



KAPITEL 3 / CHAPTER 3³

TECHNICAL AND ECONOMIC JUSTIFICATION OF COMBINED COMBUSTION OF WOOD WASTE AND NATURAL GAS

DOI: 10.30890/2709-2313.2023-18-03-011

Вступ.

Проблема підвищення ефективності використання органічних палив, сьогодні розглядається не тільки в розрізі зниження їх питомих витрат на виробництво електроенергії, тепла, пари та інше, але й з точки зору зменшення шкідливого впливу на довкілля продуктів згоряння цих палив.

Аналіз процесів корисного використання енергетичного потенціалу органічних палив існуючими теплоенергетичними і теплотехнологічними установками в Україні вказує на доволі низьку їх ефективність. Внаслідок ряду факторів втрати їх енергетичного потенціалу складають понад 50%. Перш за все, це є наслідком значного морального зносу енергетичного обладнання (ККД здебільш не перевищує 30-35%), а також його фізичного зносу (понад 90% відпрацювали гарантований ресурс роботи). Інші фактори енергетичної проблеми пов'язані з дефіцитом енергоресурсів, постійним зростанням їх цін та зниженням якості. Ці аспекти, найбільшою мірою, проявилися в останні роки, коли Росія розв'язала війну в Україні, а також започаткувала світову енергетичну кризу (розв'язавши світову «газову» війну).

Цілком закономірно, що вирішення зазначених паливно – екологічних проблем сьогодні, набуває особливої актуальності і найбільш пріоритетного значення для функціонування та подальшого розвитку паливно – енергетичного комплексу України.

3.1. Стан проблеми

Аналіз світового досвіду показує, що вирішення зазначених проблем базується на удосконаленні існуючих технологічних процесів та установок спалювання органічного палива, впровадженні нових енергоощадних технологій та залученні в паливний баланс альтернативних джерел енергії.

Наявність «запасного» виду палива дозволяє краще контролювати ситуацію у випадку виникнення форс-мажорних обставин, пов'язаних з впливом

³*Authors: Sklyarenko Evgen Valentynovich, Vorobiov Leonid Yosypovich*



зовнішніх факторів (війна, природні катаклізми та інше). Зважаючи на це, наприклад, у Європі вводяться в дію установки комбінованого виробництва теплової і електричної енергії, які працюють на основі «мультипаливної» концепції, яка ілюструється схемою, наведеною на рис. 1.

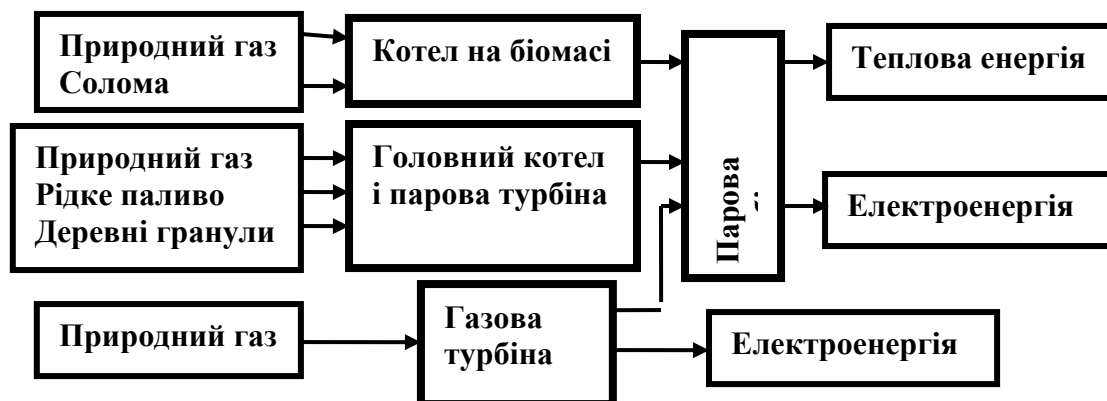


Рисунок 1 - Схема установки комбінованого виробництва теплової і електричної енергії, яка працює на основі «мультипаливної» концепції

При реалізації таких схем, важливим фактором доцільності використання тих чи інших палив, крім теплотехнічних характеристик, є ресурсо-економічні чинники: наявність достатніх запасів, технічні і економічні показники їх добування, транспортування і використання.

