

DOI: [10.32347/2076-815x.2020.73.156-167](https://doi.org/10.32347/2076-815x.2020.73.156-167)

УДК 721.021.2

Кошева В.О.,

vikk-ko@ukr.net, ORCID: 0000-0002-6178-8837,

к.т.н., доцент **Гетун Г.В.,**

galinagetun@ukr.net, ORCID: 0000-0002-3317-3456,

к.т.н., доцент **Левківський Д.В.,**

levkivskyi.dv@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0003-2964-1605,

Київський національний університет будівництва і архітектури

ПОБУДОВА КОМПЛЕКСНОЇ МОДЕЛІ ЕНЕРГООСНАЩЕНОСТІ РАЙОНІВ БУДІВНИЦТВА УКРАЇНИ

Розглянута методика побудови комплексної геометрично-математичної моделі для аналізу енергооснащеності районів будівництва України. Створенні схеми формування комплексної енергетичної моделі по областям України. Визначені існуючі джерела, та потенціали нетрадиційних і відновлювальних джерел енергії для кожної області України. Для візуалізації та аналізу енергооснащеності районів будівництва побудовані стовпчикові діаграми, що відображають наявність існуючих джерел енергії та можливості їх заміщення відновлювальними джерелами для кожної області України.

Ключові слова: комплексна модель енергооснащеності; існуючі джерела енергії; потенціал енергії; нетрадиційні джерела енергії; відновлювальні джерела енергії.

Одним із важливих завдань архітектурно-будівельної галузі України при проектуванні та будівництві нових енергогенеруючих споруд є врахування кліматичних особливостей конкретної місцевості України. Розробка комплексної моделі енергооснащеності будівель є пріоритетним напрямком архітектурного проектування.

Темою кліматичного-будівельного районування України займається багато вчених України, серед них роботи та публікації Сергейчука О.В., Фаренюка Г.Г., Кудрі С.О., Величка С.А., Плоского В.О., Гетун Г.В. та інших.

Характерною особливістю енергогенеруючих будівель є використання для їх функціонування відновлювальних джерел енергії: сонця, вітру, гідроенергії, геотермальної, біотермальної та інших відновлювальних видів енергії поряд з традиційними існуючими джерелами енергії: електроенергія, нафта, вугілля, природний газ, дрова. Тому вибір моделі енергооснащеності для регіону України

полягає у виборі оптимального співвідношення відновлювальних та традиційних джерел енергії [3,6,8].

В статті розглянута модель аналізу енергооснащеності для всіх регіонів України, яка представлена у вигляді блок-схеми (рис.1). Для моделі використано дані по енергооснащеності традиційними джерелами енергії всіх областей України (електроенергія, нафта, вугілля, природний газ, дрова) [1], а також енергетичні потенціали відновлювальних та нетрадиційних джерел енергії: енергія вітру, сонячна енергія, енергія малих рік, енергія біомаси, геотермальна енергія, енергія доквілля, енергія нетрадиційного палива [2] (рис.2).



Рис. 1. Модель аналізу енергооснащеності району будівництва на території України.



Рис. 2. Модель енергетичного потенціалу традиційних та відновлювальних джерел енергії.

Для створення комплексної моделі енергооснащеності використанні дані статистичних досліджень для наявних джерел енергії по областях України [1,2,3] (табл.1). та проаналізовані енергетичні потенціали відновлювальних та нетрадиційних джерел енергії України [2] (табл.2).

