

жимів електродвигуна на основі стійкості визначення параметрів двигуна у відповідності до статичних та динамічних навантажень.

На основі отриманих результатів доцільно проводити дослідження в напрямку створення інформаційної системи «Інтелектуальний дім» самодіагностики побутових приладів з АД у комплексі із іншими типами двигунів.

Список літератури

1. **Серый Е.В.** Рейтинг дефектов низковольтных электродвигателей. /Рынок Электротехники, № 2, 2007 г.
2. Концепт розумного будику [Електронний ресурс] IXBT.-Москва, 2014.- Режим доступу: <http://www.ixbt.com/news/hard/index.shtml?18/23/97>.- Дата доступу: 20.02.2015
3. Mohamed El Hachemi Benbouzid/ Induction Motors' Faults Detection and Localization Using Stator Current Advanced Signal Processing Techniques/ IEEE TRANSACTIONSON POWE RELECTRONICS, VOL.14,NO.1,JANUARY1999
4. **Каган А.В.**/ Математическое моделирование в электромеханике ч.2 письменные лекции. СПб: СЗТУ, 2002 – 13 с из 77с.
5. **Кузнецов Д.І.** Експертна система розпізнавання дефектів електрообладнання / **Д.І. Кузнецов, А.І. Купін** // Інформаційні управляючі системи та комп'ютерний моніторинг: зб. матеріалів III всеук. наук.-техн. конф. 2012р.- Донецьк: ДонНТУ, 2012.-С.185-187.
6. **Конох И.С** Разработка и исследование интеллектуальной системы регулирования параметров микроклимата помещения/ **И.С. Гула, С.В. Сукач** // Электромеханические и энергосберегающие системы. – Кременчуг: КНУ, 2010. – Вып. 3/2010 (11). – С. 80–85.
7. **Мансуров Р. Ш.** Экспериментальное исследование переходных процессов в системах обеспечения микроклимата / Сб. докладов 4-й международной научно-технической конференции «Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции». – М. : МГСУ, 2011.
8. **Кувшинов Ю. Я.** Динамические свойства помещения с регулируемой температурой воздуха // Известия вузов. Строительство и архитектура. – 1993. – № 4
9. Управление микроклиматом [Электронный ресурс] /Мир автоматизации.-Москва, 2009.-Режим доступа: <http://www.soliton.com.ua/pr/MA-2009-Feb-Produal-small.pdf>.- Дата доступа: 20.01.2015.
10. **Khadim Moin Siddiqui.** Fault diagnosis in induction motors by motor current signal analysis / Khadim Moin Siddiqui, V.K. Giri // International Journal of Electronics & Communication Technology. – 2011.– vol 2.– pp 114 – 119.
11. **Didier G.** Fault detection of broken rotor bars in induction motor using a global fault Index / **Didier G., Ternisien E., Caspary O** // IEEE Transactions on Industry Applications. – 2006. – vol. 42. – pp. 79–88.
12. **Whitley D.** Genetic Algorithms and Neural Networks: Optimization Connections and Connectivity / **Whitley D., Starkweather T., Bogart C.** – Parallel Computing, 1990. –231 pp. (Vol. 14).
13. **Анил К. Д.** Введение в искусственные нейронные сети / **Анил К.Д.** – М.: Открытые системы, 1997.– 234 с.
14. **Said M.** Detection of broken bars in induction motors using an extended Kalman filter for rotor resistance sensorless estimation / **Said M., Benbouzid M., Benchaib A.** // IEEE Transactions on Energy Conversion. – 2000. – vol 15, № 1. – pp. 66–70.
15. **Кузнецов Д.І.** Структура експертної системи моніторингу поточного стану електрообладнання / **Д.І. Кузнецов, А.І. Купін** // Стратегія якості в промисловості та освіті: IX міжнар. наук.–практ. конф. 2013р.: тези доповідей. Варна, 2013. – С.333–335.

