

КОМЕРЦІЙНА ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ НЕПРЯМОГО ЗРІДЖЕННЯ ВУГІЛЛЯ ЗА МЕТОДОМ ФІШЕРА – ТРОПША

©2018 РУДИКА В. І., ФЕДЕНКО Г. М.

УДК 338.12.017

Рудика В. І., Феденко Г. М. Комерційна доцільність використання технологій непрямого зрідження вугілля за методом Фішера – Тропша

У статті досліджено економічну ефективність і комерційну доцільність використання технологій непрямого зрідження вугілля за методом Фішера – Тропша. Проаналізовано структуру капіталовкладень для будівництва заводу з виробництва синтетичного рідкого палива, а також структуру його собівартості. На основі побудованої економетричної залежності розраховано техніко-інвестиційні характеристики заводів непрямого зрідження вугілля за методом Фішера – Тропша.

Ключові слова: синтетичне рідке паливо, зрідження вугілля, капіталовкладення.

Рис.: 2. **Табл.:** 4. **Бібл.:** 15.

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

Феденко Галина Михайлівна – кандидат економічних наук, заступник голови Державної податкової адміністрації у Харківській області, начальник Спеціалізованої державної податкової інспекції з питань роботи з великими платниками податків у м. Харкові (вул. Благівіщенська, 30, Харків, 61052, Україна)

УДК 338.12.017

UDC 338.12.017

Рудика В. И., Феденко Г. М. Коммерческая целесообразность использования технологии косвенного сжижения угля методом Фишера – Тропша

В статье исследованы экономическая эффективность и коммерческая целесообразность использования технологий косвенного сжижения угля методом Фишера – Тропша. Проанализированы структура капиталовложений на строительства завода по производству синтетического жидкого топлива, а также структура его себестоимости. На основе построенной эконометрической зависимости рассчитаны технико-инвестиционные характеристики заводов косвенного сжижения угля методом Фишера – Тропша.

Ключевые слова: синтетическое жидкое топливо, сжижение угля, капиталовложения.

Рис.: 2. **Табл.:** 4. **Библ.:** 15.

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

Феденко Галина Михайловна – кандидат экономических наук, заместитель председателя Государственной налоговой администрации в Харьковской области, начальник Специализированной государственной налоговой инспекции по вопросам работы с крупными налогоплательщиками в г. Харькове (ул. Благовищенская, 30, Харьков, 61052, Украина)

Rudyka V. I., Fedenko G. M. The Commercial Expediency of Using the Technology of Indirect Liquefaction of Coal by the Fischer – Tropsch Method

Economic efficiency and commercial expediency of using the indirect coal liquefaction technology by the Fischer – Tropsch method are researched. The structure of investments for construction of a synthetic liquid fuels plant, as well as the structure of its self-cost, is analyzed. Based on the built econometric dependence, technical and investment characteristics of plants for indirect liquefaction of coal by the Fischer – Tropsch method have been calculated.

Keywords: synthetic liquid fuel, coal liquefaction, investments.

Fig.: 2. **Tbl.:** 4. **Bibl.:** 15.

Rudyka Viktor I. – PhD (Economics), Director of the State Institute for the design of enterprises of Coke Industry "Giprokoks" (60 Sumska Str., Kharkiv, 61002, Ukraine)

Fedenko Galina M. – PhD (Economics), Deputy chairman of the state tax administration in Kharkiv region, head of the Specialized State Tax inspectorate on the issues of work with large Taxpayers in Kharkov (30 Blahoveshenska Str., Kharkiv, 61052, Ukraine)

Виробництво моторного палива є важливою складовою енерговиробничого циклу країни та наріжним каменем української енергетики, основним призначенням якого є забезпечення національного господарства такими енергоносіями, як різні види моторного палива (бензин, дизельне паливо, реактивне паливо тощо). Однак розвиток нафтопереробної галузі в Україні мав безсистемний характер, що врешті-решт призвело до занепаду, основними причинами якого можна визнати такі:

1) виснаження та занедбання діючих нафтових родовищ;

2) монополізація ринку моторного палива зарубіжними вертикально-інтегрованими компаніями та закриття застарілих і нерентабельних виробництв;

3) недостатня прогресивність (за індексом Нельсона) діючих виробництв, що зумовлює низький вихід та низьку якість світлих нафтопродуктів;

4) уповільнений перехід на сучасні стандартами якості моторного палива;

5) незахищеність національного виробника моторного палива від іноземних конкурентів через вступ України до СОТ і набуття статусу асоційованого члена в економічній сфері з ЄС;

6) низька диверсифікація зовнішніх поставок нафтопродуктів в Україну.

