

## ВЪЗДЕЙСТВИЕ НА ВЯТЪРНИТЕ ГЕНЕРАТОРИ ВЪРХУ ОКОЛНАТА СРЕДА И ЧОВЕКА КАТО ИЗТОЧНИК НА ИНФРАЗВУК

Силвия Лецковска, Камен Сейменлийски, Радослав Симионов  
Бургаски свободен университет

*Резюме:* Звукът с честота под 20 Hz е дефиниран като инфразвук. Почти всяко звуково излъчване съдържа и инфразвукови компоненти – решаващият фактор при тях е интензитетът. При вятърните турбини инфразвукът се генерира по време на въртене: лопатките на ротора генерират турбулентен въздушен поток и когато лопатката на ротора преминава покрай кулата, този турбулентен поток се прекъсва, което води до инфразвук. Въздействието на вятърните паркове върху човешкото здраве се отразява главно в шума, което може да причини безсъние, главоболие и различни други проблеми. Анализът на това въздействие е предмет на настоящата статия.

*Ключови думи:* инфразвук, вятърни паркове, интензитет на инфразвук.

## IMPACT OF WIND GENERATORS ON THE ENVIRONMENT AND HUMANS AS A SOURCE OF INFRASOUND

Silviya Letskovska, Kamen Seymenliyski, Radoslav Simionov  
Burgas Free University

*Abstract:* Sound with a frequency below 20 Hz is defined as infrasound. Almost every sound emission also contains infrasound components – the decisive factor in them is the intensity. In wind turbines, infrasound is generated during rotation: the rotor blades generate a turbulent air flow and when the rotor blade passes the tower, this turbulent flow is interrupted, resulting in infrasound. The impact of wind farms on human health is mainly reflected in the noise, which can cause insomnia, headaches and various other problems. The analysis of this impact is the subject of this article.

*Keywords:* infrasound, wind farms, infrasound intensity.

### Въведение:

Производството на енергия от вятърни турбини е един от най-разпространените и обещаващи алтернативни енергийни източници той предлага множество екологични предимства пред традиционните енергийни източници. Те включват елиминиране на необходимостта от изгаряне на изчерпаеми горива и значително по-ниски емисии на вредни вещества в атмосферата по време на производството на електроенергия в сравнение с доминиращите в момента енергийни източници от изкопаеми горива [1, 2, 3, 4, 5, 6].

В Европа инициативи като Европейската зелена сделка, REPowerEU и Националните енергийни и климатични планове (NECP) определят стратегически цели за справяне с тези предизвикателства, включително намаляване на емисиите на парникови газове, подобряване на енергийната сигурност и насърчаване на устойчив икономичес-

ки растеж (EU Monitor, 2023). Сред стратегическите цели вятърната енергия се очертава като важно решение.

Европейският съюз се стреми да генерира 50% от енергията си от вятърна енергия до 2050 г. (Фигура 1) (Wind Europe, 2024) [7].

Вятърните турбини са бързо развиващ се източник на възобновяема енергия, който има потенциал да намали зависимостта от изкопаемите горива и да помогне за смекчаване на изменението на климата [8,9].

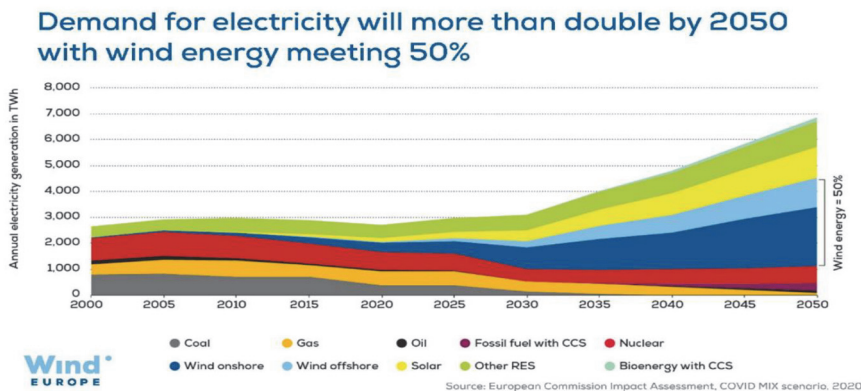
Въпреки това, както при всеки проект за развитие, инсталирането и експлоатацията на вятърни турбини може да има както положително, така и отрицателно въздействие върху околната среда.

