

## ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ Й ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ В КОНТЕКСТІ СВІТОВИХ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ

Предун К.М.

Київський національний університет будівництва і архітектури  
просп. Повітрофлотський, 31, 03037, м. Київ  
31172@ukr.net

Розглянуто сучасні тенденції екологічного будівництва на основі принципів біосферної сумісності. Показано необхідність комплексного, багаторівневого підходу до вирішення питань екологічної безпеки урбанізованих територій. Системи теплопостачання населених пунктів України сьогодні є прикладом неефективного використання паливно-енергетичних ресурсів у державі. Розглянуто особливості впровадження енергоаудиту в будівництві в державі. Доведено, що енергетичний аудит дозволяє об'єктивно оцінити енергетичний і фізичний стан будівель, вказати на основні недоліки, розрахувати та правильно підібрати заходи для їх усунення. Заміна основного палива – природного газу – для потреб джерел теплоти альтернативним дає економію коштів (за рахунок різниці цін природного газу та інших органічних палив) як власникам індивідуального житла, так і місцевим бюджетам (в умовах децентралізації державного управління). Водночас лише такі заходи породжують ряд інших проблем, однією з яких є збільшення забруднення навколишнього природного середовища. Влаштування альтернативних джерел енергії – сонячних електростанцій, використання теплонасосних технологій – вирішує проблему «теплого забруднення» атмосфери. На прикладі індивідуального житлового будинку на основі техніко-економічного порівняння варіантів його енергозабезпечення визначено пріоритетність заходів. На основі виконаних розрахунків обґрунтовані величини економії органічних палив і зменшення забруднення атмосферного повітря. Реалізація вказаних заходів дозволить зменшити споживання традиційного природного газу для потреб теплопостачання населених пунктів. *Ключові слова:* органічні палива, джерела енергії, енергопостачання, енергоефективність, енергоаудит, екологія, забруднювальні речовини, парникові гази, показники емісії, викиди в атмосферне повітря, сонячні електростанції, техніко-економічне обґрунтування.

### **Innovative technologies of heat supply systems design and operations in the context of global ecological challenges. Predun K.**

The article considers current trends in ecological construction based on the principles of biosphere compatibility. The necessity of an integrated, multi-level approach to addressing the environmental safety of urbanized areas is shown. Heat supply systems of residential areas of Ukraine are an example of the inefficient fuel and energy resources usage. The peculiarities of introduction of energy audit in construction in our country are considered. It is proved that the energy audit allows you to objectively assess the energy and physical conditional of buildings, point out the main shortcomings, calculate and correctly choose the measures to eliminate them. Substitution of the core fuel – natural gas with an alternative fuel – for the caloric sources need, yields costs economy for the individual property owners (due to the price difference between natural gas and other fossil fuels) as well as for the municipal treasures (under the conditions of decentralization of the governmental control). At the same time these efforts cause other challenges. Increased environmental pollution is one of them. Deployment of the alternative energy sources – solar power plants, usage of heat pump technologies solves the atmosphere “thermal pollution” challenge. Action plan and priorities are defined using the individual residential house example, and based on technical and economic feasibility study of its energy supply options. On the basis of the performed calculations, the values of natural gas savings and reduction of the atmosphere air pollution are determined. The implementation of these measures will reduce the consumption of traditional natural gas for the needs of the heat supply of settlements. *Key words:* organic fuels, energy sources, electrical power supply, energy efficiency, energy audit, ecology, pollution agents, greenhouse gases, emission indicators, atmospheric emissions, solar power plants, technical and economic feasibility study.

**Постановка проблеми.** Традиційно найбільш затребуваними в Україні є викопні ресурси: природний газ і вугілля, які сумарно складають понад 60% вітчизняного енергетичного балансу [1]. Після підписання Угоди про асоціацію з ЄС [2] в державі розпочалося реальне реформування паливно-енергетичного сектору економіки. Пріоритетом стають підвищення енергоефективності, використання енергії з альтернативних джерел [1]. Внаслідок впровадження таких заходів значно зменшується шкідливий вплив на довкілля (насамперед – атмосферне повітря) під час генерації, транспортування та використання енергії.