Отже, можна констатувати, що Україна втратила значний виробничий потенціал з виробництва моторного палива, віддавши першість іноземним виробникам. Перезапустити існуючі виробництва майже

неможливо без радикальної їх реконструкції. Означене обумовлює пошук нових, інноваційних для України напрямів розвитку її нафтопереробної промисловості. Як такий напрям у статті розглядається виробництво синтетичного рідкого палива (СРП) шляхом непрямого зрідження за методом Фішера – Тропша.

Освоєння виробництва СРП як заміника традиційної нафти на поточному етапі розвитку наукової думки становить інтерес для вчених різних країн, зокрема: американських – С. Ducharme, 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]. Як вважається, твердопаливний потенціал цих країн дозволяє покривати потреби в моторному паливі за рахунок нетрадиційної сировини. Питання організації виробництва СРП також постійно привертають увагу українських вчених, зокрема таких: Г. Ковтун, А. Степанов, Г. Матусевич (2008) [4], М. Гунда, Д. Єгер, Ю. Зарубін, П. Сміх, В. Гладун, С. Касянчук, П. Чепіль (2014) [5], В. Макаров, М. Перов, І. Новицький (2011) [6] тощо.

Увага до СРП приділялась і на регіональних рівнях, зокрема в Харківській та Дніпропетровській обласних державних адміністраціях [7; 8]. До того ж, на початку 2016 р. Кабінет Міністрів України визнав «термохімічну переробку низькосортного кам'яного вугілля, бурого вугілля та іншої низькосортної вуглевмісної 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 на Волині, Львівщини та Харківщини комплекс з переробки вугілля на синтетичне рідке паливо [9]. Водночас потребує додаткового обґрунтування економічна доцільність таких інноваційних зрушень в енергетичному циклі країни.

Метою статті є обґрунтування комерційної доцільності використання технологій непрямого зрідження вугілля за методом Фішера – Тропша для виробництва синтетичного рідкого палива.

У 1925 р. Ф. Фішером і Х. Тропшом було здійснено синтез аліфатичних вуглеводнів з СО та Н₂. Утворення вуглеводнів з СО і Н₂ (синтез-газу) є складним каталітичним процесом, що включає велику кількість послідовних і паралельних перетворень. Процес здійснюється при нормальному і підвищеному тиску в присутності каталізаторів на основі перехідних металів VIII групи (в основному Fe, Co, Ru) [14; 15]:

Кінцевими продуктами, в загальному випадку, є алкани, алкени і кисень-з'єднання. При цьому, як зазвичай при олигомеризації, утворюється складна суміш продуктів різної молекулярної маси. Склад продуктів синтезу вуглеводнів з СО і Н₂ визначається природою каталізатора [14].

Із синтез-газу залежно від умов проведення процесу і використовуваного каталізатора можна отримувати широку гаму вуглеводнів і кисневмісних сполук. У промислових масштабах на базі синтез-газу в цей час здійснюється виробництво таких продуктів, як метанол, рідкі вуглеводні тощо.

Синтез проводився на залізних і кобальтових каталізаторах при атмосферному тиску і температурі 250–300 °С. У дослідницькій та промислової практиці широкого поширення набули модифікації кобальтових і залізних каталізаторів, литих, спечених, цементованих і обкладених на кізельгугі, каоліні та інших носіях з різними структурними і хімічними промоторами. У присутності залізних каталізаторів збільшується утворення олефінів і кисневмісних сполук. Кобальтові каталізатори сприяють утворенню переважно алканів нормальної будови, значною мірою високомолекулярних.

На параметри процесу синтезу Фішера – Тропша і склад одержуваних продуктів значний вплив здійснює конструкція реакторів, що застосовуються. В апаратах зі стаціонарним шаром каталізатора, що працюють при низьких температурах, отримують в основному аліфатичні вуглеводні. У реакторах з псевдозрідженим шаром каталізатора, де реакції здійснюються при більш високих температурах, у складі продуктів присутня значна кількість олефінів і кисневмісних сполук.

