

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ СТВОРЕННЯ НАЦІОНАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА СИНТЕТИЧНОГО РІДКОГО ПАЛИВА

© 2017 КИЗИМ М. О., РУДИКА В. І.

УДК 662.75

Кизим М. О., Рудика В. І.

Економічна ефективність створення національного виробництва синтетичного рідкого палива

У статті зазначено сталу тенденцію до посилення нафтової залежності України, що створює загрозу економічній безпеці національного господарства, та доведено перспективність створення національного виробництва синтетичного рідкого палива. Наведено техніко-організаційно-економічні особливості створення виробництва синтетичного рідкого палива в Україні. Доведено гіпотезу про перспективність організації виробництва синтетичного рідкого палива на основі технології пароплазмової газифікації вугілля. Змодельовано прогнозний ресурсний цикл країни на 2020 р. за умов освоєння цієї технології.

Ключові слова: моторне паливо, синтетичне рідке паливо, синтетична нафта, вугілля.

Рис.: 4. **Табл.:** 3. **Бібл.:** 12.

Кизим Микола Олександрович – доктор економічних наук, професор, член-кореспондент НАН України, директор, Науково-дослідний центр індустріальних проблем розвитку НАН України (пров. Інженерний, 1а, 2 пов., Харків, 61166, Україна)

E-mail: ndc_ipr@ukr.net

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

УДК 662.75

UDC 662.75

Кизим Н. А., Рудика В. И. Экономическая эффективность создания национального производства синтетического жидкого топлива

Kyzym M. O., Rudyka V. I. Economic Efficiency of Establishing Domestic Production of Synthetic Liquid Fuel

В статье отмечена устойчивая тенденция к усилению нефтяной зависимости Украины, что создает угрозу экономической безопасности национального хозяйства, и доказана перспективность создания национального производства синтетического жидкого топлива. Приведены технико-организационно-экономические особенности создания производства синтетического жидкого топлива в Украине. Доказана гипотеза о перспективности организации производства синтетического жидкого топлива на основе технологии пароплазменной газификации угля. Смоделирован прогнозный ресурсный цикл страны на 2020 г. в условиях освоения этой технологии.

The article notes a stable tendency to increasing the oil dependence of Ukraine, which creates a threat to the national economic security, and proves an expediency of establishing domestic production of synthetic liquid fuel. The technical, organizational and economic features of establishing synthetic liquid fuel production in Ukraine are presented. There proved a hypothesis on the expediency of organizing the production of synthetic liquid fuels based on steam-plasma coal gasification technology. The forecast resource cycle of the country until 2020 under conditions of developing this technology is modeled.

Ключевые слова: моторное топливо, синтетическое жидкое топливо, синтетическая нефть, уголь.

Keywords: motor fuel, synthetic liquid fuel, synthetic oil, coal.

Рис.: 4. **Табл.:** 3. **Библ.:** 12.

Fig.: 4. **Tbl.:** 3. **Bibl.:** 12.

Кизим Николай Александрович – доктор экономических наук, профессор, член-корреспондент НАН Украины, директор, Научно-исследовательский центр индустриальных проблем развития НАН Украины (пер. Инженерный, 1а, 2 эт., Харьков, 61166, Украина)

Kyzym Mykola O. – Doctor of Sciences (Economics), Professor, Corresponding Member of NAS of Ukraine, Director, Research Centre of Industrial Problems of Development of NAS of Ukraine (2 floor 1a Inzhenernyi Ln., Kharkiv, 61166, Ukraine)

E-mail: ndc_ipr@ukr.net

E-mail: ndc_ipr@ukr.net

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

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

Постановка проблеми. Стала тенденція до посилення нафтової залежності України сьогодні визначає загрозу економічній безпеці національного господарства. Маючи достатній виробничий потенціал, Україна із року в рік нарощує імпорт готових нафтопродуктів (моторного палива). Імпортна залежність за бензином в Україні сягнула 66 % у 2016 р. і, як вважається, надалі буде посилюватися в разі зростання потреб у моторному паливі в національному господарстві. В цій ситуації одним із шляхів подолання зовнішньої нафтової залежності України може

