

14. Gordienko D. M., Vogman L. P., Gorshkov V. I., Shebeko Ju. N., Melihov A. S. et al. Ensuring fire safety of production objects. researches and development of normative documents of FGBU VNIPO EMERCOM of Russia in the field of fires and explosions prevention. *Occupational Safety in Industry*. 2017. No. 6. pp. 5–20.
15. Pikhkonen L. V., Rodionov V. A., Zhigarev S. Y. Determination research of fire and explosion hazardous properties for hard coal at the Prokopyevsk coal field of the Leninsk-Kuznetsky coal field. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle*. 2017. No. 3. pp. 74–83.
16. Chernysheva E. N. Coal moisture content as product quality indicator. *Ugol*. 2016. No. 8. pp. 125–128.
17. Maryandyshv P. A., Chernov A. A., Lyubov V. K. Thermogravimetric and kinetic investigations of peat and hydrolytic lignine. *International Journal of Experimental Education*. 2014. No. 12. pp. 20–27.
18. Brown M. E., Gallagher P. K. Handbook of Thermal Analysis and Calorimetry. Amsterdam : Elsevier Science, 2008. Vol. 5: Recent Advances, Techniques and Applications. 780 p.
19. Poletaev N. L. On the problem of experimental justification of low explosibility for dust/air mixture in the 20-l chamber. *Fire and Explosion Safety*. 2017. Vol. 26, No. 6. pp. 5–20.
20. Korolchenko A. Ya., Korolchenko D. A. Fire hazard of substances and materials and the extinguishing methods : Reference book. In two volumes. Second edition, revised and enlarged. Moscow : Assotsiatsiya Pozhnauka, 2004. 1487 p.

УДК 332:620:504

РЕЗЕРВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЗАПАДНОГО УРАЛА

Д. Г. ЗАКИРОВ¹, генеральный директор Ассоциации энергетиков Западного Урала, главный научный сотрудник, проф., д-р техн. наук, awur.pert@mail.ru
М. А. МУХАМЕДШИН¹, ведущий инженер
Р. А. ФАЙЗРАХМАНОВ², заведующий кафедрой, проф., д-р экон. наук
А. В. НИКОЛАЕВ², доцент, канд. техн. наук

¹ Горный институт УрО РАН – филиал ФГБУН Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН, Пермь, Россия

² Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

Введение

Западный Урал занимает обширную территорию, охватывающую весь Пермский край (центр региона), восточные части Республики Коми (на севере) и Республики Башкортостан (на юге). Он по сравнению с другими регионами отличается наличием богатых минеральных ресурсов, среди которых уголь, нефть, газ, калийно-магниевые и натриевые соли, драгоценные и поделочные камни, золото и платина, хромовые руды, металлургическое, цементное и карбонатное сырье, общераспространенные полезные ископаемые, подземные минеральные и пресные воды.

В Пермском крае открыто 205 месторождений нефти и газа, в разработку вовлечено 115 месторождений, на 18 месторождениях ведутся работы по подготовке к освоению. В крае находится одно из крупнейших в мире Верхнекамское месторождение калийных солей, балансовые запасы которых составляют около 230 млрд т. На севере Прикамья разведаны восемь месторождений россыпных алмазов. В Горнозаводском районе находится единственная разрабатываемая в России группа Сарановских месторождений хромовых руд с разведанными запасами 12,8 млн т. В бассейне р. Камы сосредоточены крупные запасы песчано-гравийных смесей в объеме 250 млн м³.

На территории Западного Урала действует множество горнодобывающих предприятий, характеризующихся высокой энергоемкостью производства и негативным влиянием на окружающую природную среду. Это требует разработки энергосберегающих и природоохранных мероприятий.

Рассмотрены пути повышения эффективности горного производства на основе комплексного подхода к решению экологических проблем и использования вторичных энергетических ресурсов.

Ключевые слова: угольные и горнорудные предприятия, энергоемкость, энергетическая эффективность, экологизация, вторичные энергетические ресурсы.

