

УДК 697.34.005.8:711.4

Предун Костянтин Миронович

Кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри теплогазопостачання і вентиляції,

orcid.org/0000-0002-2634-9310

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

**ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПАЛИВ
ДЛЯ ПОТРЕБ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ УКРАЇНИ**

***Анотація.** Системи централізованого теплопостачання населених пунктів України сьогодні є прикладом неефективного використання паливно-енергетичних ресурсів у державі. Заміна основного палива (природного газу) для потреб джерел теплоти альтернативним дає економію коштів місцевих бюджетів в умовах децентралізації державного управління (за рахунок різниці цін природного газу та інших органічних палив). Водночас лише такі заходи породжують ряд інших проблем. Збільшення забруднення навколишнього природного середовища – одна з них. Досліджено шляхи підвищення енергоефективності та енергозбереження в житлово-комунальному господарстві з метою зменшення викидів забруднюючих речовин і парникових газів в атмосферу. На основі виконаних розрахунків визначена пріоритетність заходів. Їх реалізація дозволяє залишити в якості основного органічного палива для потреб централізованого теплопостачання найбільш екологічне – природний газ.*

***Ключові слова:** система теплопостачання; енергоефективність; житловий будинок; термомодернізація; природний газ; альтернативні палива; газове вугілля; викиди забруднюючих речовин; парникові гази; заходи зі зменшення викидів в атмосферу; податкові зобов'язання за викиди в атмосферу*

Вступ

Інженерна інфраструктура населених пунктів України є одним з найбільших споживачів паливно-енергетичних ресурсів [1]. Створена переважно у 60...80-ті рр. минулого століття вона морально застаріла, характеризується понаднормативними втратами при генерації, транспортуванні та використанні енергії, зростаючою кількістю аварій, частина з яких призводить до виникнення надзвичайних ситуацій з негативними екологічними наслідками.

Постановка проблеми

Системи теплопостачання у порівнянні з іншими системами інженерного забезпечення населених пунктів перебувають чи не у найгіршому стані. Загалом будь-яка система теплопостачання складається з трьох основних структурних елементів [2]:

1) джерела теплоти, в якому при спалюванні органічного палива відбувається генерація теплоти (як правило, підігрів мережної води), що супроводжується викидами забруднюючих речовин, у т.ч. і парникових газів в атмосферу;

2) теплових мереж, які забезпечують транспортування підігрітої води від джерела теплоти до споживачів і охолодженої – у зворотному напрямку;

3) споживачів теплоти – теплових пунктів будівель і споруд різного призначення, до яких підключають системи опалення, вентиляції та гарячого водопостачання з метою забезпечення нормованих значень параметрів мікроклімату у приміщеннях в холодний період року, а також господарсько-побутових потреб мешканців.

Соціальна спрямованість державної політики, популізм у недалекому минулому стосовно тарифів на житлово-комунальні послуги поставили Україну перед безпрецедентними викликами, які впливають із значної залежності від імпорту енергоресурсів, а також перед необхідністю обмежити наслідки зміни клімату і подолати економічну кризу. Енергоефективність – дієвий засіб вирішення проблеми за рахунок зменшення первинного споживання енергії та скорочення імпорту енергоносіїв, насамперед, природного газу. Крім того, вона сприяє скороченню викидів парникових газів і, відповідно, пом'якшенню наслідків зміни клімату. Перехід до більш енергоефективної економіки викликає необхідність розробки та впровадження інноваційних технологічних рішень, стимулюючи економічне зростання і створюючи високоякісні робочі місця в галузях, пов'язаних з енергоресурсозбереженням.

Аналіз основних рішень і публікацій

В Україні розроблена законодавча база та прийняті нормативно-технічні документи, гармонізовані з відповідними європейськими директивами і нормами щодо зменшення як первинного енергоспоживання, так і викидів парникових газів в атмосферне повітря. Наприклад, в Законі України «Про енергоефективність будівель» [3] визначено ряд заходів щодо зменшення використання енергії для потреб тепlopостачання. А в нормативному документі [4] запропоновано технічні рішення з термомодернізації житлових будинків.

