

В. В. ЮРКО, А. М. ГАНЖА**ТЕХНИКО-ЕКОНОМІЧНЕ, ФІНАНСОВЕ ТА ЕКОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ ПЕТЛЕВОГО ПОВІТРОНАГРІВАЧА ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ МЕТАЛУРГІЙНИХ ВІДХОДІВ**

Здійснено техніко-економічне, фінансове та екологічне обґрунтування енергозберігаючих заходів при впровадженні петлевого повітрянагрівача для вельц-процесу переробки металургійних відходів. Застосування петлевого повітрянагрівача підіймає технологію розроблену ДП «УкрНТЦ «Енергосталь» на новий щабель конкурентоспроможності. Головною особливістю технології є використання оригінальної конструкції повітрянагрівача для утилізації тепла димових газів і нагріву повітря, яке знову направляється в технологічний процес. Усувається необхідність спалювати природний газ.

Ключові слова: петлевий повітрянагрівач, утилізація тепла димових газів, нагрів повітря, переробка металургійних відходів, технологія вельц-процесу.

В. В. ЮРКО, А. Н. ГАНЖА**ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ, ФИНАНСОВОЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ВНЕДРЕНИИ ПЕТЛЕВОГО ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛЯ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ**

Осуществлено технико-экономическое, финансовое и экологическое обоснование энергосберегающих мероприятий при внедрении петлевого воздухонагревателя для вельц-процесса переработки металлургических отходов. Применение петлевого воздухонагревателя поднимает технологию разработанную ГП «УкрНТЦ» «Энергосталь» на новую ступень конкурентоспособности. Главной особенностью технологии является использование оригинальной конструкции воздухонагревателя для утилизации тепла дымовых газов и нагрева воздуха, вновь направляемого в технологический процесс. Устраняется необходимость сжигать природный газ.

Ключевые слова: петлевой воздухонагреватель, утилизация тепла дымовых газов, нагрев воздуха, переработка металлургических отходов, технология Вельц-процесса.

V. YURKO, A. GANZHA**TECHNICAL-&-ECONOMIC, FINANCIAL AND ENVIRONMENTAL FEASIBILITY STUDIES OF ENERGY-SAVING ACTIVITIES CARRIED OUT TO USE THE LOOP AIR HEATER FOR THE METALLURGY WASTE RECYCLING TECHNOLOGY**

Technical-&-economic, financial and environmental feasibility studies of energy-saving activities were carried out to use the loop air heater for the metallurgy waste recycling technology developed by the State Company "UkrScience and Technology Center "Energosteel". The developed and improved Waelz-process allows us to remedy many deficiencies peculiar for similar foreign technologies. In particular, high-priority problems dealing with the exhaust flue gas heat recovery are solved using the loop air heater with the subsequent gas cleaning. The use of the loop air heater will lift the technology developed by the "UkrScience and Technology Center "Energosteel" to a new plane of competitiveness. The main specific feature of this technology is the use of the air heater with the original structure designed for the heat recovery of flue gases and heating the air that is redelivered to the flow process. According to the technology, the Waelz-process requires a hot air and its heating by the air heater eliminates the need for the natural gas firing. The computations done show that the use of the original structure of the air heater for the heat recovery of flue gases and air heating is an urgent energy-saving technological measure. The natural gas saving is an important environmental and economic aspect because the national conception of the "Clean World for Future Generations" anticipates the dividend payment for the CO₂ emission reduction.

Key words: loop air heater, flue gas heat recovery, air heating, metallurgy waste recycling, and the Waelz-process technology.

Вступ

Переробка і утилізація відходів, які містять в собі важкі і кольорові метали, на сьогоднішній день являється, в першу чергу, важливим екологічним аспектом. В світі протягом тривалого часу на відвалах і шламосховищах спеціалізованих підприємств складається велика кількість металовмісних відходів різних металургійних виробництв у вигляді техногенних полігонів. До складу таких відходів входять токсичні компоненти, які чинять негативний вплив на навколишнє середовище і вони відносяться до класу небезпечних речовин.

В зв'язку із введенням більш жорстких законодавчих норм з охорони навколишнього середо-

вища постає необхідність вишукування і вдосконалення різних методів і технологій переробки матеріалів, що містять кольорові метали.

