиясы оның үшінші дәрежеге дейінгі жылдамдығына байланысты [3, 279-284-б.].

Жабық жел турбинасын жобалауды зерттеу COMSOL Multiphysics инженерлік талдау бағдарламалық құралын қолдану арқылы жүргізілді, ол ақырлы элементтерді есептеуді жүзеге асырады. Ақырлы элементтер әдісі диффузия, жылу өткізгіштік және гидродинамика процестерін модельдеуде кеңінен қолданылады және компьютердің мүмкіндіктерінің артуына байланысты оның қолданылу аясы кеңейеді [4, 1-б.].

Әдетте, Эйлер есебі гидродинамикалық теңдеулерді шешу үшін қолданылады. Бұл жағдайда есептеу аймағына салынған тор шешімнің барлық кезеңдерінде тұрақты болып қалады. Бірақ бұл тәсілді қолданғанда ағынның конвективті құрамдастарын жақындатуда қиындықтар туындайды [5, 329-345-б.].

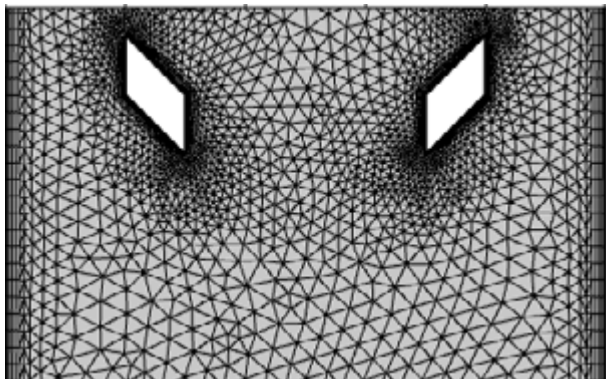
Бұл қиындықтар Лагранж сипаттаған ортаны пайдалану кезінде жойылады. Бұл тәсілдің идеясы тор түйіндері қоршаған ортамен бірге қозғалады, бұл оларды объектінің бөлшектері ретінде қарастыруға мүмкіндік береді, ал тордың өзі шешімнің әрбір қадамында пішінін өзгертеді немесе орнын өзгертеді. Ортаның Лагранж сипаттамасын қолданатын әдістердің бірі PFEM – бөлшектердің ақырлы элементтері әдісі [6, 655-671-б., 7, 964-989-б.]. Бұл әдіс COMSOL Multiphysics инженерлік талдау бағдарламалық құралында қолданылады [8, 2-б.].

Бөлшектері бар ақырлы элементтер әдісі күрделі аймақтардағы сұйық және газ ағындарын, бос беті бар сұйық және газ ағындарын, шашыраудың пайда болу процестерін модельдеу үшін, сонымен қатар гидравликалық серпімділіктің байланысты мәселелерін шешу үшін қолданылады. Бұл мәселелерді шешу үшін әр түрлі типтегі Лагранж әдістері барлық жерде және әбден қолайлы: гидравликалық серпімділіктің біріктірілген есептерінде – құйынды элементтер әдістері [9, 35-41-б.], бос беті бар ағындарды модельдеуде – SPH тегістелген бөлшектер әдісі қолданылады [10, 502-б.]. Әртүрлі есептерді шешуге қатысты торлы және бөлшектердің әдістерін қолданудың артықшылықтары мен кемшіліктері егжей-тегжейлі қарастырылады [11, 4681-4696-б.].

Нәтижелер және талқылау

Табиғатта желдің жылдамдығы тұрақты емес және көп жағдайда төмен жылдамдықпен соғады, яғни оның жылдамдығы төмендеген сайын мұндай желдің ықтималдығы артады. Осыған байланысты желдің кинетикалық энергиясын оңтайлы түрлендіруге және оның электр энергиясын өндіре бастайтын жел жылдамдығының төменгі шегін азайту арқылы оның жұмыс ауқымын ұлғайтуға мүмкіндік беретін жел электр станцияларының энергия үнемдейтін жобалау элементтерін әзірлеу қажет.

Инженерлік талдау бағдарламалық жасақтамасының модельдеуіндегі жел турбинасын жобалау үлгісі толық масштабты модельге жақын болуы керек. Бұл үшін модель торларда жақын және конвергентті нәтижелерге ие болуы керек, гидродинамикалық есептеулерде қателерді болдырмау үшін тор элементтің маңызды аймақтарында жеткілікті жұқа болуы керек, жел турбинасы моделінің үстіндегі есептеу аймағы ауа ағыны тарылмайтындай жоғары болуы керек.