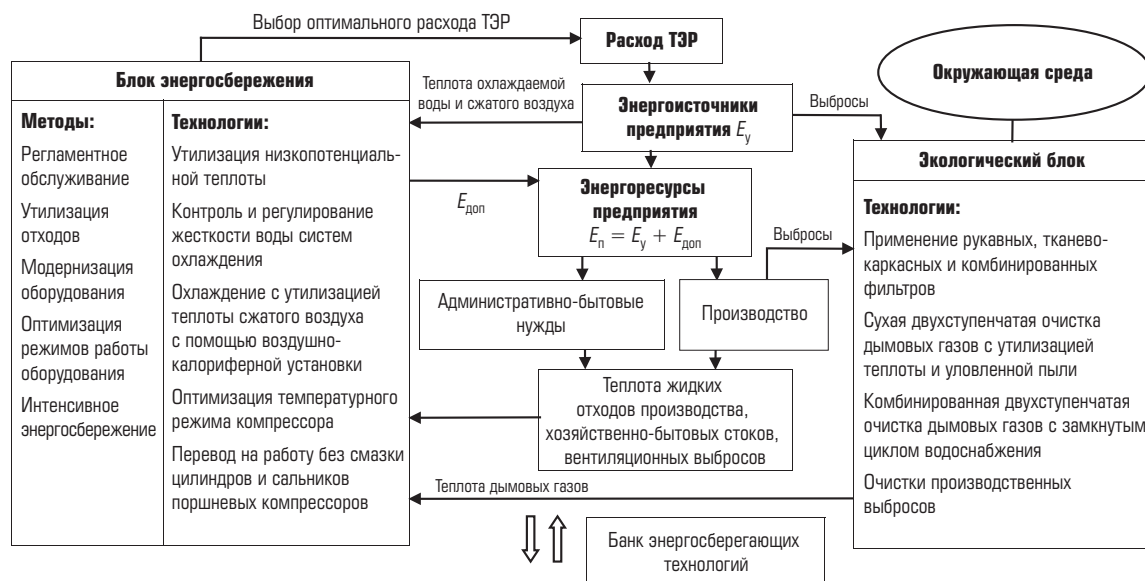
DOI: 10.17580/gzh.2018.06.10

В последние годы вопросу эколого-энергетической эффективности горного производства (в том числе и в региональном аспекте) уделяется повышенное внимание как в отечественной, так и в зарубежной научно-технической литературе [1–16]. В долгосрочной программе развития угольной промышленности России на период до 2030 г. предусмотрено снижение не менее чем в 1,5 раза энергоемкости добычи и переработки угля, улучшение экологической ситуации [17, 18].

Пути снижения энергоемкости горного производства и его воздействия на окружающую природную среду

В Горном институте УрО РАН ведут работы по изучению энергетических и экологических проблем развития горнодобывающей промышленности Западного Урала, направленные на снижение энергоемкости и экологизацию горного производства, внедрение возобновляемых и вторичных источников энергии. Методологической основой исследований служит системный инновационный подход.

В качестве первоочередного направления работ по снижению отрицательного воздействия на природную среду рекомендуется развивать малоотходные производства на базе комплексного использования попутных минеральных и энергетических ресурсов горных предприятий, создав эколого-технологические процессы, связанные не только с основной технологией добычи полезных ископаемых, но и с получением дополнительного продукта – электрической и тепловой энергии, строительных материалов.



Обобщенная модель экологизации объектов горных предприятий

Например, добыча и обогащение угля являются составными частями производства тепловой и электрической энергии, поэтому угледобывающее предприятие находится в начале технологического процесса и должно входить в состав энергетического холдинга, в котором конечным продуктом становится не уголь, а электрическая и тепловая энергия. Для этого необходимо создание межотраслевых холдингов, где все рабочие операции – от добычи угля до производства металла и электроэнергии координируются в одной управленческой системе. Сегодня существует обеспокоенность проблемами надежной поставки электроэнергии и ценовыми изменениями, что заставляет крупных потребителей электроэнергии развивать собственную генерацию. Будущая конкуренция беспокоит и менеджмент энергетических компаний.

При сложившемся соотношении цен на энергоносители доказана экономическая целесообразность ориентировки горных предприятий на собственные источники тепловой и электрической энергии, а проблему снижения энергоемкости производства, повышения энергоэффективности и охраны окружающей среды следует рассматривать в рамках угольно-энергетического предприятия комплексно по всем звеньям технологической цепи: добыча и переработка топлива – производство энергии и ее потребление.