Вельц-процес є одним з найпрогресивніших шляхів переробки металовмісних відходів металургійного виробництва. Він здійснюється в обортовій трубчастій печі з температурою, при якій метал, що вилучається, сублимується.

Мета роботи

Розроблено ряд технологій і патентів, які передбачають вилучення із шламів кольорових металів. Зокрема відомі патенти Росії RU 2280087, США (19) (11) 6083295, Європи (19) (11) EP

© В. В. Юрко, А. М. Ганжа, 2019

0972849A1 та ін. Ці патенти містять ряд недоліків при утилізації димових газів. Крім того, не володіють екологічною безпекою через відсутність утилізації шкідливих газо- і пилоподібних відходів що утворюються в процесі переробки шламів, в результаті чого димові газі і залишковий вельц-окис викидаються в атмосферу. Висока температура не дозволяє направляти їх на газоочистку.

ДП «УкрНТЦ «Енергосталь» розроблена технологія, яка усуває недоліки раніше розроблених вельц-процесів. Патентом «Комплекс переробки сировини, що містить сполуки цинку та свинцю» передбачається витяг оксидів цинку і свинцю з гранульованих шламів (окатишів) пірометалургійним методом шляхом їх термічного відновлення у вельц-печі [1–3].

Головною особливістю технології є використання оригінальної конструкції повітрянагрівача для утилізації тепла димових газів у вигляді петель із труб, що вільно висять. З подальшою можливістю направлення охолоджених газів на газоочистку [4, 5].

Викладення основного матеріалу

Виробництво свинцю і цинку з вторинної сировини відіграє важливу роль в загальному балансі його виробництва і споживання у світі. На території Європи майже не залишилося підприємств з первинного видобутку свинцевих руд. Його отримують, в основному, при переробці акумуляторного брухту і утилізації металургійних відходів.

На сьогодні проблема глобального вичерпання запасів цинку і свинцю поки що гостро не стоїть. Але минує 10–20 років і в деяких країнах будуть вичерпані природні запаси цих кольорових металів. Якщо в Китаї, Південній Африці, Канаді будуть добувати свинець тими ж темпами, то, максимум через 10 років, він буде вичерпаний з надр землі [6].

Важливість даного питання розкривають технічні керівні принципи Базельської конвенції. Метою якої є перш за все служити керівництвом для країн, що створюють у себе потенціал по екологічно безпечного і ефективного поводження з відходами, при розробці ними процедур або стратегій рециркуляції металів і їх з'єднань, а також додатково сприяти екологічно обґрунтованої рециркуляції металів [7].

Базуючись на принципах Базельської конвенції, зарубіжні підприємства проводять активний пошук альтернативних методів і вдосконалення існуючих технологій отримання цинку і свинцю, на основі переробки руди, шлаків металургійної плавки, стічних металовмісних речовин, золи, відходів збагачувальних фабрик і різного роду відходів відходів металургійних і хімічних підприємств і т.п. [8].

Обговорення результатів

Результати розрахунків показують техніко-економічну, фінансову та екологічну ефективність модернізації вельц-процесу при застосуванні петлевого повітрянагрівача

Розрахунки виконуються на основі рекомендацій [9] і складаються з наступних частин:

- капітальні витрати на спорудження об'єкта;
 - річні експлуатаційні витрати;
 - розрахунок економічної ефективності динамічним методом;
 - розрахунок критеріїв ефективності;
 - розрахунок економічної ефективності проекту з врахуванням продажу квот на викиди CO₂.
- Вихідні дані для проведення розрахунків:
- вкладені інвестиції на обладнання, монтаж і будівництво I = 54191,7 тис. грн.;
 - вартість електроенергії для підприємств Ц_Е = 1,67 грн./(кВт·год.);
 - вартість природного газу Ц_Г = 10,21 грн./м³;
 - потужність електричного обладнання N_Е = 204,6 кВт;
 - місячна заробітна платня обслуговуючого персоналу З_{міс} = 33,5 тис. грн.;
 - кількість годин роботи виробництва в рік T = 7410 год/рік;
 - середня норма амортизаційних відчислень a_н = 20 %.