### I. Влияние на вятърните паркове върху околната среда.

Влиянието на наземните и офшорните вятърни паркове върху околната среда може да се анализира в следните направления:

- Оценка на въздействието върху хората – въздействие върху човешкото здраве, въздействието на емисиите на токсични вещества, въздействието на шума, въздействието на сенките и проблясъците, риска от изхвърлянето на лед от лопатките, риска от отделяне на части от лопатките и въздействието върху радиовълните и въздушния трафик;
- Оценка на въздействието върху местната екосистема – усвояване на земя, унищожаване на местообитания, сблъсъци на животни с вятърния парк, въздействия от шум и вибрации;
- Въздействия върху околната среда във фазата на „края на жизнения цикъл“. Методът LCA (Оценка на жизнения цикъл) е научно обоснована техника за оценка на различните въздействия върху околната среда, въздействието върху човешкото здраве и потреблението на ресурси, свързани с жизнения цикъл на продукти, процеси или дейности. Отчитат се всички материални и енергийни потоци, отпадъци и емисии във въздуха, водата или почвата, от добива на суровини за производството на компонентите до извеждането от експлоатация в края на жизнения цикъл.

Най-нежеланият ефект е излъчването на емисии на CO<sub>2</sub>, получени при производството и транспортирането на материалите за лопатките. По време на жизнения цикъл на вятърния парк 86% от емисиите на CO<sub>2</sub> се генерират от добива на суровини и производството на компоненти за вятърни турбини.



Фиг.1. Достигане на 50% от вятърната енергия до 2050 г.

Източник: Оценка на въздействието на Европейската комисия, 2020 г.; В: (Wind Europe, 2024 г.).

Едно голямо превозно средство отделя приблизително 0,183 кг въглероден диоксид на километър, а за транспортирането на всички лопатки (най-разпространеният тип вятърна турбина има три лопатки) за един ветропарк само на един километър до мястото на сглобяване се отделят 164 кг CO<sub>2</sub> (необходими са две превозни средства за транспортиране на една лопатка).

Доминиращият източник на шум във вятърните турбини са роторните лопатки и механичните шумови емисии от скоростната кутия. Генератора и други спомагателни агрегати играят второстепенна роля в съвременните вятърни турбини и дори нивата на шум излъчван от тях са намалели през последните десетилетия.



Фиг. 2. Местоположение и количествено определяне на източниците на шум от вятърна турбина

## II. Вятърните генератори, като източник на шум.

Шумът се причинява главно от взаимодействието на входящия турбулентен вятър с масивните роторни лопатки, което води до широколентов шум с ясно изразени нискочестотни нива на звуково налягане. Нивото на звуково налягане намалява към високите честоти [10,11].

Друг източник на шум е взаимодействието между лопатките и кулата, което води до нискочестотен шум (източник на инфразвук).

Много изследователи обясняват въздействието на инфразвука върху биологична тъкан с т. нар. резонансна теория. Има се предвид въздействието върху рецепторите при съвпадение на собствената честота на трептене на даден орган с инфразвуковите честоти.

Прието е, че инфразвук с честота 2,0 - 8,0 Hz е резонансен за вътрешните органи, а честота 17,0 - 25,0 Hz - за органите в главата [12].

Анализът на биологичното влияние на инфразвука се изследва с помощта на три подхода:

- експерименти върху животни с инфразвук с честота 10 Hz и интензитет 135 dB;
- експерименти върху хора с инфразвук с честота 10 Hz и интензитет 135 dB;

■ изследвания на работници в производствени условия, вкл. и комбинирано въздействие на инфразвук с други фактори на работната среда – шум, вибрации, свръх високочестотни лъчения, йонизиращи лъчения и др.