У багатьох країнах світу, одним із дієвих шляхів вирішення паливно-екологічної проблеми є залучення до паливного балансу відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Серед ВДЕ чільне місце відводиться біомасі рослинного походження, як найбільш ємного і доступного енергетичного джерела. Тільки щорічний світовий її приріст оцінюється в 200 млрд. т в перерахунку на суху масу, що енергетично еквівалентно 80 млрд. т нафти [1].

До основних факторів, які стимулюють використання рослинної біомаси як альтернативного джерела енергії також відносяться: доступність, відновлюваність, екологічність, універсальність, можливість транспортування і накопичення.

Метою роботи є підвищення ефективності використання енергетичного потенціалу органічного палива та зменшення шкідливого впливу на довкілля продуктів його згоряння.



3.2. Використання відходів деревини в енергетиці України

В Україні значним джерелом рослинної біомаси є деревина і її відходи. Їх запаси оцінюються в межах 1,8 млрд. м³, при щорічному прирості біля 40 млн. м³ [2]. Цей енергетичний потенціал можна кваліфікувати як стратегічний запас палива країни, що потребує не тільки ефективного, але й раціонального використання. Про що, ще свого часу писав Д.І. Менделєєв: «Непременным условием разумного пользования лесными запасами должно считать такое в них хозяйство, чтобы годовое потребление было равно годовому приросту, ибо тогда потомкам останется столько же, сколько получено нами ...» [3].

Заготівля ж деревини в Україні становить всього біля 15 млн. м³, що становить менше 50% її приросту, в той час, коли в деяких країнах ЄС він складає біля 80% [4].

Із всього об'єму заготівлі приблизно 50% це «ділова» деревина, яка використовується як кругляк або як сировина для переробної промисловості.

Інша частина заготівлі, складає деревина, яка використовується в якості палива та технологічної сировини. Якщо ж розглянути весь виробничо-технологічний цикл лісозаготівлі і переробки, то виявляється, що всього біля 28% від зрубаного дерева стає тою чи іншою продукцією, а решту складають, переважно, 55 дрібно-фракційні відходи (тріска, кора, стружка, тирса, обапіл та інше). Їх можна класифікувати наступним чином:

1. Лісосічні відходи, нормативний залишок яких на лісосіках становить до 12%, а в дійсності може сягати і більше 20%. Вони залишаються на лісосіках, де гниють, а в гіршому випадку їх там спалюють.

2. Промислові відходи, які утворюються під час переробки деревини, виробництва меблів, столярних виробів, фанери, плит, паперу та іншої продукції.

3. Вторинна деревина, яка пройшла певний цикл використання.

Саме деревні відходи, в середньостроковій перспективі є одним з основних резервів біоенергетики. Високий вихід летких (85%), мала зольність (до 1-2%) і майже відсутність сірки та важких металів, дозволяють їх розглядати як альтернативне низькосортне паливо (в силу, низької енергетичної щільності). Крім того, використання такого палива має наступні переваги:

- можливість спалювати відходи з високою вологістю (до 55%);
- дозволяє зменшити викиди двоокису вуглецю у довкілля, оскільки під час горіння виділяється така ж його кількість як і та, що поглинається в процесі фотосинтезу, а утилізація цих відходів дозволяє запобігти забрудненню довкілля, яке виникає при складуванні і природному розкладанні. Загалом,



використання рослинної біомаси в енергетиці не призводить до змін кругообігу деяких інших речовин у природі, які є наслідком загального природного процесу росту – розкладання;

- відсутність сірки і низька корозійна активність продуктів згоряння дозволяє конденсувати їх вологу з використанням теплоти пароутворення;
- низька ціна, в порівнянні з традиційними викопними паливами.

Зрозуміло, що рослинна біомаса не може конкурувати з традиційними викопними паливами по енергетичній ефективності, але їх, навіть часткове заміщення, дозволить поліпшити економічну і екологічну ситуацію в країні.

В більшості країн світу, рослинна біомаса розглядається як альтернативне паливо для виробництва теплової і електричної енергії під час її прямого спалювання. За деякими оцінками [5], рослинна біомаса дає понад 2 млрд. т умовного палива на рік, що складає близько 12-14% загального споживання первинних енергоносіїв у світі.

Поряд з цим, пряме спалювання деревинних відходів, пов'язано із певними технічними труднощами, які вимагають для кожного виду такого палива спеціальної і специфічної технології та обладнання.

3.3. Характеристики деревини як палива.

Деревина відноситься до низькосортних палив з малою величиною теплоти згоряння та специфічними теплофізичними характеристиками (широкий фракційний склад, висока вологість та ін.), що накладає певні вимоги до технологій її спалювання.

Сам по собі, процес спалювання твердого палива є наслідком комплексу складних фізико-хімічних процесів: сушіння (видалення вологи), прогрівання (з термохімічною деструкцією органічної маси палива і виходом летких компонентів) та взаємодії утворених продуктів з окиснювачем (повітрям), до утворення, переважно, двоокису вуглецю, водяної пари і зольного залишку. Кожен з цих процесів має свою специфіку (різну швидкість, тривалість і умови проходження) і має різний вплив на загальний процес згоряння даного виду палива. Так, наприклад, в [6] зазначається, що під час згоряння пиловидного палива, тривалість процесу прогрівання і виходу летких складає не більше 10% загального часу вигорання, решта ж часу приходить на вигорання коксового залишку. При цьому, інтенсивність тепловиділення за одиницю часу, в період виходу летких, є приблизно в 10 разів більша, ніж при згорянні коксового



залишку. А оскільки, кількість повітря необхідного для повного згоряння летких та коксового залишку є неоднаковою, то такий перебіг процесу, особливо при намаганні забезпечити його проходження з малими надлишками повітря, потребує організації відповідного повітряного режиму. Це ж є проблематичним, так як вимагає різного підходу до його введення (кількість, спосіб, місце і час введення), а це потребує автоматики та відповідного конструктивного рішення. Крім того, непостійність теплотехнічних показників вихідного палива (зміна вологості, фракційного складу, нерівномірність подачі палива і повітря в топку) також потребує відповідної автоматизації. Якщо ж немає такої автоматики, то говорити про високий ККД процесу не варто, як і про екологічно безпечні викиди продуктів згоряння.

Змінність теплотехнічних характеристик палива, в значній мірі, залежить від його баласту (волога і зола). Основною складовою баласту деревинних відходів (до 55% і вище) є зовнішня і внутрішня (гігроскопічна) волога. Для прикладу, в таблиці 1 наведені розрахункові дані, що визначені за формулою (1) [7], які характеризують вплив вихідної вологості на теплоту згоряння деревної тріски:

$$Q_H^P = \left[\frac{Q_H^G [100 - (A^P + W^P)]}{100} - 6W^P \right] \times 4,186, \text{кДж / кг} \quad (1)$$

де Q_H^G – теплота згоряння горючої маси, $Q_H^G = 4510$ ккал/кг [7]; A^P – зольність, %, $A^P = 1,5\%$. W^P – робоча вологість, %.

Таблиця 1 - Розрахункові дані впливу вихідної вологості на теплоту згоряння деревної тріски

Нижча теплота згоряння	Вихідна вологість деревної тріски, W^P , %								
	10	15	30	35	40	45	50	55	60
Q_H^P , МДж/кг	16,46	15,4	12,18	11,13	10,04	8,97	7,9	6,83	5,76

Загальна картина впливу вихідної вологості деревної тріски на її теплоту згоряння ілюструється графіком наведеним на рис. 2.

Як видно з наведених розрахунків, тільки збільшення вологості деревної тріски з 30% до 40% призводить до зменшення теплоти згоряння на 17,6%. А при вологості вище 60%, говорити про паливо взагалі недоречно, оскільки його потенційної теплоти може бути недостатньо для її випаровування.

В процесі ж згоряння палива, значна частина енергетичного потенціалу палива витрачається на випаровування води, що ускладнює процес його запалювання і згоряння. При цьому, відбувається баластування продуктів його згоряння водяною парою, із збільшенням їх об'єму, що призводить до

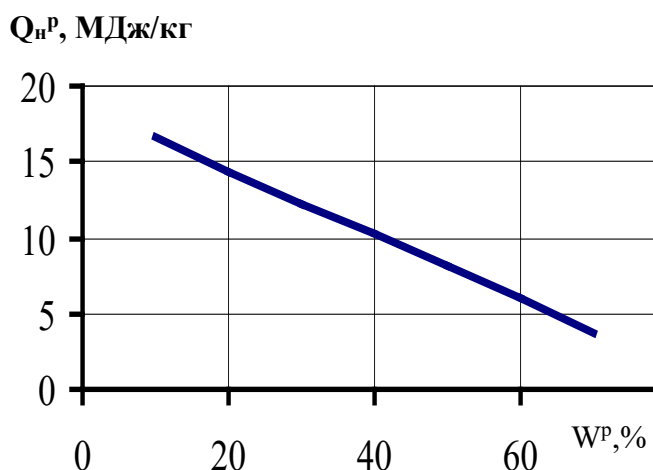


Рисунок 2 - Вплив вихідної вологості на теплоту згоряння деревної тріски

збільшення теплових викидів у навколишнє середовище та зниження ККД енергетичного обладнання. Загалом, надмірна вологість вихідного палива збільшує експлуатаційні витрати на паливо, що підвищує собівартість кінцевого енергетичного продукту.

Традиційно, для покращення теплотехнічних характеристик твердого палива з високою вологістю, його піддають природній чи штучній сушці. Природна сушка – це довготривалий процес на відкритому повітрі. Штучна ж сушка, передбачає сушку палива при температурі трохи вище 100 – 110°C, з використанням стороннього джерела енергії в спеціальних апаратах. Ці енергетичні витрати можна визначити за формулою (2) [7]:

$$Q_{to} = [(595 + 0,47t)W^p/100 + c_{cm}t(100 - W^p)/100] \times 4,186, \text{ кДж/кг} \quad (2)$$

де: W^p – вологість вихідного палива, %; c_{cm} – теплоємність повітряно-сухої маси деревини, 0,32 ккал/кг [8]; t – температура процесу, °C.

Результати розрахунків, необхідної теплової енергії для штучної сушки деревної тріски різної вологості, наведені в табл. 2 і узагальнені графіком наведеним на рис. 3.

Таблиця 2 - Розрахункові дані необхідної теплової енергії для штучної сушки деревної тріски різної вологості

Розрахункові дані необхідної теплової енергії для сушки деревної тріски різної вологості	Вихідна вологість деревної тріски				
	40	45	50	55	60
Q _{to} , МДж/кг	1,163	1,291	1,419	1,547	1,675

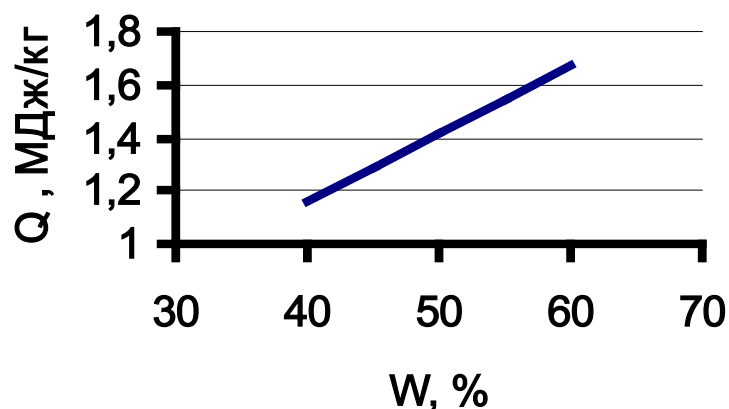


Рисунок 3 - Теплова енергія яка необхідна для штучної сушки деревної тріски різної вологості

Важливим фактором ефективного згоряння деревної біомаси з високою вологістю є необхідність забезпечення високої температури (не нижче 800°C) в усьому об'ємі топки. Проте, у більшості вітчизняних котлів це забезпечити неможливо, оскільки вони конструктивно мають топковий простір з охолоджувальними теплосприймаючими екранами. Для нівелювання цього фактору застосовують топкові пристрої з передтопками [9, 10]. Передтопок футерований вогнетривким матеріалом і не має водоохолоджуваних поверхонь, що дає можливість мати теплонапружений об'єм. Іншою технологією спалювання палива з високою вологістю є технологія двоступеневого спалювання [11], де топковий простір розділяється на дві частини. В одній частині вихідне паливо піддається піролізу та газифікації з обмеженою кількістю окиснювача. В іншій частині топкового простору іде повне спалювання отриманих продуктів з необхідною кількістю окиснювача.

Під час використання дрібно-фракційної деревної біомаси велике значення має питомий об'єм палива необхідний для виробництва 1 ГДж теплової енергії. Він визначає не тільки технологію спалювання, але й складність обладнання і його розміри, а також має значний вплив на собівартість виробленої енергії. Такі дані, для порівняння, наведені в таблиці 3.

Як видно, з урахуванням сьогоднішніх цін на палива, рослинна біомаса може бути непоганою альтернативою для тих регіонів, де є необхідні її запаси. Особливо вигідно її застосування на підприємствах, які мають значні власні об'єми таких відходів, а також мають власні потужності для їх сушки, подрібнення та гранулювання. Так, за рахунок гранулювання можна досягти значень питомого об'єму на рівні 0,05 – 0,06 м³/ГДж, що необхідно для шарового процесу спалювання. Крім того, до основних переваг гранульованого палива



**Таблиця 3 - Значення питомих об'ємів енергоносіїв на вироблення
1 ГДж теплової енергії і їх вартість**

Вид енергетичного джерела	Теплота згоряння. Q_p , МДж/кг	ККД (брутто), % [12]	Середня насипна щільність, кг/м ³	Питомий об'єм, палива, м ³ / ГДж	Ціна енергоносія, грн/м ³	Вартість питомого об'єму, грн/ГДж
Електроенергія	3,6 МДж/кВт-год	97,0		264 кВт- год/ГДж	1,68 грн/кВт- год	443,5
Природний газ	33,488 МДж/м ³	87,1	0,7	34,28	24,2*	830
Дизель	42,488	81,6	870	0,033	48000	1584
Антрацит АС	27,21	56,1	1400	0,047	12960	609
Дрова, $W^p=35\%$	11,13	49,5	650	0,282	1000	282
Деревинна тріска, $W^p=35\%$	11,13	60,0	250	0,600	800	480
Деревинні гранули, $W^p < 10\%$	17,163	86,0	600	0,113	4500	508

*Середня ринкова ціна природного газу у Європі (січень–березень 2023р).

можна віднести:

- більшу енергетичну щільність;
- кращі теплотехнічні і екологічні характеристики;
- можливість забезпечення максимальної автоматизації процесу спалювання;
- кращі показники транспортування і зберігання та інше.

Звичайно, використання рослинної біомаси для теплоенергетики, в першу чергу, переслідує основну задачу - економію традиційних палив, але в умовах ринкової економіки необхідно забезпечити економічну ефективність при заміні застарілого теплоенергетичного обладнання на нове.

При цьому, необхідно також враховувати той факт, що обладнання для спалювання деревної біомаси має високу вартість, навіть у порівнянні з обладнанням, яке пристосовано до спалювання традиційних палив. Така тенденція має чітке відображення в зарубіжній політиці цін на енергоринку – чим дешевше паливо, тим складніше і дорожче обладнання.



Тому, щоб заробити, наприклад, на виробництві теплової енергії, необхідно ставити надійні високоефективні котли з високим ККД, з високим коефіцієнтом використання встановленої потужності і постійним технологічним навантаженням, а сам процес спалювання повинен передбачати його максимальну механізацію, автоматизацію та глибоку очистку продуктів згоряння. Крім того, під час переходу на альтернативне паливо, необхідно також враховувати:

- річну виробничу програму енергетичної продукції із застосуванням альтернативного палива;
- наявність (своїх чи покупних) деревинних відходів, їх ціна і транспортні витрати;
- вартість реконструкції;
- податки на емісію шкідливих газів в атмосферу.

При цьому, оскільки паливна складова в собівартості виробленої теплової енергії складає 50 – 65%, то цілком очевидно, що ціна палива і зменшення його питомих витрат є одним з основних джерел покриття витрат на реконструкцію енергетичного обладнання при переведенні його на альтернативний енергоносіє.

3.4. Технології сумісного спалювання

В Україні, на сьогодні, значна частина теплоенергетичних установок працює на природному газі, які чисто технічно не спроможні спалювати тверду рослинну біомасу. Хоча, для широкого використання біомаси в теплоенергетиці, найбільш перспективною технологією вбачається така технологія, яка б дозволила безпосередньо використовувати її в існуючих теплоенергетичних установках. Це дозволить зберегти існуючий парк теплоенергетичних установок, підвищити енергобезпеку підприємств, зекономити певну кількість традиційних викопних палив і зменшити шкідливі викиди в навколишнє середовище.

В зв'язку з цим, одним з перспективних способів адаптації існуючого теплоенергетичного обладнання до прямого використання рослинної біомаси є технологія з попередньою термохімічною конверсією. В основі цієї технології лежать процеси піролізу та газифікації, які представляють собою сукупність високотемпературних тепло-технологічних процесів перетворення органіки палива в нові газоподібні, рідкі та тверді енергетичні продукти.

Так, процес термохімічної газифікації включає наступні теплотехнічні процеси: видалення вологи, термічну деструкцію органічної частини вихідного



палива з виділенням летких (продуктів, що конденсуються і не конденсуються), а також коксового залишку, які піддаються подальшому піролізу та газифікації. Кінцевим продуктом процесу газифікації є горючий газ, який можна використовувати безпосередньо для опалення, наприклад, котлів, без значної їх реконструкції.

В Інституті технічної теплофізики НАН України впродовж багатьох років проводяться роботи по створенню ефективних технологій спалювання різних твердих вуглеводневих палив з застосуванням даного термохімічного методу. Зокрема, була розроблена технологія і установка для спалювання деревинних відходів [13, 14] призначені для використання в теплоенергетиці.

3.5. Розрахунок ефективності сумісного спалювання

Ефективність впровадження такої технології розглянемо на прикладі сумісного спалювання природного газу і деревинних відходів (тріски) у котлі ДКВР - 6,5/13. Для спрощення розрахунків, оцінку ефективності проведено з врахуванням лише паливної складової.

Показником загальної економічної ефективності є відношення економії собівартості теплоти до капітальних вкладень, що забезпечили цю економію [15]:

$$E_C = \frac{C_1 - C_2}{K} \quad (3),$$

де C_1 і C_2 – собівартість теплової енергії відповідно до і після капітальних вкладень.

Критерієм ефективності буде виконання нерівності $E_C \geq E_N$,

де E_N – норматив загальної ефективності. При впровадженні нової техніки цей норматив встановлюється на рівні 0,15 [15].

Річний економічний ефект в гривнях від впровадження реконструкції котла обраховується за формулою:

$$E = (Z_1 - Z_2)A_2 \quad (4),$$

де: Z_1 і Z_2 – наведені витрати на виробництво 1 ГДж теплоти до і після реконструкції:

$$Z = C + E_N \cdot K_{\text{пит}} \quad (5),$$

де: C – собівартість теплоти, грн./ГДж; $K_{\text{пит}}$ – питомі капітальні вкладення у виробничі фонди, грн./ГДж; A_2 – річний обсяг виробництва теплоти за



допомогою реконструйованого котла, ГДж/рік.