Проте, встановивши ринкові ціни на енергоносії, в умовах монополізації ринку житлово-комунальних послуг держава не стимулює їх ефективного використання. Збереження можливостей уникнення необхідності реалізувати енергозберігаючі проекти завдяки отриманню різного роду пільг (наприклад, субсидіювання витрат) є суттєвим викликом державній політиці у цій сфері.

Для переважної більшості населених пунктів України природний газ був і залишається основним видом палива (як найбільш екологічне) для теплоелектроцентралей і водонагрівальних котельнь, у т.ч. будинкових. Загалом, у 2017 р. у державі спожито приблизно 34 млрд м³ природного газу: 20 млрд м³ газу власного видобутку і 14 млрд м³ – імпортного. Вимоги до якості природного газу встановлені чинним нормативним документом [5] ще колишнього СРСР.

Останнім часом деякі тепlopостачальні підприємства – власники генеруючих потужностей, особливо на місцевому рівні, переходять на використання альтернативних палив: як органічних, так і відходів виробництва – деревообробки, рослинництва тощо. Тобто, відбувається лише заміна палива для генерації теплоти без розробки заходів щодо зменшення його споживання, насамперед, термомодернізації зовнішньої оболонки наявних будівель і споруд. У роботі [6] показано, що приведення у відповідність з вимогами чинних нормативних документів теплозахисних властивостей зовнішніх огорож дозволить зменшити споживання теплоти для потреб опалення майже у 2,5...3,0 рази.

Мета статті

Дана робота присвячена дослідженню ефективності заходів щодо заміни природного газу альтернативним паливом для потреб централізованого тепlopостачання населених

пунктів України, а також оцінки впливу на навколишнє природне середовище викидів забруднюючих речовин разом з продуктами спалювання.

Виклад основного матеріалу

Проаналізовано систему тепlopостачання району житлової багатоповерхової забудови населеного пункту України, який знаходиться у І температурній зоні України. Загальна кількість будинків – 35. Усі будинки – 4-секційні, 5-поверхові, на 80 квартир кожний, побудовані за типовими проектами у 70-ті рр. минулого століття. Теплова потужність системи опалення будівлі становить $Q_0 = 500$ кВт. Джерелом теплоти є опалювальна котельня з якісним регулюванням теплових потоків. В якості палива використовується природний газ. Індивідуальні теплові пункти кожного із будинків за залежною схемою підключені до міських теплових мереж зі сталевих труб, прокладених у непрохідних каналах. Система тепlopостачання була розрахована на дотримання температурного графіка $T_1/T_2 = 150/70^\circ\text{C}$. Для задоволення потреб у гарячому водопостачанні у кухнях кожної із квартир встановлено проточні газові водонагрівачі.

З урахуванням усіх можливих втрат на шляху транспортування теплоносія «джерело теплоти – окремий опалювальний прилад» витрата первинного палива – природного газу – протягом опалювального періоду складає 221.1 тис.м³ (з розрахунку на один будинок), а для житлового мікрорайону – 7,74 млн м³/рік. Вартість палива – $c = 7190$ грн/1000 м³.

Після виконання термомодернізації зовнішньої оболонки будинку витрата природного газу для потреб опалення суттєво зменшується і становить 88 тис.м³.

При заміні природного газу альтернативним паливом, наприклад, вугіллям марки ГР Львівсько-Волинського басейну, джерело теплоти додатково слід обладнати:

- 1) котлоагрегатами, призначеними для його спалювання;
- 2) пилогазоочисним устаткуванням для зменшення викидів забруднюючих речовин (здебільшого золи) в атмосферне повітря.

Окрім того, площа земельної ділянки для розміщення джерела теплоти з використанням в якості палива природного газу є найменшою у порівнянні з будь-якими іншими видами палив [9]. Тобто, в умовах щільної міської забудови може виникати проблема щодо розміщення на території наявної котельні паливних складів і золовідвалів, що викличе в свою чергу збільшення розмірів санітарно-захисної зони та її можливе «накладання» на зону прилеглої житлової забудови.

