

А. М. Ялова<sup>1</sup>  
Н. В. Бондар<sup>1</sup>  
Р. В. Старовойт<sup>2</sup>

## ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ НА ЗАЛІЗОРУДНІЙ ШАХТІ

<sup>1</sup>Криворізький національний університет;

<sup>2</sup>ТЕЦ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

Запропоновано спосіб енергетичного переоснащення залізорудної шахти. Енергетичне оцінювання залізорудної шахти провели з кількох важливих причин: 1) оптимізація енергоспоживання: оцінювання допомогло виявити основні джерела споживання енергії та визначити де можна знизити її використання, зменшивши таким чином витрати на енергоносії; 2) енергозбереження: визначено потенційні заходи для підвищення енергоефективності, такі як модернізація обладнання, вдосконалення технологічних процесів та впровадження нових енергозберігаючих технологій, що підвищує рентабельність підприємства; 3) екологічний вплив: під час роботи енергетичних установок на шахті, яке працює на викопному паливі, в атмосферу викидається велика кількість вуглекислого газу, що викликає глобальне потепління, зменшення енергоспоживання допомагає скоротити викиди парникових газів та інших забруднювальних речовин, що сприяє поліпшенню екологічної ситуації. Енергетична оцінка дозволяє залізорудній шахті відповідати національним і міжнародним стандартам енергоефективності, що є важливим для отримання екологічних сертифікатів і державної підтримки; 4) планування інвестицій: оцінка дає змогу шахті зрозуміти, куди найкраще інвестувати для підвищення ефективності й прибутковості. Під час проведення енергетичного оцінювання зібрано та узагальнено інформацію про споживання енергоносіїв, виконано необхідні розрахунки, ознайомлено з наявною технічною та експлуатаційною документацією, а також запропоновано енергоефективні заходи для зниження споживання енергоносіїв. У роботі розглянуто порядок проведення енергетичного оцінювання шахти м. Кривий Ріг, де орієнтація на енергоефективність стає не лише стратегічним рішенням, а й необхідністю для забезпечення сталого розвитку галузі та захисту довкілля. Енергоефективні способи економії теплової енергії на залізорудних шахтах можуть суттєво знизити енергоспоживання та витрати підприємства. Основні методи включають: використання теплових насосів (теплові насоси використовують низькопотенційне тепло шахтних вод для обігріву приміщень і виробництва гарячої води); утеплення та модернізація будівель (оновлення теплоізоляції виробничих і адміністративних приміщень знижує втрати тепла, зменшуючи потребу в опаленні); впровадження систем рекуперації тепла (системи рекуперації дозволяють повторно використовувати тепло, яке виділяється в процесі роботи технологічного обладнання чи вентиляційних систем); автоматизація та контроль систем опалення (встановлення систем автоматичного контролю температури та терморегуляції дозволяє точно підтримувати необхідний рівень тепла без перевитрат енергії); оптимізація технологічних процесів (модернізація обладнання та впровадження енергоефективних технологій у виробничих процесах знижує потребу в тепловій енергії); зниження втрат тепла у вентиляційних системах; утилізація тепла з відпрацьованих газів (застосування сучасних котлів і теплообмінників). Застосування цих енергоефективних технологій і методів на залізорудних шахтах дозволяє суттєво скоротити витрати на теплову енергію, підвищити загальну енергоефективність та зменшити негативний екологічний вплив. Забезпечення надійного та ефективного функціонування шахти вимагає постійної уваги до питань енергозбереження та оптимізації використання енергетичних ресурсів.

**Ключові слова:** котельня, технічне переоснащення, обладнання, потужність, водогрійні котли, тепло, характеристики, тепловий насос.

### Вступ

Зважаючи на потреби металургійного виробництва у м. Кривий Ріг, виробнича потужність більшості шахт міста з видобутку залізної руди станом на зараз складає 700 тис. тонн на рік. Розгля-

нута в роботі залізородна шахта має потужність покладу, що відпрацьовується, з глибиною змінюється від 8 до 110 м, кут падіння — від 36 до 57°. Ствол шахти пройдено до глибини 1580 м. Довжина суцільного зруденіння в шахтному полі досягає 880 м.

