

**В. Л. КАВЕРЦЕВ, В. О. ДЯГІЛЄВ**

## **ОГЛЯД ПРОБЛЕМ ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ В ПРОМИСЛОВОМУ СЕКТОРІ УКРАЇНИ ТА МОЖЛИВІ ОПТИМАЛЬНІ ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ**

**АНОТАЦІЯ** Розглянуті актуальні питання щодо проблеми ефективного використання та споживання паливно-енергетичних ресурсів в промисловості України. Наведені приклади пошуку технічних рішень, які можуть знизити собівартість теплової та електричної енергії. Наведені статистичні дані використання паливно-енергетичних ресурсів у найбільш енерговитратних галузях промисловості. У висновках вказані причини неефективного використання енергоресурсів і запропоновані рекомендації щодо доцільного їх використання шляхом побудови нових або модернізації діючих енергетичних установок.

**Ключові слова:** енергетика, енергозабезпечення, види палива, природний газ, вторинні енергоресурси, доменний газ, коксовий газ.

**V. KAVERTSEV, V. DYAGHILEV**

## **REVIEWING AN EFFICIENCY OF THE USE OF FUEL AND POWER RESOURCES FOR THE INDUSTRY OF UKRAINE**

**ABSTRACT** The purpose of this scientific paper was to analyze actual problems related to the use of fuel and power resources and faced today by the power economy sector in Ukraine. An efficient use of these resources provides a stable power supply for the State. At the present time Ukraine survives a considerable rise in price for natural gas and other traditional power resources. This scientific paper describes the basic measures taken to decrease the cost price of used power resources and reduce the amount of expensive fuel used by industrial companies in Ukraine. This paper gives the statistics of the use of fuel and power resources by the companies of mining and smelting sector that are the key consumers of power resources. It should be noted in conclusion that Ukraine has a considerable potential for the reduction of the consumption of fuel and power resources due to the optimized use of secondary power resources through the manufacture of new boilers and the modernization of old boiler units that would enable the combustion of the fuels of a wide range. The wanted effect can be achieved through the improvement of firing burners installed in the boilers.

**Key words:** power engineering, power supply, fuel types, natural gas, secondary power resources, blast-furnace gas and coke oven gas.

### **Вступ**

Вирішення проблем енергоємності виробництва та енергозабезпечення економіки є найважливішими умовами економічного розвитку і енергетичної безпеки України. Сучасний етап світової економіки характеризується глобальною інтеграцією, як у сфері науково-технологічній, так і в сфері енергозбереження, що безпосередньо впливає на енергоємність ВВП, як однієї з фундаментальних характеристик економічного стану будь-якої країни.

Основою державної політики енергозбереження в національній економіці України є її система законодавства в області економіко-господарської діяльності. Базовий в цій сфері Закон України «Про Енергозбереження» передбачає систему інституційних, регуляторних і заохочувальних заходів щодо режиму використання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР), на основі яких розроблено нормативно технологічні документи [1–2], а також регіональні програми.

### **Мета роботи**

Метою даної роботи є аналіз актуальних проблем, які існують в даний час в промисловому секторі України, де енергозбереження суттєво залежить від виду використаного палива, а також практичні шляхи їх вирішення за рахунок удосконалення топково-паливних пристроїв котельних агрегатів, що забезпечують сумісне спалювання різного виду палива.

### **Викладення основного матеріалу**

На даний час енергетика України постала перед фактом суттєвого подорожчання природного газу та інших традиційних енергоресурсів, що значно підвищило собівартість теплової та електричної енергії, що виробляється. Зокрема, обсяг споживання природного газу країни в енергобалансі становить 32,3 млрд. м<sup>3</sup> природного газу, з якого власний видобуток складає 19,9 млрд. м<sup>3</sup>. Споживання газу в галузі промисловості складає 9,6 млрд. м<sup>3</sup> [3].

Ці обставини змушують здійснювати пошуки технічних рішень, які б дозволили знизити паливну складову собівартості виробництва теплової та електричної енергії.