У 1954–1957 рр. у Південній Африканській Республіці було споруджено промислове підприємство з переробки вугілля в рідкі моторні палива SASOL-I потужністю 230 тис. т на рік рідких продуктів за технологією Lurgi. Пізніше там само були створені ще два аналогічних підприємства – SASOL-II (1981 р.) і SASOL-III (1983 р.), номінальною потужністю по 2200 тис. т на рік рідких продуктів кожне.

На підприємствах SASOL у всіх типах реакторів застосовують каталізатори на основі заліза, промотувані лугом; ці каталізатори дешеві та забезпечують низький вихід метану; витрата вугілля на отримання 1 т рідких продуктів становить 5,6–6,4 т. Для отримання моторних палив, що відповідають вимогам стандартів на палива з нафти, продукти, що одержуються, піддають облагородженню: бензинові фракції – очищенню і риформінгу, пропілен і бутени – полімеризації. Термічний коефіцієнт корисної дії комплексу переробки вугілля в моторні палива з використанням процесу Фішера – Тропша становить 35–40%. Властивості бензинових і дизельних фракцій, що одержуються в різних типах реакторів, істотно різняться (табл. 1) [14]. Поряд з моторними паливами на цих заводах отримують аміак, сірку та інші хімічні продукти.

Економічна ефективність і комерційна доцільність використання технологій непрямого зрідження вугілля за методом Фішера – Тропша підтверджуєть-

Властивості бензинових і дизельних фракцій, отриманих компанією SASOL

Показник	Товарне паливо заводу	Палива, які отримані в реакторі з шаром каталізатора	
	SASOL-II	стаціонарним	псевдозрідженим
Бензин			
Вихід сукупного рідкого продукту, % (мас.)	55–65	80	25
Густина, кг/м ³	720	730	745
<i>Октанове число:</i>			
Моторний метод	85	88	89
Дослідницький метод	93	98	93
<i>Вуглеводневий склад, % (мас.):</i>			
Парафіни	45	45	50
Олефіни	24	25	10
Ароматичні	27	30	40
Дизельне паливо			
Вихід сукупного рідкого продукту, % (мас.)	35–45	20	75
Густина, кг/м ³	820	820	800
Цетанове число	47	50	55–65
<i>Вуглеводневий склад, % (мас.):</i>			
Парафіни	96–98	96–98	65–75
Олефіни	–	–	20–30
Ароматичні	2–4	2–4	5–10

ся досвідом їх практичного застосування, зокрема в ПАР, де понад 40 років працюють три заводи загальною потужністю 10 млн т СРП на рік, тобто за величиною, порівнянню з річними потребами України в моторному паливі.

Для забезпечення процесу ФТ-синтезу використовують каталітичні реактори, як правило, спеціальних конструкцій, що дозволяє оптимізувати і повністю автоматизувати протікання процесу. Стадія синтезу вуглеводнів повинна забезпечувати максимальний вихід рідких продуктів – синтетичної нафти певного складу. Агреговану технологічну схему виробництва вуглеводнів із синтез-газу наведено на *рис. 1*.

Структуру капітальних вкладень в будівництво заводу СРП повного циклу CTL, аналогічного заводу фірми SASOL, наведено в *табл. 2*.

Структура собівартості СРП, яке виробляється непрямым зрідженням вугілля (*табл. 3*), свідчить, що найвища частка (63%) витрат припадає на амортизацію основних засобів.

За даними фірми Syntroleum, собівартість виробництва синтетичних рідких продуктів на установках її розробки складає:

- ✦ 21,6 доларів США за 1 нафтовий барель для малотонажних установок;
- ✦ 13,5 доларів США за 1 нафтовий барель для великотонажних установок.

При попередньому техніко-економічному обґрунтуванні й економічній оцінці великих проектів виробництва СРП у світі, як правило, використовують такі типові нормативи:

- ✦ термін служби заводу – 25 років;
- ✦ термін амортизації – 20 років;
- ✦ коефіцієнт технічного використання – 90%;
- ✦ термін будівництва заводу (і розподіли інвестицій) – 3–4 роки;
- ✦ середній рівень річної інфляції – 2,5%;
- ✦ частка кредитів у загальних інвестиціях – 70%;
- ✦ частка початкових внесків засновників – 30%;
- ✦ середні річні нарахування на кредити – 8%;
- ✦ період податкових пільг – 10 років;
- ✦ рентабельність виробництва після сплати податків – 15%.

