

Разработка и внедрение технологий использования низкопотенциального тепла

Проблема охраны окружающей среды от негативного воздействия промышленности приобретает всё большее значение. Сохраняя традиционные методы получения энергии с помощью углеводородного топлива, человечество движется к энергетическому кризису в сочетании с экологической катастрофой. Сегодня в России имеется огромный неиспользованный потенциал низкопотенциальных тепловых ресурсов, которые необходимо задействовать в целях повышения эффективности теплоснабжения.

К источникам низкопотенциальной энергии относятся естественные источники низкопотенциального тепла: земля, вода и воздух, искусственные источники, то есть вторичные энергетические ресурсы — тепловые отходы. Технический потенциал определённых ресурсов нетрадиционных возобновляемых источников энергии составляет порядка 105 млн тонн условного топлива (т.у.т.) в год, значительную часть которых составляют вторичные энергетические ресурсы.

Большой потенциал использования имеют источники низкопотенциального тепла в горнорудной, угольной и нефтегазовой промышленности и в жилищно-коммунальном хозяйстве: тепло шахтных вод, вентиляционных выбросов, загрязнённые хозяйственно-бытовые стоки, которые сегодня не используются.

Наряду с низкопотенциальным теплом горных пород и вентиляционного воздуха, значительным тепловым потенциалом располагают шахтные воды, тем-

К источникам низкопотенциальной энергии относятся естественные источники низкопотенциального тепла: земля, вода и воздух, искусственные источники, то есть вторичные энергетические ресурсы — тепловые отходы

пература которых по различным шахтам составляет от 8 до 30°C.

Состав шахтных вод формируется под влиянием разнообразных процессов, происходящих в самих подземных выработках, а также под влиянием ряда естественных и искусственных факторов, влияющих на состав этих вод. Они загрязнены механическими примесями, нефтепродуктами, другими специфическими загрязнителями, что затрудняет утилизацию низкопотенциального тепла существующими способами, которая сулит большую экономическую выгоду.

Одно из наиболее эффективных современных направлений использования низкопотенциального тепла в системах теплоснабжения — применение теплонасосных технологий, позволяющих трансформировать низкотемпературную возобновляемую природную энергию и вторичную низкопотенциальную теплоту до более высоких температур, пригодных для теплоснабжения. Метод является экологически безопасным, так как нет сгорания топлива, выбросов в атмосферу, не расходуются невозполнимые энергоресурсы.

УДК 621.577.4

Разработка и внедрение технологий использования низкопотенциального тепла

Д. Г. Закиров, д.т.н., профессор, главный научный сотрудник ГИ УрО РАН, генеральный директор Ассоциации энергетиков Западного Урала; **Р. А. Файзрахманов**, д.э.н., профессор, заведующий кафедрой информационных технологий и автоматизированных систем Пермского национального исследовательского политехнического университета; **М. А. Мухамедшин**, генеральный директор ООО «Пермский краевой центр энергоэффективности, энергосбережения и экологии»

Проблемы охраны окружающей среды от негативного воздействия и промышленности приобретает все большее значение. Сохраняя традиционные методы получения энергии с помощью углеводородного топлива, человечество движется к энергетическому кризису в сочетании с экологической катастрофой. В статье приводится многолетний опыт разработки и внедрения теплонасосных технологий по использованию низкопотенциального тепла вторичных энергетических ресурсов в различных отраслях промышленности, ЖКХ и перспективы использования низкопотенциального тепла и перспективы использования низкопотенциального тепла в горнорудной и угольной промышленности. В связи с последними достижениями науки в области использования возобновляемых источников энергии, ростом экономической эффективности их использования, необходимым становится создание комплексной технологии получения экологически безопасной тепловой энергии от источников низкопотенциального тепла геотермальных, гидротермальных, аэротермальных и вторичных источников энергии.