Головними споживачами паливно-енергетичних ресурсів в промисловому секторі є підприємства гірничо-металургійного комплексу. Основними видами палива, що використовуються на підприємствах гірничо-металургійного комплексу (ГМК) України, є кокс та природний газ.

На забезпечення технологічних процесів на підприємствах ГМК витрачається певна кількість палива, електричної і теплової енергії. Крім того, самі технологічні процеси протікають з виділенням різних енергетичних ресурсів: теплоносіїв, горючих продуктів, газів і рідин з надлишковим тиском, які можуть бути використані для енергетичних цілей в якості вторинних енергетичних ресурсів (ВЕР). Відомо, що доменний та коксовий газ, які відносяться до вторинних енергоресурсів, приблизно забезпечують чверть спожитих ПЕР. Розміри обсягів споживання окремих видів палива які використовуються на підприємствах ГМК, наведено на рис. 1.

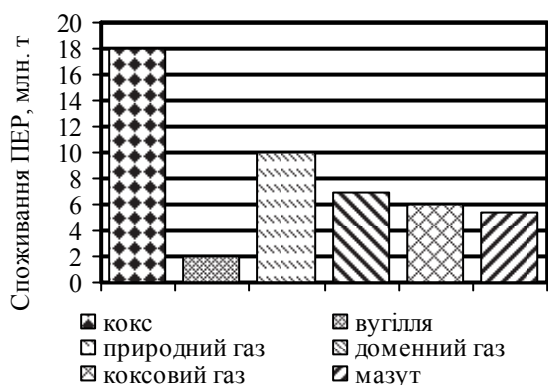


Рис. 1 – Діаграма використання ПЕР на підприємствах ГМК України

Отримані ВЕР на підприємствах ГМК з економічної та екологічної точки зору доцільно використовувати як основне паливо в котельних агрегатах, працюючих на цих підприємствах, заощаджуючи на використанні природного газу. В той же час, для забезпечення надійного енерго-теплопостачання на підприємствах ГМК, які в якості основного палива можуть використовувати доменний або коксовий газ, необхідно зберегти можливість спалювання природного газу одночасно з цими ВЕР, тому що обсяг об'ємів ВЕР змінюється та інколи може бути менший за потрібний.

У таких випадках доцільно застосування так званих мультіпаливних котельних агрегатів. Треба відзначити, що котельні агрегати, які здатні працювати на різних видах палива (мазут, природний, коксовий і доменний газ) вже використовуються в промисловості. Однак, досить часто, всі ці види

палива спалюються в частково модернізованих котельних агрегатах, конструкції яких були раніше призначені для спалювання тільки природного газу та мазуту. Це, зокрема, призводить до виникнення ряду недоліків в їх конструкції (в результаті тільки часткової модернізації), зниженню рівня ефективності та надійності в роботі.

На рис. 2 зображена схема газопроводів котельного агрегату з використанням чотирьох типових паливних пристроїв для спалювання природного газу та мазуту. Спалювання природного, коксового, доменного газу і мазуту в такій схемі з використанням даних паливних пристроїв не є достатньо ефективним.

Варто відзначити, що однією з основних необхідних умов, що визначає ефективність використання пального котельним агрегатом, є створення оптимальної, для конкретного випадку, конструкції його топково-паливникового пристрою. При здійсненні цього завдання (модернізації конструкції топково-паливникового пристрою), перш за все, необхідно врахувати, що склад і фізичні властивості доменного, коксового та природного газу розрізняються між собою. Зокрема, спільне спалювання цих газів може призвести до погіршення змішування палива з повітрям, що порушить оптимальне співвідношення «паливо-повітря». Це може призвести до зменшення продуктивності котельного агрегату і його ККД, а також до збільшення вмісту СО в димових газах. Тому, актуальною є розробка модернізованих конструкцій мультіпаливних котельних агрегатів, для конкретних підприємств. Це дозволить ефективно використовувати, як традиційні види палива, так і вторинні енергоресурси, що отримуються на цих підприємствах.