Рукопис подано до редакції 04.02.16

УДК 621.039 : [622+669]

В. С. МОРКУН, д-р техн. наук, проф., В.Й. ЛОБОВ, канд. техн. наук, доц.,
К.В. ЛОБОВА, студентка, Криворізький національний університет

ВИКОРИСТАННЯ ЯДЕРНОЇ ЕНЕРГІЇ - МАЙБУТНЄ РОЗВИТКУ ГІРНИЧО-МЕТАЛУРГІЙНОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ

Визначено, що при незмінній технології обсяг виконаної роботи на гірничо-металургійному комплексі пропорційний кількості спожитих енергоносіїв, а потужність - продуктивності технологічного процесу. За теперішнім станом технологічне обладнання використовується не ефективно, фізично зносилось і морально застаріло. Раніше при нарощуванні обсягів виробництва, не зверталася увага і не виділялися кошти на переоснащення, модернізацію і реконструкцію виробничих потужностей. Тому гірничо-металургійний комплекс має недосконалу галузеву і технологічну структуру, низьку ефективність використання паливно-енергетичних ресурсів.

Метою роботи стало необхідність показати заходи щодо здійснення технічного переозброєння та модернізації виробництва, направлених на зниження енергетичних витрат і підвищення продуктивності виробництва конкурентоспроможної металопродукції. Обґрунтовані можливості вирішення питань цієї мети за рахунок використання на гірничо-металургійному комплексі альтернативної енергії, такої як ядерна енергія, яка до 2030 року знайде широке застосування в різних галузях виробництва. Запропоновано використовувати ядерну енергію за допомогою принципово нових атомних станцій малої потужності останнього покоління з енергоблоками електричною потужніс-

ттю від 100 кВт до 1-35 МВт і більше. Виконано порівняння вартості електроенергії для атомних і теплових станцій, а також станцій, що працюють на поновлюваних джерелах енергії.

Для модернізації гірничо-металургійного комплексу запропоновано використати декілька варіантів. В одному варіанті розглядається впровадження на підприємстві технологічних об'єктів, оснащених ядерними реакторами четвертого покоління (Gen IV), тобто на кар'єрах це: екскаватори, самоскиди, бурові установки, бульдозери та інші технологічні об'єкти, а живлення електричною енергією фабрик: дробарної, збагачувальної, огрудкування та допоміжних цехів підприємств виконується від модульної атомної електричної станції. В іншому варіанті запропоновано використання для живлення електричною енергією технологічних об'єктів і фабрик та цехів гірничо-металургійного комплексу від однієї загальної модульної малої потужності АЕС.

Ключові слова: гірничо-металургійний комплекс, енергоносії, модернізація виробництва, атомна енергія, модульні станції, реактор

Постановка проблеми. Гірничо-металургійний комплекс (ГМК) України складається з металургійних підприємств і гірничо-збагачувальних комбінатів (ГЗК). Існують підприємства з повним металургійним циклом, що включають коксохімічне, гірничо-збагачувальне виробництво, підземний видобуток руди і металургійне виробництво, яке складається з агломераційного, доменного, сталеплавильного і прокатного переділів, що випускають одночасно чавун, сталь і прокат. На ГЗК ведеться розробка розсіпних родовищ відкритим способом, яка поєднується із збагаченням здобутої корисної копалини та виготовлення агломерату або котунів.

Як показали дослідження, технологія виробництва продукції на ГМК протягом останнього десятиліття практично є не змінною. Це підтверджується практично не змінними питомі витрати електроенергії на виробництво основних видів продукції підприємствами ГМК України за 2011-2013 рр., кВт г/т (таблиця 1) [1].

При незмінній технології обсяг виконаної роботи на ГМК пропорційний кількості спожитих енергоносіїв (електроенергія, газ, тощо), а потужність - продуктивності технологічного процесу.

Виявлення і реалізації внутрішньовиробничих резервів не дозволяє покращити якість і збільшити продуктивність виробництва кінцевого продукту ГМК. Але при цьому кардинальних змін на зниження витрат на енерговитрати не передбачається. Тому для вирішення питань зменшення витрат енергоспоживання та переоснащення підприємств ГМК сучасним технологічним обладнанням є актуальною науковою і практичною задачею.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Тема енергозбереження та енергоефективності при виконанні технологічного процесу виготовлення залізорудної сировини та металопродукції є однією з основних тем, що обговорюються фахівцями в даний час в світовій енергетичній спільноті.