Ключевые слова: использование низкопотенциального тепла; горнорудная, угольная промышленность; нефтяные шахты; разработки и технологии, опыт использования.

UDC 621.577.4

Development and implementation of technologies for the use of low-grade heat

D. G. Zakirov, PhD, Professor, Chief Research Officer, Mining Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Director General, Association of power engineers of Western Ural; **R. A. Faizrahmanov**, Doctor of Economics, Professor, Head of Department of information technology and automated systems, National research Perm Polytechnic University; **M. A. Mukhametshin**, General Director of "Perm regional center of energy saving and ecology" (Perm city)

Problems of environment protection from negative impact of the industry is becoming increasingly important. Keeping traditional methods of producing energy using fossil fuels, humanity is moving towards an energy crisis combined with an environmental disaster. The article presents long-term experience in the development and implementation of heat pump technology to use low-potential heat of secondary energy resources in various industries, housing and prospects for the use of low-grade heat and the prospects for the use low-potential heat in the mining and coal industry. In connection with the latest scientific achievements in the field of renewable energy, increasing economic efficiency, required is the creation of a comprehensive technology for producing environmentally friendly thermal energy from heat sources of low-grade geothermal, hydrothermal, aerothermal and secondary energy sources.

Keywords: the use of low-grade heat; mining, coal industry; oil mine; development and technology experience.



Преимущества применения тепловых насосов заключается в получении 3–7 кВт экологически безопасной тепловой энергии на 1 кВт затраченной электрической энергии за счёт использования низкопотенциального источника, снижении издержек на выработку тепла, увеличении надёжности теплоснабжения за счёт сокращения тепловых сетей.

Авторский научный коллектив проблемой использования низкопотенциального тепла занимается с 1990-х годов. В данном направлении достигнуты значительные теоретические и практические результаты. Разработаны методические основы и алгоритмы эколого-энергетических параметров теплоснабжения и ряд технологий и рекомендаций.

В практическом плане ещё в СССР была разработана и внедрена технология утилизации тепла оборотной воды компрессоров на шахте «Ключевская» производственного объединения «Кизелуголь» (Пермская область) с применением тепловых насосов для улучшения охлаждения процесса сжигания воздуха и отопления промышленной площадки шахты. В результате внедрения значительно улучшились условия охлаждения компрессоров и температурные режимы их эксплуатации, полностью была исключена из работы градирня.

Затрачивая 1 кВт·ч электроэнергии, было получено 3,5 кВт·ч эквивалентной тепловой энергии.

Затем был выполнен рабочий проект технологического комплекса утилизации низкопотенциального тепла шахтной воды для шахты «Зенковская» АО «Прокопьевскуголь» теплонасосной установкой мощностью 2,4 МВт и рабочий проект, предусматривавший применение тепло-

вых насосов для шахты «Степановская» АО «Ростовуголь» по утилизации низкопотенциальной теплоты хозяйственно-бытовых стоков с целью улучшения температурного режима их очистки.

В начале XXI века на шахте «Осинниковская» ОАО «Кузнецкуголь» в Кемеровской области впервые в России была испытана опытно-промышленная установка по утилизации низкопотенциального тепла шахтных вод, которая полностью удовлетворяет потребности горячего водоснабжения шахты и решает проблему экологии района — позволяет отключить шахтную котельную в летнее и осенне-весеннее время года, значительно снизив выбросы вредных веществ в атмосферу.

Одновременно авторами была проведена технико-экономическая оценка утилизации низкопотенциального тепла

при откачке воды из шахты «Глубокая» ОАО «Ростовуголь» — получаемое тепло (15 МВт) рекомендовано для отопления жилого фонда посёлка шахты для исключения из работы угольной котельной, с целью значительного снижения вредных выбросов в атмосферу, которая сегодня внедрена в производство.

Сегодня авторы занимаются проблемой утилизации низкопотенциального тепла нефтяных шахт, загрязнённых хозяйственно-бытовых стоков, которая сулит большую выгоду.