Таблиця 1 – Фізико-хімічні властивості природного газу [7]

Родовище газу	Склад газу, % об'ємний				Густина ρ , кг/м ³	Теплота спалювання нижча Q_p^H , МДж/м ³
	CH ₄	C ₂ H ₆	CO ₂	N ₂		
1	2	3	4	5	6	7
Ямбурзьке	98,6	0,1	0,1	1,2	0,73	34,0

Таблиця 2 – Фізико-хімічні властивості вугілля [8]

Марка	A _г , %	W _г , %	Елементний склад (масовий вміст на горючу масу), %						Теплота спалювання нижча Q_p^H , МДж/кг
			C ^{daf}	H ^{daf}	S ^{daf}	O ^{daf}	N ^{daf}	V ^{daf}	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ГР	23	10	79,5	5,2	3,7	10,3	1,3	39	23

Примітки. A_г – зольність палива у робочому стані; W_г – те ж, вологість. Вартість вугілля – с = 2450 грн/т.

У табл.3 подано результати розрахунку витрат основного і альтернативного палив без зміни теплової потужності котельні (на прикладі опалення одного будинку). Прогнозовані викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря визначені розрахунковим шляхом, який базується на використанні показників емісії, згідно з методикою [7] на основі даних про склад та витрату палива. Показник емісії характеризує масову кількість забруднюючої речовини, яка викидається в атмосферу разом з димовими газами, віднесена до одиниці енергії, що виділяється під час згоряння палива. При цьому враховуються характеристики процесу спалювання та заходи щодо зменшення викиду тієї чи іншої забруднюючої речовини.

Загалом при спалюванні органічних палив разом з димовими газами в атмосферне повітря надходять такі інгредієнти:

- 1) забруднюючі речовини:
 - а) тверді частки у вигляді золи, сажі тощо;
 - б) оксиди сірки SO_x в перерахунку на діоксид сірки SO₂;

в) оксиди азоту NO_x в перерахунку на діоксид азоту NO₂;

г) оксид вуглецю CO;
 д) важкі метали та їх сполуки (в умовах даної задачі їх кількістю можна знехтувати);

2) парникові гази у складі:

- а) діоксид вуглецю CO₂;
- б) метан CH₄;
- в) оксид діазоту N₂O.

При розрахунку викидів в атмосферне повітря враховувалось, що у разі переведення котельні на використання твердого палива конструкцією котлоагрегатів передбачено рідке шлаковидалення. Для уловлення твердих часток використовуються електростатичні фільтри типу ЕГА з ефективністю золоуловлення 0,95. Установки для очищення димових газів від оксидів азоту і сірки відсутні.

Податкові зобов'язання за викиди забруднюючих речовин та парникових газів в атмосферне повітря розраховують згідно з вимогами [10] на підставі ставок податку, які вказано у табл. 4.

Результати розрахунків викидів подано у табл. 3.

Таблиця 3 – Результати розрахунків викидів забруднюючих речовин і парникових газів в атмосферне повітря протягом опалювального періоду (на прикладі одного будинку)

Показник	Умовні позначення	Одиниці виміру	Паливо			
			природний газ		вугілля	
			термомодернізація оболонки будинку			
			до	після	до	після
1	2	3	4	5	6	7
1. Витрата палива	В	м ³	221000	88000	-	-
	В	т	161,33	64,24	373,22	130,07
А. Викиди забруднюючих речовин						
2. Оксиди азоту:						
- показник емісії	k _{NOx}	г/ГДж	56		122,8	
- валовий викид	E _{NOx}	т	0,4208	0,1676	1,054	0,3673
3. Оксиди сірки						
- показник емісії	k _{SOx}	г/ГДж	-		2808	
- валовий викид	E _{SOx}	т	-	-	24,11	8,402
4. Оксид вуглецю:						
- показник емісії	k _{CO}	г/ГДж	17		11,4	
- валовий викид	E _{CO}	т	0,1288	0,0513	0,098	0,0341