На додаток до основного видобувного обладнання, котельня є невід'ємною частиною енергетичної інфраструктури кожної шахти. Підвищення енергоефективності стає однією з ключових стратегічних цілей комплексного розвитку сучасного гірничо-металургійного сектору. Одним з основних напрямків для досягнення енергоефективних цілей є проведення енергетичного оцінювання підприємства. Ця процедура дозволяє виявити потенційні можливості для енергозбереження та оптимізації енергетичних витрат у різних віхах видобутку залізної руди підземним способом. У цьому контексті енергетична оцінка об'єктів виступає критично важливим інструментом для виявлення можливостей раціонального використання енергоресурсів та впровадження заходів з енергозбереження [1].

Грунтовний огляд та аналіз поточної ситуації дозволить врахувати всі фактори, що сприяють досягненню високого рівня енергоефективності та сталої енергетичної стратегії шахти, зокрема в контексті використання низькопотенційного тепла шахтних вод.

Розглянуто можливість використання низькопотенційного тепла шахтних вод для ефективного отримання теплової енергії. Температура шахтних вод залишається сталою протягом року та є екологічним джерелом «чистої» теплової енергії.

### Результати досліджень

*Мета енергетичного оцінювання залізородної шахти у Кривому Розі* — визначити можливості для зниження витрат теплової енергії, природнього газу та зменшення викидів CO<sub>2</sub> в атмосферу через впровадження альтернативних джерел енергії. Це водночас сприятиме зниженню вартості виробництва, підвищенню конкурентоспроможності підприємства та зменшенню негативного впливу на довкілля.

Обов'язковим енергетичним оснащенням будь-якої шахти є котельня. Вона є власним джерелом теплопостачання для будівель шахтоуправління. Котельня, яка підлягала енергетичному оцінюванню, вже проходила модернізацію, під час якої морально застаріле котельне обладнання замінено на сучасні енергоефективні котли Viessmann. Котельня оснащена трьома котлами Viessmann потужністю по 7,8 МВт (6,7 гКал/год) кожний. В опалювальний сезон в експлуатації знаходиться один котел Viessmann 100-LW M148 4,2 МВт, два інших — у резерві. За температури зовнішнього повітря до -15°C можливе підключення одного з резервних котлів. Котел опалення Vitomax 100-LW працює з максимальною температурою подачі теплоносія 115 °C, тиском 6...10 бар, в діапазоні теплових потужностей 0,65 до 6 МВт. Прилади для обліку теплової енергії відсутні. За даними обліку газу, витрати під час опалювального періоду становлять від 14 000 до 21 000 кубічних метрів на годину, причому приблизно 60...70 % теплової енергії йде на підігрів шахтного ствола. подача повітря здійснюється в нагнітальному режимі 24/7, а двічі на рік система вентиляції переходить в режим реверсу на 2—3 години для тестування системи пожежогасіння та інших цілей. Котли Viessmann вибрано, з урахуванням низки переваг, серед яких: конструктивні — двоходовий з інверсією полум'я жаротрубний теплообмінник з жароміцної сталі з циліндричною камерою згорання. Водогрійний котел Viessmann з реверсивною камерою згорання і низькою тепловою напругою камери згорання, за рахунок чого забезпечуються мінімальні виділення оксидів азоту. В цих котлах не передбачено ніяких обмежень за мінімальною витратою теплоносія — широкі проходи між жаровими трубами і велике водонаповнення котлового блоку забезпечують ефективну природну циркуляцію і гарантоване перенесення тепла. У результаті спрощується гідравлічне з'єднання котла з системою. Котли Viessmann мають низький аеродинамічний опір завдяки конвективним теплообмінним поверхням з димогарними трубами великих розмірів.