Технологические процессы угольно-энергетического предприятия, дополняя друг друга, позволят эффективно использовать природные ресурсы, создавать и применять безотходные и энергосберегающие технологии с учетом преимуществ сквозного производственного цикла. Совместная работа «ТЭС – угольное предприятие» даст возможность значительно снизить потери в сетях энергоснабжения шахт и угольных разрезов, использовать отходы добычи угля (метан, низкотемпературное тепло шахтных вод, вентиляционной струи, оборотной воды и т. д.). Кроме того, ис-

пользование отходов обогащения угля и твердых отходов от сжигания угля на ТЭС для закладки выработанного пространства в шахте позволит не изымать для их складирования дополнительные земельные участки и исключить неизбежные при этом рекультивационные работы.

По мнению авторов статьи, предприятия угольной промышленности должны рассматриваться в составе комплекса производств, расположенных на одной промплощадке и выпускающих конечную продукцию в виде товарного угля, стройматериалов, электрической и тепловой энергии и других продуктов. Создание такого комплекса позволит до минимума сократить отчуждение земли, даст возможность разместить в горных выработках невосстребованные отходы всех производств комплекса, использовать очищенные сточные воды для технологического водоснабжения, обеспечить территории теплом и электроэнергией за счет собственных источников, сократить объем железнодорожных перевозок, а также совместить ряд служб и вспомогательных объектов. Снижение вредного воздействия на окружающую среду будет достигаться на уровне как отдельных производств, так и всего комплекса в целом.

Иметь собственные источники энергии выгодно, так как их экономичность, как правило, не ниже, чем на специализированных электростанциях, а иногда и выше. Такие энергоисточники полностью исключают транспортную составляющую тарифа на электроэнергию (составляет более 50 %) и объясняется целым рядом преимуществ: значительным сокращением потерь электрической и тепловой энергии за счет их приближения к потребителям; уменьшением в 2–3 раза затрат предприятий на электроэнергию и тепло и, соответственно, снижением себестоимости выпускаемой продукции; существенным повышением надежности электроснабжения и независимостью роста мощности предприятий от потенциала энергосистем. Кроме того, в настоящее время

электрический КПД мини-ТЭЦ достигает 40 %, а тепловой – 50 %, т. е. их полный КПД находится в пределах 80–90 %, что даже выше, чем крупных ТЭЦ.

Угольные и нефтяные шахты характеризуются наличием нетрадиционных источников энергии, к которым относится теплота шахтных вод, вентиляционных выбросов, хозяйственно-бытовых стоков и др. Использование этих вторичных энергетических ресурсов, утилизация низкопотенциального тепла одновременно с использованием попутного шахтного метана для теплоснабжения и горячего водоснабжения потребителей шахты является весьма актуальной задачей. Такие технологии уже разработаны [19].

Снижение энергозатрат и максимализация экономического эффекта возможны только при системном комплексном инновационном подходе, при решении технических и экологических задач на основе применения системного анализа, исследования динамики и оптимизации энергетических балансов, математического моделирования энергопотребления. Использование системного инновационного подхода как методологической основы предполагает рассмотрение изучаемых объектов поэтапно как элементов иерархической структуры с их существенными и устойчивыми связями. При системном подходе любой производственный объект, объединяющий множество отдельно взаимодействующих элементов в единое целое, рассматривается как система. Этот же объект в зависимости от конкретной цели управления может быть представлен в виде элемента (подсистемы) системы более высокого уровня.

На основании методологических подходов к экологической и энергетической оптимизации была разработана обобщенная модель рациональной экологизации технологических объектов на примере угольного предприятия (см. **рисунок**); на базе энергосберегающих природоохранных и безотходных технологий разработана модель управления природоохранной деятельностью предприятия.

Горный институт УрО РАН совместно с Ассоциацией энергетиков Западного Урала имеет многолетний опыт энергетических обследований. Как показывает анализ проведенных обследований, горные предприятия региона обладают значительным потенциалом энергосбережения основных видов энергетических ресурсов: по электроэнергии – до 7–15 %; по тепловой энергии – до 10–19 %; по котельно-печному топливу – до 15–18 %; по моторному топливу – 1,5–5 % [19].