В 2000 году впервые в России разработана и внедрена технология утилизации низкопотенциального тепла загрязнённых хозяйственно-бытовых стоков с применением теплового насоса, совместно с ЗАО «Энергия», для отопления и горячего водоснабжения на МП «Пермводоканал» на РНС-3 «Гайва». Затраты на теплоснабжение станции сократились в 4,6 раза, срок окупаемости проекта составил два года.

В 2001 году на шахте «Осинниковская» ЗАО «УК «Южкузбассуголь» в Кемеровской области, впервые в России, внедрена опытно-промышленная технология утилизации низкопотенциального тепла шахтных вод для горячего водоснабжения шахты. В технологическую схему включён тепловой насос производства ЗАО «Энергия», теплопроизводительность которого составляет 130 кВт. Затраты на теплоснабжение шахты сократились в 2,1 раза, годовой экономический эффект составил 1986 тыс. руб., срок окупаемости проекта — всего один год. Затрачивая 1 кВт·ч электроэнергии, технологическая схема позволяет получать около 4 кВт·ч эквивалентной тепловой энергии.





Установка даёт 100 м³ в сутки горячей воды экологически безопасным способом, решает проблему горячего водоснабжения шахты и позволяет исключить из работы шахтную котельную в летнее и осенне-весеннее время года [1].

В 2006 году за счёт внедрения технологии утилизации низкопотенциального тепла загрязнённых хозяйственно-бытовых стоков была исключена из технологического процесса угольная котельная №35 ПГЭС «Теплоэнерго» (город Кунгур) для отопления зданий станции.

Себестоимость вырабатываемой экологически безопасной тепловой энергии стала в девять раз ниже прежней. Срок окупаемости проекта составил 1,2 года.

В 2007 году разработан рабочий проект существующей системы теплоснабжения, подразумевающий замену действующего источника теплоснабжения зданий очист-

ных сооружений МУП «Кудымкарский водоканал» — котельной, оборудованной четырьмя котлами типа «Универсал-6», работающими на угле, — на автономную систему теплоснабжения с использованием теплонасосной установки (ТНУ).

Стоимость 1 Гкал тепловой энергии, вырабатываемой ТНУ, — 843 руб/Гкал, годовой экономический эффект — 1592220 руб., срок окупаемости проекта — 2,1 года [2].

На основании выполненных теоретических и экспериментальных исследований и опытно-конструкторских работ решена крупная актуальная научно-техническая проблема, заключающаяся в утилизации теплоты низкопотенциальных источников в промышленности и жилищно-коммунальной сфере.

По результатам долговременных выполненных исследований были написаны

и изданы книги «Тепловые насосы — теплотрансформаторы на службе экологии и энергоэффективности» [1] и «Использование низкопотенциальной теплоты» [2], в которых рассмотрены экологические и энергетические проблемы, представлена экологическая, энергетическая и экономическая эффективность и актуальность использования тепловых насосов.

Выводы

В перспективе, в связи с ростом цен на энергоресурсы и экологических требований, ожидается значительное увеличение использования низкопотенциального тепла, вторичных энергетических ресурсов, тепла промышленных стоков и оборотной воды технологических процессов с применением теплонасосных технологий, которые позволяют решить экологические и энергетические проблемы в горнорудной, угольной и нефтегазовой промышленности [3–14]. ●