Таблиця 1

Існуючі джерела енергії						
п/п	Області	Електроенергія	Нафтопродукти	Вугілля	Природний газ	Дрова
		МВт*год/рік на 1000 чол.	МВт*год/рік на 1000 чол.	МВт*год/рік на 1000 чол.	МВт*год/рік на 1000 чол.	МВт*год/рік на 1000 чол.
1	Вінницька	1858,50	924,56	2674,65	2411,17	37,58
2	Волинська	1545,40	912,87	149,01	2040,13	82,90
3	Дніпропетровська	8669,95	1200,82	7550,02	6134,45	5,79
4	Донецька	4344,80	849,42	15464,84	5466,35	8,07
5	Житомирська	2130,81	797,22	52,53	2488,38	216,99
6	Закарпатська	1511,77	929,90	46,75	1838,18	92,29
7	Запорізька	5217,38	1071,64	5318,34	3192,30	9,99
8	Івано-Франківська	1602,04	840,98	4937,12	2715,72	23,50
9	Київська	3115,23	1272,30	1098,77	4154,47	30,42
10	Кіровоградська	3384,28	1002,99	267,33	2303,65	37,10
11	Луганська	3624,82	1561,91	7755,46	5368,05	19,79
12	Львівська	1724,12	892,80	880,90	2676,97	34,64
13	Миколаївська	2652,29	1104,04	233,30	3676,45	17,82
14	Одеська	2604,70	1171,54	104,67	3507,88	14,45
15	Полтавська	3784,53	1621,73	62,86	5184,61	21,85
16	Рівненська	2073,79	721,47	271,96	3450,61	90,60
17	Сумська	2034,37	735,26	203,12	3357,04	129,88
18	Тернопільська	2199,11	780,84	49,85	2713,78	23,61
19	Харківська	2616,24	754,18	2572,79	3959,51	41,93
20	Херсонська	2312,94	1089,09	123,97	1812,95	45,12
21	Хмельницька	1027,91	880,05	699,13	2609,57	58,16
22	Черкаська	2652,63	1086,39	854,81	6210,26	64,81
23	Чернівецька	1437,46	772,22	82,69	1861,14	129,17
24	Чернігівська	1889,15	757,03	1030,41	2986,14	154,64
25	АР Крим	594,59	864,44	151,55	2466,96	17,28

Візуалізація аналізу енергооснащеності районів будівництва для областей України представлена у вигляді діаграм (рис. 3 - для Київської; рис.4 - для Житомирської; рис.5 - для Дніпропетровської), в яких проаналізовані та змодельовані можливості використання енергетичних потенціалів цих областей, що дає можливість удосконалити енергоефективність районів будівництва з використанням наявних енергетичних потенціалів. Створені математичні та геометричні моделі кліматичного районування енергоефективності дають змогу проаналізувати можливості використання енергетичного потенціалу по різних областях України, та наочно ілюструють ефективність впровадження результатів аналізу в проектуванні нових та реконструкції існуючих об'єктів архітектури на вказаній території.