**Актуальність дослідження.** За рішеннями Паризької кліматичної угоди країни-підписанти повинні забезпечити недопущення підвищення глобальної середньої температури довкілля більш, ніж на 2°C (за можливості – не більше 1,5°C) [3] щодо показників доіндустріальної епохи. Моделювання ситуації показало, що, якщо органічні палива видобуватимуть із тією самою швидкістю протягом наступних 28 років, як це було упродовж 1988–2017 рр., то глобальні середні температури повітря зростуть на 4°C до кінця століття.

Ще однією метою Угоди є зменшення викидів парникових газів у атмосферу до нульового рівня

протягом другої половини ХХІ ст. Україна за період 1988–2015 рр. увійшла в топ-100 країн і компаній за величиною викидів парникових газів і займає 40 місце з 0,49% від загального обсягу викидів у атмосферне повітря [4].

Енергоефективність – дієвий спосіб вирішення проблем за рахунок зменшення первинного споживання енергії та, відповідно, скорочення викидів забруднювальних речовин і парникових газів в атмосферне повітря. У європейських країнах впровадження заходів згідно з вимогами Директиви Європарламенту 2012/27EU (збільшення частки альтернативних джерел енергії, використання вторинних енергоресурсів, відмови від використання вугілля тощо) [5] дає відчутний результат щодо пом'якшення наслідків зміни клімату.

Таким чином, зменшення споживання традиційних органічних видів палива в експлуатації будівель і споруд різного призначення та, відповідно, скорочення викидів забруднювальних речовин і парникових газів із продуктами спалювання в атмосферне повітря є актуальною проблемою.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Теплову енергію для централізованих систем населених пунктів генерують теплоелектроцентралі (ТЕЦ), опалювальні та промислово-опалювальні котельні. У місцевих системах тепlopостачання її забезпечують зазвичай квартирні та будинкові генератори, а останнім часом – і джерела альтернативних енергоресурсів.

Частка потужностей у тепловій генерації, що відповідає екологічним вимогам ЄС (щодо викидів в атмосферне повітря забруднювальних речовин і парникових газів), не перевищує декількох відсотків [1]. Аналогічна картина і з часткою альтернативних видів палива у місцевих паливно-енергетичних балансах [1; 6]. Проте, з погляду екологічних наслідків, домінування природного газу як основного палива для джерел тепlopостачання є найбільш сприятливим для довкілля [7].

Шляхом реалізації поставлених Законами України, іншими нормативно-правовими актами [1; 8–12] завдань до 2035 р. планується досягти європейського рівня щодо екобезпеки виробництва теплоти (поточний рівень викидів забруднювальних речовин в Україні, наприклад, при використанні вугілля є більшим за нормативи ЄС у середньому в 7–80 разів залежно від виду палива). Водночас частка місцевих альтернативних палив сягне 20%.

Останнім часом у світі дедалі більше уваги приділяється установкам, які безпосередньо перетворюють сонячне випромінювання в електричну енергію за допомогою напівпровідникових фотоелектричних елементів. В Україні вартість такої електроенергії сьогодні у декілька разів перевищує вироблену традиційним способом, наприклад, тепловими електростанціями (ТЕС) [13]. Незважаючи на це, широко впроваджуються як дрібні установки для енерго-

постачання індивідуальних будинків, так і великі сонячні електростанції (СЕС), здатні замінити традиційні на викопних паливах.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.** Робота присвячена дослідженню ефективності заходів із заміни в Україні традиційних палив і джерел енергії альтернативними для потреб тепlopостачання як окремих будівель і споруд, так і населених пунктів загалом, а також оцінки впливу на навколишнє природне середовище викидів забруднювальних речовин разом із продуктами спалювання.