Закінчення табл. 3

1	2	3	4	5	6	7
5. Тверді частки:						
- показник емісії	$k_{сажі}$	г/ГДж	-		355,3	
- валовий викид	$E_{сажі}$	т	-	-	3,05	1,063
6. Разом	ΣE_1	т	0,5496	0,2189	28,312	9,8664
Б. Викиди парникових газів						
7. Діоксид вуглецю:						
- показник емісії	k_{CO_2}	г/ГДж	57659		126293	
- валовий викид	E_{CO_2}	т	433,24	172,51	1084,1	377,81
8. Метан:						
- показник емісії	k_{CH_4}	г/ГДж	1		1	
- валовий викид	E_{CH_4}	т	0,0075	0,003	0,0086	0,003
9. Оксид діазоту:						
- показник емісії	k_{N_2O}	г/ГДж	0,1		1,4	
- валовий викид	E_{N_2O}	т	0,00075	0,0003	0,012	0,0042
10. Разом:	ΣE_2	т	433,25	172,51	1084,12	377,82
11. Всього викиди:	ΣE	т	433,80	172,73	112,43	387,69
В. Економічні показники						
12. Вартість палива	ВП	грн.	1589990,0	632720,0	914390,0	318670,0
13. Податкові зобов'язання	ПЗ	грн.	984,2	395,0	50170,0	17483,6

Таблиця 4 – Ставки податку на викиди забруднюючих речовин і парникових газів

Речовина	NO _x	CO	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	SO ₂	сажа
1	2	3	4	5	6	7	8
Ставка податку, грн./т	1968,65	74,17	0,33	3224,65	111,26	1968,65	74,17

Аналіз виконаних розрахунків засвідчив, що при переведенні опалювальних котелень з природного газу на альтернативні палива, наприклад, вугілля з Львівсько-Волинського басейну марки ГМ, викиди в атмосферне повітря парникових газів збільшуються у 2,5 рази, а забруднюючих речовин – у понад 50. В останньому випадку основний вклад у забруднення вносить сірчистий ангідрид. Є декілька причин цього:

1) високий вміст оксидів сірки у складі вугілля $S^{daf} = 3,7\%$;

2) відсутність заходів з очищення продуктів спалювання від цих інгредієнтів.

При контакт з водяною парою в атмосфері сполуки SO₂ і SO₃ утворюють сірчисту і сірчану кислоти, чим спричиняють погіршення здоров'я людини, руйнування металевих конструкцій, зниження прозорості атмосфери та врожайності сільськогосподарських культур. Відповідно і плата за викиди в атмосферне повітря разом з продуктами спалювання при використанні вугілля перевищує у більш ніж 50 разів аналогічну у разі застосування природного газу.

Основним методом очищення вугілля від сполук сірки є введення спеціальних присадок до палива, а також зменшення їх вмісту після видобутку на гірничо-збагачувальних фабриках (перед застосуванням) до величин не більше 2%.

Для очищення продуктів спалювання від оксидів сірки існує безліч методів. Це і зрошення димових газів вапняним молоком, окиснення на ванадієвому каталізаторі чи окиснення тощо. Проте усі вони дорого коштують, і реалізація можлива лише на великих котельнях і ТЕЦ. Для теплогенераторів автономних систем теплопостачання це практично нездійсненно.

Під час спалювання природного газу за шкідливістю викидів на перше місце виходять оксиди азоту. В атмосфері діоксид азоту зменшує прозорість повітря та кількість ультрафіолетового випромінювання, що надходить на Землю. Це призводить до виникнення т.зв. смогів. Крім того, він може бути також причиною «кислотних дощів».

До основних методів придушення утворення NO_x можна віднести методи, суть яких полягає у зменшенні температури в зоні горіння і концентрації реагуючих речовин, наприклад, двостадійне спалювання, зменшення коефіцієнта надлишку повітря тощо. Очищення викидів від оксидів азоту відбувається, як правило, за допомогою спеціальних каталізаторів.

Слід відмітити, що більшість методів придушення утворення оксидів азоту призводять до підвищення концентрації оксиду вуглецю в димових газах. Винятком є подавання води або пари в зону горіння.

Питомі викиди CO під час спалювання в котлах малої потужності достатньо високі у порівнянні з роботою великих котлоагрегатів. Це призводить до збільшення концентрації оксидів вуглецю в густонаселених пунктах, особливо при децентралізованому тепlopостачанні. Загалом оксид вуглецю – високотоксична речовина, яка добре реагує з гемоглобіном, що призводить до отруєння організму включно до смертельних випадків.