Петлевий повітрянагрівач призначений для утилізації тепла димових газів в кількості G_{дг} = 21500 м³/год і з температурою t_{дг} = 800 °С і нагріти повітря кількістю G_п = 36500 м³/год. до температури t_{дг} = 465 °С. Нагріте повітря по технології процесу направляється в сушильний барабан для попереднього видалення вологи з вихідної сировини в кількості G_б = 13000 Нм³/год. Паралельно іде подача гарячого повітря для остаточного видалення вологи у стрічкову сушарку кількістю G_с = 12000 м³/год. Решта повітря G_е = 11500 м³/год направляється в економайзер для нагріву зворотної води перед котельнею від t₁ = 40 °С до t₂ = 90 °С в кількості G_в = 25 м³/год. Тепло повітря корисно використовується в технології процесу. Отримане гаряче повітря не вимагає спалювання природного газу.

Прибуток від економії природного газу.

Зекономлена кількість природного газу:

$$G_{Г} = \frac{Q_{Б}}{Q_{Г}} \eta_{ВТР},$$

де Q_Б – кількість переданого тепла димовими газами повітря по тепловому балансу, МДж/год;

$\eta_{ВТР}$ – втрати тепла;

Q_Г – теплотворна здатність природного газу.

$$G_{Г} = \frac{21646,9}{33,34} \cdot 0,95 = 616,83 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Прибуток від економії природного газу:

$$P_{\Gamma} = G_{\Gamma} T_{\Gamma},$$

$$P_{\Gamma} = 616,8 \cdot 7410 \cdot 10,2 = 46655,5 \text{ тис грн/рік.}$$

Спорудження камери осадження з петлевим повітрянагрівачем і додатковим обладнанням вимагає експлуатаційних витрат. Відповідно проведеним розрахункам річні експлуатаційні витрати складають:

$$Z_{\text{експл}} = 22628,2 \text{ тис. грн./рік.}$$

Оскільки застосування петлевого повітрянагрівача у складі вельц-процесу має тривалий термін експлуатації, розраховуємо економічну ефективність динамічним методом, тобто не за один рік, а за декілька років стійкої експлуатації з врахуванням фактору часу. Для цього використовують механізм дисконтування затрат, тобто врахуємо зміну вартості самих фінансів в часі по причині інфляції, ризиків, змін на зовнішній і внутрішній стороні.

Основним показником, на якому базується вся методика розрахунку ефективності, є річний грошовий потік ГП, тобто сума грошових коштів, які отримує інвестор за рік експлуатації об'єкту з врахуванням притоків і відтоків грошових мас.

У нашому випадку мова йде не про весь грошовий потік від експлуатації всього обладнання вельц-процесу, а лише від зміни в зв'язку з застосування петлевого повітрянагрівача.

Прибуток буде отримуватися в результаті економії природного газу. Також, в результаті скорочення споживання природного газу будуть покращені екологічні показники завдяки зменшенню викидів продуктів горіння.

В якості грошового потоку, який визначає ефективність проекту, приймаємо додатково отриманий чистий прибуток від впроваджених заходів з врахуванням величини амортизаційних відрахувань за рік від вкладених коштів.

Грошовий потік розраховується:

$$ГП = ЧП + А,$$

$ГП = 38257,5 + 10838,34 = 49095,84$ тис. грн. рік.
де ЧП – чистий річний прибуток, отриманий за рік, за рахунок проведеної експлуатаційного нововведення;

А – річні амортизаційні відрахування від щойно встановленого обладнання.

Витрати на амортизацію, тис грн./рік:

$$А = \frac{a_n}{100} I = \frac{20}{100} 54191,7 = 10838,34 \text{ тис. грн. рік.}$$

Чистий річний прибуток визначається як різниця сумарного чистого прибутку отриманого за рік і податкового прибутку:

$$ЧП = P_{\Gamma} - P_{\Gamma} K_{\text{ПР}},$$

де $K_{\text{ПР}}$ – податковий прибуток, становить 18 % від прибутку.

$$ЧП = 46655,5 - 46655,5 \cdot 0,18 = 38257,5 \text{ тис. грн./рік.}$$

При динамічному методі економічний ефект розраховують за певний, заздалегідь встановлений період стійкої експлуатації, так званий розрахун-

ковий період T_p , який для промислових об'єктів в сучасних умовах становить 5–7 років. Приймаємо розрахунковий період терміном 5 років. За ці роки цінність грошей зміниться, тому отримані грошові потоки кожного року потрібно відкоригувати з урахуванням цього фактора (фактор часу). Для цього використовують механізм дисконтування витрат, сутність якого полягає у приведенні витрат різних років до моменту розрахунку, тобто до нульового року. Приведення витрат виробляють за допомогою коефіцієнта дисконтування $K_{\text{диск}}$.