При виборі потужності установок необхідно зважати на ту обставину, що запаси місцевих природних енергоносіїв і їх видобуток повинні забезпечувати сировину для заводу СРП протягом не менше, ніж 25 років.

Терміни будівництва перших заводів СРП у 1990-х роках складали 3,5–4 роки з моменту укладення контракту і до пуску, на поточний момент вони скоротилися до 2,5–2,75 року.

Для реалізації великих проектів з виробництва СРП зазвичай створюються великі консорціуми. При

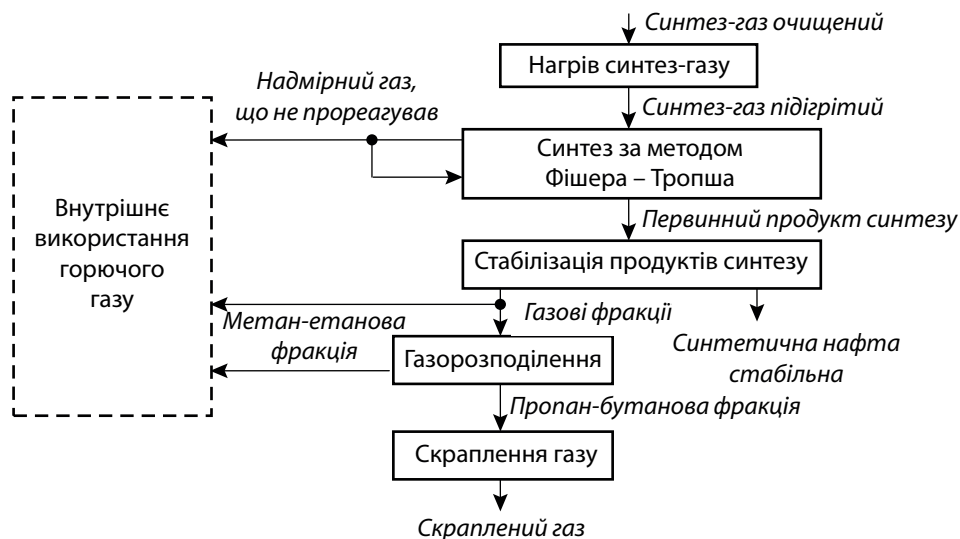


Рис. 1. Агрегована технологічна схема виробництва вуглеводнів із синтез-газу

Таблиця 2

Структура капітальних вкладень в будівництво заводу СРП повного циклу

Склад заводу	Частка інвестицій, %
Газифікація вугілля (разом з вугільною підготовкою)	53,3
Виробництво синтез-газу (разом з установкою розділення повітря)	14,0
Процес синтезу Фішера – Тропша	7,0
Переробка продуктів синтезу Фішера – Тропша (синтетичної нафти)	4,7
Загальнозаводське господарство	7,0
Зовнішня інфраструктура	9,3
Інші установки, будівлі, споруди	4,7
Усього	100

Таблиця 3

Структура собівартості СРП за технологією CTL

Види витрат	Середня частка статті в загальній вартості, %
Сировина	11
Експлуатаційні витрати	24
Амортизаційні відрахування	63
Інші витрати	2
Усього	100

цьому часто організовується кооперація між підприємствами, зацікавленими в спільній реалізації своїх технологій на різних стадіях переробки вихідної сировини. Прикладом такої кооперації є угода між трьома фірмами – SASOL (ПАР), CHEVRON (США) і HALDOR TOPSOE (Данія) для спільного просування проектів GTL в Африці, на Близькому Сході, Австралії та Латинській Америці.

У спільних проектах цих фірм використано: технологія Фішера – Тропша фірми SASOL; техно-

логії автотермічного реформінгу метану і гідрокрекінгу й інші технології фірми ISOCRACKING; фірми CHEVRON для переробки первинних продуктів процесу Фішера – Тропша у високоякісні моторні палива та інші товарні вуглеводні.