При розробці модернізованої конструкції топково-паливникового пристрою мультіпаливного котельного агрегату необхідно враховувати особливості спалювання ВЕР як низькокалорійних газів спільно з висококалорійними паливами, що пов'язані з різними фізичними властивостями і хімічним складом цих видів палива. Наприклад, особливості використання доменного газу пов'язані з його низькою питомою теплою згоряння і високою вологістю. Питома теплота згоряння доменного газу визначається вмістом горючих компонентів (монооксида вуглецю СО, водню Н і вуглеводнів CmHn) і становить 700–800 ккал/м<sup>3</sup>, в той час, як природного газу – 8050 ккал/м<sup>3</sup>.

У доменному газі міститься значна кількість баласту у вигляді азоту N<sub>2</sub> = 50–52 % і діоксиду вуглецю СО<sub>2</sub> = 15–17 % [4]. Висока вологість доменного газу (35–200 г/м<sup>3</sup>) ускладнює умови його займання і сприяє утворенню хімічного не догорання. Внаслідок малої кількості вуглеводнів факел доменного газу практично не світиться.

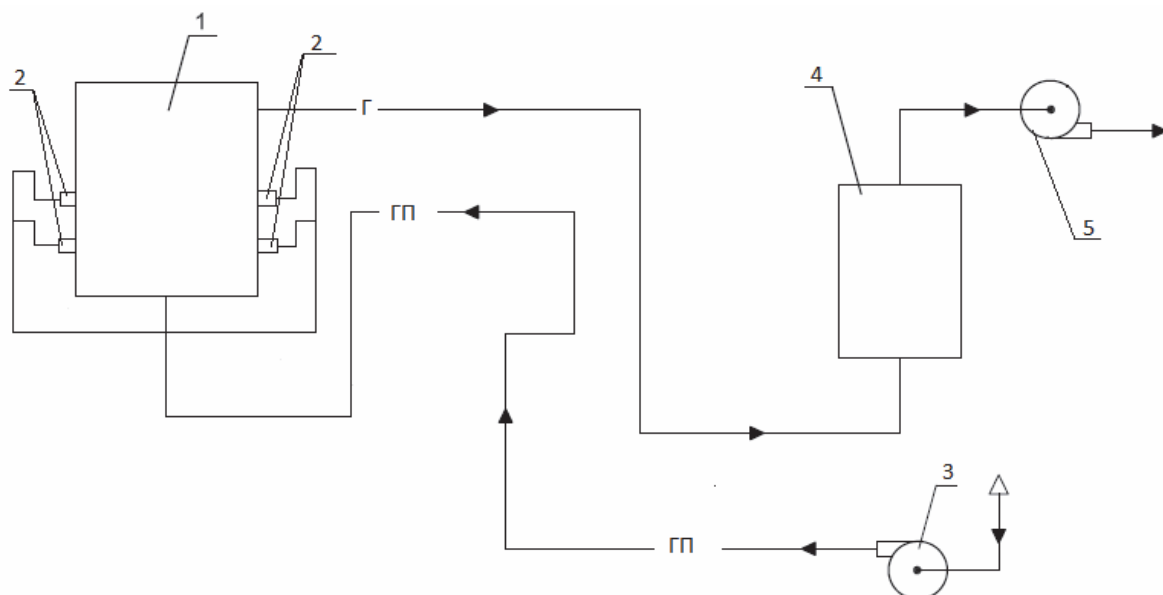


Рис. 2 – Схема газопроводів котельного агрегату з використанням топково-пальникових пристроїв типу ГМ для спалення природного газу та мазуту: 1 – котел; 2 – пальник; 3 – вентилятор з електродвигуном; 4 – водяний економайзер; 5 – димосос; Г – газопровід димових; газів; ГП – повітропровід гарячого повітря

З урахуванням наведених особливостей доменного газу мають бути розроблені такі технічні рішення, що дозволять експлуатувати котельні агрегати на доменному газі без підсвічування факела природним або коксовим газом. Для цього потрібні технічні рішення, які могли б забезпечити підігрів дуттьового повітря до високих температур і загальний підігрів дуттьового повітря і доменного газу з метою забезпечення необхідної температури факела для займання і стабільного горіння палива.