Коефіцієнт дисконтування визначається по формулі складних відсотків:

$$K_{\text{диск}} = \frac{1}{(1 + E_{\text{норм}})^t}.$$

Відповідно розрахунків середнє значення критерію дисконтування за 5 періодів складає:

$$K_{\text{диск}}^{\text{ср}} = 0,597.$$

Річний дисконтований грошовий потік ДГП за кожні 5 років визначається як:

$$ДГП = ГП K_{\text{диск}}^{\text{ср}}.$$

Після цього розраховуємо сумарний дисконтований грошовий потік за весь розрахунковий період $ДГП_{\Sigma}$:

$$ДГП_{\Sigma} = \sum ДГП = 146629,6 \text{ тис. грн./рік.}$$

Розрахунок критеріїв ефективності до яких відносять:

- чистий грошовий потік ЧГП;
- термін повернення капіталу, $T_{\text{пов}}$;
- індекс рентабельності проекту I_p ;

Чистий грошовий потік (ЧГП) – це перший найбільш явний, але укрупнений критерій ефективності проекту.

$$ЧГП = ДГП_{\Sigma} - I,$$

$$ЧГП = 146629,6 - 54191,7 = 92437,9 \text{ тис. грн./рік.}$$

Оскільки $ЧГП > 0$, то вважається проект прийнятний.

Індекс рентабельності проекту (інвестицій) (I_p) розраховується за формулою:

$$I_p = \frac{ЧГП}{I} \geq 1,$$

$$I_p = 92437,9 / 54191,7 = 1,7 \geq 1.$$

Виходячи з логіки інвестування, ця величина повинна бути більше 1, так як ЧГП – це загальна сума коштів, отриманих за весь період існування проекту з обліком дисконтування та суми вкладених засобів. Це означає, що $ЧГП > I$. Така ситуація складається для дуже високоефективних проектів, як і в нашому випадку $I_p = 1,83 > 1$.

Термін повернення капіталу ($T_{\text{пов}}$) – це період в роках, протягом якого вкладені кошти повертаються інвестору за рахунок одержуваних грошових потоків з урахуванням дисконтування. Аналітично цю величину можна розрахувати приблизно по формулі:

$$T_{\text{пов}} = I / ДГП_{\Sigma} = 54191,7 / 146629,6 = 0,37 \text{ рік.}$$

Величину $T_{\text{пов}}$ порівнюється з розрахунковим періодом. Оскільки $T_{\text{пов}} < T_{\text{розр}}$ ($0,37 < 5$) то варіант прийнятний.

Екологічна політика і зменшення забруднення навколишнього середовища є важливою складовою стратегії розвитку групи НАК «Нафтогаз» України. Україна підтримує концепцію чистого світу для майбутніх поколінь і постійно нарощує інвестиції в охорону навколишнього середовища, зменшення викидів та профілактику техногенних ризиків. Тісна співпраця з Європейськими партнерами дозволяє координувати зусилля та посилювати ефективність роботи.

НАК «Нафтогаз України», Міністерство екології та природних ресурсів і Європейський банк реконструкції і розвитку (ЄБРР) 12 листопада 2018 року підписали меморандум про співпрацю в сфері скорочення в газовому секторі метанових викидів та скорочення викидів вуглекислого газу.

Розрахунок економічної ефективності проекту з врахуванням продажу квот на викиди CO_2 [10].

Загальне заміщення природного газу для нагріву зворотної води котельної і на потреби сушки сировини:

$$G_T = 616,8 \text{ м}^3/\text{год} = 4570488 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

Зниження викидів:

$$G_{\text{CO}_2} = 4277977 \text{ м}^3/\text{рік},$$

$$G_{\text{ЕКВ.CO}_2} = 598916,8 \text{ т/рік},$$

Вартість зниження викидів CO_2 :

$$Ц_{\text{КВ}} = 12,2 \text{ Євро/т} = 366 \text{ грн./т}.$$

Загальна кількість отриманих квот від зменшення викидів CO_2 :

$$K_{\text{CO}_2} = G_{\text{ЕКВ.CO}_2} \cdot Ц_{\text{КВ}},$$

$K_{\text{CO}_2} = 598916,8 \cdot 366 = 219203,55 \text{ тис. грн./рік}$, де $Ц_{\text{КВ}}$ – ціна виплати квот від зменшення викидів CO_2 масою 1 т.