Висновки

Першочергові заходи зі встановлення в котельнях водонагрівальних котлів для використання в якості палива місцевих альтернативних, наприклад, газового вугілля, дають лише економію коштів (за рахунок різниці цін природного газу і альтернативних палив), а не сприяють підвищенню енергоефективності та енергозбереженню в житлово-комунальному господарстві. Водночас не вирішується інша головна проблема – зниження викидів забруднюючих речовин і парникових газів в атмосферне повітря.

Виконані розрахунки показують, що для підвищення енергоефективності наявних житлових

будинків та систем централізованого тепlopостачання населених пунктів може бути рекомендована така пріоритетність заходів:

1) термомодернізація зовнішньої оболонки будинків (витрати теплоти для потреб опалення зменшуються не менше, ніж у 2.5 рази);

2) заміна трубопроводів теплових мереж (знижуються матеріаломісткість систем (до 10%) і втрати теплоти під час її транспортування (в середньому на 20... 25%));

3) реконструкція інженерних систем будинків з метою управління тепловими потоками та обліку фактично спожитої теплоти;

4) заміна наявних теплогенеруючих установок на котли з більш високими еколого-теплотехнічними характеристиками, що споживають як природний газ, так і палива органічного походження.

Реалізація вказаних заходів дасть змогу залишити в якості основного органічного палива для потреб тепlopостачання населених пунктів України найбільш екологічне – природний газ, тим більш, що розвідані запаси дозволяють збільшити його видобуток і повністю відмовитись від закупівель закордоном [1].

Список літератури

1. *Енергетична стратегія України на період до 2035 р. «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність».* – Схвал. розпорядженням КМУ від 18.08.2017 р. №605-р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/article?art_id=245234085
2. Єнін П.М., Швачко Н.А. *Тепlopостачання /Навч. посібник.* – К.: Кондор, 2007. – 244 с.
3. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» – 2118-VII. – К.: ВВР, 2017, №3, с.5, ст. 359.
4. ДСТУ-Н Б В.3.2-3:2014. *Настанова з виконання термомодернізації житлових будинків.* – К.: Мінрегіонбуд України, 2014. – 30 с.
5. ГОСТ 5545-87. *Газы горючие природные для промышленного и коммунально-бытового назначения. Технические условия.* – М.: Изд-во стандартов, 1987.
6. Предун К.М. *Підвищення енергоефективності існуючого житлового фонду // Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. збірник / Головні ред. М.М. Осетрін.* – К.: КНУБА, 2017. – Вип.65. – С. 432-466.
7. Єнін П.М., Шишко Г.Г., Предун К.М. *Газопостачання населених пунктів і об'єктів природним газом / Навч. посібник.* – К.: Логос, 2002 – 198 с.
8. ДБН 360-92**. *Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень / Держбуд України.* – К.: Укрархбудінформ, 2002. – 114 с.
9. *Викиди забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок. Методика визначення.* – К.: Вид-во «КВІЦ», 2002. – 43 с.
10. *Визначення обсягів викидів стаціонарними джерелами.* [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.visnuk.com.ua/ua/news/id/3138>.

Стаття надійшла до редколегії 17.11.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. І.І. Капцов, завідувач кафедри експлуатації газових і теплових систем, Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, Харків.

Предун Константин Миронович

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции, orcid.org/0000-0002-2634-9310
 Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТОПЛИВ ДЛЯ НУЖД ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ УКРАИНЫ

Аннотация. Системы централизованного теплоснабжения населенных пунктов Украины сегодня являются примером неэффективного использования топливно-энергетических ресурсов в стране. Замена основного топлива –

природного газу – для нужд источников теплоты альтернативним дає економію средств місцевих бюджетов в умовах децентралізації державного управління (за рахунок різниці цін природного газу і других органічних палив). В то же время такі заходи породжують ряд других проблем. Збільшення забруднення навколишнього середовища – одна з них. Досліджені шляхи підвищення енергоефективності і енергозбереження в житлово-комунальному господарстві з метою зменшення викидів забруднюючих речовин і парникових газів в атмосферу. На основі виконаних розрахунків визначені пріоритетності заходів. Їх реалізація дозволить залишити в якості основного органічного палива для потреб централізованого теплоснабження найбільш екологічне – природний газ.