**Виклад основного матеріалу.** Індивідуальний двоповерховий житловий будинок котеджного типу розташований поблизу м. Києва. Кондиціонування площа складає  $A_f = 180 \text{ м}^2$ . Теплова енергія використовується для потреб опалення і гарячого водопостачання (розрахунки виконано відповідно до вимог [14; 15]):  $Q_{H,nd} + Q_{DHW,nd} = 7\,927 \text{ кВт-год}$ . Для таких будівель нормативне максимальне значення питомої енергопотребности на підставі [14] дорівнює  $EP_{max} = 120 \text{ кВт-год/м}^2$ . За результатами розрахунку питомої енергопотребности її величина становить  $EP = 44,04 \text{ кВт-год/м}^2$ , що відповідає класу енергоефективності «С», тобто мінімальним вимогам чинних нормативних документів для житлових і громадських будівель, що проектується.

На підставі розгляду декількох можливих варіантів опалення з урахуванням вимог нормативних документів і рекомендацій на проектування [15; 16] була прийнята така структурна схема опалення: перший поверх – «тепла підлога», другий поверх – горизонтальна система з використанням як опалювальних приладів фанкойлів. Параметри теплоносія – гарячої води – 45–35°C. Регулювання теплових потоків відбувається за допомогою термостатичних клапанів. У теплий період року за допомогою фанкойлів передбачається охолодження внутрішнього повітря.

Індивідуальний тепловий пункт (ІТП) розташований у приміщенні цокольного поверху. Він оснащується автоматичними пристроями, які реалізують погодне регулювання і підтримують задану температурним графіком температуру теплоносія системи опалення.

Для систем тепlopостачання житлових будинків традиційним енергоносієм є природний газ. В умовах зростання його вартості, а також збільшення вимог щодо енергоефективності будинку розглянуто декілька альтернативних варіантів тепlopостачання.

Органічні види палива – природний газ, вугілля, торф – спалюють в індивідуальних теплогенеруючих установках (ТГУ), топки котрих розраховані на згоряння відповідних палив. Також проаналізовані варіанти екологічно чистої енергетики – встановлення як індивідуального електродкотла, підключеного до міських електромереж, так і теплонасосної установки (ТНУ) типу «повітря-вода», яка живиться електроенергією, виробленою власною сонячною

електростанцією (СЕС). Проміжний варіант – комбіноване забезпечення електроенергією власної сонячної електростанції, а у разі її недостачі – мережевим струмом, що надходить від теплоелектростанції. Паливо для ТЕС – газове вугілля марки ГР.

Фізико-хімічні властивості використаних палив наведено у табл. 2 і 3.

Як СЕС запропоновано використати інноваційні технології: сонячні плити Tesla [17], суміщені з конструкцією покрівлі даху, кожна з яких містить по два елементи вихідною електричною потужністю 12 Вт кожний. Відповідно до конструктиву покрівлі загальна кількість плиток, розміщених на даху будинку,  $n = 661$  шт. Таким чином, максимальна потужність «сонячного даху» становитиме 15 864 Вт, якої більш ніж достатньо для потреб будинку. Надлишкова енергія надходитиме в акумулятор Powerwall 2 [17], від якого в період відсутності сонячної активності, наприклад, уночі живитимуться усі споживачі.

Протягом року може бути згенеровано 5 580 кВт-год. електроенергії. Різниця від потреби – приблизно 2 500 кВт – компенсується мережевим струмом.

Із застосуванням теплонасосної установки сумарна споживана потужність протягом року складе 4 632 кВт-год., що гарантовано «покривається» власною СЕС. Для екстрених випадків передбачено

дизельний електрогенератор потужністю 5 кВт для забезпечення безперервної роботи теплового насосу.