Сурет 1 – Жабық типтегі жел қондырғылары корпусының моделінің бір нұсқасының есептік торы

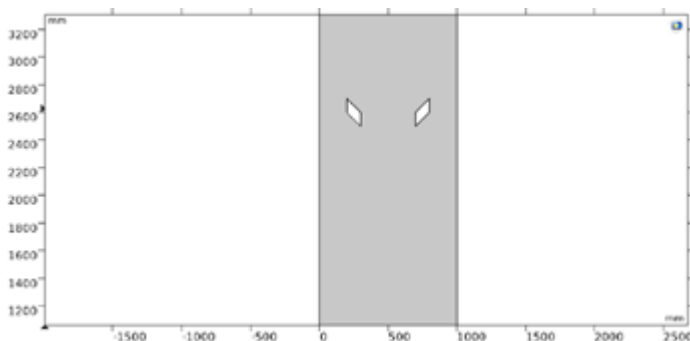
Жабық типтегі жел қондырғыларының жобалық үлгісі келесі элементтерден тұрады:

1 Құрылымның ортасында жел электр қондырғыларының корпусымен бір осьте орналасқан бағыттаушы конус (конфузор) желдің үдеуіне ықпал ететін ауа ағынын турбина қалақтарының орналасу аймағына бағыттайды;

2 Жел қондырғыларының корпусы.

2-суретте жабық типті жел қондырғыларының корпусының алдында орналасқан шатастырушы моделінің көлденең қимасы көрсетілген. Құрылым айналу денесі болғандықтан, есептеулерді, есептеу операцияларын және құрылымның ең тиімді аймақтарын талдауды жеңілдету үшін модельдің көлденең қимасы алынды. Бұл модель COMSOL Multiphysics инженерлік талдау бағдарламалық құралының «Геометрия» интерфейсінде құрастырылған. Әрі қарай, зерттелетін модель элементтерінің материалы таңдалады, бұл жағдайда ағынды орта ретінде ауа таңдалады, ал конфузор, диффузор және конус жел электр станцияларын салу үшін темір таңдалады. Содан кейін шекаралық шарттар: кірістегі жылдамдық, шығыстағы қысым, зерттеу аймағының симметриялық қабырғалары қойылады. Бұл интерфейс әртүрлі формулалардағы Навье-Стокс тендеулерін шешуге негізделген әртүрлі жылдамдықтағы сұйықтық ағынын модельдейді. Бұл бағдарлама интерфейсі төмен жылдамдықты ағындарды, сусымалы ағындарды, сұйық пен газдың ламинарлы және турбулентті ағындарын модельдеуге арналған. Турбулентті ағындарды сипаттау үшін Рейнольдс бойынша орташаланған Навье-Стокс тендеулері пайдаланылады және стандартты және төмен Рейнольдс $k-\varepsilon$ үлгілері, $k-\omega$ және Ментер модельдері және Спаларт – Аллмарас моделі әртүрлі турбуленттілік үлгілерімен толықтырылады [8, 2-6.].

Навье-Стокс теңдеуі үшін Рейнольдс орташалау әдісі әр жағдайда өзгеретін ағын сипаттамаларын (жылдамдық, қысым, тығыздық) орташа алынған және пульсирленген құрамдастардың қосындыларымен ауыстыруға негізделген. Рейнольдс теңдеуі сұйықтықтың немесе газдың уақыт бойынша орташа ағынын сипаттайды, бұл оларда белгілі бір формасы бар физикалық дене арқылы сұйықтық немесе газ ағыны өткен кезде пайда болатын турбулентті кернеулерді сипаттайтын жаңа белгісіз функциялардың пайда болуына мүмкіндік береді.



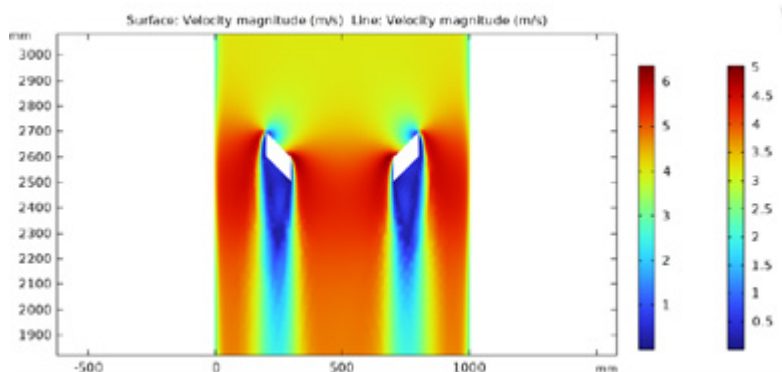
Сурет 2 – Жабық ел электр қондырғыларының корпусының алдында орнатылған конфузор моделінің көлденең қимасы