1. Закиров Д.Г. Тепловые насосы — теплотрансформаторы на службе экологии и энергоэффективности. — Пермь: ООО «Печатный салон «Гармония», 2014. 424 с.
2. Закиров Д.Г., Рыбин А.А. Использование низкопотенциальной теплоты. — М.: Изд-во «Русайнс», 2015. Кн. 1. 158 с., Кн. 2. 154 с.
3. Безруких П.П. Зачем России возобновляемые источники энергии? // Энергия. Экономика. Техника. Экология, 2002. №10. С. 2–8.
4. Закиров Д.Г., Рыбин А.И. Применение тепловых насосов в целях утилизации теплоты оборотной воды и охраны окружающей среды. — М.: Уголь, 1988. №3.
5. Закиров Д.Г., Рыбин А.И., Морозов Б.З. Природоохранная ресурсосберегающая технология с применением тепловых насосов. — М.: Уголь, 1991. №12.
6. Закиров Д.Г., Рыбин А.А. Энергосберегающая технология с утилизацией низкопотенциальной теплоты // Промышленная энергетика, 1994. №6.
7. Закиров Д.Г., Нехороший И.Х., Малахов А.Н., Дружинин Л.Ф. Утилизация низкопотенциального тепла шахтных вод — перспективное направление энергосбережения угольной отрасли. — М.: Уголь, 2000. №11.
8. Закиров Д.Г., Нехороший И.Х., Янцен А.П., Гриников Ю.А., Петин Ю.М., Васильев Ю.В. Внедрение опытной технологии утилизации низкопотенциального тепла шахтных вод. — М.: Уголь, 2001. №9.
9. Закиров Д.Г. Утилизация вторичных энергетических ресурсов и использование возобновляемых источников с применением тепловых насосов — основной путь снижения энергоёмкости производства // Промышленная энергетика, 2002. №5. С. 15–19.
10. Закиров Д.Г., Петин Ю.М. Теплонасосные технологии в России // Энергия и менеджмент (РБ), 2004. №4. С. 56–62.
11. Файзрахманов Р.А., Рубцов Ю.Ф. Методологические особенности автоматизированного управления энергоресурсосбережением // Автоматизация: Современное оборудование, 2011. №2. С. 36–40.
12. Файзрахманов Р.А., Долгова Е.В., Рахманов А.А. Задача адаптивного управления насосным оборудованием на основе интеллектуальных технологий // Электротехника, 2013. №11. С. 17–19.
13. Закиров Д.Г., Файзрахманов Р.А., Николаев А.В., Шаякбаров Н.Ф. Повышение эффективности подземной добычи нефти термощахтным способом // Нефтяное хозяйство, 2014. №6. С. 58–60.
14. Закиров Д.Г. Энергосбережение и экологическая безопасность объектов малой энергетики. — М.: Недра, 1995. 211 с.

References — see p. 96.



Development and implementation of technologies for the use of low-grade heat. Pp. 86–88.

D. G. Zakirov, PhD, Professor, Chief Research Officer, Mining Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Director General, Association of power engineers of Western Ural; **R. A. Faizrahmanov**, Doctor of Economics, Professor, Head of Department of information technology and automated systems, National research Perm Polytechnic University; **M. A. Mukhametshin**, General Director of "Perm regional center of energy saving and ecology" (Perm city)