Изследванията са показали връзка между нискочестотния шум и различни физиологични и психологични реакции – раздразнение, промяна на прага на слуха, проблеми със концентрацията, проблеми със съня, ефекти на настроението и др. Дихателната система е най-чувствителна към инфразвук с честота 5,0 Hz. Регистрира се забавяне на дихателните движения, затруднено дишане, вибриране на гръдната стена. При въздействие на инфразвук с честота 10,0 Hz и ниво 135 dB се регистрира повишаване на долния праг на слуховата чувствителност средно с 10-15 dB [12].

Местоположението и количественото определяне на източниците на шум върху вятърна турбина е показано на Фиг. 2 [8].

Инфразвукът слабо се поглъща, затова може да се разпространява на големи разстояния. Например инфразвук с честота 3 Hz, създаден от източник с мощност 1 W, може да се регистрира на разстояние до 100 км. Това позволява на разпространението на инфразвук по земната кора да се регистрират взривове, да се прогнозира цунамита и т.н. [13,14,15].

Тъй като има по-голяма дължина на вълната, инфразвукът силно дифрактира и прониква в помещения, заобикаля прегради и може да предизвика резонансни трептения на тела с големи размери като стени, врати и др., които да станат вторични източници на инфразвук.

Установено е, че инфразвукът може да причини у човека чувство на безпокойство или страх. Въпреки че не се възприема съзнателно, инфразвукът може да причини неприятни емоции. При контролиран експеримент, резултатите от който са публикувани през септември 2003 г., публиката на концерт е помолена да оцени отношението си към множество музикални откъси, някои от които съпроводени с инфразвукови елементи. Участниците в експеримента не са знаели кои са откъсите с инфразвук. Много от тях (22%) описват чувства на тревога, безпокойство, дълбока тъга, нервност или страх, сякаш ги побиват ледени тръпки, по време на откъсите с инфразвук. При представянето на данните пред Британската асоциация за напредък на науката, отговорният за експеримента учен заявил: „Тези резултати подсказват, че нискочестотният звук може да причини на хората необичайни усещания, въпреки че те не могат съзнателно да долавят инфразвука“ [1, 2,16,17].

В музиката към някои филми се използва звук с много ниска честота, за да се внуши безпокойство и дезориентация на публиката. Така например във френския филм „Необратимо“ [3] за тази цел е използван звук с честота 28 Hz, излъчван през първите 30 минути от прожекцията.

Една от теориите по въпроса е, че това се получава, защото инфразвукът може да съвпадне със сърдечния ритъм на човека (1 – 2 Hz) и при някои обстоятелства може да причини смърт (данните за това обаче не са официално потвърдени).

Животните, както и хората, имат особено поведение при инфразвук, който се излъчва при природни бедствия, и това може да послужи за ранно предупреждение. Отличен пример е земетресението в Индийския океан и последвалото цунами през декември 2004 г., когато много преди бедствието се забеляза бягство на животните от бреговете на Азия. Точната причина не е ясна, но се предполага, че животните бягат под влияние или на електромагнитни, или на инфразвукови вълни. Слоновете са известни с това, че могат да чуят инфразвук от 4 километра.

Проведено проучване показва [4], че при високите съвременни турбини по-голямата част от звука идва от течащ въздух, който е в контакт с лопатките на вятърната турбина/аеродинамичен звук/. Дължи се на атмосферната турбуленция, удряща лопатките и въздуха, течащ по повърхността на лопатката. Честотата с най-високо (чуваемо) съдържание на звукова енергия обикновено е в диапазона от няколко десетки Hz (херца) до около 1000-2000 Hz. Турбуленцията на входящия въздух се генерира, защото лопатката пресича турбулентни вихрушки, които присъстват във входящия въздух (вятър). Този звук има максимално ниво около 10 Hz. Бързите промени на силите, действащи върху лопатката водят до странични движения на лопатката и звукови импулси в инфразвуковата област. Това води до типичния за вятърните турбини „сигнатур“ на пикове на нивото на звука при честоти между около 1 и 10 Hz. Тези пикове не могат да бъдат чути, но могат да се установят при измервания.

При съвременните турбини максималното ниво на звукова мощност е от порядъка на 100 до 110 dBA. За слушател на земята на около 100 м от турбината нивото на звука няма да бъде повече от 55 dBA. В по-отдалечени, жилищни райони това е по-малко и в повечето проучвания има малко хора, които са изложени на средно ниво на звука от вятърни турбини над 45 dBA.

