

УДК 631.17.171

Хітров І. О., к.т.н., доцент, Дмитрук Н. М., студент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ

Стаття присвячена ключовим аспектам ефективного раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів. Основну увагу приділено аналізу застосування вторинних паливно-енергетичних ресурсів. Виділено основні напрямки застосування вторинних ресурсів на базових підприємствах галузі та наведено приклади їх використання. Дано загальну характеристику норм витрат ресурсів та взаємозв'язок їх обліку при переведенні з різних енергетичних одиниць. Намічено напрямки подальших наукових досліджень щодо можливості їх застосування в подальшій практичній діяльності в галузі машинобудування.

**Ключові слова:** паливно-енергетичний ресурс, вторинний ресурс, ресурсозбереження, норма витрат ресурсу, напрямки використання ресурсу.

Запаси різних джерел енергії оцінюються енергетичними ресурсами (носіями енергії), які поділяються на первинні і вторинні. Первинним є енергоресурс, який не підлягав будь-якій переробці. Вторинні енергетичні ресурси утворюються у вигляді відходів основного виробництва, побічних і проміжних продуктах технологічного процесу і забезпечують енергопостачання інших процесів (агрегатів).

**Значний внесок** у вирішенні питань ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів внесли такі вчені, як А.А. Андріжівський, Д.Т. Бойлс, В.І. Володін, Ю.Ф. Гутаревич, Д.В. Зеркалов, М.О. Корчемний, Лабейш В.Г., Фокін В.М. та інші.

**Раціональне використання паливно-енергетичних ресурсів** передбачає досягнення максимальної ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) при існуючому рівні розвитку техніки та технології і одночасному зниженні техногенного впливу на навколишнє природне середовище. Економія ресурсів у поєднанні з ефективним використанням вторинних ресурсів забезпечує створення (модернізацію) ефективного обладнання, технологічних процесів, установок і машин у поєднанні з високим технічним рівнем виробни-

цтва продукції.

**Дослідження питання використання ПЕР** в національному господарстві дозволить сформувати необхідні знання щодо подальшого правильного підходу до постановки і вирішення проблеми ефективного використання вторинних енергетичних ресурсів на базових підприємствах галузі.

**При використанні ПЕР** і матеріалів в різних технологічних процесах потенціал енергоносіїв, як правило, використовується не повністю. Енергетичний потенціал продукції, відходів, побічних і проміжних продуктів, який утворюється в технологічних агрегатах (установках, процесах) і не використовується в самому агрегаті, але може бути частково або повністю використаний для енергопостачання інших агрегатів (процесів) називають вторинними енергетичними ресурсами (ВЕР).

Економічні розрахунки показують, що використання ВЕР, які призводять до економії 1 т умовного палива, обходяться в 2-4 рази дешевше капітальних затрат на добування і транспортування рівноцінної кількості палива [1].

Проблема економії ПЕР за рахунок ефективного використання ВЕР актуальна для всіх галузей народного господарства. Машинобудівні заводи затрачають теплоту в ковальських, термічних і ливарних цехах. Чорна металургія спалює значну кількість палива при виробництві коксу, доменному плавленні чавуну. В будівельній індустрії виробництво цементу, цегли та іншої продукції пов'язане з високотемпературними технологічними процесами.

ВЕР можуть використовуватися за наступними напрямками [2]:

- паливному (використання непридатних для подальшої переробки відходів в якості палива);
- тепловому (використання відведеної теплоти виробленої продукції і відходів виробництва, відпрацьованих газів печей, гарячої води, пару);
- силовому (використання механічної та електричної енергії, яка виробляється за рахунок цих ресурсів);
- комбінованому.

В якості горючих ВЕР використовують відходи деревини, гідролізного виробництва, целюлозно-паперової промисловості, сільськогосподарства, побутового сміття та ін.

Розглянемо можливість використання відходів лісової і деревопереробної промисловості для отримання енергії. Процес спалювання відходів деревини (залишки лісових відходів, тирси, відходів фре-

зерно-відрізних верстатів) включає попереднє сортування і сушіння (рис. 1). Спалювання проводиться в спеціальних печах з рециркуляцією димових газів з метою отримання теплоти і передачі її енергоносію (перетворення в електричну енергію за допомогою парової або газової турбіни, підігрів води).

В різних галузях промисловості є резерви ВЕР у вигляді теплоти відведених газів печей і котлів, основної і проміжної продукції та відходів виробництва. Для утилізації теплових ВЕР найчастіше застосовують теплообмінники і котли-утилізатори.