Таблиця 2

Потенціали відновлювальних та нетрадиційних джерел енергії

№	Області	Сонячна енергія	Гідроенергетичний потенціал малих рік	Газу біомаси	Рослин. с/х біомаси	Відходи лісу	Геотермальна енергія	Надлишковий доменний газ	Надлишковий природний газ	Торф	Теплота ґрунту та ґрунтових вод	Теплової енергії стічних вод	Вітрова енергія
1	Вінницька	147,3986698	69,21329	1301,812	43,68768	12,96334	0	0	24,99369	22,17389	328,7631	153,1664	48,06478
2	Волинська	154,5400983	33,80565	1161,252	5,505491	41,82709	0	0	8,982643	735,804	280,1039	139,0861	72,44067
3	Дніпропетровська	87,32325228	9,356063	781,8932	43,76142	0	0	32,34079	45,53284	0	132,2324	564,1706	43,66163
4	Донецька	60,01102763	13,68251	434,2678	23,99001	0	0	25,30065	32,40595	0	637,5572	367,9876	41,28759
5	Житомирська	196,6901957	82,77379	1354,23	8,957599	30,11994	0	0	12,29314	130,4712	350,7642	153,2544	61,46569
6	Закарпатська	95,48043367	1079,725	439,7722	8,06014	0	115,6102	0	4,376187	0	62,85795	112,9852	162,3167
7	Запорізька	152,4179347	8,793342	1030,483	59,44299	0	0	14,83144	46,89783	0	208,1091	337,6643	100,8303
8	Івано-Франківська	87,38381593	87,38382	595,4215	5,097389	4,979135	0	0	39,32272	13,03475	37,13812	249,0439	148,5525
9	Київська	50,86083015	12,71521	417,8026	7,77323	8,21115	0	0	34,33106	31,0463	40,68866	404,1317	15,89401
10	Кіровоградська	232,6690632	53,93692	1419,155	97,14991	0	0	0	7,720383	0	880,9697	178,7321	148,0621
11	Луганська	116,1800195	60,87833	601,0909	36,24817	0	0	3,392457	28,34792	0	909,9219	231,4306	65,06081
12	Львівська	74,45079801	213,1644	593,9095	3,330694	10,38225	0	0	12,53908	95,64968	79,5448	384,4012	79,93665
13	Миколаївська	212,1835812	41,55262	1042,783	55,52137	0	478,5717	0	20,33426	0	103,4395	216,6041	123,7738
14	Одеська	142,8386579	4,621251	702,5833	42,23823	0	191,5048	0	11,76318	0	81,92217	273,494	72,25956
15	Полтавська	171,3748332	84,97335	1411,849	63,07308	0	2,01402	0	27,84841	102,1108	115,678	228,4998	99,96865
16	Рівненська	138,2527104	78,63123	979,7824	6,394188	53,66647	0	0	10,36895	497,1049	194,4179	169,3596	64,80596
17	Сумська	184,9423627	82,29935	1348,867	29,8497	15,80704	4,478661	0	28,66607	530,1373	221,0061	158,1257	69,35339
18	Тернопільська	114,7360259	122,3851	1223,088	19,3139	12,25812	0	0	10,51747	109,7641	185,4899	134,8148	71,71002
19	Харківська	100,9120204	29,89986	771,9871	34,55676	0	0,149073	0	39,61731	0	57,18348	395,7994	52,32475
20	Херсонська	279,4803593	0,963725	1375,574	56,18519	0	796,2403	0	8,191666	7,671254	165,7608	161,9059	165,7608
21	Хмельницька	142,3256807	71,95354	1423,707	34,04747	12,61513	0	0	10,27908	78,31075	135,2094	160,5117	59,30237
22	Черкаська	149,2103045	82,06567	1287,11	60,97728	11,57218	0	0	24,03944	66,06701	394,5784	240,3944	62,17096
23	Чернівецька	77,40160597	293,0204	765,5104	22,30272	6,615522	0	0	5,63926	0	136,0057	109,468	225,5704
24	Чернігівська	258,5148323	53,69154	1940,419	20,69113	26,91092	17,76121	0	15,90861	353,9665	148,1489	177,9775	74,57159
25	АР Крим	114,6716907	26,75673	618,3099	12,41003	0	3025	0	12,31659	0	87,49025	202,5867	86,64083

Аналіз проводиться по п'яти основних напрямках використання енергії для кожної з областей України: електроенергія; нафтопродукти; природний газ; вугілля; дрова. Величина, яких визначена на основі існуючих статистичних даних [1] на 2018 рік та зведена до єдиних одиниць виміру на основі перетворень [4] МВт*год/рік на 1000 чоловік населення області. Також на основі досліджень авторів [2,5] були визначені досяжні технічні потенціали альтернативних видів енергії для кожної області території України та їх величина зведена також до єдиних одиниць на основі перетворень [4] в МВт*год/рік на 1000 чоловік населення області: сонячної енергії; енергії вітру; енергії малих рік; теплоти ґрунту та ґрунтових вод; теплової енергії стічних вод; тваринницької

біомаси; рослинницької біомаси; торфу; геотермальної енергії; надлишкового тиску природного газу; надлишкового тиску доменного газу; відходів лісової промисловості. В табл. 1 та табл. 2 представлені результати перетворень.