стати структурна модернізація національного нафтопереробного комплексу, спрямована на забезпечення його енергетичної самодостатності за рахунок інтенсифікації використання власних джерел енергетичних ресурсів. Тому дослідження, спрямовані на визначення ключових напрямів структурної модернізації вітчизняного виробництва моторного палива, повинні бути приєднані до наукового підґрунтя формування державної політики розвитку національної економіки та підвищення добробуту населення країни.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Перспективи освоєння виробництва синтетичного рідкого палива (СРП) як заміника традиційної нафти на поточному етапі розвитку наукової думки становлять інтерес для вчених різних країн, зокрема: американських: N. J. Themelis, M. J. Castaldi (2010) [1]; корейських: Y. Byun, M. Cho, S. Hwang, J. Chung (2012) [2]; австралійських: A. Pigneri, M. Asbjerg, C. Collin, A. Dicks, G. Sproule (2013) [3]. Твердопаливний потенціал цих країн дозволяє покривати потреби в моторному паливі за рахунок нетрадиційної сировини. Питання організації виробництва СРП постійно привертають увагу також і українських учених, зокрема, таких як: Г. Ковтун, А. Степанов, Г. Матусевич (2008) [4], М. Гунда, Д. Єгер, Ю. Зарубін, П. Сміх, В. Гладун, С. Касянчук, П. Чепіль (2014) [6], В. Макаров, М. Перов, І. Новицький (2011) [7] та ін. Увага до СРП приділялась і на регіональному рівнях, зокрема Харківської та Дніпропетровської обласних державних адміністрацій [7; 8]. До того ж на початку 2016 р. Кабінет Міністрів України визнав «термохімічну переробку низькосортного кам'яного вугілля, бурого вугілля та іншої низькосортної вуглевміщуючої сировини на моторні палива й інші технологічні продукти однією із найважливіших пріоритетних галузей національної промисловості України щодо енергетичної безпеки України» (Постанова КМУ від 30.12.2015 №1 175) та планує створити комплекс з переробки вугілля на Волині, Львівщині та Харківщині на синтетичне рідке паливо [9]. У той же час потребує додаткового обґрунтування економічна доцільність таких інноваційних зрушень в енергетичному циклі країни.

Метою статті є обґрунтування економічної доцільності виробництва синтетичного рідкого палива на основі технології плазмової газифікації.

Виклад основного матеріалу дослідження. Перспективність виробництва синтетичного рідкого палива (СРП) в Україні визначається на основі таких критеріїв (процедур):

- вибір способу одержання моторного палива, найбільш прийнятний у специфічних умовах національної сировинної бази;
- вибір методу (способу) одержання моторного палива з певного виду сировини;
- аналіз ключових технологій процесу конверсії сировини у моторне паливо за обраним методом;

- синтез технологічної схеми виробництва моторного палива, що відповідає сучасним умовам технологічного розвитку.

Спосіб виробництва СРП з вугільної сировини є єдиним, який відповідає усім зазначеним критеріям, тому має перспективу застосування і розвитку у специфічних умовах України, оскільки: по-перше, країна володіє одними з найбільших у світі покладами кам'яного та значними покладами бурого вугілля (8 місце у світі); по-друге, країна має розвинену вугільну промисловість, що знаходиться у стані спаду виробництва, обумовленого скороченням попиту на її продукцію, а отже, потребує розширення внутрішнього ринку; по-третє, країна має відпрацьовані технології більшості елементів загальної технологічної схеми виробництва СРП з вугільної сировини, які забезпечені наявним виробничим потенціалом (вуглевидобутком; вуглезбагаченням; вуглепідготовкою (виробництвом вугільної шихти); нафтопереробкою).