Теплові ВЕР поділяються на високотемпературні (з температурою носія вище  $500^{\circ}\text{C}$ ), середньотемпературні (від  $150$  до  $500^{\circ}\text{C}$ ) і низькотемпературні (нижче  $150^{\circ}\text{C}$ ) [3].

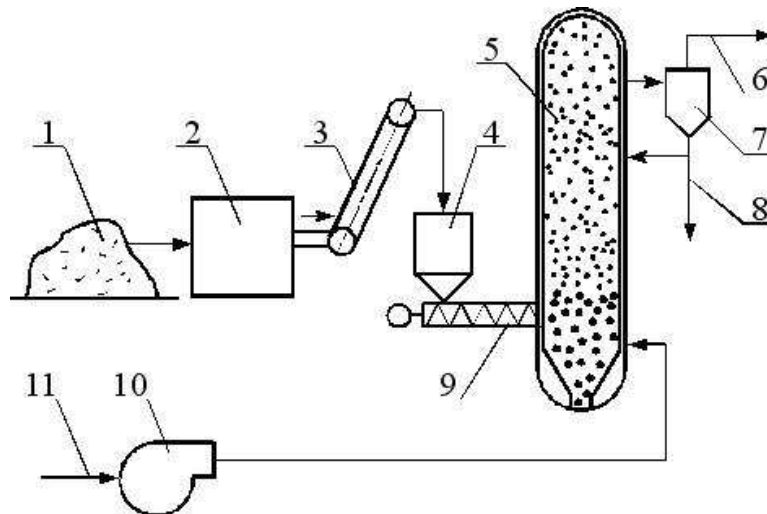


Рис. 1. Схема використання відходів деревини для отримання енергії:  
 1 – відходи деревини; 2 – переробка сировини (сушіння і сортування);  
 3 – транспортер стрічковий; 4 – бункер; 5 – піч для спалювання відходів;  
 6 – споживач теплоти або її перетворення в електричну енергію; 7 – регенератор;  
 8 – відведення шлаків; 9 – шнековий завантажувач;  
 10 – вентилятор; 11 – забір холодного повітря

Використання теплового ВЕР, у вигляді утилізації теплоти, при виробництві цементного клінкеру, керамзиту та інших будівельних матеріалів здійснюється наступним чином (рис. 2). З випалювальної печі сипкий гарячий продукт з температурою  $800-1100^{\circ}\text{C}$  подається в охолоджувач. Одночасно, за допомогою вентилятора, подається холодне повітря крізь охолоджувач (з наступним його підігріванням до температури  $270-520^{\circ}\text{C}$ ) до випалювальної печі. За рахунок цього

досягається економія палива. Димові гази, що виходять, підлягають очищенню і відводяться в навколишнє середовище.

Теплові ВЕР можуть активно використовуватися для обігрівання автомобільних та інших транспортних засобів за рахунок використання теплоти відведених газів двигунами внутрішнього згоряння, яку можна використати, наприклад, для обігріву кабіни, паливного бака та ін. При роботі двигуна (рис. 3) відпрацьовані гази відводяться з випускного колектора через основний канал (систему трубопроводів) назовні. Якщо розташувати додатковий канал (без створення суттєвого опору в основному каналі) і розмістити в ньому роздільний теплообмінник (наприклад на основі теплових труб), що обдувається за допомогою вентилятора, то можна спрямувати підігрітий потік підведеного ззовні повітря у кабіну з можливістю регулювання його температури за допомогою заслінки.

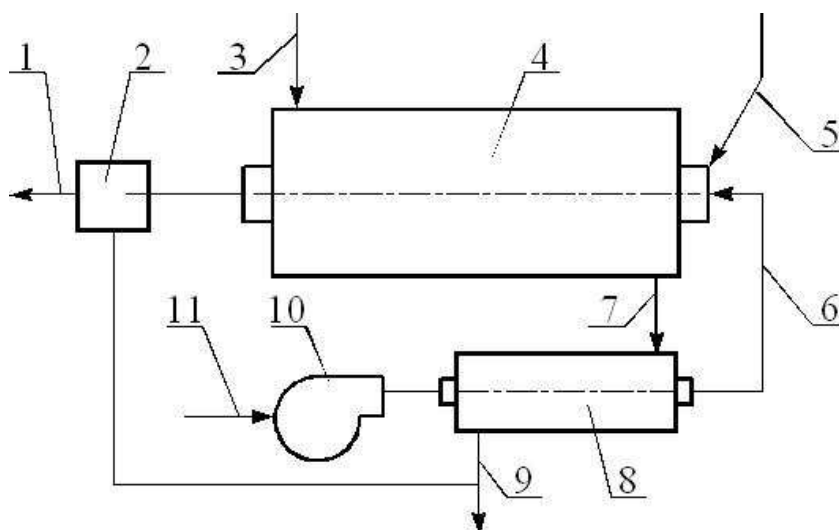


Рис. 2. Схема тепловикористання при виробництві клінкеру:

- 1 – відведення димових газів; 2 – очисник газів; 3 – подача сировини;
- 4 – барабанна обертова піч; 5 – подача палива; 6 – подача підігрітого повітря;
- 7 – подача гарячого клінкеру; 8 – охолоджувач; 9 – вихід охолодженого клінкеру;
- 10 – вентилятор; 11 – забір холодного повітря

Наведемо результати утилізації теплоти відпрацьованих газів двигуном внутрішнього згоряння потужністю 375 кВт (таблиця [4]). Результати випробувань показують, що при зміні температури відпрацьованих газів в широких межах забезпечуються необхідні параметри системи обігріву транспортних засобів.

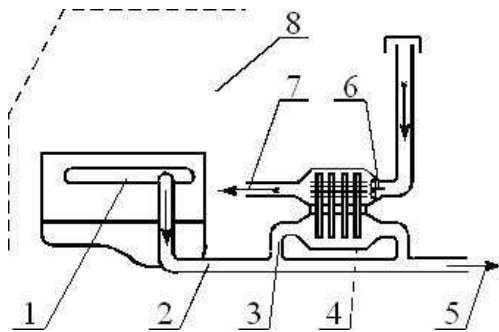


Рис. 3. Схема обігріву транспортного засобу теплообмінником:

- 1 – випускний колектор двигуна внутрішнього згоряння; 2 – основний канал відведення відпрацьованих газів; 3 – додатковий канал проходження відпрацьованих газів; 4 – теплообмінник на основі теплових труб; 5 – вихід відпрацьованих газів; 6 – вентилятор; 7 – подача підігрітого повітря; 8 – кабіна

Таблиця

Характеристики обігріву транспортних засобів теплообмінником на основі теплових труб

| відпрацьованих газів, °С | Температура           |                       | Витрати                    |                         | Теплота утилізації теплообмінника, Вт |
|--------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------------------------|
|                          | холодного повітря, °С | нагрітого повітря, °С | повітря, м <sup>3</sup> /с | газу, м <sup>3</sup> /с |                                       |
| 100                      | 2                     | 41                    | 0,074                      | 0,194                   | 3110                                  |
| 200                      | 3                     | 70                    | 0,071                      | 0,076                   | 5070                                  |
| 300                      | 3                     | 112                   | 0,072                      | 0,225                   | 9140                                  |
| 400                      | 0                     | 112                   | 0,072                      | 0,042                   | 4700                                  |
| 500                      | -1                    | 103                   | 0,077                      | 0,035                   | 8080                                  |

Доцільність та ефективність використання ВЕР визначається потужністю енергетичного джерела, неперервністю видачі теплоти і температурним рівнем.

В якості основної енергетичної характеристики виробничого теплового процесу використовують його коефіцієнт корисної дії  $\eta_m$  [3]

$$\eta_m = \frac{Q_6}{Q_3},$$

де  $Q_6$ ,  $Q_3$  – відповідно, використана і затрачена теплота на виробництво одиниці продукції (наприклад, в МДж/т).

ВЕР надлишкового тиску можуть застосовуватися для виробництва механічної енергії (для перетворення використовується турбіна, яка приводить в дію електричний генератор).

Комбінування енергетичних і технологічних процесів дозволяє підвищити ефективність використання палива як джерела енергії і сировини. Наприклад, технологічний процес переробки природного

газу з отриманням ацетилену, етилену, теплоти та електричної енергії (рис. 4).

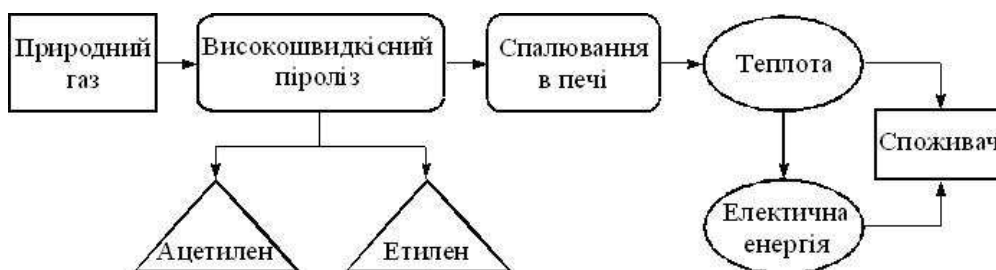


Рис. 4. Схема енерготехнологічних процесів при використанні природного газу

Склад норми витрат ПЕР включає перелік статей витрат палива, електричної і теплової енергії, що враховуються в нормах на виробництво продукції. В загальному випадку склад норми витрат ПЕР складається з корисної енергії (корисних витрат) і втрат.