Есептеу үшін ортаның турбулентті ағынын сипаттайтын стандартты К-ε моделі таңдалды, мұнда ортаның қозғалыс теңдеуі орташа жылдамдықтың ауытқуы (турбулентті кинетикалық энергия түрінде) және тұтқырлыққа (диссипацияға) байланысты берілген ауытқуды азайту процесі әсер ететін түрге ауысады. Бұл модель турбуленттіліктің кинетикалық энергиясын беру және турбуленттіліктің диссипациясын беру үшін екі қажетті теңдеуді орындайды. Бұл тәсіл гидро және газ динамикасының практикалық инженерлік есептеулерін орындау кезінде жиі қолданылады.

Тор интерфейсында модельді әр элемент үшін калибрлеудің төрт түрінен бөлу әдісін таңдайсыз: «жалпы физика», «сұйықтық динамикасы», «плазма», «жартылай өткізгіш». Содан кейін қолданылатын тор өлшемі әртүрлі зерттеу аймақтары үшін алдын ала анықталады. Ағымдағы үлгі ортасының аймағы үшін калибрлеудің екінші түрі таңдалады, яғни. «сұйықтық динамикасы». Жабық типтегі жел қондырғысы моделінің бір нұсқасы үшін салынған тор 1-суретте көрсетілген.

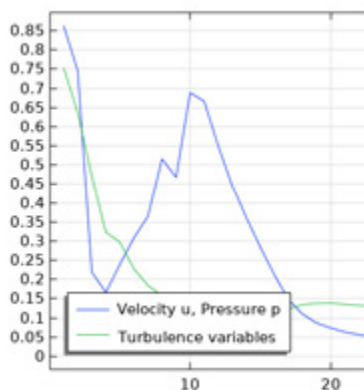
Жүргізілген есептеулердің нәтижелерін алынған нәтижелерге талдау жүргізу үшін қажетті параметрлер бойынша әртүрлі диаграммалар мен

графиктер түрінде алуға болады. 3-суретте конфузор арқылы өтетін жел жылдамдығының контурларының диаграммасы көрсетілген. Ол ағынның тарылуы жүретін турбинаның орналасу аймағында ағынның жылдамдығы максималды мәнге жететінін, осы аймақтың артында ағынның жылдамдығы төмендей бастайтынын көрсетеді. Ауа ағынының жылдамдығының шамалы төмендеуі жел қондырғылары корпусының сыртқы жиектерінде байқалады. Бұл жағдайда ағынның жылдамдығы бастапқы мәні 4 м/с болғанда 6,55 м/с жетеді.



Сурет 3 – Конфузор арқылы өтетін ауа ағынының жылдамдық контурларының диаграммасы

Конфузордың орналасқан жеріндегі жылдамдық туралы мәліметтерді алу үшін ауа ағынының жылдамдығының графигі жасалады



Сурет 1 – Жабық үлгідегі жел электр қондырғыларының турбиналық қалақтары орналасқан жердегі ауа ағынының жылдамдығы

Ауа ағынының жылдамдығының кейбір мәндері үшін есептеулер жүргізілді (1-кесте). Шығу жылдамдықтарының нәтижелеріне сүйене отырып, ауа ағыны арнаның тарылмалы бөлігінен өткенде жылдамдайды деген қорытындыға келеміз. Бұл әсерді қолданатын концентраторлар (Вентури эффектісі) турбина роторының алдында орналасады, ауа ағынын тарылтады және турбина қалақтарына жеткенше оның жылдамдығын арттырады.

Кесте 1 – конфузор шығысындағы жылдамдықтардың мәндері

Конфузордың кірісіне берілетін жылдамдық мәні, м / с	Конфузор шығысындағы жылдамдықтың мәні, м / с
2	3,2
4	6,55
6	9,5
8	13
10	16
12	19
14	23
16	25,8
18	28

Қорытынды

Көлденең осьті жел турбиналарында әртүрлі типтегі ауа ағыны концентраторларын пайдалану жел турбиналарының өнімділігі мен тиімділігін арттыру үшін үлкен перспективалар береді. Конфузорлар, диффузорлар және басқа ауа ағынын күшейткіштер турбина арқылы өтетін желдің жылдамдығын арттыруға көмектеседі, осылайша өндірілетін электр қуатының мөлшерін арттырады. Кез келген жағдайда қолайлы жел коллекторын таңдау жұмыс жағдайларына, желдің жылдамдығы мен бағытына, сондай-ақ рельефке байланысты.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕККӨЗДЕРДІҢ ТІЗІМІ

1 Ветряные электростанции [Текст]. [Электронды ресурс]. – https://electric-220.ru/news/vetrjanye_ehlektrostancii/2019-08-27-1737

2 Бубенчиков, А. А., Горлинский, Н. А., Щербинов, В. В. Концентраторы потоков для ветроэнергетических установок / – [Текст] : непосредственный // Молодой ученый. – 2016. – № 28.2 (132.2). – С. 10–14. – <https://moluch.ru/archive/132/36987/>

3 Munsyzbai, T.M. Mathematical model of windmill. [Текст] Fifth World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation. November 25-27, 2008/ Tashkent, Uzbekistan. 279–284 .