Недостатньою ланкою у загальній технологічній схемі виробництва СРП є тільки процес конверсії вугілля у рідкі вуглеводні. Проведений авторами техніко-економічний аналіз наявних технологічних схем [1–3; 9–12] свідчить, що найбільш прийнятним для України буде створення виробництва СРП у спосіб непрямого зрідження вугілля. Результати такого технологічного аналізу дозволили констатувати, що найбільш придатною для використання в Україні є технологія, яка відповідає таким умовам:

- наявність вітчизняної сировинної бази;
- мінімальні витрати на сировину (чи її виробництво);
- максимальна технологічна безпека;
- максимальна енергетична рентабельність;
- прийнятне техногенне навантаження на природне середовище.

Враховуючи вище перелічені вимоги до технології конверсії вугілля у СРП та її сировинно-технічні особливості, для застосування можна запропонувати до використання в Україні дві технологічні схеми одиничного виробництва (заводу), що наведено на рис. 1 та рис. 2.

Обидві вищенаведені агреговані технологічні схеми призначені для реалізації процесу прямої двостадійної конверсії вугілля у синтетичну нафту (СРП). Першу, наведену на рис. 1, агреговану технологічну схему доцільно застосовувати для крупного виробництва СРП у складі промислового гірничо-хімічного комплексу. Тобто комп-

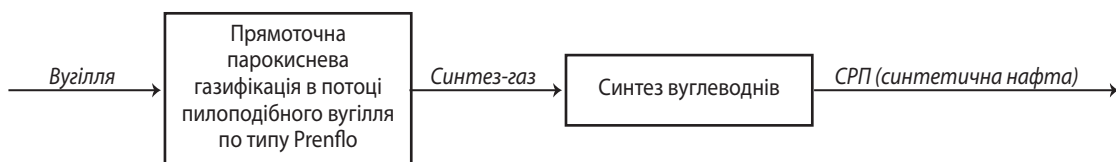


Рис. 1. Агрегована технологічна схема виробництва СРП на основі газифікації вугілля за методом Prenflo



Рис. 2. Агрегована технологічна схема виробництва СРП на основі плазмової газифікації

лексу, що складається з гірничого комплексу з видобування низькосортного вугілля (наприклад, бурого) і хімічного комплексу з конверсії вугілля у СРП. Застосування вказаної дешевої вугільної сировини дозволить забезпечити рентабельне виробництво і за умов застосування менш ефективної, але й менш складної, як у другому випадку, технології.

Другу, наведену на рис. 2, агреговану технологічну схему доцільно застосувати для середньотонажного виробництва СРП з товарного кам'яного вугілля на окремому заводі. Застосування більш ефективної технології дозволить компенсувати різницю від застосування більш дорогої, ніж у першому випадку, сировини, а також рентабельність виробництва при значно менших масштабах виробництва.

Однак, якщо технологічна схема за методом Prenflo є традиційною, то виробництво СРП на основі плазмової газифікації не має промислового впровадження у світі, тому доцільність її застосування повинна мати більш детальне обґрунтування.

Вихідною інформацією розробки технологічної схеми виробництва, синтез-газу на основі плазмової газифікації вугілля слугували результати раніше проведених уза-

гальнень і технологічного аналізу, які дозволили констатувати таке:

- у цей час існує технологічне обладнання промислового виробництва, здатне забезпечити проведення всіх основних і допоміжних виробничих операцій плазмової переробки вугілля в синтез-газ, включаючи процес плазмової газифікації вугілля;
- найбільш ефективними із способів плазмової газифікації вугілля є технологія парокисневої плазмової газифікації;
- у промислових масштабах плазмова газифікація вуглецевих речовин сьогодні застосовується в основному для переробки ТПВ в електроенергію;
- традиційні технології парокисневої газифікації вугілля на сьогодні добре відпрацьовані та мають широке застосування.

Виявлені технологічні передумови створення виробництва в Україні синтез-газу на основі застосування способу плазмової газифікації були закладені в обґрунтування технологічної схеми. Підставою для вибору прийнятого в умовах України аналога технологічної схеми плазмової газифікації вугілля стали результати порівняльного аналізу охарактеризованих вище технологій (табл. 1).