Як показують розрахунки споживання первинних паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) у 2030 р. становитиме близько 860 млн т умовного палива. Ця цифра означає, що в цьому випадку не тільки базовий, а й навіть песимістичний сценарій розвитку економіки не буде реалізований.

У разі збереження нинішнього рівня енергетичної ефективності Україна не має жодних перспектив свого державного розвитку [2-4].

Підприємства ГМК є основним споживачем паливно-енергетичних ресурсів в Україні, загальне споживання якими в теперішній час складає 50 млн т умовного палива. Крім того, значна кількість доменних та сталеплавильних цехів є найбільш відсталими з точки зору енергоємності виробництва.

Наприклад, при виробленні чавуну вона майже на 33 % вища, ніж на провідних підприємствах світу, відстає у сталеплавильному виробництві майже 45,2 % сталі, що виплавляється у мартенівських печах, у прокатному виробництві енергоємність продукції перевищує світові показники більш, ніж на 35 %, у виробництві чавуну споживається природний газ 20 %, або 20,0 млрд м³, проте як у провідних країнах світу природний газ при його плавленні практично не використовується [5-8].

Формулювання мети роботи. Метою нашої статті є окреслення кола проблем розвитку ГМК України та розробка заходів щодо проведення структурної перебудови комплексу, здійснення технічного переозброєння та модернізації виробництва, направлених на зниження енергетичних витрат і підвищення продуктивності виробництва конкурентоспроможної металопродукції для валютних надходжень в Україну.

Питома витрата електроенергії на виробництво основних видів продукції підприємствами ГМК за 2011-2013 р. р., кВт г/т

Підприємство	Вид продукції, кВт г/т													
	Концентрат			Котун и			Агломерат доменний			Товарний концентрат			Сира залізна руда	
	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2012	2013
ПАТ «Північний ГЗК»	97,6	100,6	97,6	48,5	52,6	48,5	.	.	.	.	.	.	.	.
ПАТ «ЦГЗК»	120,6	118,9	117,2	46,60	45,56	44,88	.	.	.	.	.	.	.	.
ПАТ «ІнГЗК»	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	144,4	147,4	144,7	.
ПАТ «ПівдГЗК»	121,4	120,0	119,1	.	.	.	28,3	29,7	28,0	.	.	.	.	.
ТОВ «Єрстівський ГЗК»	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,467	0,531
ШУ ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	160,8	106,2
ГЗК ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»	104,07	106,38	102,01	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Викладення матеріалу та результати. Підприємства ГМК у цілому досягла певного прогресу в питаннях енергоефективності, але, незважаючи на це, реального перелому в частині досягнення енергоефективності європейського рівня не здійснено. Рівень енергоємності на підприємствах гірничо-металургійного комплексу тільки в останні роки трохи зменшився, але відставання від середньоєвропейського рівня ще досить значне. Однією з причин цього слід вважати структуру промисловості в Україні, де значне місце займають технічно застарілі енергоємні виробництва. Тому потрібно докласти багато зусиль для покращення показників енергоефективності підприємств ГМК. Одним з найперспективніших, на наш погляд, є використання ядерної енергії.

Сьогодні ядерна енергія в металургії дозволяє відновлювати залізо з залізної руди або виробництва алюмінію [9], в хімічній промисловості - отримувати нові хімічні елементи, використовується для опріснення солоних вод або для підвищення чутливості хімічного аналізу і виробництва аміаку, водню та інших хімічних реагентів, які використовуються для виробництва добрив [10], а сільському господарстві за їх допомогою визначають, що при вирощуванні рису можна зменшити внесення азотних добрив [11]. Медицина використовує радіоактивні ізотопи для постановки точного діагнозу та лікування ряду захворювань Це позитронно-емісійна томографія. З її допомогою можна виявити рак на ранніх стадіях [12]. Найвідоміший транспорт, який працює на ядерній енергії - це різні судини як військового, так і цивільного призначення: атомні криголами, транспортні судна, авіаносці, підводні човни, крейсери. [13]. Ще одним напрямком мирного використання ядерної енергії були ядерні вибухи в народно-господарських цілях для видобутку нафти і газу, створення підземних резервуарів, переміщення ґрунту, гасіння газових фонтанів, руйнування монолітності порід [14].