Висновки

1 Здійснено техніко-економічне, фінансове та екологічне обґрунтування енергозберігаючих заходів при впровадженні петлевого повітрянагрівача для технології вельц-процесу переробки металургійних відходів розробленої ДП «УкрНТЦ «Енергосталь».

2 Проведені розрахунки показують, що застосування петлевого повітрянагрівача для вельц-процесу знімає його на новий щабель конкурентоспроможності завдяки підвищенню енергоефективності технології.

3 Енергоефективність України зараз знаходиться на низькому рівні. Це постерігається і в промисловості і в комунальному господарстві. Хоча, за останні декілька років покладені базові засади для її подальшого підвищення.

4 За даними дослідження *WORLD ECONOMIC FORUM*, Україна посідає 119-те місце

серед 127 країн стосовно співвідношення ВВП та витрат енергії. Тому, зростання енергоефективності – є важливою задачею в усіх сферах господарювання для гарантованого економічного процвітання.

5 Тісна співпраця з Європейськими партнерами дозволяє координувати зусилля та посилювати ефективність роботи.

6 В даний час ЄБРР розглядає можливість надання кредиту в розмірі EUR 52 млн. Для АТ «Укргазвидобування». Кошти будуть інвестовані в сучасне обладнання для рекуперації тепла під час газопереробки, скорочення викидів вуглекислого газу, а також забезпечення надійної видобутку газу.

7 Головною особливістю вельц-процесу є використання оригінальної конструкції повітрянагрівача для утилізації тепла димових газів і нагріву повітря, яке знову направляється в технологічний процес. Усувається необхідність спалювати природний газ для нагріву повітря, яке необхідне в технологічному процесі.

8 Економія природного газу являється важливим як екологічним так і економічним аспектом, оскільки державною концепцією чистого світу для майбутніх поколінь передбачається виплата квот за скорочення викидів вуглекислого газу.

Список літератури

1. Пат. 118988 Україна, МПК С22В7/00, С22В19/38. *Комплекс переробки сировини, що містить сполуки цинку та свинцю / Рижавський А. З., Сталінський Д. В., Зимогляд А. В., Юрко В. В.*; заявитель и патентообладатель ДП «УкрНТЦ «Енергосталь». № u201700817; заявл. 30.01.17; 11.09.17, Бюл. № 17. 8 с.: ил.
2. Заявка a201700815 Україна, МПК С22В7/00, С22В19/38. *Комплекс переробки сировини, що містить сполуки цинку та свинцю / Рижавський А. З., Сталінський Д. В., Зимогляд А. В., Юрко В. В.*; заявитель и патентообладатель ДП «УкрНТЦ «Енергосталь». № a201700817; заявл. 30.01.17.
3. Заявка 2017107399 Росія, МПК С22В7/02. *Комплекс переработки сырья, содержащего соединения цинка и свинца / Рижавский А.З., Сталинский Д.В., Зимогляд А.В., Юрко В.В. (Украина)*; заявитель и патентообладатель ГП «УкрНТЦ «Енергосталь» (Украина). – № 2017107399; заявл. 06.03.17; опубл. 10.09.18, Бюл. № 25. 1 с.
4. Юрко В. В. Створення повітрянагрівача для утилізації тепла продуктів горіння вельц-процесу. *Инновационные пути модернизации базовых отраслей промышленности, энерго- и ресурсосбережения, окружающей природной среды: сб. науч. тр. VI Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов, 22–23 марта 2017 г., г. Харьков.* Харьков: ГП «УкрНТЦ «Енергосталь», 2017. С. 90–93.
5. Юрко В. В. Створення рекуперативного петлевого повітрянагрівача для розширення області застосування за умови запиленого гріючого теплоносія. *Гуманітарні, природничі та точні науки як фундамент суспільного розвитку: матеріали IV Всеукраїнської наук.-практ. конф., 26–27 січня 2018 р., м. Харків.* Харків, 2017. С. 60–65.
6. Проблемы исчерпания цветных металлов. URL: <https://horseman5th.wordpress.com/2013/08/14/159> (дата звернення: 23.01.2019).
7. Технические руководящие принципы, касающиеся экологически обоснованной рециркуляции/утилизации металлов

и их соединений (R4). Утверждено решением VII/14 на седьмой Конференции Сторон Базельской конвенции (Женева, октябрь 2004 год).