Таблиця 1

Порівняльна характеристика технологій газифікації вугілля

Технологія	Переваги	Недоліки
Lurgi	▪ відносно низька температура основного технологічного процесу	▪ необхідність брикетування вугілля, яке переробляється; ▪ значна енергоємність процесу
Prenflo	▪ самозабезпечення процесу необхідними технологічними ресурсами – паром та тепловою енергією	▪ підвищені вимоги до вологості вугілля, що переробляється
Texaco	▪ низькі вимоги до вологості вугілля, що переробляється	▪ надлишкове виробництво теплової енергії

Порівняльний аналіз особливостей технологій газифікації вугілля і їх техніко-економічних показників дозволяє стверджувати, що найбільш прийнятним прототипом для формування технологічної схеми плазмової газифікації вугілля в умовах України є технологія Prenflo, прин-

ципи побудови якої дозволяють забезпечити автономний енергетичний цикл підприємства, а отже, і зниження капітальних і поточних витрат, пов'язаних із його енергозабезпеченням. У табл. 2 наведено основні матеріальні потоки процесу.

Таблиця 2

Основні матеріальні потоки процесу плазмової прямооточної парокисневої газифікації в потоці пилоподібного вугілля у газогенераторах Alter NRG (на основі процесу компанії Westinghouse)

Стаття	На 1 тис. м ³ синтез-газу	На годину	Усього в рік
Надходження			
Кам'яне вугілля вологістю 15 %, т	0,33	62,80	550000
Пара на газифікацію, Гкал/т	0,043/0,056	7,0/10,66	70000/93333
Кисень, тис. м ³	0,49	0,82	816667
Вихід			
Синтез-газ, тис. м ³ (приведений до нормальних умов)	1,000	190,30	1666667

З огляду на рівень абстрагування, прийнятий для цієї роботи, маса одержуваних попутних продуктів і відходів основного виробництва у розрахунках не враховувалася.

Виходячи з вищевикладеного, найбільш економічно доцільним для освоєння в Україні виробництва СРП є спосіб непрямого зрідження вугілля, а саме технології на основі методу Фішера-Тропша з попередньою плазмовою прямою парокисневою газифікацією кам'яного вугілля. В окремих специфічних умовах для створення аналогічних виробництв не виключено застосування методу прямого зрідження вугілля.

Структурна модернізація національного енергетичного циклу повинна бути спрямована на зростання частки енергоресурсів вітчизняного походження при скороченні частки імпортованих енергоресурсів у загальній величині у всіх сферах енергетичного циклу:

- енергозабезпечення;
- зберігання, транспортування, розподілення і конверсія енергоресурсів;
- використання енергоресурсів за цільовим призначенням.

Зважаючи на вищенаведену мету розвитку енергетичної сфери – забезпечення самодостатності національного енергетичного циклу, енергетична ресурсна база країни повинна формуватись за рахунок власних джерел енергоресурсів. При цьому дефіцит власного виробництва вуглеводнів необхідно перекрити переважно за рахунок додаткового залучення в національний енергетичний цикл інших видів енергоносіїв. Реальним джерелом перекриття дефіциту вуглеводнів у досяжному майбутньому може

стати тільки додатковий видобуток кам'яного та бурого вугілля.

Перекриття енергетичного дефіциту вуглеводнів за рахунок додаткового видобутку вугілля можливе лише за умов докорінної технологічної модернізації сфери цільового використання енергоресурсів, або структурної модернізації сфери конверсії ПЕР в товарні енергоносії та енергію.

Перший очевидний шлях – максимізація використання вугілля в умовах наявних технологій є недоцільним тому що:

- в технологічному аспекті перехід від переважного використання висококонцентрованого, а отже, і високоефективного палива (вуглеводнів) на користь менш концентрованого (вугілля);
- по суті є технічним регресом;
- суттєво скоротить можливості використання сучасної саморушійної техніки (автомобілів, тракторів та ін.);
- суттєво підвищить техногенне навантаження на природне середовище;
- в економічному аспекті – така орієнтованість структурної модернізації не сприятиме зростанню національної економіки.