Измерванията на много видове съвременни вятърни турбини са показали, че по-голямата част от звуковата енергия се излъчва при ниски и инфразвукови честоти и по-малка, при по-високи честоти (приблизително 100 – 2000 Hz). Въпреки това, поради по-ниската чувствителност на човешкия слух при ниски честоти, чуваемостта е по-голяма при по-високите честоти [18,19,20].

Турбините с мощност 2 MW произвеждат с 9 - 10 dB повече звукова мощност в сравнение с турбините с мощност 200 kW. С течение на времето количеството ниско-честотен звук (10 – 160 Hz) се увеличава с почти същата скорост като общото ниво на звука. Това зависи и от вида регулиране на скоростта на ротора.

При турбините с регулиране на наклона ниско-честотната част на звука се увеличава с малко по-висока скорост (около 1 dB повече за десетократно увеличение на мощността) в сравнение с общото ниво на звука, а обратното е вярно за турбините с регулиране на срив.

Раздразнението и нарушенията на съня са най-често изучаваните последици за здравето от шума на вятърните турбини, както е и при звука от други източници. В съответствие с определението на Световната здравна организация (СЗО) за здравето като „състояние на пълно физическо, психическо и социално благополучие, а не просто липса на болест или недъг“, шумовото раздразнение и нарушенията на съня се смятат за последици за здравето [21,22,23].

Добрият сън е от съществено значение за физическото и психическото здраве. Реакцията на човек към нощния шум включва: учестен пулс, събуждане, затруднено заспиване и повече движения на тялото (мотилност) по време на сън.

Холандско проучване е установило, че звукът от вятърните турбини влияе негативно върху способността за продължаване на съня нивото на шум над 45 dBA увеличава вероятността от събуждане.

В японското проучване влиянието върху здравето не е било свързано с нивото на звука от вятърните турбини, а с чувствителността към шум и визуалното раздразнение. На разстояние 860 метра от вятърен парк 10% от жителите са били раздразнени от трептене на сенките, а на 780 м 10% от жителите са били силно раздразнени от шума от вятърните турбини. Авторите твърдят, че минималното (или „отдалечено“) разстоя-

ние между жилищата и вятърните паркове трябва да се разглежда от звукова и визуална гледна точка [5,24,25].

Въртящите се лопатки на турбините могат да причинят и изменения в интензитета на светлината, когато блокират или отразяват слънчевата светлина. Визуалното дразнение може да засили раздразнението, получено от шума (и обратно).

Вятърните паркове обаче заемат относително голяма обща площ, очаква се в някои страни от ЕС до 2030 г. тя да възлезе на 10% от всички ВЕИ.

Публикации на изследователи от Харвардския университет установяват, че преходът към вятърна или слънчева енергия в Съединените щати би изисквал от пет до 20 пъти повече земна площ, отколкото се смяташе досега, и ако бъдат построени такива мащабни вятърни паркове, това би повишило средните температури на повърхността над континенталната част на Съединените щати с 0,24 градуса по Целзий [6].

В изследване от 2013 г. [6] е установено, че всяка вятърна турбина създава „сянка на вятъра“ зад себе си, където въздухът е забавен от лопатките на турбината. Днешните вятърни паркове с търговски мащаб внимателно разполагат турбините, за да намалят въздействието на тези сенки на вятъра, но предвид очакването, че вятърните паркове ще продължат да се разширяват с увеличаването на търсенето на електроенергия, получена от вятъра, взаимодействията и свързаните с тях климатични въздействия не могат да бъдат избегнати.

Изследователи от Харвард са установили, че ефектът на затопляне в континенталната част на САЩ, причинен от вятърните турбини, всъщност е по-голям от ефекта от намалените емисии през първия век от тяхната експлоатация. Това е така, защото ефектът на затопляне е предимно локален за вятърния парк, докато концентрациите на парникови газове трябва да бъдат намалени в световен мащаб, преди да се реализират ползите.

Животните, които живеят в близост до вятърните турбини, могат да бъдат засегнати от шума от работещите турбини, тъй като звукът може да наруши комуникацията между тях или да влоши способността им да чуват приближаващи хищници.