Проведені авторами узагальнення досвіду виробництва СРП за технологією непрямого зрідження вугілля за методом Фішера – Тропша дозволили побудувати модель залежності величини інвестицій від потужності виробництва. Результати моделювання наведено на рис. 2 та в табл. 4.

Результати такого моделювання свідчать, що частина кривої «питомі капіталовкладення – виробнича потужність» має спадаючий нахил і по мірі зростання виробничої потужності заводів CTL наближається до лінійної залежності слабвираженого зниження при перевищенні межі виробництва в 500 тис. т готового палива на рік. Причиною цьому є те, що зростання виробничої потужності малотоннажних заводів забезпечується за рахунок нарощування потужності одиничних промислових установок, а великотоннажних – за рахунок збіль-

Капітальні вкладення
на одиницю потужності,
\$ млн

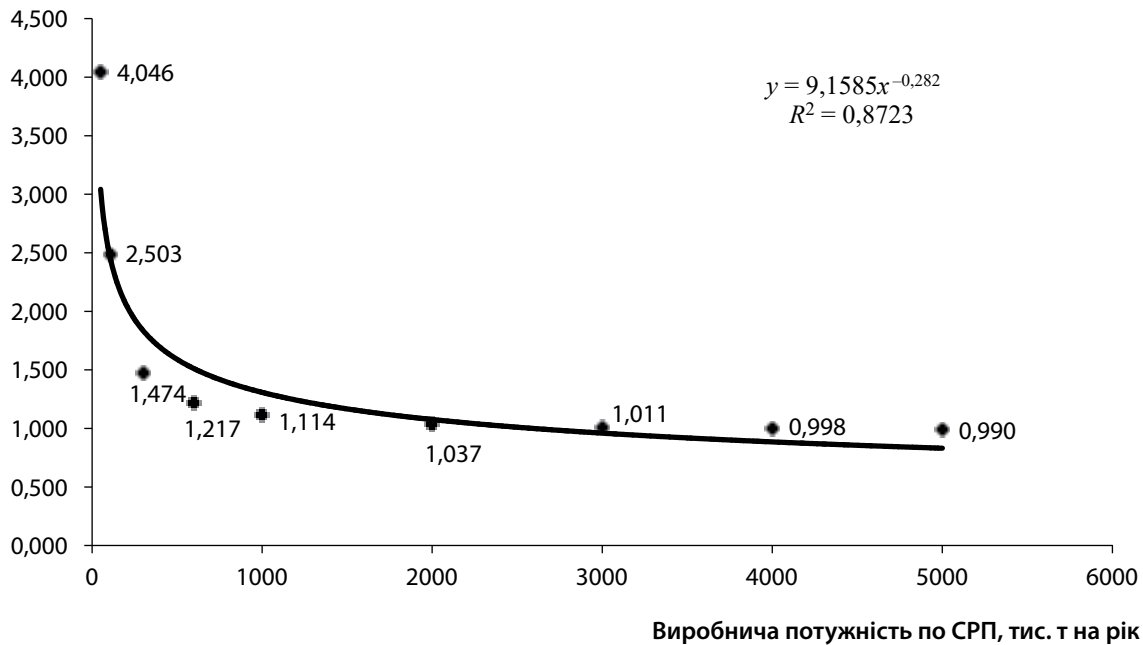


Рис. 2. Взаємозалежність виробничих потужностей і питомих інвестицій у завод СРП, технології СТЛ
(в умовах та цінах 2010 р.)

Таблиця 4

Техніко-інвестиційні характеристики заводів непрямого зрідження вугілля за методом Фішера – Тропша

Виробнича потужність заводу, тис. т/рік	Інвестиції, \$ млн	Питоми інвестиції, \$ млн/тис. т	Питоми інвестиції, \$ млн/тис. т у. п.
50	202	4,046	2,715
100	250	2,503	1,680
300	442	1,474	0,989
500	634	1,268	0,851
600	730	1,217	0,817
1000	1114	1,114	0,748
2000	2074	1,037	0,696
3000	3033	1,011	0,679
4000	3993	0,998	0,670
5000	4952	0,990	0,664

шення кількості промислових установок максимальної потужності.