Другий шлях – структурної модернізації національного промислового комплексу з виробництва моторного палива шляхом створення в складі національного паливно-енергетичного комплексу сектора з виробництва синтетичної нафти. Орієнтація виробництва СРП на випуск синтетичної нафти, а не готового синтетичного моторного палива дозволить зменшити капітальні витрати на будів-

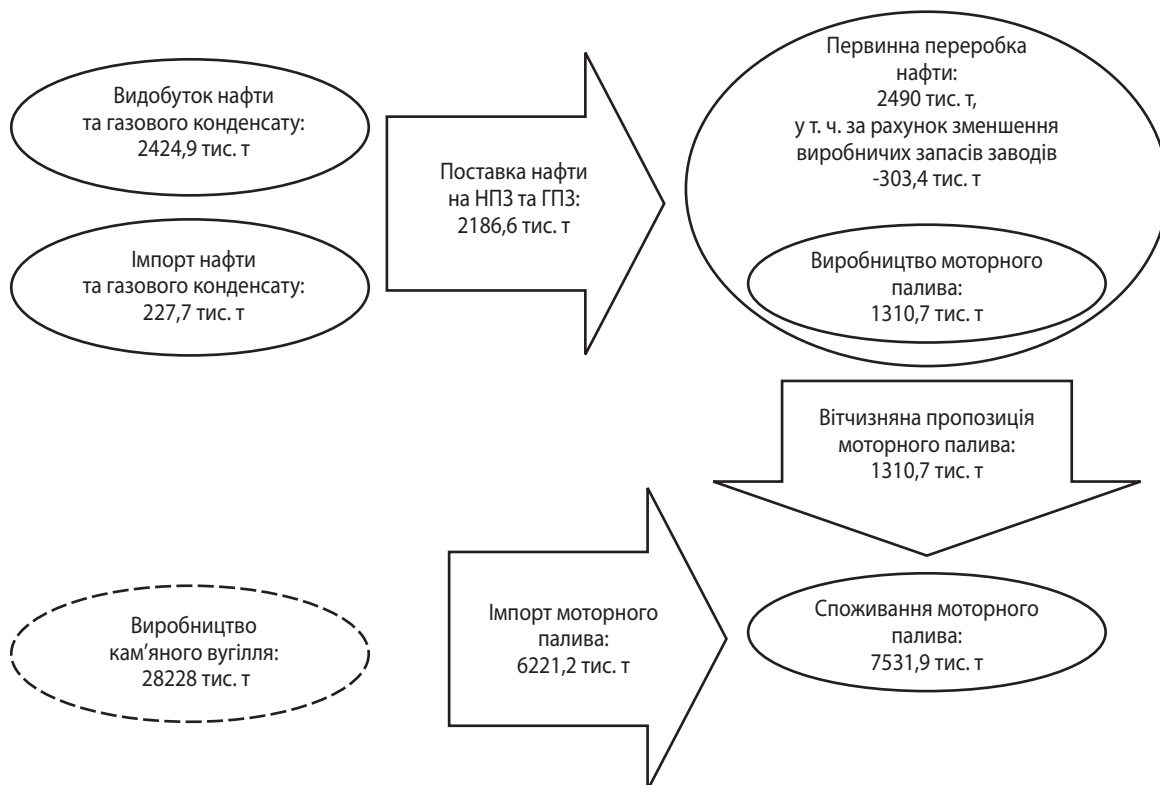


Рис. 3. Ресурсний цикл моторного палива в Україні у 2015 р.

ництво заводів СРП та задіяти виробничий потенціал вітчизняних нафтопереробних заводів.

На основі узагальнення результатів вищепроведених аналізів і моделювання побудовано дві моделі ресурсного циклу моторного палива в Україні. Перша модель, наведена

на рис. 3, характеризує ресурсний цикл моторного палива в Україні за 2015 р., що складено на основі офіційних даних Міністерства енергетики і вугільної промисловості України. Друга модель, наведена на рис. 4, є прогнозом ресурсного циклу моторного палива на 2020 р.