Проучвания върху различни домашни животни са показали, че високите нива на шум причиняват стрес. Нивата на шум от 60–75 dBA могат да причинят учестено дишане и сърдечен ритъм, повишена бдителност и намалено време за паша при домашни животни като овце и коне [9]. Изчисленията са показали, че нивото на шум директно под вятърна турбина (1,5 MW, височина на главината 60 m) е между 50 и 60 dBA (еквивалентно ниво). Фактът, че шумът от вятърните турбини не е свързан с непосредствен риск, предполага, че животните би трябвало да могат да свикнат със звука. Шумът от вятърните турбини може да бъде маскиран и от други звуци в околната среда, като например трафик на превозни средства или вятър в растителността, и по този начин поне понякога да изглежда по-малко дразнещ. Следователно, може да се приеме, че въздействието на шума от вятърните турбини върху благосъстоянието и здравето на животните е ограничено.

Говедата имат слухов диапазон от 23–35 000 Hz, с изключителна чувствителност около 8000 Hz. Конете имат малко по-тесен слухов диапазон, 55–33 500 Hz, с максимален слух в диапазона 1000–16 000 Hz. Слуховият диапазон на свинете е по-близо до ултразвука; честотната характеристика е 42–40 500 Hz, с изключително чувствителен диапазон при 250–16 000 Hz. Слуховият диапазон на козите е 78–37 000 Hz, с максимална чувствителност около 2000 Hz. Най-изявеният честотен диапазон на аеродинамичния звук, създаван от вятърните турбини, е 63–4000 Hz. Това означава, че всички гореспоменати видове се припокриват по отношение на слуха с честотния диапазон на

шума от вятърните турбини, което предполага, че селскостопанските животни лесно ще чуят този звук. Приликите с човешкия слухов диапазон предполагат, че животните би трябвало да възприемат звука на вятърните турбини по почти същия начин, както хората [9].

Инфразвукът има още една уникална характеристика. Хората обикновено не могат да чуят честоти под 16 Hz, което съответства на така наречения долен праг на слуха. С други думи, не можем да чуем много от звуците, излъчвани от вятърните турбини. Можем обаче да ги усетим в телата си като бръмчене или тътен, като високоговорител. Колкото по-ниска е честотата, толкова по-високо трябва да бъде нивото на звуково налягане (силата на звука), за да бъде усетено или чуто.

Инфразвукът може да повлияе и на микроциркулацията – кръвния поток във финалната капилярна мрежа, която доставя кислород и хранителни вещества до околните тъкани.

Ендотелните клетки, разположени по вътрешната стена на капилярите, реагират на инфразвук. Освен, че транспортират протеини, тези клетки изпълняват много жизненоважни функции, като потискане на възпалението и регулиране на кръвното налягане. В проучване върху плъхове са наблюдавани ендотелно подуване и увреждане на външната клетъчна мембрана три часа след излагане на 8 Hz инфразвук [10].

### **Заключение:**

Въз основа на констатациите и научната стойност на проведените до момента изследвания може да се направи извода, че когато са разположени правилно, вятърните турбини не са свързани с неблагоприятни ефекти върху здравето. Доказателствата от проведените изследвания показват, че макар шумът от вятърните турбини да не е достатъчно силен, за да причини увреждане на слуха и да не е причинно-следствена връзка с неблагоприятни ефекти, шумът от вятърните турбини може да бъде източник на раздразнение за някои хора и че раздразнението може да е свързано с определени ефекти върху здравето (напр. нарушения на съня), особено при нива на звуково налягане >40 dB(A).

Въпреки че раздразнението се счита за най-малко тежкото потенциално въздействие от излагането на шум в повечето изследвания е изказана хипотеза, че достатъчно високите нива на раздразнение могат да доведат до негативни емоционални реакции (напр. гняв, разочарование, депресия или тревожност) и психосоциални симптоми (напр. умора, стомашен дискомфорт и стрес) [11,26,27].