Важливим, при розробці оптимальної конструкції мультіпаливного котельного агрегату, є необхідність забезпечення його надійної експлуатації в широкому діапазоні співвідношення різних видів палив, які будуть спалюватися в топково-пальниковому пристрої.

Вкрай суттєвим для котельних агрегатів будь-яких типів є підтримка номінальної температури пари. У ряді конструкцій мультіпаливних котельних агрегатів, для збереження номінальної температури пари в широкому діапазоні співвідношення палив, пальники низькокалорійного палива зазвичай розміщують в нижній частині топки, а пальники висококалорійних палив – в верхніх ярусах. Однак це призводить до зростання числа пальників, що ускладнює конструкцію котельного агрегату, а також ускладнює можливість підтримання оптимального паливноповітряного режиму роботи топки.

В сучасних достатньо ефективних конструкціях топково-пальникових пристроїв мультіпаливних котельних агрегатів, подача повітря в пальники здійснюється через верхні і нижні сопла.

Сопла розташовуються під кутом один до одного, одне над іншим. Завдяки такому розташуванню сопел топково-пальникового пристрою є можливість саморегулювання положення факела по висоті топки котла. Зміна положення факела в топці дозволяє підтримувати необхідну температуру перегрітої пари при роботі на різних видах палива. Як показують попередні оціночні розрахунки, в нижнє сопло пальника можна подавати 60 % повітря, а також природний і коксовий газ, а у верхнє сопло подавати 40 % повітря і доменний газ.

Зміна положення максимуму температур в топці котла відбувається шляхом варіації співвідношення кінетичної енергії газових потоків з верхнього і нижнього сопла при зміні теплової частки газу, що впливає на температуру димових газів на виході з топки і температуру перегрітої пари. При переході під час експлуатації котельного агрегату з доменного газу на природний газ або при зміні частки доменного газу за рахунок конструкції топково-пальникового пристрою може змінюватися температура димових газів перед пароперегрівником, що також є регулятором температури перегрітої пари.

Схема можливого варіанту використання модернізованих топково-пальникових пристроїв, які можуть працювати на доменному, коксовому, природному газі та мазуті зображена на рис. 3.

В цій схемі передбачені два димососа і два вентилятора. На газопроводі газу передбачена установка підігрівника доменного газу. Підігрівник доменного газу встановлений окремо.

Підігрів здійснюється за рахунок тепла живильної води, відібраної з економайзера.