Трубопровід шахтної води (ТШВ) діаметром 300 мм розташовано на поверхні. Температура шахтної води протягом року майже стабільна та коливається від +15 до +18 °C. В опалювальний період шахтна вода постійно прокачується для запобігання заморожування, а в міжопалювальний період вона накопичується на горизонті та періодично відкачується. Загальний обсяг шахтної води, що відводиться зі ствола, становить 160...190 тис. кубічних метрів на місяць. В безпосередній близькості біля ТШВ розташовано калориферну установку (для підігріву шахтного ствола). Також найбільшим споживачем теплової енергії є банний корпус. В дослідженнях проведено детальний енергоаудит цієї будівлі, та встановлено порушення теплового поля в місцях примикання зовнішніх стін та входних дверей і утворення містків холоду, що призводить до локального охолодження

поверхонь по підлозі внаслідок будівельних дефектів.

За результатами обстеження подано порівняльні характеристики опору теплопередачі огорожувальних конструкцій (табл. 1). Нормативні значення опору теплопередачі несучих і огорожувальних будівельних конструкцій та фактичні значення, розраховувались відповідно до ДСТУ 9191:2022 та ДСТУ EN ISO 10077-1:2022.

Таблиця 1

**Порівняльна характеристика значень опору теплопередачі огорожувальних конструкцій адміністративно-побутового корпусу, в складі якого розміщено банний корпус**

Вид огорожувальної конструкції	Значення $R_{q \min}$ , $\text{m}^2 \text{K/Wt}$		Співвідношення фактичного і нормативного значень, %
	нормативні	фактичні	
Зовнішні стіни	4,0	0,8	20
Дахове перекриття	7,1	0,3	2,91
Перекриття міжповерхове	0,5	7,0	14
Вікна	0,8	0,8	100
Вхідні двері та отвори	1,5	1...1,2	62,5...100

Проаналізувавши стан будівлі (адміністративна частина та банний корпус) та його енергоспоживання, запропоновано низку рекомендацій для розрахунку економії та терміну окупності.

Для підвищення енергоефективності необхідно посилити термічний опір конструкцій будівель. Такі значення термічного опору не можуть бути досягнуті за рахунок традиційних матеріалів (цегла, бетон тощо) без використання ефективних утеплювачів. Відповідний рівень теплозахисту забезпечується застосуванням багат шарових конструкцій з використанням сучасних утеплювачів стін та даху [2].

Під час обстеження будівель не виявлено належної системи вентиляції. Тому рекомендується встановити систему вентиляції з рекуперацією тепла в усіх адміністративних приміщеннях та використовувати локальні вентилятори у санвузлах. Рекуперація повітря — дасть змогу окрім обігріву контролювати вологість у приміщеннях. Таким чином, основні переваги включають: зниження витрат на опалення приміщень за рахунок ефективного використання витяжного тепла (холоду); постійне забезпечення чистого та свіжого повітря, висока якість повітря завдяки використанню фільтрів запобігання появі цвілі завдяки контролю вологості.

Котельня підприємства є власним джерелом тепlopостачання адміністративних будівель та банного корпусу. Вона оснащена одним працюючим в опалювальний період котлом Viessmann потужністю 8 МВт (6,879 ГКал/год), два знаходяться в резерві аналогічної потужності.

Для підбору теплових насосів здійснено серію теплотехнічних розрахунків (ТТР) з оптимізацією будівель та систем (без врахування системи вентиляції) та без оптимізації, також з оптимізацією будівель та систем з врахуванням системи вентиляції; для адміністративного та банного корпусу з розрахунковою зовнішньою температурою згідно з ДБН  $-17$  та  $-5$  °C, використовуючи різні вихідні дані. Необхідно зауважити, що температура шахтної води цілий рік стабільна і відносно висока (+15 °C) у порівнянні з температурою ґрунтових вод (близько +9 °C). Тобто, коефіцієнт перетворення теплової енергії (COP) теплового насосу буде вищий, що призведе до зменшення споживання електроенергії, і в результаті до зменшення грошових затрат при експлуатації [3].

У табл. 2 подані витрати на виробництво 1кВт·год теплової енергії з різних джерел тепла зокрема котла, що працює на природному газі, електричного котла та теплового насоса.