1. Zakirov D.G. *Teplovyie nasosy — teplotransformatory na sluzhbe jekologii i jenergojeffektivnosti* [Heat pumps — heat transformers in the service of environment and energy]. Perm: OOO "Pechatnyj salon "Garmonija" ["Press salon "Harmony", Ltd.]. 2014. 424 p.
2. Zakirov D.G., Rybin A.A. *Ispol'zovanie nizkopotencial'noj teploty* [Use of low-grade heat]. Moscow. Izd-vo "Rusajns" ["Rusajns" Publishers]. 2015. Book 1. 158 p., Book 2. 154 p.
3. Bezrukih P.P. *Zachem Rossii vozobnovljaemye istochniki jenerгии?* [Why Russia renewable energy?]. *Jenergiya. Jekonomika. Tehnika. Jekologija* [Energy. Economy. Technique. Ecology]. 2002. No. 10. Pp. 2–8.
4. Zakirov D.G., Rybin A.I. *Primenenie teplovyih nasosov v celjah utilizacii teploty oborotnoj vody i ohrany okruzhajushhej sredy* [Application of heat pumps in order to heat utilization of recycled water and environmental protection]. Moscow. Ugol' ["Coal" Publishers]. 1988. No. 3.
5. Zakirov D.G., Rybin A.I., Morozov B.Z. *Prirodoohrannaja resursosberegajushhaja tehnologija s primeneniem teplovyih nasosov* [Environmental and resource saving technology with the use of heat pumps]. Moscow. Ugol' ["Coal" Publishers]. 1991. No. 12.
6. Zakirov D.G., Rybin A.A. *Jenergosberegajushhaja tehnologija s utilizaciej nizkopotencial'noj teploty* [Energy saving technology by utilization of low-grade heat]. *Promyshlennaja jenergetika* ["Industrial power engineering" magazine]. 1994. No. 6.
7. Zakirov D.G., Nehoroshij I.H., Malahov A.N., Druzhinin L.F. *Utilizacija nizkopotencial'nogo tepla shahtnyih vod — perspektivnoe napravlenie jenergosberezhenija ugoľnoj otrasli* [Utilization of low-grade heat of mine waters — a perspective direction of energy saving coal industry]. Moscow. Ugol' ["Coal" Publishers]. 2000. No. 11.
8. Zakirov D.G., Nehoroshij I.H., Jancen A.P., Grinnikov Ju.A., Petin Ju.M., Vasil'ev Ju.V. *Vnedrenie opytnoj tehnologii utilizacii nizkopotencial'nogo tepla shahtnyih vod* [Introduction of experimental technology utilization of low-grade heat of mine waters]. Moscow. Ugol' ["Coal" Publishers]. 2001. No. 9.
9. Zakirov D.G. *Utilizacija vtorichnyh jenergeticheskix resursov i ispol'zovanie vozobnovljajemyh istochnikov s primeneniem teplovyih nasosov — osnovnoj put' snizhenija jenergoemkosti proizvodstva* [Utilization of secondary energy resources and use of renewable sources with heat pumps is the primary way to reduce energy consumption]. *Promyshlennaja jenergetika* ["Industrial power engineering" magazine]. 2002. No. 5. Pp. 15–19.
10. Zakirov D.G., Petin Ju.M. *Teplonasosnye tehnologii v Rossii* [Heat pump technology in Russia]. *Jenergiya i menedzhment (RB)* ["Energy and management" magazine (The Republic of Belarus)]. 2004. No. 4. Pp. 56–62.
11. Fajzrahmanov R.A., Rubcov Ju.F. *Metodologicheskie osobennosti avtomatizirovannogo upravlenija jenergoresursoberezheniem* [Methodological features automatic control of energy and resource saving]. *Avtomatizacija: Sovremennoe oborudovanie* ["Automation: Modern Equipment" magazine]. 2011. No. 2. Pp. 36–40.
12. Fajzrahmanov R.A., Dolgova E.V., Rahmanov A.A. *Zadacha adaptivnogo upravlenija nasosnym oborudovaniem na osnove intellektual'nyh tehnologij* [The problem of adaptive control of the pump equipment on the basis of intelligent technology]. *Jeletrotehnika* ["Electrical Engineering" magazine]. 2013. No. 11. Pp. 17–19.
13. Zakirov D.G., Fajzrahmanov R.A., Nikolaev A.V., Shajakbarov N.F. *Povyshenie jeffektivnosti podzemnoj dobychi nefiti termosahtnym sposobom* [Improving the efficiency of underground thermal-mining oil production method]. *Neftjanoe hozjajstvo* ["Oil industry" magazine]. 2014. No. 6. Pp. 58–60.
14. Zakirov D.G. *Jenergosberezhenie i jekologicheskaja bezopasnost' ob'ektov maloj jenergetiki* [Energy saving and ecological safety of objects of small power]. Moscow. Nedra ["Entrails" Publishers]. 1995. 211 p.