До 2030 року світові економічні перспективи виглядають дуже сприятливі для впровадження атомної енергетики. Швидко ростуть, як на виготовлення і споживання в електричній енергії, так і ціни на основні види палива – вугілля, газ і нафту (рис. 1а) [15,16].

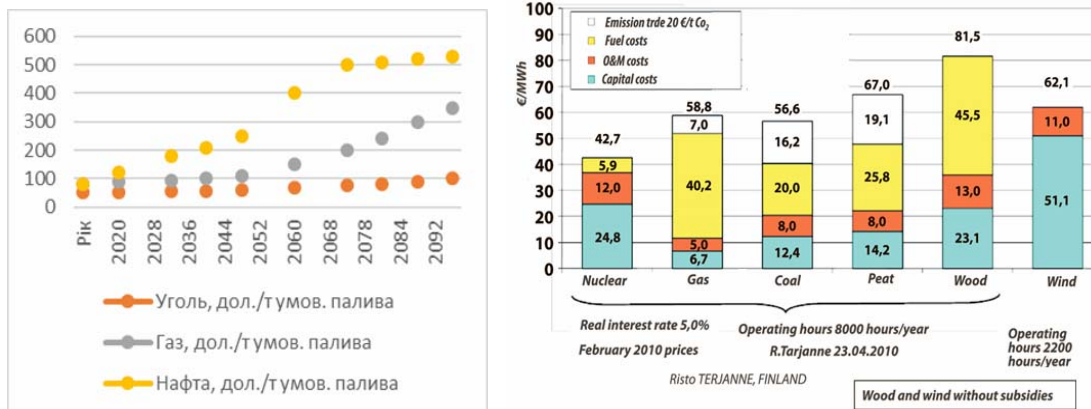


Рис. 1. Тенденція зміни ціни на органічне паливо в світі (а) і порівняння вартості електроенергії для теплових, поновлюваних джерел енергії та атомних станцій (б)

Як видно із діаграми, що на рис. 1а, не тільки потужностей для споживання електричної енергії будить не достатньо для збільшення продуктивності виробництва на підприємствах ГМК, а й значне збільшення вартості на енергоносії.

Для впровадження на ГМК ядерної енергії можливо використати декілька варіантів. В першому варіанті розглядається впровадження на підприємствах ГМК технологічних об'єктів, оснащених малими, міні або мікро ядерними реакторами малої потужності четвертого покоління (Gen IV) [17,18]. На кар'єрах ГМК це: екскаватори, самоскиди, бурові установки, бульдозери та інші технологічні об'єкти, які будуть переобладнані для роботи на атомній енергії. Одночасно живлення електричною енергією технологічних об'єктів фабрик: дробарної, збагачувальної, огрудкування та допоміжних цехів комбінату виконується від модульної атомної електричної станції (АЕС). Інший варіант – це використання для живлення електричною енергією всіх технологічних об'єктів ГМК від однієї загальної АЕС четвертого покоління.

Реактори четвертого покоління (Gen IV) представляють собою набір в основному теоретичних конструкцій ядерних реакторів, які в даний час вивчаються. Більшість з цих проектів, за винятком реактора БН-800, будуть доступні для промислового використання до 2030 року. З IV поколінням ядерної технології термін «реактор» замінюється більш коректним терміном «система», що включає в себе як безпосередньо сам реактор, так і переробку (рецикльовання) ядерного палива. Такі нові системи повинні володіти більш високими експлуатаційними показниками, ніж попередні покоління, в галузі забезпечення сталого розвитку, конкурентоспроможності, безпеки і надійності, а також захисту від поширення, виправдовуючи використання в їх відношенні вираз «технологічний прорив». Деякі з них будуть виробляти електроенергію, а інші також виробляти тепло (температури 400-900 °С). Деякі системи IV покоління працюватимуть на нейтронах швидкого спектра. Їх здатність до відтворення, що поділяється, в поєднанні з передовими технологіями ділення і трансмутації відкривають великі можливості. Їх ядерне паливо буде стійко до дуже високих температур і забезпечить утримання всіх актинідів. В результаті їх паливний цикл буде повністю замкнутим. З цієї причини нові системи ефективно забезпечать сталий розвиток, завдяки освіті мінімальних обсягів відходів (випалювання всіх актинідів).