Таблиця 2

**Вартість 1 кВт·год теплової енергії залежно від джерела тепла**

Джерело тепла	Вартість 1кВт·год теплової енергії, грн
Електричний котел	4,48
Котел на природному газі	1,59
Тепловий насос типу вода–вода (без врахування заходів щодо оптимізації енергоефективності будівель)	1,45
Тепловий насос типу вода–вода (з врахуванням заходів щодо оптимізації енергоефективності будівель)	0,98

Аналізуючи дані табл. 2, можна зробити висновок, що найефективнішим способом отримання 1 кВт·год теплової енергії для шахти є використання теплового насоса типу вода–вода, з врахуванням заходів з оптимізації енергоефективності будівель.

Для Криворіжжя середня найнижча температура місяця за період спостережень з 2019 року по

2023 рік — це  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , відповідно за такою температурою вівся підбір теплового насоса. Розрахунки проводились і для температур  $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$ , але у цій статті вони не наводяться (табл. 3).

Таблиця 3

**Узагальнені результати розрахунків тепловтрат адміністративних будівель підприємства за зовнішньої температури  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$**

№	Найменування	Фактичні тепловтрати, за $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$	Після підвищення енергоефективності (природна вентиляція), за $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$	Після підвищення енергоефективності (вентиляції з рекуперацією), за $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$
<b>Банний корпус</b>				
1	Втрати через зовнішні конструктивні елементи споруди, Вт	285144	141145	141145
2	Втрати через вентиляцію, Вт	184331	184331	54176
3	Загальні втрати, Вт	469475	325476	195321
<b>Адміністративні будівлі шахти</b>				
1	Втрати через зовнішні конструктивні елементи споруди, Вт	318206	136059	136059
2	Втрати через вентиляцію, Вт	145357	145357	43365
3	Загальні втрати, Вт	463563	281416	179424

Згідно з результатами розрахунків (табл. 3) можна зробити висновок, що загальні тепловтрати адміністративних та виробничих будівель залізорудної шахти суттєво знизяться з урахуванням заходів щодо підвищення енергоефективності (зі звичайною природньою вентиляцією).

Для правильного вибору теплового насоса враховано потужності для цілорічного нагріву води гарячого водопостачання банного корпусу підприємства з розрахунку 350 споживачів-співробітників згідно з ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація».

За результатами проведених розрахунків (табл. 4) запропоновано встановити два теплових насоси типу вода-вода у технічному приміщенні банного корпусу потужністю 460 кВт кожен для забезпечення потреби в опаленні адміністративного корпусу підприємства та гарячого водопостачання банного корпусу.

Таблиця 4

**Результати розрахунку потужності для нагріву ГВП банного корпусу**

Найменування	Символ	Значення
Кількість споживачів	$N$	350
Норма витрати води за годину найбільшого водоспоживання загальна, л	$q_{hr,u}^{tot}$	420
Норма витрати води за годину найбільшого водоспоживання гарячої води, л	$q_{hr,u}^h$	340
Норма витрати води за годину найбільшого водоспоживання холодної води, л	$q_{hr,u}^c$	170
Розрахунковий час використання води, год	$T$	24
Ймовірність роботи приладу загальна	$NP_{hr}^{tot}$	350
Ймовірність роботи приладу з гарячою водою	$NP_{hr}^h$	350
Ймовірність роботи приладу з холодною водою	$NP_{hr}^c$	175
Коефіцієнт $\alpha$ загальний (гарячої води)	$\alpha_{hr}^{tot}\alpha_{hr}^h$	70,29
Коефіцієнт $\alpha$ холодної води	$\alpha_{hr}^c$	37,21
Годинна витрата $q_0$ загальна, л	$q_{ohr}^{tot}$	420,000
Годинна витрата $q_0$ гарячої води, л	$q_{ohr}^h$	340,000
Годинна витрата $q_0$ холодної води, л	$q_{ohr}^c$	340,000
Максимальна годинна витрата загальної води, м <sup>3</sup> /год	$q_{hr}^{tot}$	136,567
Максимальна годинна витрата гарячої води, м <sup>3</sup> /год	$q_{hr}^h$	87,388
Температура холодної води, $^{\circ}\text{C}$	$t_c$	10
Температура гарячої води, $^{\circ}\text{C}$	$t_h$	55
Коефіцієнт обліку втрат тепла трубами	$K_t$	0,25
Тепловий потік за період (доба, зміна) макс. водоспоживання на потреби гарячого водопостачання (з урахуванням тепловтрат) протягом середньої години, кВт	$Q_{hr}^r$	199,750
Тепловий потік за період (доба, зміна) макс. водоспоживання на потреби гарячого водопостачання (з урахуванням тепловтрат) протягом години максимального споживання, кВт	$Q_{hr}^h$	4543,113