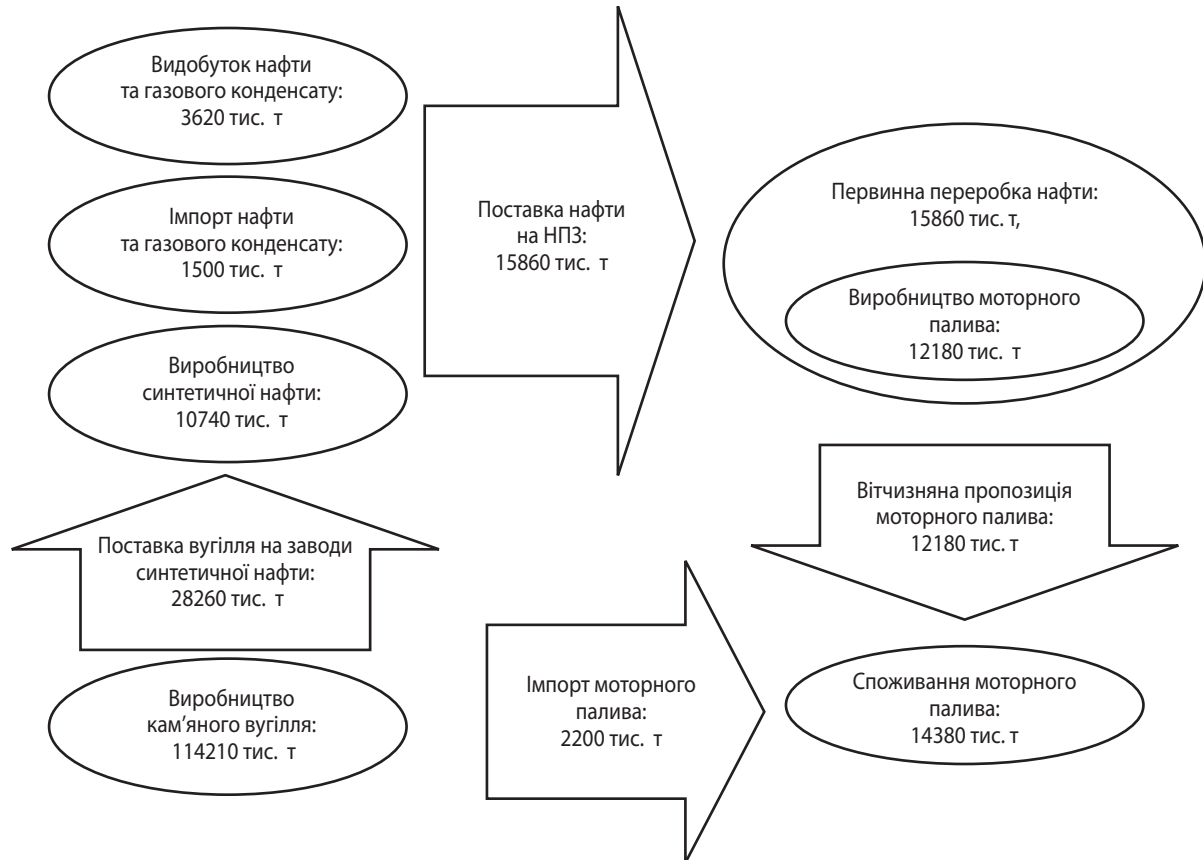


Рис. 4. Прогноз ресурсного циклу моторного палива України на 2020 р.

Прогноз ресурсного циклу моторного палива в Україні складено за умов створення національного промислового комплексу з виробництва синтетичної нафти на основі вітчизняної сировинної вугільної бази. При цьому техніко-економічні нормативи виходу готового продукту з сировини ($K_{вих} = 0,38$), що використовувались для розрахунків елементів циклу, взято за умови застосування способу непрямої конверсії вугілля у СРП із використанням методів плазмової газифікації вугілля і синтезу Фішера-Тропша.