4 Метод конечных элементов. [Электронный ресурс]. – https://ru.wikipedia.org/wiki/Метод_конечных_элементов

5 Давыдова, Е. В., Корчагова, В. Н., Марчевский, И. К. Использование метода конечных элементов с частицами для решения задач гидродинамики. [Текст] Наука и Образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2015. № 6. С. 329-345.

6 Idelsohn, S. R., Onate, E., Del Pin, F. A Lagrangian meshless finite element method applied to fluid-structure interaction problems [Текст] // Computer and Structures. 2003. Vol. 81, no. 8–11. P. 655–671. DOI: 10.1016/S0045-7949(02)00477-7

7 Idelsohn, S. R., Onate, E., Del Pin, F. The particle finite element method: a powerful tool to solve incompressible flows with free-surfaces and breaking waves [Текст] // International Journal for Numerical Methods in Engineering. 2004. Vol. 61, no. 7. P. 964-989. DOI: 10.1002/nme.1096

8 Моделирование течений жидкостей и газов с помощью модуля «Вычислительная гидродинамика». [Электронный ресурс]. – https://youtu.be/Wo1cEABO2vs?si=Vtd4wVIET5tuRle_

9 **Ермаков, А. В., Щеглов, Г. А.** Моделирование методом вихревых элементов динамики цилиндрической оболочки в пространственном потоке жидкости [Текст] // Известия ВУЗов. Машиностроение. 2014. № 3. С. 35-41.

10 Li Shaofan, Kam Wing Liu. Meshfree Particle Methods. Springer Berlin Heidelberg, 2004. 502 p. DOI: 10.1007/978-3-540-71471-2

11 Idelsohn, S.R., Onate, E. To mesh or not to mesh. That is the question... [Текст] // Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering. 2006. Vol. 195, iss. 37-40. P. 4681-4696. DOI:10.1016/j.cma.2005.11.006

REFERENCES

1 Vetryanye elektrostantsii [Wind farms] [Текст]. [Electronic resource]. – https://electric-220.ru/news/vetrjanye_ehlektrostancii/2019-08-27-1737

2 **Bubenchikov, A. A., Gorlinskii, N. A., Илербинов, В. В.** Kонтсентраторы потоков для ветроэнергетических установок [Flow concentrators for wind turbines] – [Текст] : neposredstvennyi // Molodoi uchenyi. – 2016. – № 28.2 (132.2). – P. 10–14. [Electronic resource]. – <https://moluch.ru/archive/132/36987/>

3 **Munsyrbai, T. M.** Mathematical model of windmill. [Текст] Fifth World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation. November 25–27, 2008/ Tashkent, Uzbekistan. 279–284 .

4 Metod konechnyh elementov. [Finite element method] [Electronic resource]. – https://ru.wikipedia.org/wiki/Metod_konechnyh_elementov

5 **Davydova, E. V., Korchagova, V. N., Marchevskii, I. K.** Ispolzovanie metoda konechnyh elementovs chastitsami dlya resheniya zadach gidrodinamiki. [Using the finite element method with particles to solve hydrodynamic problems] [Текст] Nauka i Obrazovanie. MGTU im. N. E. Baumana. Elektron. jurn. 2015. № 6. S. 329–345.

6 **Idelsohn, S. R., Onate, E., Del Pin F.** A Lagrangian meshless finite element method applied to fluid-structure interaction problems [Текст] // Computer and Structures. 2003. Vol. 81, No. 8–11. P. 655–671. DOI: 10.1016/S0045-7949(02)00477-7

7 **Idelsohn, S. R., Onate, E., Del Pin F.** The particle finite element method: a powerful tool to solve incompressible flows with free-surfaces and breaking waves [Текст] // International Journal for Numerical Methods in Engineering. 2004. Vol. 61, no. 7. P. 964-989. DOI: 10.1002/nme.1096

8 Modelirovanie techenii jidkostei i gazov s pomoshchyu modulya «Vychislitelnaya gidrodinamika». [Modeling liquid and gas flows using the Computational Fluid Dynamics module] [Electronic resource]. – https://youtu.be/Wo1cEABO2vs?si=Vtd4wVIET5tuRle_

9 Ermakov, A.V., Щегlov, G.A. Modelirovanie metodom vihrevykh elementov dinamiki tsilindricheskoi obolochki v prostranstvennom potoke jidkosti [Modeling of the dynamics of a cylindrical shell in a spatial fluid flow using the vortex element method] [Tekst]// Izvestiya VUZov. Maşınostroenie. 2014. № 3. С. 35–41.