Прогнозовані викиди в атмосферне повітря разом із продуктами згоряння визначені розрахунковим шляхом згідно з методикою [18] на основі даних про кількість і фізико-хімічні властивості використаних палив. Також враховані характеристики процесів спалювання й ефективність заходів щодо зменшення викидів кожного з інгредієнтів. Загалом разом із димовими газами в атмосферне повітря надходять:

- 1) забруднювальні речовини:
  - а) оксиди азоту  $NO_x$  в перерахунку на діоксин азоту  $NO_2$ ;
  - б) оксид вуглецю  $CO$ ;
  - в) сполуки сірки в перерахунку на сірчистий ангідрид  $SO_2$ ;
  - г) тверді частки у вигляді сажі, золи тощо;
- 2) парникові гази:
  - а) діоксин вуглецю  $CO_2$ ;
  - б) метан  $CH_4$ ;
  - в) діазоту оксид  $N_2O$ .

Для невеликих ТГУ, зазвичай, відсутні дієві заходи щодо зменшення викидів забруднювальних речовин і парникових газів в атмосферне повітря. Результати розрахунків наведено у табл. 4.

Вартість кожного з палив визначена за ринковими цінами станом на 01 травня 2019 р. Для твердих палив

Таблиця 1

Варіанти теплозабезпечення індивідуального будинку

Позн.	Джерело теплоти	Паливо		Витрата електроенергії, кВт-год	Джерело електроенергії
		вид	витрата, кг/рік		
A1	ТГУ	Газ природний	959*		
A2	Те саме	Вугілля	1 941		
A3	Те саме	Торф	3 960		
A4	Те саме	Електроенергія	5 021**	8 050	ТЕС
Б	Те саме	Електроенергія	-	5 580	СЕС
			1 564**	2 470	ТЕС
В	ТНУ	Електроенергія	-	4 632	СЕС

Примітки. \* Для природного газу витрата палива вказана у  $m^3$ . \*\* Витрата палива визначена з урахування втрат при трансформації та передачі енергії від ТЕС до електроцифрової будинку.

Таблиця 2

Фізико-хімічні властивості природного газу [18]

Родовище	Склад газу, % об'ємний				Густина $\rho$ , кг/ $m^3$	Теплота спалювання $Q_{н}^p$ , МДж/ $m^3$
	$CH_4$	$C_2H_6$	$CO_2$	$N_2$		
Ямбурзьке	98,6	0,1	0,1	1,2	0,723	33,07

Таблиця 3

Фізико-хімічні властивості твердих палив [18]

Вид палива	Родовище	Склад палива, %							Теплота спалювання $Q_{н}^p$ , МДж/кг
		$C^p$	$H^p$	$N^p$	$O^p$	$S^p$	$A^p$	$W^p$	
Вугілля ГР	Львівсько-Волинське	49,3	3,6	1	8,3	1,5	21,8	13	19,6
Торф	Волинське	30	3	1,2	3	0,15	12,5	50	8,95

у подальших розрахунках не врахована вартість доставки, зберігання та утилізації твердих відходів.

Податкові зобов'язання за викиди забруднювальних речовин і парникових газів в атмосферне повітря розраховані відповідно до вимог ст. 243 ПКУ-2019 [19].

Із використанням мережевого струму для опалення та підігріву води зростає кількість органічного палива, спожитого ТЕС, за рахунок втрат при генерації, передачі та використанні електроенергії. Водночас на джерелах централізованого енергозабезпечення за рахунок запровадження новітніх технологій спалювання вугілля, встановлення пилогазоочисного устаткування можна суттєво зменшити «теплове забруднення» атмосферного повітря.

Для кожного з розглянутих варіантів теплопостачання індивідуального житлового будинку підібрано

технологічне устаткування в середньому ціновому в Україні діапазоні станом на 01 травня 2019 р. Вартість послуг із підключення до відповідних вуличних мереж вказана для типових схем. Вартість обладнання СЕС обрахована за курсом національної валюти станом на 01 травня 2019 р. Результати розрахунків наведено у табл. 6.