Наведені в табл. 4 дані наглядно свідчать про значно нижчий рівень питомих інвестицій у виробництво СРП при непрямому способі зрідження вугілля, ніж при прямому.

Правомірність такого висновку підтверджується і зарубіжними фірмами – розробниками технологій СТЛ, які заявляють, що ними досягнуто рівень питомих інвестицій у 600 дол. за 1 тону виробничої потужності для заводу потужністю 2,5 млн т СРП на рік. Такі характеристики досягнуті завдяки новим

удосконаленим газогенераторам і впровадженню новітніх каталізаторів для технології виробництва синтез-газу.

ВИСНОВКИ

Економічна ефективність і комерційна доцільність використання технологій непрямого зрідження вугілля за методом Фішера – Тропша підтверджуються достатнім світовим досвідом. Основні здобутки в цій сфері досягнуто ПАР, де більш 40 років працюють три заводи загальною потужністю 10 млн т СРП на рік. Означене обумовлює актуальність питання

конверсії вугілля в рідке паливо в країнах, що мають незатребуваний в інших галузях промисловості вугільний потенціал, зокрема в Україні.

Проведений аналіз собівартості виробництва СРП дозволив визначити, що найвагомішою її статтею є амортизаційні відрахування – 63%, а у структурі капіталовкладень найбільша частка припадає на технологічні процеси газифікації вугілля – 53%. Таким чином, комерційна доцільність будівництва заводу з виробництва СРП в Україні визначається наявністю достатнього обсягу інвестицій, від яких, своєю чергою, залежить масштаб виробництва. Узагальнення досвіду виробництва СРП за технологією непрямого зрідження вугілля на основі методу Фішера – Тропша дозволили побудувати модель залежності величини інвестицій від потужності виробництва.

Отже, стосовно України найімовірніше організувати виробництво СРП шляхом створення середньотоннажних виробництв (1–2 млн т) у регіонах традиційного видобутку вугілля. При цьому очікувані питомі інвестиції будуть складати приблизно 1000–1100 млн дол. США/тис. т.

Перспективою подальших досліджень є моделювання розвитку ресурсного циклу моторного палива в Україні з урахуванням створення виробництва синтетичного рідкого палива. ■

ЛІТЕРАТУРА

1. **Ducharme C., Themelis N. J., Castaldi M. J.** Technical and economic analysis of Plasma-assisted Waste-to-Energy processes / Earth Engineering Center, Columbia University. 2010. URL: http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/ducharme_thesis.pdf

2. **Byun Y. et al.** Thermal Plasma Gasification of Municipal Solid Waste (MSW) / Youngchul Byun, Moohyun Cho, Soon-Mo Hwang and Jaewoo Chung. URL: <http://www.intechopen.com/books/gasification-for-practical-applications/thermal-plasma-gasification-of-municipal-solid-waste-msw>

3. **Pigneri A. et al.** Gasification Technologies Review technology implementation scenarios / A. Pigneri, M. Asbjerg, C. Collin, A. Dicks, G. Sproule. 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. URL: ftp://ftp.nas.gov.ua/akademperiodyka/Downloads/Visnyk_NANU/downloads/2008/4/a7-n4.pdf

5. 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, П. М. Сміх, В. В. Гладун, С. В. Касянчук, П. М. Чепіль. *Нафтогазова галузь України*. 2014. № 1. С. 38–42. URL: <http://elar.nung.edu.ua/bitstream/123456789/3699/1/5593p.pdf>

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-vyrobljaty-syntetychne-motorne-palyvo-na-bazi-vitchyznjanoji-vuhilnoji-syrovynnoji-bazy/>

9. Швейцарський сон українського шахтаря: деталі постанови Кабміну щодо інвестування шахт фірмою "Falco Swiss Sailing AG" // Буг: інформаційний 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. **Лапидус А. Л., Крылова А. Ю.** О механизме образования жидких углеводородов из СО и Н₂ на кобальтовых катализаторах. URL: <http://www.chem.msu.ru/rus/jvho/2000-1/43.pdf>

11. **Репер М.** Синтез Фишера – Тропша // Катализ в С1-химии; под ред. В. Кайма. Л.: Химия, 1987. С. 46–90.

12. **Kolbel H., Tillmetz K. D.** "Hydrocarbons and oxygen containing compounds". Belgian Patent, no. 237 628, 1976.