До 2030 року може з'явитися використання принципово нових атомних станцій малої потужності (АСММ) останнього покоління з енергоблоками електричною потужністю від 100 кВт, до 1-35 МВт і більше (наприклад, в Росії проекти АСММ: «Олена», «Саха-92», «Кріт», «Ангстрем» «Унітерм», «АБВ-3 ÷ 12», «СВБР - 10 », КЛТ-40 й ін.). У перспективі їх використання полегшує проблему завезення, привізного органічного палива на десятки і більше років, так як заміна ядерного палива, паливного завантаження, в активній зоні реактора буде один раз в 10 і 20 років і більше [17]. Реактори другого і третього поколінь характеризуються порівняно низькою температурою теплоносія на виході з активної зони - близько 300 °С, що обмежує їх теплової ККД (близько 30% для традиційних реакторів). Очікується, що системи IV покоління будуть мати набагато більш високим тепловим ККД. При застосуванні інших теплоносіїв можливе досягнення значно більш високих температур: 400-600 °С для CO₂, 500-700 °С для рідких металів (натрій, свинець) і 700-900 °С для гелію. Нагадаємо, що температура теплоносія на виході з активної зони 900 °С відповідає тепловому ККД до 44%, тобто приблизно на

третину вище, ніж у традиційних реакторів. Деякі системи IV покоління можуть виявитися єдиними чистими технологічними рішеннями, що володіють достатньою енергоємністю для виробництва значних обсягів виробництва електроенергії. Для систем IV покоління залишається основоположним принцип глибокоешелюваного захисту зі значними запасами безпеки (стандарти МАГАТЕ). Він відноситься до детермінованих принципів, що означають виконання систематичного аналізу заданих вихідних подій і їх наслідків (проектних аварій). Однак, як показав досвід, для більш повного врахування невизначеностей, які невід'ємно притаманні інноваційним системам IV покоління, підхід до обґрунтування їх безпеки повинен носити змішаний, детерміновано-імовірнісний характер, забезпечуючи тим самим загальну гомогенність і узгодженість проекту.

У сучасній атомній промисловості системи забезпечення безпеки, в цілому, мають активний характер, тобто їх дію залежить від роботи електричних і механічних приводів різного устаткування, наприклад датчиків, арматури, насосів, акумуляторів, теплообмінників і систем внутрішнього енергоспоживання. Реактори III і IV поколінь оснащені більш ефективними системами безпеки, у деяких з них є пасивними, що набагато ефективніше, надійно і економічно. Загальнопромисловою надійністю взаємозалежна з безпекою, про що свідчать показники ефективності Всесвітньої асоціації організацій, що експлуатують АЕС (WANO). Коефіцієнт використання встановленої потужності в ядерній енергетиці складає 90%, що набагато перевищує аналогічні показники будь-яких інших методів виробництва електроенергії. Це робить ядерну енергетику найбільш надійним способом виробництва електрики в будь-який час року.