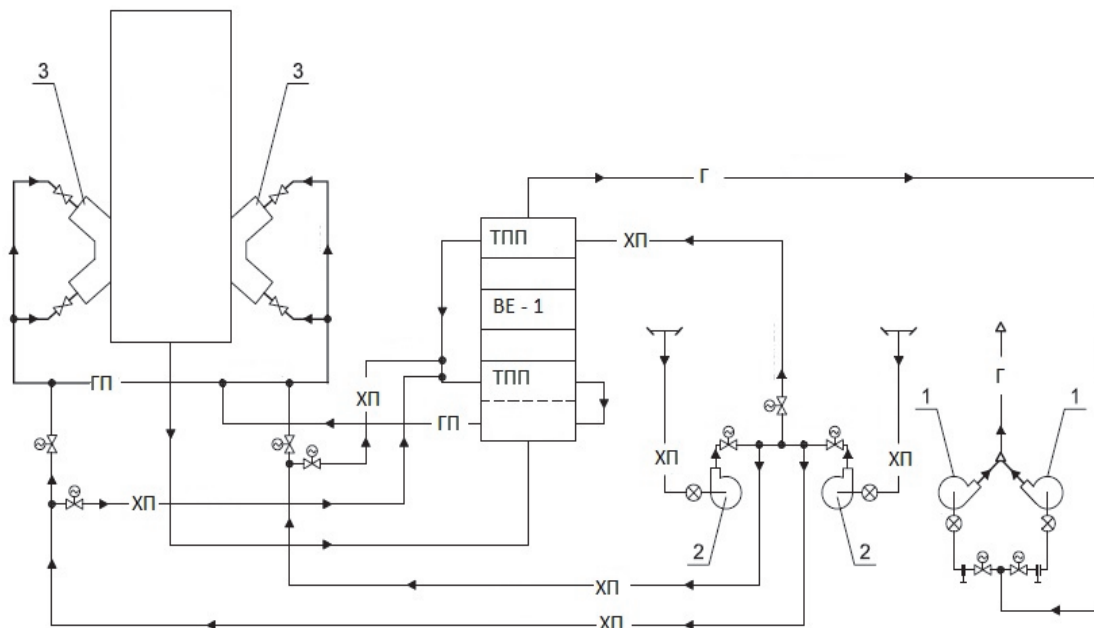


Рис. 3 – Варіант схеми мультіпаливного котельного агрегату з використанням модернізованих топково-паливних пристроїв: 1 – димосос; 2 – вентилятор с електродвигуном; 3 – паливник; Г – газопровід димових газів; ГП – горяче повітря; ВЕ – водяний економайзер; ТПП – технічний повітряний підігрівник; ХП – холодне повітря

У трубах підігрівника доменного газу проходить живильна вода, в між-трубному просторі – доменний газ.

Таким чином, проблеми, які пов'язані зі спалюванням низькокалорійних газів (ВЕР) спільно з висококалорійними паливами (природний газ, мазут) на підприємствах ГМК України, можуть бути в деякій мірі вирішені при використанні модернізованих конструкцій топково-паливних пристроїв котельних агрегатів. Зокрема їх використання забезпечує:

- суттєве зниження кількості паливників, що спрощує схему газоповітряпроводів котельних агрегатів, підвищує надійність їх роботи, орієнтовано збільшує приблизно в 1,5–2 рази міжремонтний період роботи котлів;

- збільшення частки спалюваного доменного газу в якості ВЕР зі збереженням номінального навантаження котла;

- спрощення схеми автоматизації котла.

Для більш детального аналізу ефективності використання конструкцій топково-паливних пристроїв мультіпаливних котельних агрегатів на підприємствах ГМК України необхідна розробка відповідних математичних моделей.

### Висновки

В енергетиці України необхідно впроваджувати нові технічні рішення, які б дозволили знизити паливну складову собівартості теплової та електричної енергії. Найбільший потенціал економії

енергії зосереджено в промисловому секторі країни, а саме в гірничо-металургійному комплексі, як одному з основних споживачів енергоресурсів.

Причини високої енергоємності в гірничо-металургійному комплексі в державі такі:

- 1) Висока енергоємність основних технологічних процесів.

- 2) Поганий стан основних фондів (понад 65 % повністю вичерпали терміни експлуатації).

- 3) Недостатнє використання вторинних джерел енергії.

Перспективним напрямком у вирішенні цієї актуальної проблеми є використання модернізованих топково-паливних пристроїв котельних агрегатів, які використовують ВЕР, що виробляються на підприємствах ГМК. Реалізація такого технічного рішення в мультіпаливних котельних агрегатах, з модернізованими топково-паливними пристроями дасть можливість спалювати більш широкий спектр палив та отримувати одночасно енергозберігаючий та екологічний ефекти.

Для цього необхідна розробка математичних моделей з урахуванням представлених основних напрямків вирішення даної задачі, для продовження досліджень в цій області.