8. Базельская конвенция. URL: <http://www.basel.int/> (дата звернення: 23.01.2019).
9. Яковлев А. И., Сударкина С. П., Ларка М. И *Организація промислового виробництва : підручник*. Харків: НТУ «ХП», 2007. 356 с.
10. Немировський І. А., Проскурня О. М. *Экономическая оценка энергосберегающих проектов : учеб. пособие*. Харьков: ФЛП Мезина В.В., 2017. 152 с.

References (transliterated)

1. Rizhavs'kiy A. Z., Stalins'kiy D. V., Zimoglyad A. V., Yurko V. V. (2017), "Kompleks pererobki sirovini, shcho mistit' spoluki tsinku ta svintsyu [Complex for processing raw materials containing zinc and lead compounds]", *Patent SE "UkrSNC "Energostal"*, Kharkiv, Ukraine, 8 p.
2. Rizhavs'kiy A. Z., Stalins'kiy D. V., Zimoglyad A. V., Yurko V. V. (2017), "Kompleks pererobki sirovini, shcho mistit' spoluki tsinku ta svintsyu [Complex for processing raw materials containing zinc and lead compounds]", *Application for utility model SE "UkrSNC "Energostal"*, Kharkiv, Ukraine.
3. Rizhavs'kiy A. Z., Stalins'kiy D. V., Zimoglyad A. V., Yurko V. V. (2017), "Kompleks pererobki sirovini, shcho mistit' spoluki tsinku ta svintsyu [Complex for processing raw materials containing zinc and lead compounds]", *Application for utility model SE "UkrSNC "Energostal"*, Kharkiv, Ukraine.
4. Yurko V. V. (2017), "Stvorenniya povitronagrivacha dlya utilizatsii tepla produktiv gorinnya vel'ts-protsezu [Creation of

an air heater for utilization of heat of combustion products of velts process]", *Report of VI Inter conf. "Innovative ways of modernization of basic industries, energy and resource saving, environment environment"* 22–23 March SE "UkrSNC "Energostal", Kharkiv, Ukraine, pp. 90–93.

5. Yurko V. V. (2017), "Stvorenniya rekuperativnoho petlevoho povitronagrivacha dlya rozshyrennya sfery zastosuvannya za umovy zaplyenoho hriyuchoho teplonosiya [Creation of a recuperative loop air heater to expand the scope of application of a dusty heating fluid]", *Report of IV Inter conf. Humanities, natural sciences and exact sciences as the foundation of social development 26–27 January*, Kharkiv, Ukraine, pp. 60–65.
6. *Problemy ischerpaniya tsvetnykh metallov* [Problems of exhausting non-ferrous metals], available at: <http://kerammash.ua/rus/index.htm> (accessed 23 January 2019).
7. (2004), *Tekhnicheskije rukovodyashchiye printsipy, kasayushchiyesya ekologicheski obosnovannoy retsirkulyatsii/utilizatsii metallov i ikh soyedineniy* [Technical guidelines for environmentally sound recycling / recycling of metals and their compounds], Geneva, Switzerland, 42 p.
8. *Bazel'skaya konventsiya* [Basel Convention], available at: <http://kerammash.ua/rus/index.htm> (accessed 23 January 2019).
9. Yakovlev A. I., Sudarkina S.P., Larka M. I (2007), *Orhanizatsiya promyslovoho vyrobnytstva* [Organization of industrial production], Kharkiv, Ukraine, 356 p.
10. Nemirov'skiy I. A (2017), "*Ekonomicheskaya otsenka energosberegayushchikh proyektov* [Economic assessment of energy-saving projects]", Kharkiv, Ukraine, 152 p.

Надійшло (received) 10.03.2019

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Юрко Володимир Володимирович (Юрко Владимир Владимирович, Vladimir Yurko) – аспірант, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», аспірант кафедри теплотехніки та енергоефективних технологій, м Харків, Україна; e-mail: yurkovladymyr@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8259-3169>.

Ганжа Антон Миколайович (Ганжа Антон Николаевич, Ganzha Anton) – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри теплотехніки та енергоефективних технологій, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м Харків, Україна; e-mail: ganzha_371@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3967-2421>.