Необхідно зауважити, що температура шахтної води цілий рік стабільна і відносно висока —

+15 °С у порівнянні з температурою ґрунтових вод (близько +9 °С). Тобто, коефіцієнт перетворення теплової енергії (COP) теплового насосу буде вищий, що викличе зменшення споживання електроенергії, а в результаті — зменшення грошових затрат під час експлуатації. Результати розрахунку коефіцієнта ефективності COP — 3,95 показано на рис. 1.

Air temp 01.10.23.-30.05.24

Delta supply/return  
Delta HP/heating system  
Delta condensing temperature/IP supply  
Evaporation temperature

Q [W]	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	
CO	139,443,8575	4695,7444	-289,1258457	62,7079169	-10,9707541	-11,74789	0,299951	-0,309702799	-0,299634002	0,036919223
P [W]	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	
CO	2954417744	-72,1310542	734,4940936	-20,8177901	26,39844256	-6,06199	-0,184366	0,362903588	-0,206713593	0,075400005
I [A]	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	
CO	22,19143456	-0,62127031	0,69968712	-0,01903342	0,0174054	-0,004064	-0,000169	0,000270124	-6,23E-05	9,30E-05

T max	T max	T max	T max	T max	P max	P max	P max	P max	P max	P max	T max
49,61505	39,54235	54,54235	42,54235	41,84215	144,177	222,24265	65,04125	846,3123	57,51205		

total heat kwh  
1780912  
total electricity kwh  
456380,9  
mean COP  
3,952256

Рис. 1. Початкові та вихідні дані розрахунку COP

Загальна принципова схема низькотемпературної тепломережі на території залізорудних шахт показана на рис. 2.