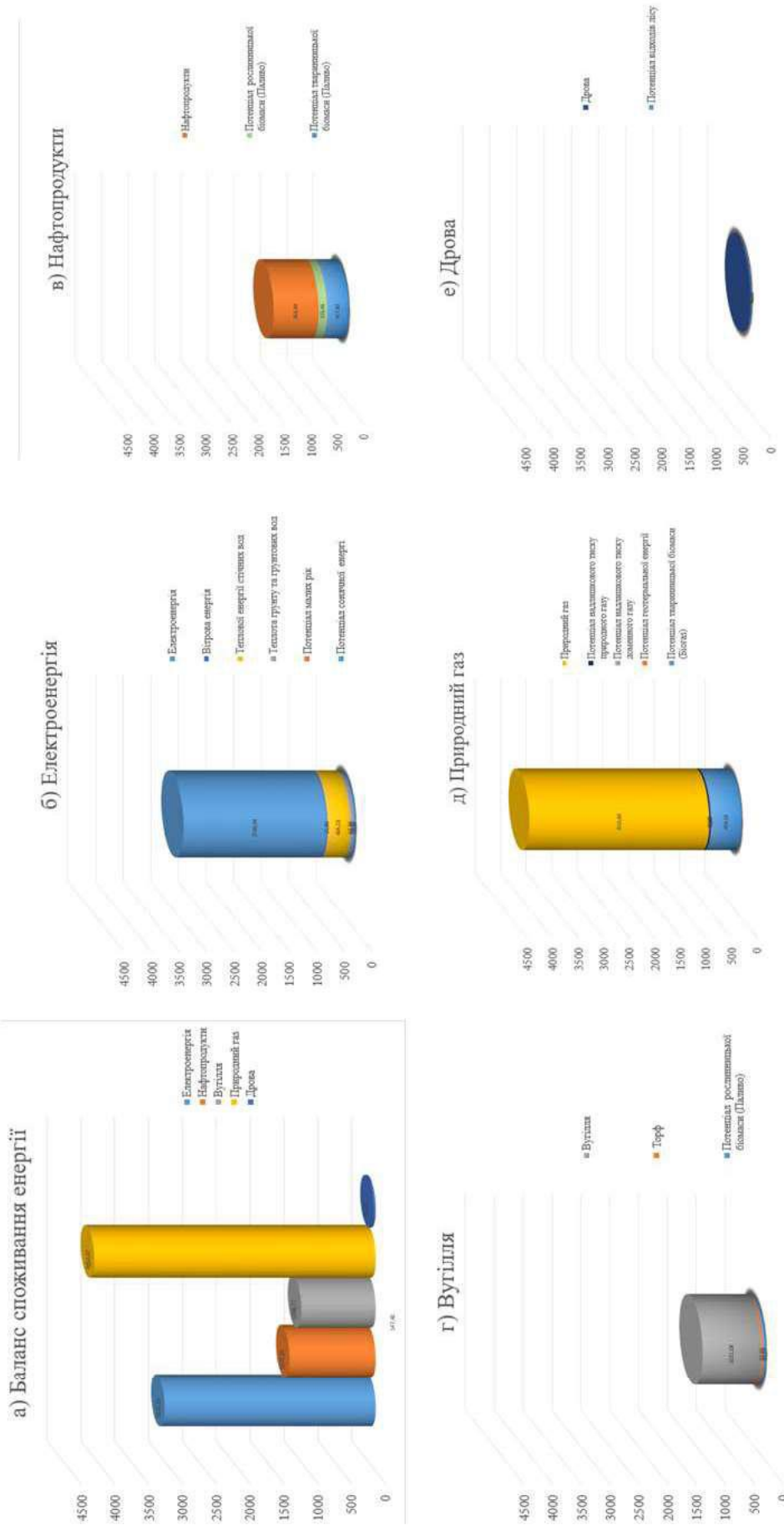
Для побудови стовпчикових діаграм потенціали енергії прив'язані до можливості заміщення існуючих джерел енергії на основі рекомендацій, що викладені в роботах [3,6]. Для заміщення електроенергії можна використовувати потенціали : сонячної енергії, енергії малих рік, теплоти ґрунту та ґрунтових вод, вітроелектроенергії. Для заміщення нафтопродуктів частково використовуються потенціали: тваринницької та рослинницької біомаси. Для заміщення вугілля: частково рослинницької біомаси та торфу. Для заміщення природного газу – потенціали: частково тваринницької біомаси, геотермальної енергії, надлишкового тиску природного газу та доменного газу. Для заміщення дров – потенціали відходів лісової промисловості.