### Список літератури

- 1 Збірник основних законодавчих нормативних актів, які визначають функції Урядового органу державного управління Державної інспекції з енергозбере-

- ження. – Київ : Державна інспекція з енергозбереження, 2007. – 1193 с.
- 2 Стратегія енергозбереження в Україні / За ред. **В. А. Жовтянського, М. М. Куліка**. – Київ : Академ. періодика, 2006. – Т. 1. – 510 с.
  - 3 Стан розвитку паливно-енергетичного комплексу України за 2016 рік. – Київ : Міністерство енергетики та вугільної промисловості. Статистична інформація. – Режим доступу: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/document?id=245176291>. – 29.01.2017.
  - 4 **Лариков, Н. Н.** Теплотехника : учеб. для вузов / **Н. Н. Лариков**. – 3-е изд. – Москва : Стройиздат, 1985. – 432 с.

**Bibliography (transliterated)**

- 1 **State Inspectorate for Energy Conservation** (2007), Collection basic legislative acts that determine the function of governmental body of the State Inspectorate for Energy Conservation, Kiev, Ukraine.
- 2 **Zhovtnianskiy, V. A. and Kulik, M. M.** (2006), The strategy of energy efficiency in Ukraine, Acad. periodicals, Kiev, Ukraine.
- 3 Ministry of Energy and Coal Mining of Ukraine (2016), "The state of the fuel and energy complex of Ukraine", available at: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/document?id=245176291>, (accessed 29 January 2017).
- 4 **Larikov, N. N.** (1985), *Teplotehnyka: Textbook. for high schools*, Stroyizdat, Moscow, Russia.

**Відомості про авторів (About authors)**

**Каверцев Валерій Леонідович** – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри парогенератобудування, м. Харків, Україна.

**Kavertsev Valerii** – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, Docent of the Steam Generator Building Department, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"; Kharkov, Ukraine.

**Дягілев Вадим Олександрович** – аспірант, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; e-mail: [dyaga.v@gmail.com](mailto:dyaga.v@gmail.com), orcid 0000-0001-6823-7221.

**Dyaghilev Vadym** – Graduate Student of The Steam Generator Building Department, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"; Kharkov, Ukraine.

*Будь ласка посилайтесь на цю статтю наступним чином:*

**Каверцев, В. Л.** Огляд проблем ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів в промисловому секторі України та можливі оптимальні шляхи їх вирішення / **В. Л. Каверцев, В. О. Дягілев** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – № 10(1232). – С. 92–96. – Бібліогр.: 4 назв. – ISSN 2078-774X. – doi: 10.20998/2078-774X.2017.10.13.

*Please cite this article as:*

**Kavertsev, V. and Dyaghilev, V.** (2017), "Reviewing an Efficiency of the Use of Fuel and Power Resources for the Industry of Ukraine", *Bulletin of NTU "KhPI". Series: Power and heat engineering processes and equipment*, no. 10(1232), pp. 92–96, ISSN 2078-774X, doi: 10.20998/2078-774X.2017.10.13.

*Пожалуйста ссылайтесь на эту статью следующим образом:*

**Каверцев, В. Л.** Обзор проблем эффективного использования топливно-энергетических ресурсов в промышленном секторе Украины и возможные оптимальные пути их решения / **В. Л. Каверцев, В. О. Дягілев** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – № 10(1232). – С. 92–96. – Бібліогр.: 4 назв. – ISSN 2078-774X. – doi: 10.20998/2078-774X.2017.10.13.

**АННОТАЦИЯ** Рассмотрены актуальные вопросы по проблеме экономической эффективности использования и потребления топливно-энергетических ресурсов в Украине. Приведены примеры поиска технических решений, которые могут снизить себестоимость тепловой и электрической энергии. Приведена статистика использования ресурсов в наиболее энергозатратных отраслях промышленности. В выводах указаны причины неэффективного использования энергоресурсов и предложены рекомендации по целесообразности их использования путем построения новых или модернизации действующих энергетических агрегатах.

**Ключевые слова:** энергетика, энергообеспечения, виды топлива, природный газ, вторичные энергоресурсы, доменный газ, коксовый газ.

*Надійшла (received) 08.02.2017*