13. **Лопуховская Г. Ю., Яралов Н. Г., Палатик Г. Ф.** Оценка методов определения стабильности котельного топлива процесса висбрекинга. *Химия твердого топлива*. 1985. № 4. С. 58–62.

14. Обґрунтування основних техніко-економічних характеристик виробництва синтетичного рідкого палива у спосіб прямого зрідження (гідрогенізації) вугілля / НДЦ ІПР НАН України. Харків, 2016.

15. Fischer-Tropsch Liquids Facilities Department of energy USA National Technical Energy Laboratory. URL: <https://www.netl.doe.gov/research/coal/energy-systems/gasification/gasifipedia/ftsynthesis>

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, C., Themelis, N. J., and Castaldi, M. J. "Technical and economic analysis of Plasma-assisted Waste-to-Energy processes" Earth Engineering Center, Columbia University. 2010. http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/ducharme_thesis.pdf

"Fischer-Tropsch Liquids Facilities Department of energy USA National Technical Energy Laboratory". <https://www.netl.doe.gov/research/coal/energy-systems/gasification/gasifipedia/ftsynthesis>

Hunda, M. V. et al. "Rozvytok tekhnolohii pererobky pryrodnoho hazu v ridki syntetychni palyva ta perspektyvy yikh vprovadzhennia dlia rozrobky rodovyshch vuhlevodniv" [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 vyrobliaty syntetychne motorne palyvo na bazi vitchyznianoï vuhilnoi syrovynnoi bazy" [Kharkiv scientists propose to produce synthetic motor fuel on the basis of the domestic coal raw material base]. Ofitsiinyi sait telekanalu OTB. <https://otb.com.ua/harkivski-vcheni-proponujut-vyrobliaty-syntetychne-motorne-palyvo-na-bazi-vitchyznjanovi-vuhilnoi-syrovynnoi-bazy/>

Kolbel, H., and Tillmetz, K. D. "Hydrocarbons and oxygen containing compounds". *Belgian Patent*, no. 237628 (1976).

Kovtun, H., Stepanov, A., and Matusievych, H. "Kompleksne vykorystannia vuhillia dlia vyrobnytstva ridkoho 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

Lapidus, A. L., and Krylova, A. Yu. "O mekhanizme obrazovaniya zhidkikh uglevodorodov iz SO i N2 na kobaltovykh katalizatorakh" [On the mechanism of formation of liquid hydrocarbons from CO and H2 on cobalt catalysts]. <http://www.chem.msu.ru/rus/jvho/2000-1/43.pdf>

Lopukhovskaya, G. Yu., Yaralov, N. G., and Palatik, G. F. "Otsenka metodov opredeleniya stabilnosti kotel'nogo topliva protsessu visbrekinga" [Evaluation of methods for determining the stability of boiler fuel visbreaking process]. *Khimiya tverdogo topliva*, no. 4 (1985): 58-62.

Makarov, V. M., Perov, M. O., and Novytskyi, I. Yu. "Analiz ta perspektyvy rozvytku burovuhilnogo kompleksu Oleksandriiskoho rehionu" [Analysis and prospects of the brown coal

complex in the Alexandria region]. *Problemy zahalnoi enerhetyky*, no. 3 (2011): 19-24.

Obgruntuvannia osnovnykh tekhniko-ekonomichnykh kharakterystyk vyrobnytstva syntetychnoho ridkoho palyva u sposib priamoho zridzhennia (hidrohenizatsii) vuhillia [Substantiation of basic technical and economic characteristics of production of synthetic liquid fuel in the form of direct liquefaction (hydrogenation) of coal]. Kharkiv: NDTs IPR NAN Ukrainy, 2016.

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

Reper, M. "Sintez Fishera – Tropsha" [Synthesis of Fischer-Tropsch]. In *Kataliz v S1-khimii*, 46-90. L.: Khimiya, 1987.

"Shveitsarskyi son ukrainskoho shakhtaria: detali postanovy Kabminu shchodo investuvannia shakht firmoiu "Falco Swiss Sail ling AG"" [Swiss dream of the Ukrainian miner: details of the Cabinet decision on investing in mines by Falco Swiss Sail ling AG]. Buh: informatsiinyi 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/>

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