Дані моделі енергоефективності районів будівництва використовуються для подальшої побудови комплексної моделі енергоактивної будівлі на етапі проектування та будівництва нових споруд, а також при експлуатації та модернізації існуючих будівель.

Для аналізу побудованих моделей енергооснащеності району будівництва використовують методологічну платформу графічних засобів на основі ідеї з позицій функціональності графіки, що викладена в роботі [7].

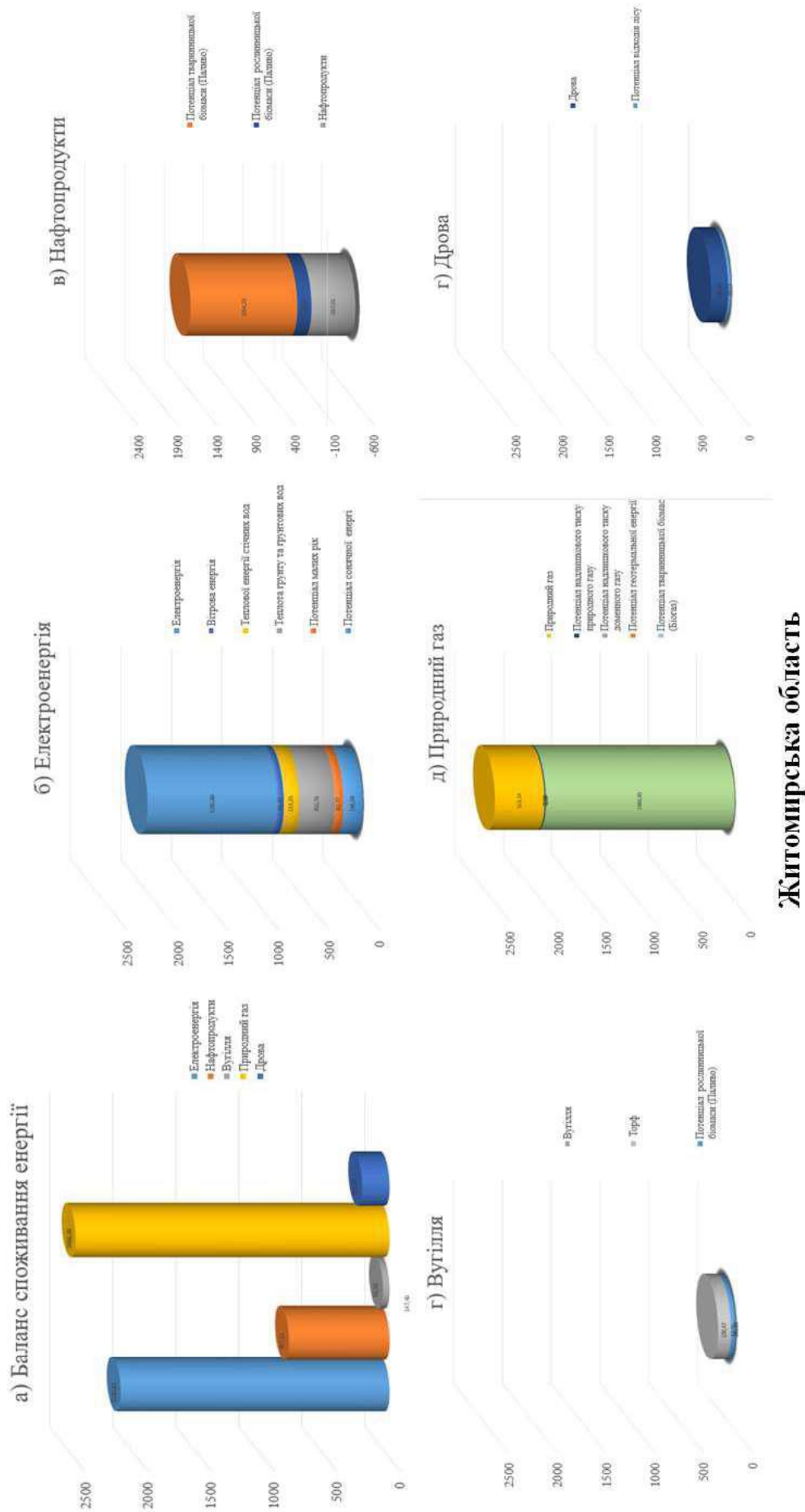
Комбінація операційних функцій графічно представляє результати аналізу та дає можливість видати деякі рекомендації по проектуванню енергоактивних будівель.