Ключевые слова: система теплоснабження; енергоефективність; жиле здание; термомодернізація; природний газ; альтернативні палива; газовий уголь; викиди забруднюючих речовин; парникові гази; заходи по зменшенню викидів в атмосферу; податкові зобов'язання за викиди в атмосферу

Predun Konstantin

PhD, associate professor, assistant professor of the department of heat and gas supply and ventilation, orcid.org/0000-0002-2634-9310
Kiev National University of Construction and Architecture, Kyiv

ECOLOGICAL ASPECTS OF ALTERNATIVE FUELS APPLICATION FOR THE HEAT SUPPLY NEEDS OF THE UKRAINIAN RESIDENTIAL AREAS

Abstract. Nowadays municipal heating systems of the Ukrainian residential places are the example of inefficient exploitation of the governmental's fuel and energy resources. Substitution of the core fuel material - natural gas - with the alternative fuels leads to the economy of the local budgets under the condition of the governmental control decentralisation (due to the difference in price between natural gas and other organic fuels). At the same time the efforts mentioned above, lead to other problems. Environmental pollution is one of these problems. Ways of the energy efficiency improvement and energy preservation in the municipal facilities have been investigated, aimed to decrease emission of the pollution agents and greenhouse gases in the atmosphere. Based on completed studies the priority of efforts has been identified. Their implementation allows to retain natural gas as the core organic fuel for municipal heating needs as the most ecologically friendly option.

Key words: heat supply system; energy efficiency; residential house; thermal modernisation; natural gas; alternative fuels; gas-coal; pollution agents emission; greenhouse gases; atmospheric emissions reduction; atmospheric emission tax liabilities

References

1. Energy Strategy of Ukraine for the Period up to 2035 "Safety, Energy Efficiency, Competitiveness". – Approved by the CMU dated August 18, 2017, No. 605-p. [Electronic resource]. – Resource access mode: http://mpe.knu.gov.ua/minugol/control/publish/article?art_id=245234085.
2. Yenin, P.M., Shvachko, N.A. (2007). Heat Supply. Training Manual. Kiev: Kondor, 244.
3. Law of Ukraine «On energy efficiency buildings» – 2118-VII. – Kiev: VVR, 2017, №3, p. 5.
4. DSTU-N B V.3.2-3: 2014. (2014). A guide to the implementation of thermo-modernization of residential buildings. Kiev: Minregionstroy of Ukraine, 30.
5. GOST 5545-87. (1987). Natural gas for industrial and municipal purposes. Technical conditions. Moscow: Standards Publishing House.
6. Predun, K.M. (2017). Increasing the energy efficiency of an existing housing stock. Urban planning and territorial planning: Scientific and technical collection / Editor-in-chief M.M. Osietrin. Kiev: KNUBA, 65, 432-466.
7. Yenin, P.M., Shyshko, H.H., Predun, K.M. (2002). Gas supply of settlements and objects with natural gas. Textbook. Kiev: Lohos, 198.
8. DBN 360-92 **. Town planning. (2002). Planning and building of urban and rural settlements. / State Building of Ukraine. – Kiev: Ukrahbudinform, 114.
9. Emissions of pollutants into the atmosphere from power plants. (2002). Method of determination. Kiev: Publishing House «KVITs», 43.
10. Determination of volumes of emissions by stationary sources. [Electronic resource]. – Resource access mode: <http://www.visnuk.com.ua/ua/news/id/3138>.

Посилання на публікацію

- APA Predun, Konstantin. (2018). Ecological aspects of alternative fuels application for the heat supply needs of the Ukrainian residential areas. *Management of Development of Complex Systems*, 33, 179-184.
- ДСТУ Предун К.М. Екологічні аспекти використання альтернативних палив для потреб тепlopостачання населених пунктів України [Текст] / К.М. Предун // *Управління розвитком складних систем*. – 2018. – № 33. – С. 179 – 184.