Якщо за критерій порівняння вибрати вартість технологічного устаткування, то найбільш економічним варіантом забезпечення тепловою енергією є влаштування електричного підігріву води для систем опалення і гарячого водопостачання шляхом підключення електрощитової будинку до мережевого струму ТЕС. Влаштування власної СЕС дорожче більш, ніж у 10 разів.

Більш доцільно порівняти конкурентоспроможність запропонованих варіантів теплопостачання

Таблиця 4

**Викиди забруднювальних речовин і парникових газів із використанням індивідуальних теплогенераторів на органічному паливі**

Показник	Умовн. позначка	Один. виміру	Паливо		
			Газ	Вугілля	Торф
1. Теплове навантаження	$Q$	кВт	7 927	7 927	7 927
2. Витрата палива	$B$	м <sup>3</sup> /рік	959	-	-
		т/рік	0,693	1,941	3,960
А. Викиди забруднювальних речовин					
3. Оксиди азоту:					
- показник емісії	$k_{NO_x}$	г/ГДж	56	100,9	100,9
- валовий викид	$M_{NO_x}$	т/рік	0,0013	0,0038	0,0036
4. Оксид вуглецю:					
- показник емісії	$k_{CO}$	г/ГДж	17	121	121
- валовий викид	$M_{CO}$	т/рік	0,0004	0,0042	0,0042
5. Тверді частинки (сажа):					
- показник емісії	$k_{TB}$	г/ГДж	-	1 676	2 105
- валовий викид	$M_{TB}$	т/рік	-	0,0638	0,0746
6. Оксиди сірки:					
- показник емісії	$k_{SO_2}$	г/ГДж	-	1377	302
- валовий викид	$M_{SO_2}$	т/рік	-	0,0524	0,0107
7. Разом	$\Sigma M_I$	т/рік	0,0017	0,1242	0,0931
Б. Викиди парникових газів					
8. Діоксид вуглецю:					
- показник емісії	$k_{SO_2}$	г/ГДж	57 659	93 740	121 675
- валовий викид	$M_{SO_2}$	т/рік	1,3214	3,5662	4,3124
9. Метан:					
- показник емісії	$k_{CH_4}$	г/ГДж	1	1	1
- валовий викид	$M_{CH_4}$	т/рік	0,00002	0,00004	0,00004
10. Оксид діазоту:					
- показник емісії	$k_{N_2O}$	г/ГДж	0,1	1,4	1,3
- валовий викид	$M_{N_2O}$	т/рік	$2,3 \cdot 10^{-6}$	0,00005	0,00005
11. Разом:	$\Sigma M_{II}$	т/рік	1,3214	3,5663	4,3125
12. Всього викиди:	$\Sigma M$	т/рік	1,3231	3,6905	4,4056
В. Економічні показники					
13. Вартість палива	$C$	грн	8 243,24	5 046,60	7 920,00
14. Податкові зобов'язання	$PЗ$	грн.	16,45	179,94	85,67