10 Li Shaofan, Kam Wing Liu. Meshfree Particle Methods. Springer Berlin Heidelberg, 2004. 502 P. DOI: 10.1007/978-3-540-71471-2

11 Idelsohn, S.R., Onate E. To mesh or not to mesh. That is the question... [Tekst]// Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering. 2006. Vol. 195, iss. 37–40. P. 4681–4696. DOI:10.1016/j.cma.2005.11.006

14.10.24 ж. баспаға түсті.

22.10.24 ж. түзетулерімен түсті.

04.12.24 ж. басып шығаруға қабылданды.

*А. А. Бектасова¹, А. К. Ашимова², К. Б. Шакенов³

^{1,2,3}Satbayev University, Республика Казахстанг. Алматы

Поступило в редакцию 14.10.24

Поступило с исправлениями 22.10.24

Принято в печать 04.12.24

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ УВЕЛИЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

В данной статье представлены перспективные способы повышения эффективности и мощности ветроэлектростанций. Это связано с тем, что ветроэнергетика может увеличить свою долю в общем энергетическом балансе и снизить стоимость производства электроэнергии. Увеличение мощности ветряных турбин необходимо для более эффективного использования ветровых ресурсов, особенно в условиях низкой или средней скорости ветра. Перспективным способом повышения эффективности ветропарков является использование специальных ветроуловителей и усилителей воздушного потока. Принцип действия основан на увеличении скорости ветра, проходящего через турбину, и, соответственно, увеличении выработки энергии. Проектирование закрытой ветротурбины было выполнено в программном интерфейсе инженерного анализа COMSOL Multiphysics «Геометрия», выполняющем конечно-элементные расчеты, построена модель конфузора – своеобразного усилителя воздушного потока, приближенного к натурной модели. Был проведен инженерный анализ

ветрового воздействия, и по результатам скорости на выходе был сделан вывод, что воздушный поток ускоряется при прохождении через сужение на пути потока. В статье говорится, что конфузоры, диффузоры и другие усилители воздушного потока могут помочь увеличить скорость ветра через турбину и тем самым повысить выработку электроэнергии.

Ключевые слова: возобновляемая энергетика, ветрогенераторы, концентраторы, усилители воздушного потока, конфузоры

**A. Bektassova¹, A. Ashimova², K. Shakenov³*

^{1,2,3}Satbayev University, Republic of Kazakhstan, Almaty

Received 14.10.24

Received in revised form 22.10.24

Accepted for publication 04.12.24

PROMISING METHODS OF INCREASING THE EFFICIENCY OF WIND ENERGY PLANTS

This article presents promising methods for increasing the efficiency and capacity of wind turbines. as this allows increasing the share of wind generation in the overall energy balance and reducing the cost of electricity production. Increasing the capacity of wind turbines is necessary for more efficient use of wind resources, especially in conditions of low and medium wind speeds. One of the promising methods for increasing the efficiency of wind turbines is the use of special concentrators or air flow amplifiers. The operating principle is based on increasing the speed of wind passing through the turbine, which, in turn, increases energy production. The study of the closed-type wind turbine design was carried out in the COMSOL Multiphysics engineering analysis software, which performs calculations using the finite element method. A model of one of the types of air flow amplifiers - confuser, close to the full-scale model, built in the Geometry interface of the COMSOL Multiphysics engineering analysis software. An engineering analysis of the wind effect was carried out and, based on the results of the output speeds, we conclude that the air flow accelerates when passing through the narrowing part of the channel. The article notes that confusers, diffusers and other air flow amplifiers help increase the speed of wind passing through the turbine, thereby increasing the volume of electricity generated.

Keywords: renewable energy, wind turbines, concentrators, air flow amplifiers, confusers

Теруге 04.12.2024 ж. жіберілді. Басуға 30.12.2024 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

29.9 Mb RAM

Шартты баспа табағы 22,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс №4317

Сдано в набор 04.12.2024 г. Подписано в печать 30.12.2024 г.

Электронное издание

29.9 Mb RAM

Усл. печ. л. 22,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4317

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz