

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЙ ЗРІДЖЕННЯ ВУГІЛЛЯ

©2017 РУДИКА В. І.

УДК 662.75

Рудика В. І. Порівняльний аналіз ефективності технологій зрідження вугілля

Створення виробництва синтетичного рідкого палива (СРП) в Україні стає особливо актуальним і водночас складним науково-прикладним завданням, зважаючи на критерії техніко-еколого-економічної раціональності. У статті представлено методичний підхід до порівняльного аналізу ефективності основних способів та технологій виробництва СРП і проведено його апробацію, результати якої дозволили автору дійти висновку, що найбільш раціональною є технологія непрямого зрідження вугілля, що спирається на його пароплазмову газифікацію.

Ключові слова: моторне паливо, синтетичне рідке паливо, газифікація вугілля, конверсія вуглеводнів.

Рис.: 2. **Табл.:** 8. **Бібл.:** 12.

Рудика Віктор Іванович – кандидат економічних наук, директор Державного інституту по проектуванню підприємств коксохімічної промисловості «Гипрококс» (вул. Сумська, 60, Харків, 61002, Україна)

УДК 662.75

Рудика В. И. Сравнительный анализ эффективности технологий сжижения угля

Организация производства синтетического жидкого топлива (СЖТ) в Украине становится особенно актуальной и в то же время сложным научно-прикладным заданием, учитывая критерии технико-эколого-экономической рациональности. В статье представлен методический подход к сравнительному анализу эффективности основных способов и технологий производства СЖТ и проведена его апробация, результаты которой позволили автору сделать вывод, что наиболее рациональной является технология непрямого сжижения угля, опирающаяся на его пароплазменную газификацию.

Ключевые слова: моторное топливо, синтетическое жидкое топливо, газификация угля, конверсия углеводородов.

Рис.: 2. **Табл.:** 8. **Библ.:** 12.

Рудика Виктор Иванович – кандидат экономических наук, директор Государственного института по проектированию предприятий коксохимической промышленности «Гипрококс» (ул. Сумская, 60, Харьков, 61002, Украина)

UDC 662.75

Rudyka V. I. The Comparative Analysis of the Efficiency of Coal Liquefaction Technologies

Organization of production of synthetic liquid fuels (SLF) in Ukraine becomes an especially topical and at the same time complex scientific and applied task, taking into consideration criteria of the techno-ecological and economic rationality. The article presents a methodical approach to the comparative analysis of efficiency of the main methods and technologies for the synthetic liquid fuels production and a carried out testing, the results of which allowed to conclude that the most rational is the technology of indirect coal liquefaction based on coal thermal plasma gasification.

Keywords: motor fuel, synthetic liquid fuel, coal gasification, hydrocarbon conversion.

Fig.: 2. **Tbl.:** 8. **Bibl.:** 12.

Rudyka Viktor I. – PhD (Economics), Director of the State Institute for designing enterprises of coke oven and by-product industry "GIPROKOKS" (60 Sumsk Str., Kharkiv, 61002, Ukraine)

Забезпечення автономності національного ресурсного циклу виробництва моторного палива є, безумовно, завданням національного рівня. Однак відсутність розвіданих запасів рідких вуглеводнів та застарілість техніко-технологічної бази виробництва моторного палива зумовлює необхідність пошуку нових інноваційних технологій до його вирішення. Одним із таких напрямів є зрідження вугілля та його конверсія в рідкі вуглеводні. Наразі у світі накопичено достатньо досвіду для розбудови проектів для виробництва синтетичного рідкого палива (СРП), однак їх впровадження є епізодичним, зважаючи на умовну достатність розвіданих запасів нафти та набагато меншу капіталоемність традиційної нафтопереробки. Водночас вугілля вважається найбільш екологічно брудним видом викопного палива, що стримує розширення його використання у світі.

За таких умов створення виробництва СРП в Україні стає особливо актуальним і водночас складним науково-прикладним завданням, зважаючи на критерії техніко-еколого-економічної раціональності.

Історія освоєння технологій зрідження вугілля починається з першої промислової установки гідрогенізації, яку було введено в дію у Німеччині у 1927 р. І з того часу конверсія твердих паливно-енергетичних ресурсів у рідкі вуглеводні постійно привертає увагу дослідників. Особливий інтерес на поточному етапі розвитку науко-

вої думки СРП становить для американських вчених – С. Ducharme, N. J. Themelis, M. J. Castaldi (2010) [1], для корейських науковців – Y. Byun, M. Cho, S. Hwang, J. Chung (2012) [2], для австралійських дослідників – A. Pigneri, M. Asbjerg, C. Collin, A. Dicks, G. Sproule (2013) [3]. Саме в зазначених країнах є значний вугільний потенціал, який вони прагнуть реалізувати для забезпечення своїх енергетичних потреб, у т. ч. у моторному паливі.

Питання організації виробництва СРП також постійно привертають увагу українських вчених, зокрема: Г. Ковтуна, А. Степанова, Г. Матусевича (2008) [4], В. Макарова, М. Перова, І. Новицького (2011) [5], М. Гунди, Д. Єгера, Ю. Зарубіна, П. Сміха, В. Гладуна, С. Касянчука, П. Чепіля (2014) [6] тощо.

Увага до синтетичного рідкого палива приділялася й на регіональному рівні, зокрема в Харківській та Дніпропетровській обласних державних адміністраціях [7; 8]. На початку 2016 р. Кабінет Міністрів України визнав «термохімічну переробку низькосортного кам'яного вугілля, бурого вугілля та іншої низькосортної вуглевмісткої сировини на моторні палива та інші технологічні продукти одним із найважливіших пріоритетів галузей національної промисловості України щодо енергетичної безпеки України» (Постанова КМУ № 1175 від 30.12.2015 р.) і планує створити комплекс з переробки вугілля на Волині, Львівщині та Харківщині на синтетичне рідке па-

ливо [9]. Водночас потребує додаткового обґрунтування вибір технологічної схеми створення виробництва СРП за критеріями економічної ефективності та раціональності.

Метою статті є розробка та апробація методичного підходу до порівняльного аналізу ефективності основних способів та технологій виробництва синтетичного рідкого палива.

Економічна ефективність виробництва СРП визначається множиною техніко-економічних факторів, ключовими з яких є:

- ✦ район видобутку сировини та будівництва підприємства з її переробки, що пов'язано з вимогами щодо створення інфраструктури, включаючи заходи з охорони навколишнього середовища;
- ✦ фізико-хімічні властивості, агрегатний стан і вартість вихідної сировини;
- ✦ енергетична ефективність процесів;
- ✦ вимоги до конструкційних матеріалів, обладнання та апаратурного оформлення;
- ✦ витрати реагентів, каталізаторів, енергетичних ресурсів, води тощо;
- ✦ складність і трудомісткість експлуатаційного та ремонтного обслуговування.

Проектні (розрахункові) значення собівартості, капітальних і трудових витрат є, по суті, похідними всіх розглянутих факторів, тобто є кількісним і якісним підсумовуванням усіх техніко-експлуатаційних та екологічних параметрів процесів виробництва СРП, приведених до єдиної вартісної оцінки.

Раніше розглянуті особливості способів і конкретних технологій отримання СРП з вугілля свідчать, що цій групі технологій притаманна широка варіативність номенклатури сировини, принципів побудови техно-

логічних схем і окремих технологій, режимів технологічних процесів та їх апаратного оформлення, використання реагентів і каталізаторів. Однак, незважаючи на принципові відмінності різних способів зрідження вугілля, технології виробництва СРП можуть бути охарактеризовані системою ідентичних техніко-економічних показників. Подібність і відмінність технологічних схем зрідження вугілля добре видно з порівняння агрегованих технологічних схем основних способів його зрідження (рис. 1).

Наведені схеми наочно показують наявність можливості порівняльної характеристики різних технологій зрідження вугілля за допомогою універсальної системи показників, яка відповідає раніше згаданій сукупності факторів ефективності таких виробництв.

З огляду на ці умови в основу проведення порівняльного техніко-економічного аналізу ефективності основних технологічних схем виробництва СРП був закладений методичний підхід, наведений на рис. 2. Запропонований автором методичний підхід дозволив провести відбір технологій за критерієм раціональності, що забезпечило можливість проведення глибокої оцінки найбільш ефективних процесів.

Основою порівняльної оцінки виробничої ефективності технологій гідрогенізації вугілля вибрані технічні характеристики основних промислових технологій гідрогенізації (прямого зрідження) вугілля, наведені в табл. 1. Для характеристики технологічних процесів були відібрані показники, що піддаються квантифікації (виміру). Використання чисельних показників дозволило примітити процедуру їх стандартизації.

Метою стандартизації показників було забезпечення можливості вираження величин у системі порівнянних одиниць вимірювання, а отже, і можливість проведення коректної процедури їх порівняння (табл. 2).

Таблиця 1

Порівняльна технічна характеристика основних промислових технологій гідрогенізації вугілля

Показник	ИГИ (Росія)	НИИ НХТiM (Казахстан)	NRCL (Японія)	H-COAL (США)	SRC II (США)	EDS (США)	КОНЛ (ФРН)
Типи вугілля, що переробляється	усі види вугілля	усі види вугілля	усі види вугілля	усі види вугілля	усі види вугілля	усі види вугілля	усі види вугілля
Температура, °С	420–440	400–420	430–450	435–450	370	410–450	460–500
Робочий тиск у реакторі, МПа	10	3–6	15–20	18–20	18	14–18	30
Каталізатор (% від маси вугілля)	Mo (0,05) S (2,4)	цеоліт боксит (3–5)	FeS (2,0–3,0)	Co-Mo	немає даних	немає даних	Fe
Витрати водню до одиниці маси вугілля, куб. м/кг	2,5–3,5	2–2,5	5	4–5	3–4	4	6
Ступень перетворення вугілля, %	87–92	85–95	98	94	91	90	95
Вихід дистильованих продуктів, % (мас.)	53–55,8	74,9	81,4	58,4	54,8	35	74
у тому числі:							
бензинова фракція	10,9	11,9	41,6	13,3	8,4	14	16
дизельна фракція	44,9	55–63	39,8	19,7	6,4	10	36

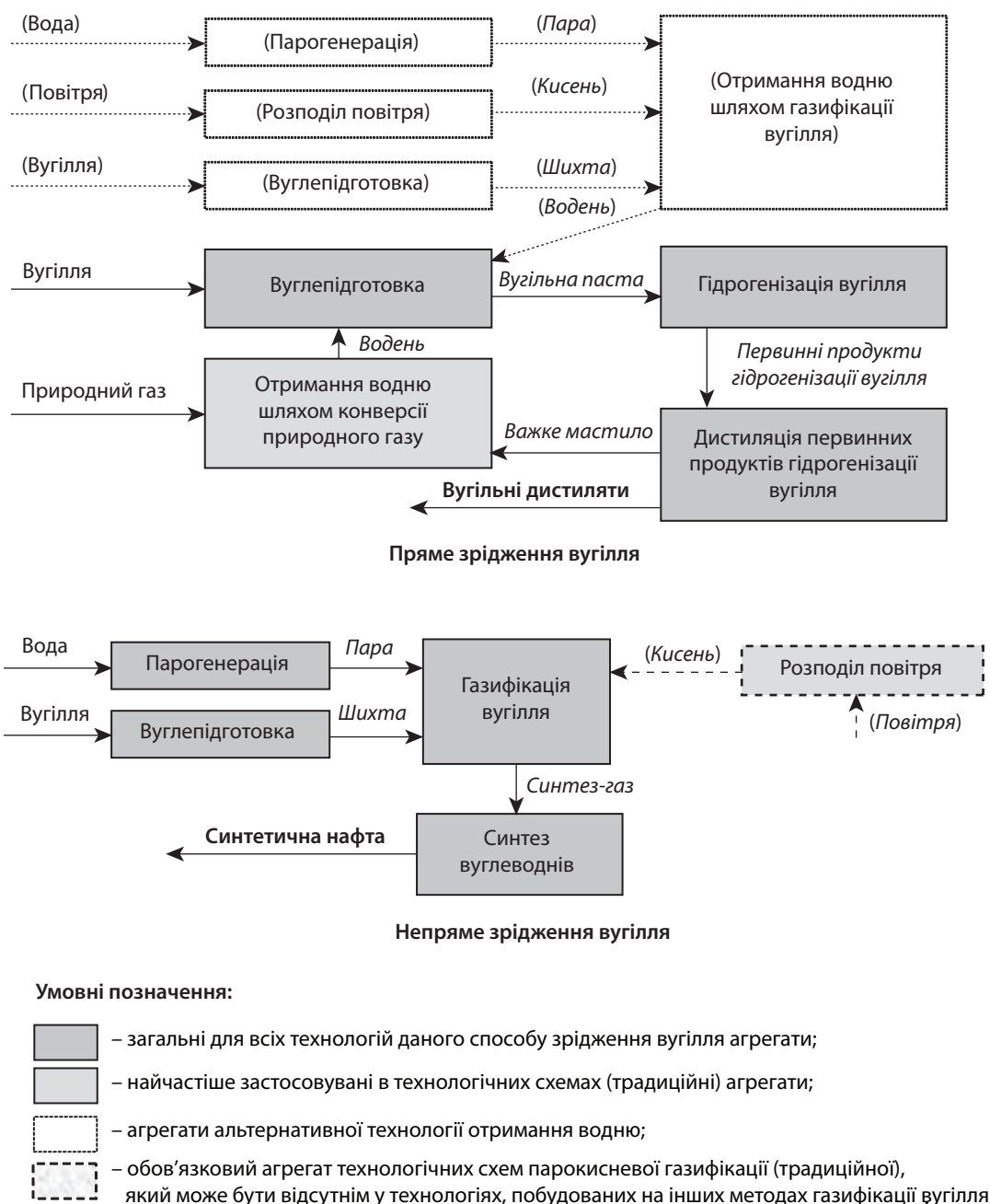


Рис. 1. Порівняння агрегованих технологічних схем основних способів зрідження вугілля

Особливістю стандартизації показників було вираження їх величин у відносних одиницях. Для обчислення показників, величина яких при підвищенні ефективності технологічного процесу прагне до збільшення, використовувалося значення прямого відношення певної величини до максимальної за вибіркою. Для обчислення показників, величина яких при підвищенні ефективності технологічного процесу прагне до зменшення, використовувалося значення зворотного відношення визначеної величини до мінімальної за вибіркою.

Із загальної сукупності технічних показників, які характеризують виробничу ефективність певної технології, були відібрані ті, що характеризують:

- ✦ безпеку і складність забезпечення технологічних режимів (температура і тиск у реакторі);

- ✦ витрати основних реагентів, крім сировини (витрата водню на ОМВ);
- ✦ результативність процесу (вихід дистильованих продуктів з вугілля);
- ✦ комерційну раціональність результату переробки вугілля (співвідношення виходу дизельних і бензинових фракцій).

Результати порівняння стандартизованих величин показників зводилися в комплексний показник оцінки ефективності певної технології, який служив підставою їх ранжування.

Методично ідентичні охарактеризовані вище прийоми використовувалися і для проведення стандартизації показників у подальших оцінках ефективності інших технологій та їх елементів, що наводяться далі.

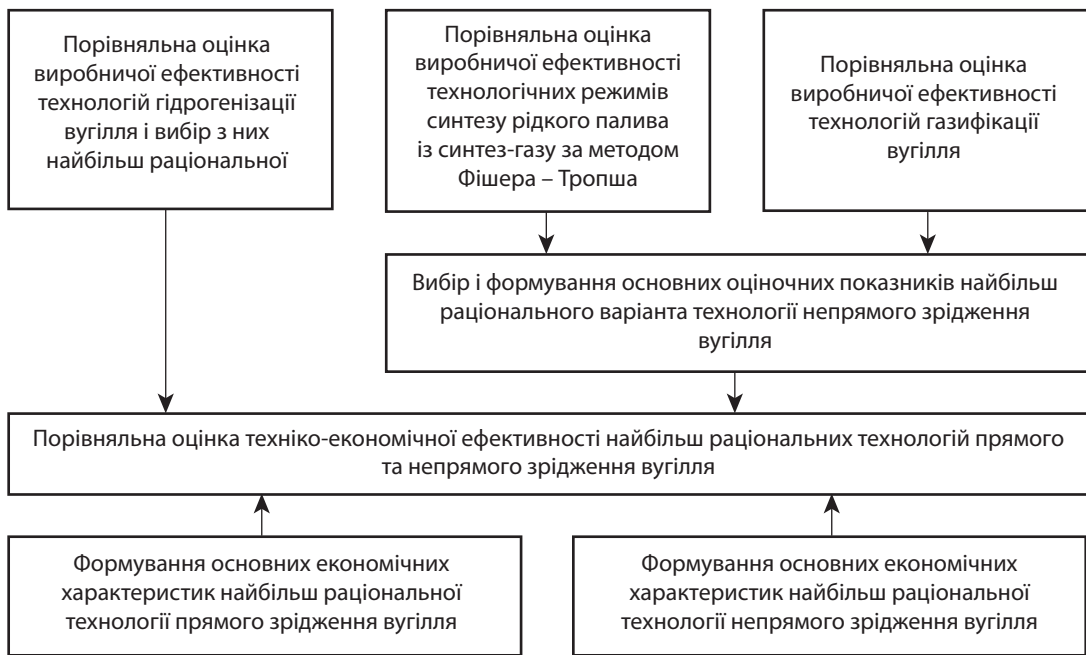


Рис. 2. Методичний підхід до порівняльного аналізу ефективності основних способів та технологій виробництва СРП

Таблиця 2

Порівняльна оцінка ефективності основних технологій гідрогенізації вугілля

Технологія	Технологічні параметри					Комплексний показник ефективності	Рейтинг
	Температура, °C	Робочий тиск у реакторі, МПа	Витрати водню до одиниці маси вугілля, куб. м/кг	Вихід дистильованих продуктів, % (мас.)	Співвідношення виходу бензинових і дизельних, коеф.		
ИГИ	0,952	0,600	1,000	0,686	0,779	4,017	2
НІНХТІМ	1,000	1,000	1,000	0,920	1,001	4,921	1
NRCL	0,930	0,400	0,500	1,000	0,181	3,011	3
H-COAL	0,920	0,333	0,556	0,717	0,280	2,806	6
SRC II	1,081	0,333	0,714	0,673	0,144	2,946	4
EDS	0,976	0,429	0,625	0,430	0,135	2,594	7
KOHL	0,870	0,200	0,417	0,909	0,425	2,821	5

Проведена в табл. 2 порівняльна оцінка ефективності технологій свідчить, що найбільш прийнятною в умовах України технологією гідрогенізації вугілля є технологія інституту НІН НХТіМ (Казахстан).

Сукупність технологій способу непрямого (дво-стадійного) зрідження вугілля більш широка, ніж розглянутий вище спосіб прямого зрідження. Таке положення пояснюється широкою варіативністю як кожної зі стадій технологій непрямого зрідження вугілля, так і варіативністю їх поєднання.

За критерієм виробничої ефективності найбільш варіативна сукупність технологій другої стадії непрямого зрідження вугілля, незважаючи на те, що в її основі лежить єдиний для всіх технологій процес – синтез вуглеводнів із синтез-газу за методом Фішера – Тропша. У цьому випадку існування широкого ряду схожих, але різних за ефективністю технологій пояснюється можливістю

використання різних варіантів конструювання технологічних схем, використання різних конструкцій реактора, застосування різних технологічних режимів і каталізаторів. Метою використання різних варіацій згаданих технологічних факторів є прагнення до максимізації ефективності технологічного процесу. З огляду на недоцільність розгляду в даному аналізі низькоефективних технологій, завдання цього етапу полягало у визначенні та виділенні із загальної сукупності промислово освоєних процесів (табл. 3, табл. 4) найбільш ефективного. При цьому, з метою забезпечення коректності порівняння ефективності різних процесів, було передбачено їх аналіз при використанні одного виду каталізатора – заліза.

Наведена в табл. 4 порівняльна оцінка ефективності основних промислових технологій синтезу рідких вуглеводнів із синтез-газу свідчить, що найвищою ефективності технологічний процес досягає при використанні суспензії порошкоподібного каталізатора в маслі

Таблиця 3

Порівняльна характеристика різних варіантів процесу синтезу рідких вуглеводнів із синтез-газу на залізному каталізаторі

Характеристика основних умов процесу	Температура, °С	Робочий тиск у реакторі, МПа	Вихід рідких вуглеводнів, г/куб. м		
			Усього	у тому числі:	
				бензин	дизельне паливо
Гранульований каталізатор, охолодження через стінку реактора; процес без циркуляції газу	200–225	0,98	125	40,0	22,5
Гранульований каталізатор, охолодження через стінку реактора; процес з циркуляцією газу	275	1,96	145	98,6	27,6
Суспензія порошкоподібного каталізатора в мастилі; процес із циркуляцією газу	250–275	1,96	170	42,5	51,0
Гранульований каталізатор, внутрішнє охолодження; процес з циркуляцією газу	240–280	1,96	170	98,6	17,0
Гранульований каталізатор; процес з циркуляцією гарячого газу	300–320	1,96	140	98,0	16,8
Псевдозріджений каталізатор; процес з циркуляцією газу	300–320	1,96	150	109,5	10,5

Таблиця 4

Порівняльна оцінка ефективності технологій синтезу СРП із синтез-газу

Характеристика основних умов процесу	Стандартизоване значення показників						Рейтинг
	Температура, °С	Робочий тиск у реакторі, МПа	Вихід рідких вуглеводнів, г/куб. м	Частка бензинових та дизельних фракцій у загальному виході вуглеводнів	Співвідношення виходу бензинових і дизельних фракцій	Комплексний показник ефективності	
Гранульований каталізатор, охолодження через стінку реактора; процес без циркуляції газу	1,000	1,00	0,735	0,600	0,469	3,068	2
Гранульований каталізатор, охолодження через стінку реактора; процес з циркуляцією газу	0,727	0,50	0,853	0,633	0,233	2,093	3
Суспензія порошкоподібного каталізатора в мастилі; процес із циркуляцією газу	0,800	0,50	1,000	1,000	1,000	3,300	1
Гранульований каталізатор, внутрішнє охолодження; процес з циркуляцією газу	0,833	0,50	1,000	0,333	0,144	1,810	4
Гранульований каталізатор; процес з циркуляцією гарячого газу	0,667	0,50	0,824	0,400	0,143	1,709	5
Псевдозріджений каталізатор; процес з циркуляцією газу	0,667	0,50	0,882	0,233	0,080	1,480	6

в режимі циркуляції газу. Виходячи із зазначеного при формуванні технологічної схеми непрямого зрідження вугілля, яка використовувалася для проведення подальших порівнянь, були закладені характеристики раніше згаданого процесу.

Першою стадією технології непрямого зрідження вугілля є його газифікація з отриманням синтез-газу. Раніше вказувалося, що для формування порівнянних варіантів технологій непрямого зрідження вугілля припускається використання як єдиного елемента всіх порівнюваних варіантів технологічних схем, так і використання найбільш ефективної технології синтезу СРП із синтез-газу. Виходячи з цього відхилення в ефективності різних варіантів технологічних схем визначається тільки характеристиками першої стадії технології – газифікації.

Для порівняльного аналізу ефективності технологій газифікації вугілля були обрані чотири промислово освоєні й одна перспективна технологія, доведена до стадії дослідно-промислової установки.

Порівняльну оцінку ефективності основних промислових технологій газифікації вугілля та перспективної наведено в *табл. 5*.

Особливо слід відзначити, що при оцінці було враховано ту обставину, що ефективність технології непрямого зрідження в цілому істотно залежить від складу одержуваного при газифікації синтез-газу – співвідношення водню та окису вуглецю, ідеальне значення якого для виробництва СРП має максимально наблизитися до 2.

Результати порівняльної оцінки свідчать, що найвищий рейтинг серед технологій газифікації вугілля має

перспективна пароплазмова технологія. З традиційних технологій газифікації вугілля найвища ефективність в аспекті подальшого застосування одержаного синтез-газу належить технології Lurgi.

Технічні характеристики вищерозглянутих технологій газифікації вугілля і синтезу СРП закладено в основу формування оціночного показника двох найбільш прийнятних для українських умов технологій непрямого зрідження вугілля – вихід синтетичної нафти з вугілля. Розрахунок величини цього показника відносно згаданих технологій наведено в *табл. 6*.

Порівняльна техніко-економічна оцінка ефективності основних технологій прямого і непрямого способів зрідження вугілля проводилася з урахуванням їх основних економічних характеристик. Показниками, які відображають такі характеристики технологій, були обрані:

- ✦ капітальні вкладення на одиницю (тонну) річної виробничої потужності по готовому продукту (синтетична нафта);
- ✦ поточні витрати (собівартість) на виробництво одиниці продукції (1 т синтетичної нафти).

У зв'язку з відсутністю систематизованих відомостей про капітальні та виробничі витрати за способами і видами зрідження вугілля визначення величин цих характеристик проводилося на підставі експертної обробки та узагальнення фрагментарних даних [10–12], а також розрахунків за результатами власних досліджень. Результати узагальнень наведено в *табл. 7*.

Вищенаведені результати дослідження узагальнено в *табл. 8* і покладено в основу порівняльної оцінки основних технологій зрідження вугілля.

Таблиця 5

Порівняльна характеристика основних технологій газифікації вугілля

Технології газифікації	Максимальна температура у реакторі, °С	Робочий тиск у реакторі, МПа	Витрати кисню на переробку 1 т вугілля, куб. м/т	Витрати пари на переробку 1 т вугілля, т/т	Вихід газу з 1 т вугілля, куб. м/т	Середнє співвідношення H ₂ : CO	Комплексний показник ефективності	Рейтинг
Lurgi	0,833	0,50	1,000	0,200	0,683	1,00	4,216	2
Winkler	0,909	1,00	0,743	0,273	0,705	0,50	4,129	3
Koppers-Totzek	0,500	1,00	0,481	1,000	0,727	0,25	3,958	4
Texasco	0,625	0,50	0,426	1,000	0,830	0,25	3,631	5
Пароплазмова	1,000	1,00	1,000	0,240	1,000	1,00	5,239	1

Таблиця 6

Розрахунок величини виходу синтетичної нафти з вугільної сировини при непрямому зрідженні

Технологія непрямого зрідження вугілля на основі технології газифікації	Вихід газу з 1 т вугілля, куб. м/т	Вихід синтетичної нафти з 1 куб. м газу, г	Вихід синтетичної нафти з вугілля, кг/т
Lurgi	1550	170,0	263,5
Пароплазмова	2270	170,0	385,9

Основні економічні характеристики основних технологій зрідження вугілля

Технологія	Капітальні вкладення на 1 т річної виробничої потужності, \$	Поточні витрати на виробництво 1 т синтетичної нафти, \$
НІІ НХТ і М	1454	625
Lurgi	889	791
Пароплазмова	889	619

Таблиця 8

Техніко-економічна характеристика основних технологій зрідження вугілля

Показник	Пряме зрідження вугілля, технологія НІІНХТіМ	Непряме зрідження вугілля*	
		На основі технології газифікації Lurgi	На основі пароплазмової технології
Максимальна температура в реакторі, °С	420	1200	1000
Робочий тиск у реакторі, МПа	6,00	1,96	1,96
Витрати водню на одиницю маси вугілля, куб. м/кг	2,5	0	0
Витрати кисню на переробку 1 т вугілля, куб. м/т	0	1	0
Витрати пари на переробку 1 т вугілля, т/т	0	0,2	1,0
Вихід синтетичної нафти з 1 т вугілля, кг	749	264	386
Співвідношення виходу бензинових і дизельних фракцій, коеф.	5,0	1,2	1,2
Капітальні вкладення на 1 т річної виробничої потужності, \$	1454	889	889
Поточні витрати на виробництво 1 т синтетичної нафти, \$	625	791	619

Примітка: * – показники температури та тиску взяті для газифікатора.

Дані табл. 8 свідчать, що найнижчий рівень собівартості виробництва СРП забезпечує переробка вугілля непрямым способом з використанням технології пароплазмової газифікації.

ВИСНОВКИ

Накопичений світовий досвід щодо конверсії твердих видів палива в рідкі вуглеводні дозволяє виділити дві групи технологій – прямого та непрямого зрідження. Представлений у статті методичний підхід до порівняльного аналізу ефективності основних способів та технологій виробництва СРП дозволив провести ранжування цих технологій за групами та провести техніко-економічну оцінку ефективності впровадження найбільш пріоритетних з них.

За результатами ранжування серед технологій прямого зрідження найбільш пріоритетною є технологія гідрогенізації вугілля інституту НІІ НХТіМ (Казахстан), а серед непрямого зрідження – технологія газифікації Lurgi та пароплазмова газифікація. Оцінка техніко-економічної ефективності цих трьох варіантів довела, що найбільш раціональним для застосування в Україні є технологія пароплазмової газифікації. Саме за цією тех-

нологією доцільно провести техніко-економічне обґрунтування національного проекту з виробництва СРП. ■

ЛІТЕРАТУРА

1. Ducharme, C., Themelis, N. J., Castaldi, M. J. Technical and economic analysis of Plasma-assisted Waste-to-Energy processes. URL: http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/ducharme_thesis.pdf

2. Byun Y., Cho, M., Hwang, S.-M., Chung, J. Thermal Plasma Gasification of Municipal Solid Waste (MSW). URL: <http://www.intechopen.com/books/gasification-for-practical-applications/thermal-plasma-gasification-of-municipal-solid-waste-msw>

3. Pigneri, A., Asbjerg, M., Collin, C., Dicks, A., Sproule G. Gasification Technologies Review. Technology. Resources. Implementation Scenarios. URL: http://www.cityofsydney.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0012/215211/2014-370487-06-Appendix-Gasification-Technologies-Review-FINAL-edit.pdf

4. Ковтун Г., Степанов А., Матусевич Г. Комплексне використання вугілля для виробництва рідкого палива, газу та електроенергії. Вісник НАН України. 2008. № 4. С. 68–75. URL: ftp://ftp.nas.gov.ua/akademperiodyka/Downloads/Visnyk_NANU/downloads/2008/4/a7-n4.pdf

5. Макаров В. М., Перов М. О., Новицький І. Ю. Аналіз та перспективи розвитку буровугільного комплексу Олек-

сандрійського регіону. Проблеми загальної енергетики. 2011. Вип. 3. С. 19–24. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/PZE_2011_3_6

6. Розвиток технологій переробки природного газу в рідкі синтетичні палива та перспективи їх впровадження для розробки родовищ вуглеводнів/М. В. Гунда, Д. О. Єгер, Ю. О. Зарубін та ін. Нафтогазова галузь України. 2014. № 1. С. 38–42. URL: <http://elar.nung.edu.ua/bitstream/123456789/3699/1/5593p.pdf>

7. Створення комплексу з переробки ТПВ в синтетичне моторне паливо/Інвестиційно-інноваційний центр. URL: <http://iic.in.ua/stvorennia-kompleksu-z-pererobky-tpv-v-syntetychne-motorne-palyvo/>

8. Харківські вчені пропонують виробляти синтетичне моторне паливо на базі вітчизняної вугільної сировинної бази // Офіційний сайт телеканалу ОТБ. URL: <https://otb.com.ua/harkivski-vcheni-proponujut-vyroblyaty-syntetychne-motorne-palyvo-na-bazi-vitchyznianoji-vuhilnoji-syrovynnoji-bazy/>

9. Швейцарський сон українського шахтаря: деталі постанови Кабміну щодо інвестування шахт фірмою «Falco Swiss Sailling AG» // Буг: інформаційний сайт західної Волині. URL: <http://bug.org.ua/news/novovolynsk/shvejtsarskyj-son-ukrajinskoho-shahтарыa-detali-postanovy-kabminu-schodo-investuvannya-shaht-firmoyu-falco-swiss-sail-ing-ag-76402/>

10. Шаронов К. С. Теплофизические параметры процесса плазменной переработки углей: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Улан-Удэ, 2012. 28 с.

11. Шелдон Р. А. Химические продукты на основе синтез-газа/пер. с англ.; под ред. проф. С. М. Локтева. М.: Химия, 1987. 248 с.

12. Перспективные автомобильные топлива: виды, перспективы, характеристики/пер. с англ. А. П. Чочия; под ред. д-ра техн. наук, проф. Я. Б. Чертова. М.: Транспорт, 1982. 219 с.

REFERENCES

Byun, Y. et al. "Thermal Plasma Gasification of Municipal Solid Waste (MSW)". <http://www.intechopen.com/books/gasification-for-practical-applications/thermal-plasma-gasification-of-municipal-solid-waste-msw>

Ducharme, S., Themelis, N. J., and Castaldi, M. J. "Technical and economic analysis of Plasma-assisted Waste-to-Energy processes". http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/ducharme_thesis.pdf

Hunda, M. V. et al. "Rozvytok tekhnolohii pererobky pryrodnoho hazu v rідki syntetychni palyva ta perspektyvy yikh vprovadzhenia dlia rozrobky rodovyshch vuhleводniv" [Development of technologies for the processing of natural gas into liquid synthetic fuels and prospects for their implementation for the development

of hydrocarbon deposits]. Naftohazova haluz Ukrainy. 2014. <http://elar.nung.edu.ua/bitstream/123456789/3699/1/5593p.pdf>

"Kharkivski vcheni proponuiut vyroblyaty syntetychne motorne palyvo na bazi vitchyznianoji vuhilnoi syrovynnoi bazy" [Kharkiv scientists propose to produce synthetic motor fuel based on the domestic coal raw material base]. Ofitsiyni sait telekanalu OTB. <https://otb.com.ua/harkivski-vcheni-proponujut-vyroblyaty-syntetychne-motorne-palyvo-na-bazi-vitchyznianoji-vuhilnoji-syrovynnoji-bazy/>

Kovtun, H., Stepanov, A., and Matushevych, H. "Kompleksne vykorystannia vuhillia dlia vyrobnytstva rikoho palyva, hazu ta elektroenerhii" [Comprehensive use of coal for the production of liquid fuel, gas and electricity]. Visnyk NAN Ukrainy. 2008. ftp://ftp.nas.gov.ua/akademperiodyka/Downloads/Visnyk_NANU/downloads/2008/4/a7-n4.pdf

Makarov, V. M., Perov, M. O., and Novytskyi, I. Yu. "Analiz ta perspektyvy rozvytku burovuhilnoho kompleksu Oleksandriiskoho rehionu" [Analysis and prospects of the brown coal complex in the Alexandria region]. Problemy zahalnoi enerhetyky. 2011. http://nbuv.gov.ua/UJRN/PZE_2011_3_6

Perspektivnyye avtomobilnyye topliva: vidy, perspektyvy, kharakteristiki [Prospective motor fuels: types, prospects, characteristics]. Moscow: Transport, 1982.

Pigneri, A. et al. "Gasification Technologies Review. Technology. Resources. Implementation Scenarios" http://www.cityofsydney.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0012/215211/2014-370487-06-Appendix-Gasification-Technologies-Review-FINAL-edit.pdf

"Shvejtsarskyi son ukrainskoho shakhtaria: detali postanovy Kabminu shchodo investuvannya shakht firmoiu «Falco Swiss Sailling AG»" [Swiss dream of a Ukrainian miner: details of the Cabinet decision on investing in mines by Falco Swiss Sailling AG]. Buh: informatsiyni sait zakhidnoi Volyni. <http://bug.org.ua/news/novovolynsk/shvejtsarskyj-son-ukrajinskoho-shahтарыa-detali-postanovy-kabminu-schodo-investuvannya-shaht-firmoyu-falco-swiss-sail-ing-ag-76402/>

"Stvorennia kompleksu z pererobky TPV v syntetychne motorne palyvo" [Creation of a complex for processing solid waste in synthetic motor fuel]. Investytsiino-innovatsiyni tsentr. <http://iic.in.ua/stvorennia-kompleksu-z-pererobky-tpv-v-syntetychne-motorne-palyvo/>

Sharonov, K. S. "Teplofizicheskiye parametry protsessy plazmennoy pererabotki ugley" [Thermophysical parameters of the process of plasma processing of coals]: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk, 2012.

Sheldon, R. A. *Khimicheskiye produkty na osnove sintez-gaza* [Chemical products based on synthesis gas]. Moscow: Khimiya, 1987.