**Викиди забруднювальних речовин і парникових газів із використанням  
індивідуальних електричних теплогенераторів**

Показник	Умовн. позначка	Один. виміру	Паливо – вугілля		
			ТЕС	СЕС+ТЕС	ТЕС*
1. Теплове навантаження	$Q$	кВт	7 927		
2. Витрата палива	$B$	т/рік	5,021	1,564	5,021
А. Викиди забруднювальних речовин					
3. Оксиди азоту:					
- показник емісії	$k_{NOx}$	г/ГДж	116	116	43
- валовий викид	$M_{NOx}$	т/рік	0,0114	0,0036	0,0042
4. Оксид вуглецю:					
- показник емісії	$k_{CO}$	г/ГДж	11,4	11,4	9,7
- валовий викид	$M_{CO}$	т/рік	0,0011	0,0003	0,0010
5. Тверді частинки (сажа):					
- показник емісії	$k_{TR}$	г/ГДж	282	282	282
- валовий викид	$M_{TR}$	т/рік	0,0278	0,0086	0,0278
6. Оксиди сірки:					
- показник емісії	$k_{SO2}$	г/ГДж	1 454	1 454	72
- валовий викид	$M_{SO2}$	т/рік	0,1431	0,0446	0,0071
7. Разом	$\Sigma M_I$	т/рік	0,1834	0,0571	0,0401
Б. Викиди парникових газів					
8. Діоксид вуглецю:					
- показник емісії	$k_{SO2}$	г/ГДж	91814	91 814	91 814
- валовий викид	$M_{SO2}$	т/рік	9,0356	2,8145	9,0356
9. Метан:					
- показник емісії	$k_{CH4}$	г/ГДж	1	1	1
- валовий викид	$M_{CH4}$	т/рік	0,0001	0,00003	0,0001
10. Оксид діазоту:					
- показник емісії	$k_{N2O}$	г/ГДж	1,4	1,4	1,4
- валовий викид	$M_{N2O}$	т/рік	0,0001	0,00004	0,0001
11. Разом:	$\Sigma M_{II}$	т/рік	9,0358	2,8146	9,0358
12. Всього викиди:	$\Sigma M$	т/рік	9,2192	2,8717	9,0759
В. Економічні показники					
13. Вартість палива	$C$	грн	13 054,6	4 066,4	13 054,6
14. Податкові зобов'язання	$PЗ$	грн	472,25	147,31	121,14

Примітка. \* Для зменшення викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря запроваджені технології спалювання вугілля в кип'ячому шарі, а також десульфатизації димових газів.

**Вартість технологічного устаткування**

Найменування витрат	Варіант теплозабезпечення					
	A1	A2	A3	A4	Б	В
1. Підключення до мережі:						
- газопостачання	14 500	-	-	-	-	-
- електропостачання	25 000	25 000	25 000	25 000	25 000	25 000
2. ТНУ	-	-	-	-	-	154 000
3. Індивідуальна ТГУ:						
- газова	34 650	-	-	-	-	-
- твердопаливна	-	110 340	110 340	-	-	-
- електрична	-	-	-	17 380	17 380	-
4. Покрівля даху:						
- звичайна черепиця	46 000	46 000	46 000	46 000	-	-
- черепиця Tesla	-	-	-	-	588 800	588 800
5. Акумулятор + інвертор	-	-	-	-	196 000	196 000
Всього	120 150	181 340	181 340	88 380	827 180	963 800

## Порівняння вартості варіантів теплопостачання

Варіант теплопостачання			Вартість, тис. грн				Пріоритет
			паливо	викиди	обладнання	всього	
A1	ТГУ	газ	103,04	0,21	132,17	235,42	1
A2	ТГУ	вугілля	63,08	2,25	199,47	264,80	2
A3	ТГУ	торф	99,00	1,07	199,47	299,54	4
A4	ТГУ	ТЕС	163,18	5,90	97,22	266,30	3
Б	ТГУ	СЕС+ТЕС	50,83	1,84	909,90	962,57	5
В	ТНУ	СЕС	-	-	1060,18	1060,18	6

індивідуального будинку за деякий проміжок часу, наприклад, 10 років. У розрахунках вартості палив, податкових зобов'язань за викиди продуктів спалювання в атмосферне повітря враховано інфляційні очікування в розмірі 25%. На ціну обладнання нараховано 10% витрат на поточні ремонти.

**Головні висновки.** За результатами виконаних розрахунків визначено пріоритетність варіантів теплопостачання індивідуальних житлових будинків. Незважаючи на найдорожчу ціну природного газу порівняно з іншими паливами, він залишається основним екологічно безпечним енерго-

носієм для потреб теплопостачання будівель і споруд. Сонячні електростанції, попри повну відсутність забруднень довкілля, залишаються найдорожчим варіантом альтернативної енергетики. За умови продажу всієї виробленої електроенергії за «зеленим тарифом» [13] термін окупності такої СЕС складе не менше 15 років. Водночас слід суттєво збільшити в ПКУ зобов'язання за викиди продуктів спалювання в атмосферне повітря, оскільки їх частка для найгіршого варіанта забруднення довкілля – вугільної ТЕС – не перевищує 2,5% від загальних витрат.