Деякі країни ЄС активно працюють над розвитком систем IV покоління, так, була видана рекомендація по пріоритетності досліджень реакторних систем з натрієвим теплоносієм, як засіб випалювання актинідів. У Франції прийнято рішення про початок робіт на демонстраційному реакторі ASTRID (Advanced Sodium Technological Reactor for Industrial Demonstration). Після консультацій з Великобританією, Францією, РФ, Японією і Китаєм, США запустили проект GNER (Глобальне партнерство в ядерній енергетиці), метою якого є обмеження доступу до чутливих технологій (головним чином збагачення, виробництва та переробки ядерного палива). Форум GIF (the Generation IV International Forum) був створений в 2001 році. Сьогодні він налічує 10 активних учасників - це США, Канада, Франція, Японія, ПАР, Південна Корея, Швейцарія, Євратом, Китай і Російська Федерація. За результатами розгляду понад 100 різних проектів [19] були обрані шість інноваційних ядерних систем (в тому числі інноваційних ядерних циклів). Учасники GIF також узгодили плани подальших дій по кожній з шести систем, що передбачають три етапи загальною тривалістю кілька десятиліть: етап наукового обґрунтування - від 5 до 15 років; етап опрацювання (концептуальний проект) - від 5 до 10 років; демонстраційний етап (технічний проект і підготовка до промислової реалізації) - від 3 до 6 років. Домовленості в рамках GIF охоплюють тільки перші два етапи. Реалізація заключного демонстраційного етапу буде здійснюватися в рамках окремих угод між учасниками GIF, оскільки він вважається занадто близьким до промислової експлуатації. Реалізується також ще одна міжнародна ініціатива, яка доповнює GIF - Міжнародний проект по інноваційних ядерних реакторів та паливних циклів (ІНПРО), запущений МАГАТЕ 2000 року (його завершення заплановане на 2050 рік). ІНПРО орієнтується на потреби «кінцевих користувачів» (споживачів) інноваційних систем, в той час як проект GIF спрямований на організацію міжнародних досліджень (постачальників і розробників).

У 2002 році форум GIF приступив до організації наукового співробітництва між зацікавленими країнами-учасниками в області опрацювання шести ядерних систем нового покоління. Були обрані три системи, що працюють на нейтронах швидкого спектра, одна на теплових нейтронах і дві системи, що дозволяють працювати як в швидкому, так і в тепловому спектрах. На сьогодні відомо, що японська фірма «Toshiba» розробила проект застосування АЕС малої потужності - безпечний для енергопостачання індіанського села Галена біля річки Юкон з населенням понад 700 осіб. АСММ має електричну потужність до 10 МВт і буде працювати без перезавантаження ядерного палива в активній зоні ядерного реактора до 30 років. (Бюлетень з атомної енергії, квітень 2005, с. 83).

Розглянемо економіку атомної енергетики при використанні її на підприємствах ГМК. Основна частина зовнішніх витрат на виробництво електроенергії на АЕС (наприклад, страхування, звернення з РАВ, виведення з експлуатації) закладається у вартість електроенергії, на відміну від станцій, що працюють на інших видах палива. Постійні витрати на виробництво ядерної енергії досить високі (значні початкові капіталовкладення), але змінні витрати невеликі через

низьку вартість палива. Ціна самого урану мало впливає на підсумкову вартість електроенергії, і загальна вартість вироблення одного Мвт/год на АЕС суттєво нижче, ніж на станціях інших типів, особливо якщо взяти до уваги утворення CO₂. Порівняння вартості електроенергії для атомних і теплових станцій та станцій, що працюють на поновлюваних джерелах енергії (рис. 1б) [16]. Інвестиції в атомну енергетику ГМК, подібно до інвестицій в інші галузі виробництва електричної енергії. Ці витрати, на наш погляд, економічно будуть обґрунтовані, якщо виконуються дві умови: вартість кіловат-години не більше, ніж при найдешевшому альтернативному способі виробництва, і очікуване споживання в електричної енергії є досить високим, а вироблена енергія буде вироблятися за ціною, не перевищуючи її собівартість. Що ж стосується вартості будівництва однієї стаціонарної загальної малопотужної АЕС на підприємстві ГМК або атомного реактору, що встановлюється безпосередньо на технологічне обладнання, то ми майже переконані, що вона в майбутньому навіть стане знижуватися.