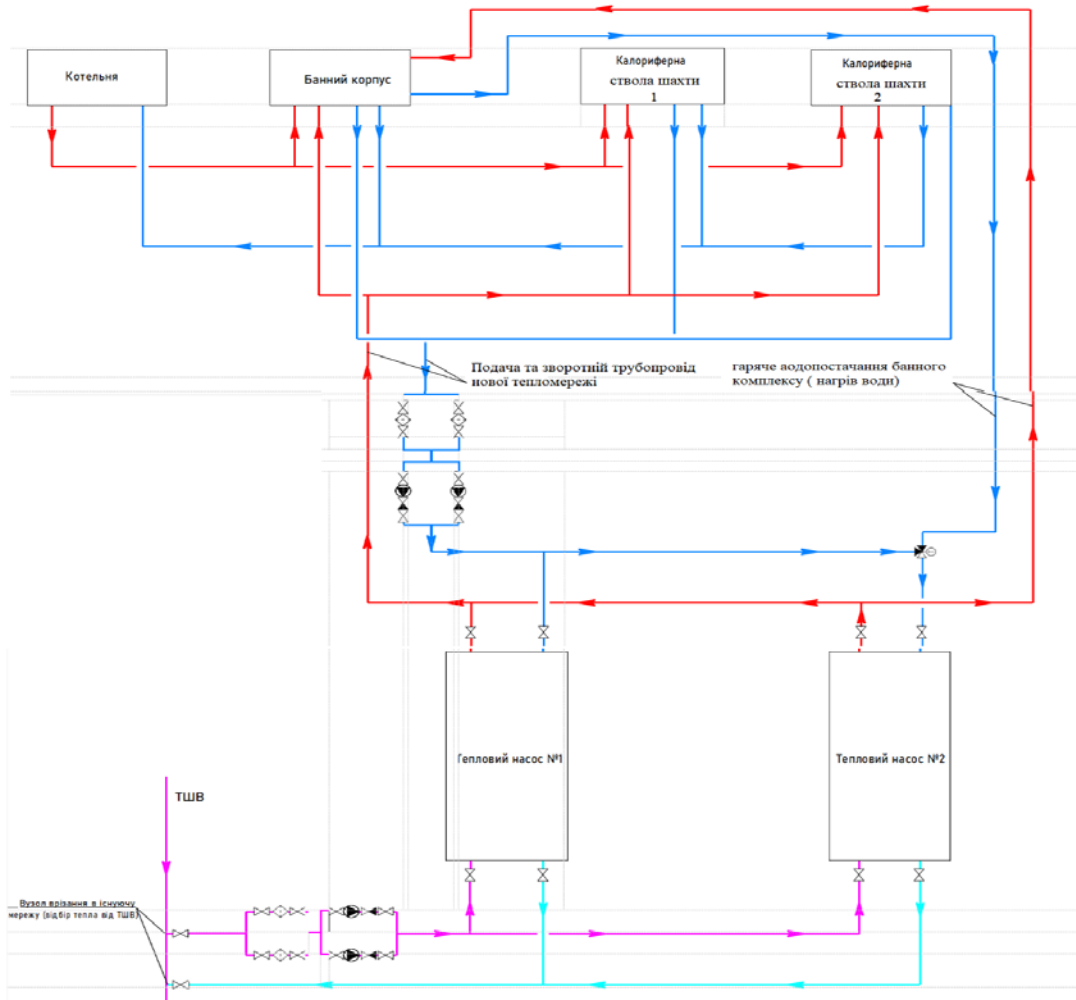


Рис. 2. Загальна принципова схема низькотемпературної тепломережі на території залізорудних шахт

Від теплових насосів типу вода–вода з банного корпусу до адміністративної та виробничих будівель підприємства необхідно прокласти нові магістральні теплотраси з низькотемпературним теплоносієм з відгалуженням до кожного корпусу, в яких будуть встановлені індивідуальні теплопункти, де буде забір теплоносія на потреби споживачів (рис. 2).

В кожному індивідуальному теплопункті необхідно встановити вузол догріву теплоносія від центральної котельні підприємства, що дозволить забезпечити догрів вхідного низькотемпературного теплоносія від теплових насосів у разі зниження зовнішньої температури нижче  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а також бути резервним джерелом тепла в разі поломки чи обслуговування теплових насосів [3]. Тепловий насос для підприємства пропонується Геотермальний тепловий насос вода–вода 460 кВт Thermocold CWC SHT 2460 Z R134a або виконати на базі трьох компресорів типу DSF-530-4 та двох теплообмінників типу HDE 22.103.2200/12P-6S-NDX CE31 потужністю 315 кВт один та 453 кВт інший.

### Висновки

Після детального аналізу можливостей використання теплових насосів для отримання теплової енергії шляхом утилізації низькопотенційного тепла шахтної води, можна зробити висновки, що вони є найефективнішим і надійним засобом для забезпечення систем опалення та приготування гарячої води. Незмінна температура низькопотенційної шахтної води стабільна і відносно висока —  $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$  протягом року є джерелом виробництва «чистої» теплової енергії та розвитку екологічності цих джерел. В результаті проведених розрахунків отримано: total heat (загальне тепло — 1780912 кВт·год; total electricity — 456380,9 кВт·год; COP — 3,95. Використання теплових насосів забезпечує не тільки ефективне використання ресурсів, але й сприяє створенню сталого та енергоефективного середовища.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] А. Г. Колієнко, Р. М. Ахмеднабієв, В. С. Турченко, Л. В. Бондар, і О. В. Демченко, «Ефективність використання шахтних вод у централізованій системі тепlopостачання міського району,» *Нариси гірничої науки та практики, III Міжнар. конф.*, м. Дніпро, Україна. 6-8 жовтня 2021 р. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.rmget.com/index.php/panel-sessions.html>.
- [2] David Banks, Helge Skarphagen, "Heat pumps as a tool for energy recovery from mining wastes," *Geological Society London Special Publications*, no. 236 (1), pp. 499-513, 2004. [Electronic resource]. Available: 10.1144/GSL.SP.2004.236.01.27.
- [3] Т. Г. Сидоренко, «Використання відновлювальних джерел енергії в гірничій промисловості,» *Екологія та промисловість України*, № 14 (3), с. 78-85, 2022.