## Література

1. Енергетична стратегія України на період до 2035 р. «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». Схвалено розпорядженням КМУ від 18 серпня 2017 р. № 605-р. URL: [http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/article?art\\_id=245234085](http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/article?art_id=245234085) (дата звернення: 10.06.2019).
2. Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984\\_011](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011) (дата звернення: 10.06.2019).
3. Паризька кліматична угода: що відбувається та які результати? URL: [https://24tv.ua/blog\\_media\\_tag5427](https://24tv.ua/blog_media_tag5427) (дата звернення: 10.06.2019).
4. Україна попала в ТОП-100 стран по выбросу парниковых газов: названо место. URL: <https://economy.apostrophe.ua/news/finansy-i-banki/2018-10-09/ukraina-popala-v-top-100-stran-po-vyibrosu-parnikovuyih-gazov-nazvano-mesto-/142923> (дата звернення: 10.06.2019).
5. Директива Європейського парламенту та Ради 2012/27/EU «Про енергоефективність». URL: [http://sae.gov.ua/sites/default/files/UKR\\_Directive\\_27\\_2012\\_2](http://sae.gov.ua/sites/default/files/UKR_Directive_27_2012_2) (дата звернення: 10.06.2019).
6. Войтко С.В., Волинець К.В. Дослідження динаміки обсягів інвестування в альтернативну енергетику за секторами та регіонами. *Економічний форум*. 2017. № 1. С. 58–63.
7. Predun K.M., Shevchuk O.M., Franchuk Y.Y. Modernization of applied organizational and technological solutions in design and use modern heating systems. *Innovative Solutions In Modern Science*. 2019. № 2 (29). P. 61–77.
8. Про енергетичну ефективність будівель : Закон України № 2118-VII. *Відомості Верховної Ради України*. 2017. № 3. С. 5. Ст. 359.
9. Про теплопостачання : Закон України. Редакція від 09 червня 2018 р. № 2417-VIII. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2633-15> (дата звернення: 10.06.2019).
10. Про альтернативні види палива : Закон України. Редакція від 24 листопада 2016 р. № 1713-VIII. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1391-14> (дата звернення: 10.06.2019).
11. Про альтернативні джерела енергії : Закон України. Редакція від 11 червня 2017 р. № 2019-VIII. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15> (дата звернення: 10.06.2019).
12. Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України. Редакція від 12 жовтня 2018 р. № 2354-VIII. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12> (дата звернення: 10.06.2019).
13. Про внесення змін до Закону України «Про електроенергетику» щодо стимулювання виробництва електроенергії, виробленої з використанням альтернативних джерел енергії : Закон України. № 1804-VIII. *Відомості Верховної Ради України*. 2017. № 4. С. 85. Ст. 47.
14. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. Чинний із 01 травня 2017 р. Київ : Мінрегіон України, 2017. 30 с.
15. ДСТУ Б А.2.2-12:2015. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні. Чинний із 01 січня 2016 р. Київ : Мінрегіон України, 2015. 145 с.
16. ДБН В.2.5-67:2013. Інженерне обладнання будинків і споруд. Опалення, вентиляція та кондиціонування. Чинний з 01 січня 2014 р. Київ : Мінрегіон України, 2013. 141 с.

17. URL: <https://ecotechnica.com.ua/products/1611-solnechnaya-krysha-tesla-i-domashnie-batarei-powerwall-2-ilon-mask-prezentoval-novinki-video.html> (дата звернення: 10.04.2019).
18. ГҚД 34.02.305-2002. Викиди забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок. Методика визначення. Київ : Видавництво «КВЦ», 2002. 50 с.
19. Податковий кодекс України. № 2755-VI від 02 грудня 2010. Редакція від 01 січня 2019 р. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2628-19> (дата звернення: 10.06.2019).