Порівняльний аналіз параметрів базового та прогнозного (перспективного) ресурсних циклів моторного палива в Україні наведено в табл. 3.

Наведені в табл. 3 дані свідчать, що введення в структуру національного промислового комплексу з виробництва моторного палива сектора з виробництва синтетичної нафти забезпечить порівняно з базовим варіантом: зростання виробництва моторного палива у 4 рази; скорочення імпорту моторного палива у 3,3 разу (на 70 %); зростання видобутку вугілля на 32,9 %. При подальшому розвитку сектора з виробництва синтетичної нафти, метою якого стане відмова від імпорту моторного палива та сирови на-

фти, буде забезпечена повна енергетична незалежність нафтового сектора національної енергетики.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Забезпечення автономності ресурсного циклу моторного палива в Україні можливо досягти за рахунок заміщення традиційної нафти у сфері нафтопереробки синтетичною, отриманою шляхом конверсії вугілля. Економічна доцільність такої структурної модернізації промисловості пов'язана із техніко-економічними характеристиками принципової технологічної схеми, вибору масштабності проекту (крупно-, середнє- або малотоннажне виробництво) та характеристиками матеріального потоку. Означене вище дозволило авторам дійти висновку про найбільшу економічну доцільність технології непрямого зрідження вугілля на основі його пароплазмової газифікації. В роботі змодельовано прогнозний ресурсний цикл моторного палива на 2020 р. за умов створення виробництва синтетичної нафти в обсязі 10,74 млн т, що дозволить скоротити імпорт готового моторного палива майже на 70 % та сприятиме нарощуванню національного вуглевидобутку на 33 %.

Порівняльний аналіз техніко-економічних параметрів базового та перспективного ресурсних циклів моторного палива в Україні

Параметр циклу, тис. т	Базовий цикл (2015 р.)	Перспективний цикл (2020 р.)	Відхилення значення (перспектива / база), %
Виробництво:			
▪ нафти та газового конденсату	2424,9	3620,0	10,0
▪ синтетичної нафти	0,0	10740,0	100,0
▪ вугілля кам'яного	28228	114210,0	32,9
▪ моторного палива	1310,69	12180,0	306,8
Імпорт:			
▪ нафти та газового конденсату	227,7	1500,0	-0,3
▪ моторного палива	6221,2	2200,0	-69,5
Поставки нафти сирової, газового конденсату та синтетичної нафти на нафтопереробні заводи	2490	15860,0	230,8
Поставки вугілля кам'яного на заводи синтетичної нафти	0,0	28260,0	100,0
Споживання моторного палива	7531,89	14380,0	40,8

Доведена економічна доцільність створення виробництва синтетичного рідкого палива в Україні обґрунтовує необхідність наукового пошуку щодо техніко-економічного обґрунтування національного проекту з виробництва СРП.

ЛІТЕРАТУРА

1. 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 implementation scenarios. URL: http://www.cityofsydney.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0005/153284/Technical-Appendix-2-Renewable-Gases-Supply-Infrastructure-Talent-With-Energy.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.
5. Гунда М. В., Єгер Д. О., Зарубін Ю. О., Сміх П. М., Гладун В. В. та ін. Розвиток технологій переробки природного газу в рідкі синтетичні палива та перспективи їх впровадження для розробки родовищ вуглеводнів. *Нафтогазова галузь України*. 2014. № 1. С. 38–42.
6. Макаров В. М., Перов М. О., Новицький І. Ю. Аналіз та перспективи розвитку буровугільного комплексу Олександрійського регіону. *Проблеми загальної енергетики*. 2011. Вип. 3. С. 19–24.
7. Створення комплексу з переробки ТПВ в синтетичне моторне паливо/Інвестиційно-інноваційний центр // Дніпропетровська обласна державна адміністрація. URL: <http://iic.in.ua/stvorennya-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-vitchyznjanoi-vuhilnoi-syrovynnoi-bazy/>

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

10. Потапенко І. О. Перспективи виробництва екологічно чистого топлива для електростанцій на основі газифікації углей. *Хімія твердого топлива*. 2003. № 6. С. 85–92.