Висновки. Розроблена модель комплексного аналізу математичного та геометричного районування енергоефективності дає змогу оцінити перспективність використання енергетичних потенціалів областей України, та визначити найбільш оптимальні напрямки їх впровадження в енергосистему країни для підвищення енергоефективності. Також дозволяє візуалізувати процес прийняття рішень при проектуванні нових та реконструкції існуючих об'єктів архітектури, що значно полегшує роботу проектувальників, та закладає основи досконального та точного вибору кліматичних даних для подальшого та перспективного їх використання. Дана модель визначає основні напрямки в підвищенні енергоефективності району з урахуванням його потенціалу у використанні відновлювальних джерел енергії, та дає можливість сформулювати енергоефективну модель споруди для подальшого її використання в складанні енергетичного паспорту та комплексної математичної моделі енергоефективності будівлі.



Київська область

Рис. 3. Модель енергетичного потенціалу Київської області з нетрадиційними джерелами енергії.



Житомирська область

Рис. 4. Модель енергетичного потенціалу Житомирської області з нетрадиційними джерелами енергії.

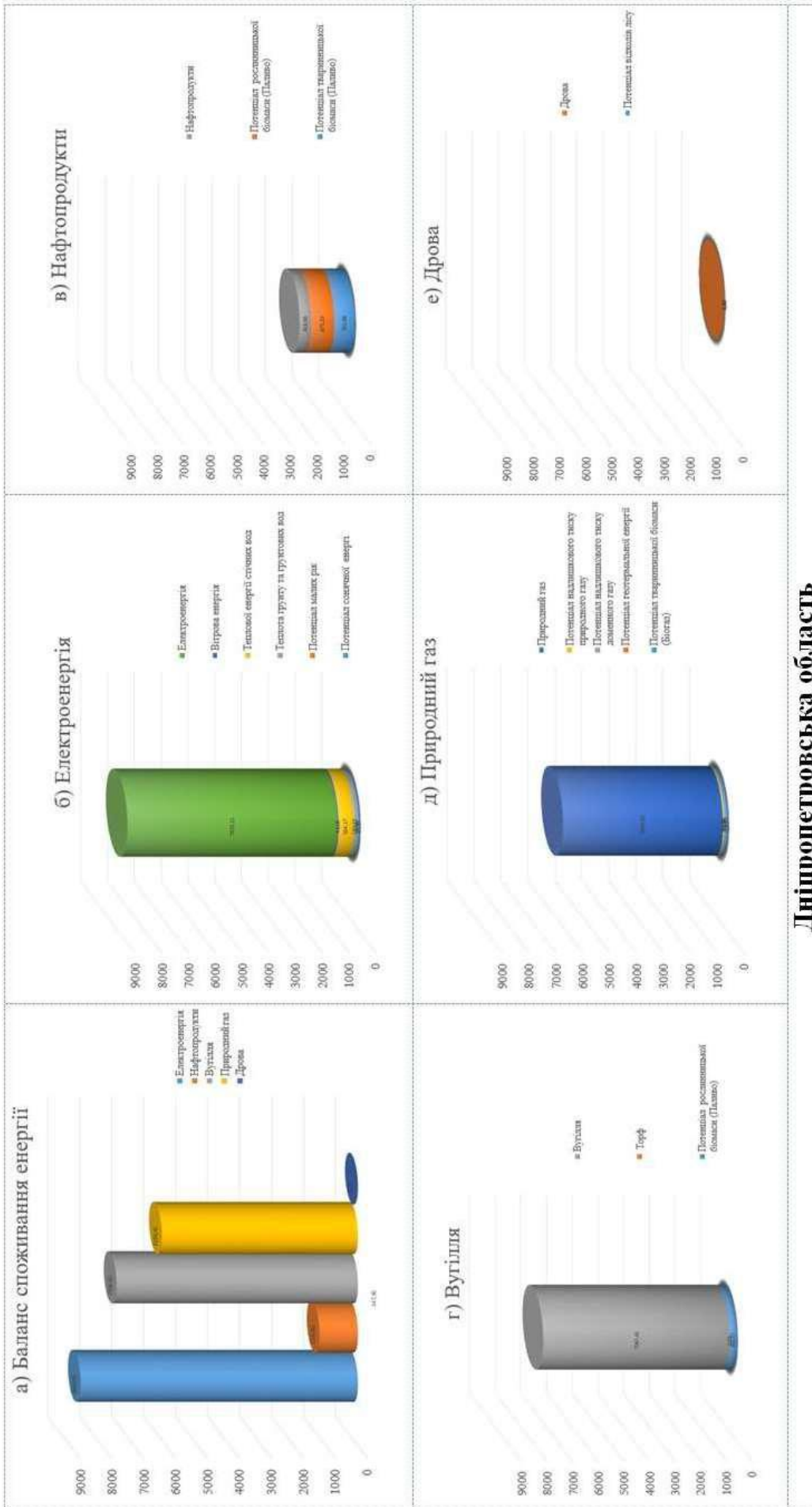


Рис. 5. Модель енергетичного потенціалу Дніпропетровської області з нетрадиційними джерелами енергії

Література:

1. Статистична інформація міністерства статистики України: http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/newscategory?cat_id=35081
2. Атлас енергетичного потенціалу відновлювальних джерел енергії України: <https://saee.gov.ua/sites/default/files/Kudria.pdf>
3. Гетун Г.В., Кошева В.О. Особливості кліматичного районування території України щодо найкращого розташування енергоактивних споруд // Строительство и техногенная безопасность, вып. 48. - Симферополь, 2013. – С. 50-55.
4. Одиниці потужності та співвідношення між різними одиницями вимірювання кількості теплоти та потужності: https://uhbdp.org/images/uhbdp/pdf/library_sabo/odynyci_kilkosti_teploty_ta_potuzhnosti.pdf