Норма витрат ПЕР, як правило, є питомою величиною, тобто відноситься до одиниці виготовленої продукції або одиниці оброблюваного матеріалу (сировини). При нормуванні витрати ресурсів виражають у таких одиницях: електрична енергія – у кВт·год, паливо – у кг або т, тепла енергія – у ГДж, вода – у м<sup>3</sup>.

Часто визначають сумарні витрати ПЕР на одиницю продукції. Для переведення різних енергетичних одиниць в умовне паливо користуються теоретичними еквівалентами: 1 кВт·год = 0,123 кг у.п.; 1 т у.п. = 8130 кВт·год = 29,3 ГДж, 1 ГДж = 34,2 кг у.п. На практиці застосовують технічні еквіваленти: 1 кВт·год =  $0,35 \cdot 10^{-3}$  т у.п.; 1 ГДж = 0,041 т у.п.

**Таким чином**, основними напрямками ефективного економічного використання ПЕР слід віднести:

- 1) зниження втрат ПЕР шляхом впровадження сучасних технологій їх видобутку, переробки, транспортування, зберігання і споживання;
- 2) створення та освоєння ефективного обладнання, технологічних процесів, установок і машин у поєднанні з високим технічним рівнем виробництва продукції;
- 3) підвищення ефективності використання та економії енергоємних матеріалів;

- 4) використання вторинних ПЕР;
- 5) впровадження альтернативних видів палива та енергії;
- 6) застосування прогресивних норм і нормативів витрат ПЕР;
- 7) здійснення комплексу організаційно-технічних заходів щодо раціонального ощадливого використання ПЕР.

1. Лабейш В. Г. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии / В. Г. Лабейш. – СПб. : СЗТУ, 2003. – 79 с. 2. Ресурсо- та енергозбереження : навч. посібник / Хітров І. О., Гавриш В. С., Кристопчук М. Є., Корнієнко В. Я. – Рівне : НУВГП, 2014. – 108 с. 3. Андрижиевский А. А. Энергосбережение и энергетический менеджмент: учеб. пособие / А. А. Андрижевский, В. И. Володин. – 2-е изд., испр. – Мн. : Выш. шк., 2005. – 294 с. 4. Корчемний М. Енергозбереження в агропромисловому комплексі: монографія / Микола Корчемний, Валерій Федорейко, Володимир Щербань. – Тернопіль : Підручники і посібники, 2001. – 984 с.

Рецензент: к.т.н., доцент Швець М. Д. (НУВГП)

---

**Khitrov I. A., Candidate of Engineering, Associate Professor,**  
**Dmytruk N. N., Senior Student** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

## **INCREASE OF EFFICIENCY OF FUEL AND ENERGY RESOURCES USE**

**The paper is devoted to the key aspects of effective rational use of fuel and energy resources at the existing level of technological. The main attention is paid to the analysis of application of secondary fuel and energy resources in the form of energy potential of products, wastes, collateral and intermediate products which turns out in technological units (installations, processes) and is not used in the unit, but can be partially or completely used for power supply of other units (processes). The main directions of secondary resources application at the basic enterprises of the branch are distinguished and examples of their use as the fuel, thermal, power or combined power source are given. The general characteristics of expenses norms of resources and interrelation of their accounting when**

**transferring from different power units is given. The directions of further scientific researches concerning the possibility of their application in further practical activities in the field of mechanical engineering are identified.**

***Keywords:* fuel and energy resource, secondary resource, resource saving, expenses norm of a resource, directions of application.**

---

**Хитров И. А., к.т.н., доцент, Дмыtruk Н. Н., студент (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)**

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ**

**Статья посвящена ключевым аспектам эффективного рационального использования топливно-энергетических ресурсов. Основное внимание уделено анализу применения вторичных топливно-энергетических ресурсов. Выделены основные направления применения вторичных ресурсов на базовых предприятиях отрасли и приведены примеры их использования. Дана общая характеристика норм затрат ресурсов и взаимосвязь их учета в разных энергетических единицах. Намечены направления дальнейших научных исследований относительно возможности их применения в дальнейшей практической деятельности в области машиностроения.**

***Ключевые слова:* топливно-энергетический ресурс, вторичный ресурс, ресурсосбережение, норма затрат ресурса, направления использования ресурса.**

---