Вихідні дані для розрахунку:

Режим роботи котла – 8760 год/рік;

Орієнтовні витрати природного газу – 700000 м³/рік. Середня ринкова ціна природного газу у Європі, станом на 2023 р, становить – 24,2 грн /м³.

Середня ціна відходів деревини: паливна тріска – 800 грн /м³ (3,2 грн/кг).

Середня об'ємна маса – 250 кг/м³. Вологість відходів $W^p = 10, 15, 30 \%$.

В залежності від продуктивності котла, частина природного газу замінюється генераторним газом, утвореним від газифікації відходів деревини. При цьому, частина природного газу, яка зберігається, не може бути менше 10м³, що викликано необхідністю функціонування автоматики безпеки котла.

Так, при середній теплопродуктивності котла 2,68 ГДж /год і витратами природного газу в 80 м³/год, заміщена частина газу буде становити 70 м³/год.

Виходячи з цього, на підставі балансового рівняння (6), знайдемо витрати відходів деревини, що підлягають газифікації в установці.

$$Q = V_1 Q_{H\text{газ}}^p + V_2 Q_{H\text{дер}}^p \quad (6),$$

де V_1 - витрати природного газу, м³/год; $Q_{H\text{газ}}^p$ – теплота згоряння природного газу, яку приймаємо $Q_{H\text{газ}}^p = 33,488 \text{ МДж/м}^3$; V_2 - витрати відходів деревини, кг/год; $Q_{H\text{дер}}^p$ - теплота згоряння робочої маси відходів деревини, МДж/кг.

За даними наведеними у таблиці 1, маємо теплоту згоряння деревинних відходів визначеної вологості: $W^p = 10\% \quad Q_{H\text{дер}}^p = 16,46 \text{ МДж/кг}$

$$W^p = 15\% \quad Q_{H\text{дер}}^p = 15,4 \text{ МДж/кг}$$

$$W^p = 30\% \quad Q_{H\text{дер}}^p = 12,18 \text{ МДж/кг}$$

Тоді витрати відходів деревини на газифікаційну установку (V_2) складуть:

$$\text{при : } W^p = 10\% \quad V_2 = 144 \text{ кг/год}$$

$$W^p = 15\% \quad V_2 = 153 \text{ кг/год}$$

$$W^p = 30\% \quad V_2 = 193 \text{ кг/год}$$

Результати розрахунків економічної ефективності зведені до табл. 4.

Приведені розрахунки показують високу ефективність розглянутої технології – сумісного спалювання природного газу з деревною тріскою, для виробництва теплової енергії на котлі ДКВР – 6,5/13. При впровадженні даної технології є можливість зекономити більше як 600 тис. м³ природного газу, а термін окупності, навіть з врахування решти статей собівартості теплової енергії, може становити до одного року.



Таблиця 4 - Розрахунок річного економічного ефекту і терміну окупності реконструкції котла ДКВР – 6,5/13