5. Величко С.А. Енергетика навколишнього середовища України (з електронними картами і графіками): <https://www.twirpx.com/file/170899/>
6. Гетун Г.В., Кошева В.О.Актуальність використання відновлювальних джерел енергії у будівельному секторі в умовах України/ Н. т. збірник «Енергоефективність в будівництві та архітектурі», вип. 9. – К.: КНУБА, 2017. – С. 44-48.
7. Плоский В.О. Функціональність графіки як методологічна основа графічних технологій// Прикладна геометрія та інженерна графіка, вип. 92. - К.: КНУБА, 2016. - С.93-99.
8. Getun G., Kosheva V. The peculiarities of climatic zoning of Ukraine area in terms of the best location for energy-active building/ Construction of optimized energy potential. – 1(13)2014. Politechnika Czestochowska Czestochowa University of Technology ISSN 2299-8535. – Czestochowa, 2014. – p. 28-32.

Кошева В.А., к.т.н., доцент Гетун Г.В.,

к.т.н., доцент Левковский Д.В.,

Киевский национальный университет строительства и архитектуры

ПОСТРОЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ МОДЕЛИ ЭНЕРГОВООРУЖЕННОСТИ РАЙОНОВ СТРОИТЕЛЬСТВА УКРАИНЫ

В статье рассмотрена методика построения комплексной геометрически математической модели для анализа энерговооруженности районов строительства Украины. Созданы схемы формирования комплексной энергетической модели по областям Украины. Определены существующие источники, и потенциалы нетрадиционных и возобновляемых источников

энергии для каждой области Украины. Все результаты исследования приведены к общим единицам измерения и сведены в таблицы, которые используются для визуализации и анализа энергооборуженности районов строительства. Для анализа энергоэффективности районов строительства построены столбиковые диаграммы, отражающие наличие существующих источников энергии и возможности их замещения возобновляемыми источниками энергии для каждой области Украины. На основе результатов исследований построены модели энергооборуженности для всех областей Украины с возможностью использования потенциалов нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.