11. Hilsenteger J. Catalysts in Petroleum Refining. *Oil and Gas Journal*. 1985. Vol. 83. No. 33. P. 132–135.

12. Plasma gasification: lessons learned at ecovalley wte facility. URL: <http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/nawtec/nawtec18/nawtec18-3515.pdf>

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>

Hunda, M. V. et al. "Rozvytok tekhnolohii pererobky pryrodnoho hazu v ridki syntetychni palyva ta perspektyvy yikh vprovadzhenia dlia rozrobky rodovysyhch vuhlevodniv" [The development of technologies for processing natural gas into synthetic liquid fuels and the prospects for their implementation for the development of hydrocarbon fields]. *Naftohazova haluz Ukrainy*, no. 1 (2014): 38-42.

Hilsenteger, J. "Catalysts in Petroleum Refining" *Oil and Gas Journal* vol. 83, no. 33 (1985): 132-135.

Kovtun, H., Stepanov, A., and Matusevych, H. "Kompleksne vykorystannia vuhillia dlia vyrobnytstva ridkoho palyva, hazu ta

elektroenerhii" [Comprehensive utilization of coals for production of liquid fuels, gas and electricity]. *Visnyk NAN Ukrainy*, no. 4 (2008): 68-75.

"Kharkivski vcheni proponuiut vyrobliaty syntetychne motorne palyvo na bazi vitchyznianoї vuhilnoi syrovynnoi bazy" [Kharkiv scientists propose to produce synthetic motor fuels on the basis of the domestic coal resource base]. Ofitsiinyi sait telekanalu OTB. <https://otb.com.ua/harkivski-vcheni-proponujut-vyroblyaty-syntetychne-motorne-palyvo-na-bazi-vitchyznianoji-vuhilnoji-syrovynnoi-bazy/>

Makarov, V. M., Perov, M. O., and Novytskyi, I. Yu. "Analiz ta perspektyvy rozvytku burovuhilnoho kompleksu Oleksandriiskoho rehionu" [Analysis and prospects of development of Alexandria lignite complex in the region]. *Problemy zahalnoi enerhetyky*, no. 3 (2011): 19-24.

Potapenko, I. O. "Perspektyvy proizvodstva ekologicheskhi chistogo topliva dlya elektrostantsiy na osnovе gazifikatsii ugley" [Prospects for the production of environmentally friendly fuel for power plants based on coal gasification]. *Khimiya tverdogo topliva*, no. 6 (2003): 85-92.

Pigneri, A. et al. "Gasification Technologies Review technology implementation scenarios" http://www.cityofsydney.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0005/153284/Technical-Appendix-2-Renewable-Gases-Supply-Infrastructure-Talent-With-Energy.pdf

"Plasma gasification: lessons learned at ecovalley wte facility" <http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/nawtec/nawtec18/nawtec18-3515.pdf>

"Stvorennia kompleksu z pererobky TPV v syntetychne motorne palyvo" [The creation of a complex for processing solid waste into synthetic motor fuel]. Dnipropetrovska oblasna derzhavna administratsiia. <http://iic.in.ua/stvorennia-kompleksu-z-pererobky-tpv-v-syntetychne-motorne-palyvo/>

"Shveitsarskyi son ukrainskoho shakhtaria: detali postanovy Kabminu shchodo investuvannia shakht firmoiu "Falco Swiss Sail ling AG"" [Swiss dream Ukrainian miner: details of the Cabinet decision regarding the investment of the mines company "Falco Swiss Sail ling AG"]. Buh: inform. sait zakhidnoi Volyni. <http://bug.org.ua/news/novovolynsk/shveitsarskyj-son-ukrajinskoho-shakhtarya-detali-postanovy-kabminu-schodo-investuvannya-shakht-firmoyu-falco-swiss-sail-ling-ag-76402/>

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