Найменування показників, формули, позначення, одиниці виміру	Базовий варіант	Котел з газифікатором, при вологості відходів W^p , %		
		10	15	30
Середня теплопродуктивність котла Q , ГДж/год	2,68	2,68	2,68	2,68
Теплота згоряння природного газу Q^p_H , МДж/нм ³	33,49	-	-	-
Витрати природного газу на котел V_1 , нм ³ /год	80	10	10	10
Витрати деревинних відходів, V_2 , кг/год	-	144	153	193
Теплота згоряння деревинних відходів, МДж/кг	-	16,46	15,4	12,18
Кількість годин роботи котла за рік, год/рік	8760	8760	8760	8760
Проектні роботи $K_{ГР}$, млн.грн	-	0,35	0,35	0,35
Витрати на реконструкцію K_R , млн.грн	-	2,15	2,15	2,15
Загальна інвестиція $K_{ЗАГ}$, млн.грн	-	2,5	2,5	2,5
Питомі витрати на реконструкцію котла, грн./ГДж, $K_{ПИТ} = K_{ЗАГ} / Q \cdot \tau$	-	106,5	106,5	106,5
Вартість 1 нм ³ природного газу $Ц_G$, грн./м ³ ,	24,2	24,2	24,2	24,2
Вартість відходів деревини $Ц_D$, грн / м ³ (грн / кг)	-	800 (3,2)	800 (3,2)	800 (3,2)
Паливна частина собівартості C_P , грн / ГДж	722,4	262	273	321
Приведені затрати: $Z_1 = C_P$, $Z_2 = C_P + E_H \cdot K_{ПИТ}$	722,4	278	289	337
Річний економічний ефект E , млн.грн, $E = (Z_1 - Z_2)Q \cdot \tau$		10,43	10,17	9,05
Термін окупності $T_{ОК}$, роки, $T_{ОК} = K_{ЗАГ} / E$		0,24	0,25	0,28

Разом з тим, необхідно відзначити, що така висока ефективність досягається за рахунок високої ціни на природний газ. При врахуванні ж реальної ціни на газ видобутий в Україні (9,748 грн./ м³, з врахуванням доставки), ця ефективність суттєво зменшується, а термін окупності, як видно з графіку приведенного на рис. 4, збільшується до 2 – 2,5 років і вище, в залежності від вихідної вологості відходів деревини.

Не дивлячись на це, впровадження даної технології, крім економії традиційних викопних палив, дозволяє також скоротити шкідливі викиди у довкілля, адже кожна вироблена гігакалорія теплоти, з відновлюваного джерела енергії, в середньому запобігає викидам в атмосферу 0,2 кг твердих часток, біля 3 кг оксидів сірки та до 1 кг оксидів азоту [14].

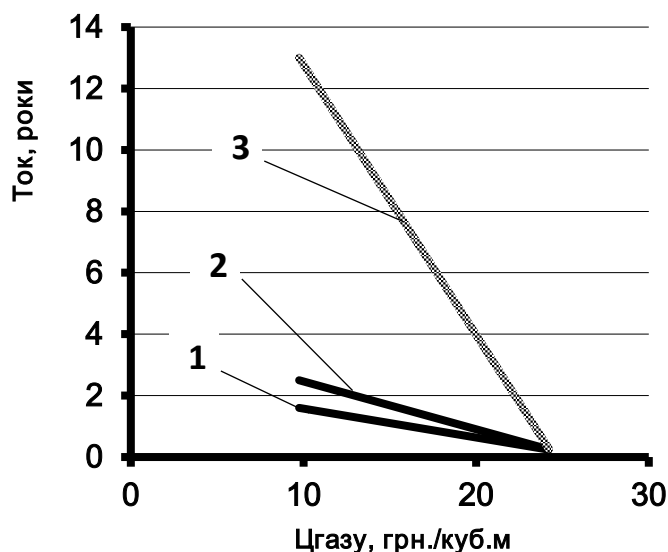


Рисунок 4 - Вплив ціни природного газу на термін окупності інвестиції реконструкції котла, для сумісного його спалюванні з деревною тріскою різної вологості, W^p - 1 – 10%, 2 – 15 %. 3 – 30 %.

Висновки

Впровадження технології сумісного спалювання деревинних відходів з природним газом, є ефективним способом часткового вирішення проблем паливно-енергетичного комплексу України. Зокрема:

1. Забезпечується економія традиційних викопних палив.
2. Зменшуються шкідливі викиди у довкілля.
3. Знижується собівартість виробленої енергетичної продукції.
4. Наявність альтернативного палива підвищує енергетичну безпеку підприємства.

Розглянута технологія, з високою ефективністю, може бути застосована і для інших теплосилових установок (печі,сушарки, теплогенератори і ін.).