### **Литература:**

- [1]. Mladen Bošnjaković, Filip Hrkać, Marija Stoić and Ivan Hradovi, Environmental Impact of Wind Farms, *Environments* 2024, 11(11), 257; <https://doi.org/10.3390/environments11110257>
- [2]. К. Молоков, И. В. Рукавишникова, Факторы негативного воздействия ветроэнергетики на окружающую среду. Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия, [elar.urfu.ru](http://elar.urfu.ru)
- [3]. Like Wang, Yee Van Fan, Petar Sabev Varbanov, Sharifah Rafidah Wan Alwi and Jiří Jaromír Klemeš, Water Footprints and Virtual Water Flows Embodied in the Power Supply Chain, *Water* 2020, 12(11), 3006; <https://doi.org/10.3390/w12113006>
- [4]. Frits van den Berg, Health effects related to wind turbine sound, Public Health Service Amsterdam Amsterdam, the Netherlands, Irene van Kamp National Institute for Public

- Health and the Environment Bilthoven, Netherlands, Federal Office for the Environment (FOEN)
- [5]. Yano, T., S. Kuwano, H. Tachibana (2017) The visual effects of wind turbines in Japan; (2017) Proceedings 7th Int. Conf. Wind Turbine Noise, Rotterdam, 2017
- [6]. <https://seas.harvard.edu/news/2018/10/large-scale-wind-power-would-require-more-land-and-cause-more-environmental-impact#:~:text=In%20two%20papers%20%2D%2D%20published%20today%20in,continental%20United%20States%20by%200.24%20degrees%20Celsius>.
- [7]. Kegel Mateja Aleksandra,, Zerobin Sabine, Suer Mark, Tratnik Janez, Erd Jakob, Jeran Marko, Impact of Wind Turbines on Human Health and Safety, Proceedings of 12th Socratic Lectures 2025 12(II), 60-71. <https://doi.org/10.55295/PSL.12.2025.II6>
- [8]. Irene van Kamp, Frits van den Berg, Health effects related to wind turbine sound: A review, August 2021 INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings 263(1):5415-5423 DOI:10.3397/IN-2021-3088
- [9]. JAN OLOF HELLDIN, JENS JUNG, WIEBKE NEUMANN, MATTIAS OLSSON, ANNA SKARIN, FREDRIK WIDEMO, The impacts of wind power on terrestrial mammals, A synthesis, report 6510 • august 2012, SWEDISH ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY
- [10]. Морис Форген, Инфразвук от ветряных турбин представляет «огромную угрозу для всего биоразнообразия», Наука и технологии, 27.03.2024, [https://www.epochtimes.ru/nauka-i-tehnology/infrazvuk-ot-vetryanyh-turbin-predstavlyayet-ogromnyu-ugrozu-dlya-vsego-bioraznoobraziya-zayavil-vrach-200440/?utm\\_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F](https://www.epochtimes.ru/nauka-i-tehnology/infrazvuk-ot-vetryanyh-turbin-predstavlyayet-ogromnyu-ugrozu-dlya-vsego-bioraznoobraziya-zayavil-vrach-200440/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F)
- [11]. Loren D. Knopper, Christopher A. Ollson, Lindsay C. McCallum, Melissa Whitfield Aslund, Robert G Berger, Kathleen Souweine, , Mary McDaniel, Wind Turbines and Human Health, June 20142:63, DOI:10.3389/fpubh.2014.00063
- [12]. Teodora Dimitrova, Panayot Nikolov, INFRASOUND EXPOSURE AND HEALTH EFFECTS AMONG SEAFARERS, Варненски медицински форум, т. 7, 2018, приложение 1
- [13]. Радостин Долчинков, Христо Михайлов, ИНЖЕНЕРИНГОВА БЕЗОПАСНОСТ ПРИ ЕКСПЛОАТАЦИЯ НА ЕНЕРГИЙНИ СИСТЕМИ, Годишник на БСУ, том XLVIII, 2023, ISSN: 1311-221X, с. 330 - 345
- [14]. Даниела Марева, ОСНОВНИ НАПРАВЛЕНИЯ ЗА ПОДОБРЯВАНЕ ЕФЕКТИВНОСТТА НА СИСТЕМАТА НА ВЪЗОБНОВЯЕМИ ЕНЕРГИЙНИ ИЗТОЧНИЦИ - ЧАСТ 1, Годишник на БСУ, том XLVIII, 2023, ISSN: 1311-221X, с. 172 - 177
- [15]. Даниела Марева, ОСНОВНИ НАПРАВЛЕНИЯ ЗА ПОДОБРЯВАНЕ ЕФЕКТИВНОСТТА НА СИСТЕМАТА НА ВЪЗОБНОВЯЕМИ ЕНЕРГИЙНИ ИЗТОЧНИЦИ - ЧАСТ 2, Годишник на БСУ, том XLVIII, 2023, ISSN: 1311-221X, с. 178 - 182
- [16]. Кольо Орешков, Радостин Долчинков, Силвия Лецковска, Камен Сейменлийски, Христо Михайлов, ПРИЛОЖЕНИЕ НА ЕВРОПЕЙСКИ ДИРЕКТИВИ ЗА НОРМИРАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА ШУМА ВЪРХУ ПЕРСОНАЛ НА РИСКОВИ ТЕХНИЧЕСКИ СИСТЕМИ, Годишник на БСУ, том XLVIII, 2023, ISSN: 1311-221X, с. 147 - 165
- [17]. Радостин Долчинков, СПЕЦИФИЧНИ АСПЕКТИ НА ВЯТЪРНИТЕ ГЕНЕРАТОРИ, Годишник на БСУ, том XLII, 2020 г., ISSN: 1311-221X, с. 80 – 103
- [18]. Radostin Dolchinkov, Atanas Yovkov, Velizar Todorov, Kristian Ventsislavov, Integrated platform for vehicle charging based on renewable energy resources, 12th