Рекомендована кафедрою теплоенергетики ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 25.10.2024

**Ялова Альона Миколаївна** — канд. техн. наук, доцент кафедри теплоенергетики, e-mail [a1.yalovaya@knu.edu.ua](mailto:a1.yalovaya@knu.edu.ua) ;

**Бондар Наталія Василівна** — старший викладач кафедри теплоенергетики, e-mail [nbndar2013@gmail.com](mailto:nbndar2013@gmail.com) .  
Криворізький національний університет, Кривий Ріг;

**Старовойт Роман Васильович** — головний інженер ТЕЦ «АрселорМіттал Кривий Ріг», e-mail [starovoyt00x@gmail.com](mailto:starovoyt00x@gmail.com)

A. M. Yalova<sup>1</sup>  
 N. V. Bondar<sup>1</sup>  
 R. V. Starovoyt<sup>2</sup>

## Energy Assessment of the Application of Heat Pumps for Optimizing the Use of Energy Resources in an Iron Ore Mine

<sup>1</sup>Kryvyi Rih National University;

<sup>2</sup>CHP Plant “ArcelorMittal Kryvyi Rih”

*Method of energy re-equipment of an iron ore mine is proposed. The energy assessment of the iron ore mine was carried out for several important reasons: optimization of energy consumption: the assessment helped to identify main sources of energy consumption and identify where its use could be reduced, thus decreasing energy costs; energy saving: identified potential measures to increase energy efficiency, such as modernization of equipment, improvement of technological processes and introduction of new energy-saving technologies, which increases the profitability of the enterprise; environmental impact: large amounts of carbon dioxide are released into the atmosphere during the operation of power plants at the mine, which runs on fossil fuels, which contributes to global warming, reducing energy consumption helps to reduce emissions of greenhouse gases and other pollutants, which contributes to the improvement of the ecological situation. Energy assessment allows an iron ore mine to meet national and international energy efficiency standards, which can be important for obtaining environmental certificates and government support. Investment planning: The assessment allows the mine to understand where it is best to invest to improve efficiency and profitability. During the energy assessment, information on energy consumption was collected and summarized, the necessary calculations were performed, the available technical and operational documentation was reviewed, and energy-efficient measures were proposed to reduce energy consumption. The paper considers the procedure for energy assessment of a mine in Kryvyi Rih, where focusing on energy efficiency becomes not only a strategic decision, but also a necessity to ensure the sustainable development of the industry and environmental protection. Energy-efficient methods of saving thermal energy at iron ore mines can significantly reduce energy consumption and costs of the enterprise. Main methods include: the use of heat pumps (heat pumps use the low-potential heat of mine waters to heat premises and produce hot water); insulation and modernization of buildings (updating the thermal insulation of industrial and administrative premises reduces heat loss, reducing the need for heating); introduction of heat recovery systems (recovery systems allow to reuse the heat released during the operation of technological equipment or ventilation systems); automation and control of heating systems (installation of automatic temperature control and thermoregulation systems allows you to precisely maintain the required level of heat without excessive energy consumption); optimization of technological processes (modernization of equipment and implementation of energy-efficient technologies in production processes reduces the need for thermal energy); reduction of heat loss in ventilation systems; utilization of heat from waste gases (use of modern boilers and heat exchangers). The application of these energy-efficient technologies and methods in iron ore mines allows to significantly reduce the cost of thermal energy, increase the overall energy efficiency and reduce the environmental impact. Ensuring the reliable and efficient functioning of the mine requires constant attention to the issues of energy conservation and optimization of the use of energy resources.*

**Keywords:** boiler house, technical re-equipment, equipment, capacity, water heating boilers, heat, characteristics, heat pump.

**Yalova Alyona M.** — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor of the Chair of Heat and Power Engineering al.yalovaya@knu.edu.ua ;

**Bondar Nataliya V.** — Senior Lecturer of the Chair of Heat and Power Engineering, e-mail: nbndar2013@gmail.com ;

**Starovoyt Roman V.** — Chief Engineer of the CHP Plant “ArcelorMittal Kryvyi Rih”, e-mail starovoyt00x@gmail.com