Ключевые слова: комплексная модель энергооборуженности; существующие источники энергии; потенциал энергии; нетрадиционные источники энергии; возобновляемые источники энергии.

Kosheva Victoria,
PhD, Associate Professor Hetun Galina,
PhD, Associate Professor Levkivskyi Dmitro,
Kyiv National University of Construction and Architecture

COMPOSITION OF A COMPLEX MODEL OF ENERGY EQUIPMENT OF CONSTRUCTION AREAS OF UKRAINE

The article considers the method of composition a complex geometric-mathematical model for the analysis of energy supply of construction areas for Ukraine. Created schemes of formation of complex energy model on regions of Ukraine. Sources and potentials of non-traditional and renewable energy sources for each region of Ukraine are identified. All the results of the study are reduced to general units of measurement and are summarized in tables that are used to visualize and analyze the power supply of construction areas. To analyze the energy efficiency of the construction areas, bar charts are constructed that reflect the availability of traditional energy sources and the possibility of their replacement with renewable sources of energy for each region of Ukraine. Based on the results of the research, models of energy availability for all regions of Ukraine with the possibility of using the potentials of alternative and renewable energy sources are built.

Key words: complex model of energy power; traditional energy sources; energy potential; alternative energy sources; renewable energy sources.

REFERENCES

1. Statystychna informatsiia ministerstva statystyky Ukrainy: http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/newscategory?cat_id=35081 {in Ukrainian}
2. Atlas enerhetychnoho potentsialu vidnovliuvalnykh dzherel enerhii Ukrainy: <https://sae.gov.ua/sites/default/files/Kudria.pdf> {in Ukrainian}
3. Hetun H.V., Kosheva V.O. Osoblyvosti klimatychnoho raionuvannia terytorii Ukrainy shchodo naikrashchoho roztashuvannia enerhoaktyvnykh sporud // Stroytelstvo y tekhnohennaia bezopasnost, vyp. 48. - Symferopol, 2013. – S. 50-55. {in Ukrainian}
4. Odynytsi potuzhnosti ta spivvidnoshennia mizh rizznymy odynytsiamy vymiriuvannia kilkosti teploty ta potuzhnosti: https://uhbdp.org/images/uhbdp/pdf/library_sabo/odynyci_kilkosti_tepoty_ta_potuzhnosti.pdf {in Ukrainian}
5. Velychko S.A. Enerhetyka navkolyshnoho seredovyscha Ukrainy (z elektronnykh kartamy i hrafikamy): <https://www.twirpx.com/file/170899/> {in Ukrainian}
6. Hetun H.V., Kosheva V.O. Aktualnist vykorystannia vidnovliuvalnykh dzherel enerhii u budivelnomu sektori v umovakh Ukrainy/ N. t. zbirnyk «Enerhoefekyvnist v budivnytstvi ta arkhitekturi», vyp. 9. – K.: KNUBA, 2017. – S. 44-48. {in Ukrainian}
7. Ploskyi V.O. Funktsionalnist hrafiky yak metodolohichna osnova hrafichnykh tekhnolohii// Prykladna heometriia ta inzhenerna hrafika, vyp. 92. - K.: KNUBA, 2016. - S.93-99. {in Ukrainian}
8. Getun G., Kosheva V. The peculiarities of climatic zoning of Ukraine area in terms of the best location for energy-active building/ Construction of optimized energy potential. – 1(13)2014. Politechnika Czestochowska Czestochowa University of Technology ISSN 2299-8535. - Czestochowa 2014. – p. 28-32. {in English}