- International Conference, ICTRS 2023, Rhodes, Greece, September 18-19, 2023, Proceedings, Softcover ISBN 978-3-031-49262-4, eBook ISBN 978-3-031-49263-1
- [19]. Dolchinkov R., Mechanisms and machines in RES, Electronic journal of CITN for computer science and communications, issue. 3, ISSN 1314-7846, pp. 31-42, 2013.
- [20]. Matsankov M., Ivanova, M, Selection of optimal variant of hybrid system under conditions of uncertainty, The 2nd International Conference on Electrical Engineering and Green Energy Roma, Italy, June 28-30, 2019, <https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2019/41/contents/contents.html>, E3S Web of Conferences, 2019, 115, 01007
- [21]. R. Dolchinkov, P. Georgieva, *Efficiency of solar tracking systems*. BFU Yearbook, volume XXVIII, pages 243-255, 2012, ISSN 1311-221-X
- [22]. Dolchinkov R., Teaching methods in computer design of technological systems, SEVILLE, SPAIN, 6TH INTERNATIONAL CONFERENCE OF EDUCATION, RESERCH AND INOVATION, ISBN 978-84-616-3849-9, p. 5785-5795, 2013.
- [23]. Eldar Zaerov, Increase solar panel performance with flat reflectors, BFU - YEARBOOK Volume XLIV, 2021, p.290-296, ISSN: 1311-221X
- [24]. Plamen A. Angelov, „Simulation of a small PV system installed in an urban environment - part.1“, International scientific conference „Digital transformations, media and social inclusion“, BSU Burgas, 2020, ISBN 978-619-7126-92-1, pp.432-436
- [25]. Plamen A. Angelov, „Simulation of a small PV system installed in an urban environment - part.2“ International Scientific Conference „Digital Transformations, Media and Public Inclusion“, BSU Burgas, 2020, ISBN 978-619-7126-92-1, pp.437-443
- [26]. Bakardjieva J., M. Matsankov and S. Slavov, Sectioning of branches of distribution networks with connected wind power plants, International Conference on Technics, Technologies and Education (ICTTE) Nov. 2020, DOI 10.1088/1757-899X/1031/1/012046, <https://iopscience.iop.org/issue/1757-899X/1031/1>
- [27]. Todor Kostadinov PhD, Ivelin Bakalov, MODELLING OF A HYBRID PHOTOVOLTAIC SYSTEM, Годишник на БСУ, ISSN: 1311-221X, том L, 2024, с. 285 – 291.