Отже, ядерна енергія займає одне з провідних місць серед інших енергетичних джерел. За запасами енергії ядерні види палива (уран-238 і торій-232) приблизно в 20 разів перевершують всі органічні палива, разом узяті. Це дасть підприємствам ГМК на довгий час потужне джерело енергії, необхідне для забезпечення неухильного технічного прогресу. Застосування ядерної енергії на підприємствах ГМК відкриває нову еру в їх розвитку та створює передумову для вирішення ряду наукових і технічних завдань, які раніше не вдавалося здійснити. Подальший розвиток ядерної енергетики вимагає збереження необхідних знань і навичок і забезпечення кваліфікованої робочої сили для модернізації та експлуатації на підприємствах ГМК ядерних установок. Навчальна діяльність традиційно орієнтується на науковців і фахівців з вищою освітою.

Список літератури

1. Дослідження техніко-економічних показників гірничодобувних підприємств України та ефективності їх роботи в умовах змінної кон'юнктури світового ринку залізорудної сировини : монографія / **Є. К. Бабець, І. Є. Мельникова, С. Я. Гребенюк, С. П. Лобов**; за ред. Є. К. Бабець; НДГРІ ДВНЗ «КНУ». – Кривий Ріг : Вид. Р. А. Козлов, 2015.
2. Енергетична стратегія України до 2030 р. : постанова Кабінету Міністрів України від 15.03.2006 р. № 145-р [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua>
3. Комплексна державна програма енергозбереження України : постанова Кабінету Міністрів України від 05.02.1997 р. № 148 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua>
4. **Суходоля О. М.** Енергоемність валового внутрішнього продукту: тенденції та чинники впливу // 36. наук. пр. Національної академії державного управління при Президентові України - 2003. - № 2.
5. **Меркушов В. Т.** Енергоефективність та енергозбереження - основні чинники впливу на енергетичну безпеку України. Стан, проблеми, перспективи // Праці міжн. конф. «Енергетична безпека Європи. Погляд у XXI століття». - К., 2001
6. **Мазур В.Л., Смирнова О.О., Иванов А.А.** Пути развития горно-металлургического комплекса Украины. «Экономика Украины» №4, 2000, с. 4–9.
7. **Мазур В.Л.** Перспективы тепло- и энергосбережения в ГМК Украины. «Сталь» №7, 7. Єрмілов С.Ф. Державна політика енергоефективності в українському та європейському контексті. «Економіка і прогнозування» №2, 2007, с. 27 – 42.
8. **Єрмілов С. Ф.** Державна політика енергоефективності в Європейському та Українському контексті // Електронний журнал енергосервісної компанії «Екологіческие системы». - 2007. - № 8.
9. Жовтянський В. А. Ключові проблеми енергозбереження у розрізі енергетичної стратегії України : Тези доповідей Міжнар. наук.-техн. конф. «Енергоефективність 2002». - К., 2002.
10. Применение ядерной энергии: проблемы и перспективы. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://fb.ru/article/198185/primenenie-yadernoy-energii-problemy-i-perspektivy>.
11. Использование ядерной энергии в сельском хозяйстве. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: fb.ru/article/198185...yadernoy-energii...perspektivy.
12. Атомная энергия – медицине | Национальный... [Електронний ресурс]. – Режим доступу: her.by/category/documentation/atomnaya-energiya...
13. Применение ядерной энергии: проблемы и перспективы. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://fb.ru/article/198185/primenenie-yadernoy-energii-problemy-i-perspektivy>.
14. Использование атомной энергии. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : education.ssti.ru/poisk/ispolz.html.
15. Беляев Л.С., Марченко О. В. и др. Мировая Энергетика и переход к устойчивому развитию. Изд. «Наука» Новосибирск, 2000 г., стр.29.
16. BP Statistical Review of World Energy 2012. – BP, 2012. – 45 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.bp.com>
17. Атомные станции малой мощности: новое направление развития энергетики / Под. ред. акад. РАН А. А. Саркисова; Ин-т проблем безопас. развития атом. энергетики РАН. — М.: Наука, 2011. — 375 с.
18. Инновационные ядерные системы IV поколения. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.atomic-energy.ru/technology/34307>.
19. Generation IV International Forum (GIF). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: oecd-nea.org/pub/activities/ar2009/gif.pdf.

Рукопис подано до редакції 16.02.16