Реализация выявленного потенциала энергосбережения даст весьма существенный экономический результат, поскольку эффективное использование топливно-энергетических ресурсов, в том числе вторичных, и минимизация экологических платежей за счет внедрения природоохранных технологий значительно снизят издержки основного производства на энергоснабжение и природоохранную деятельность, сделают его прибыльным. С оптимизацией всех звеньев топливно-энергетического процесса, конечной продукцией которого является электрическая и тепловая энергии, достигается и другая цель – создание интенсивного горного производства с получением дополнительной (и дешевой) энергии за

счет вторичных энергетических ресурсов. В последние годы активно ведут исследования по разработке и внедрению энергосберегающих технологий, в том числе по утилизации низкопотенциального тепла с применением тепловых насосов для получения тепловой энергии на нужды горячего водоснабжения, отопления как промышленных объектов, так и для индивидуального строительства. В качестве источника низкопотенциальной теплоты могут быть использованы промышленные и очищенные бытовые стоки, шахтные воды, оборотная вода технологических циклов, тепло грунтовых, термальных вод, воды рек, озер, систем водоснабжения, тепло, получаемое при очистке дымовых газов и других источников низкопотенциальной теплоты.

В процессе проведения энергетического обследования уникальных шахт по добыче нефти «Яреганефть» выявлены возможности использования вторичных энергетических ресурсов, утилизация низкопотенциального тепла отработанной вентиляционной струи, шахтных вод. В зимнее время с вентиляционной сети шахт выбрасывается в атмосферу более 30 млн м³/ч отработанного шахтного воздуха с температурой более 25–40 °С. Объемы откачиваемых шахтных вод составляют 3500 м³ в сутки, имеют температуру 30–40 °С, которая сбрасывается в гидрогеографическую сеть. Однако низкопотенциальное тепло не утилизируется, а рассеивается в окружающую среду. Имеются возможности утилизации тепла оборотной воды шахтных компрессорных станций, а также тепло сжатого воздуха компрессоров для обогрева поступающего воздуха в шахту посредством воздушно-калориферной установки.

Большие выгоды сулит использование низкопотенциального тепла вентиляционной струи нефтяных шахт с применением тепловых насосов. В институте ведут работы по созданию эффективных теплообменных аппаратов, получен ряд патентов. Для обеспечения нормального температурного режима в подземных выработках шахтоуправления «Яреганефть» разработано техническое предложение по способу охлаждения вентиляционной струи в шахте. По результатам выполнения поисковых работ предложен способ утилизации низкопотенциального тепла шахтной вентиляционной струи, получен патент на изобретение [20].

Заключение

Новые технологии использования вторичных энергоресурсов – основа повышения эколого-энергетической эффективности работы горных предприятий. Для интенсификации процесса внедрения в производство ресурсосберегающих технологий необходимо разработать технологический регламент на проектирование систем утилизации низкопотенциального тепла в целях теплоснабжения предприятий. В конечном итоге это позволит значительно снизить энергоемкость добычи руды, угля и нефти.

Библиографический список

См. англ. блок. **□**

«GORNYI ZHURNAL», 2018, № 6, pp. 49–52
DOI: 10.17580/gzh.2018.06.10

Potentiality of energy and ecological efficiency enhancement in mines in the West Ural

Information about authors

D. G. Zakirov¹, Chief Executive Officer of the Association of the Western Ural Power Engineers, Chief Researcher, Professor, Doctor of Engineering Sciences, awup.perm@mail.ru

M. A. Mukhamedshin¹, Leading Engineer

R. A. Faizrahmanov², Head of Chair, Professor, Doctor of Economic Sciences

A. V. Nikolaev², Associate Professor, Candidate of Engineering Sciences

¹ Mining Institute, Perm Federal Research Center, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Perm, Russia

² Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia

Abstract

The Western Ural territory (Perm Krai wholly and the eastern regions of the Republics of Komi and Bashkortostan) accommodates many mines producing potash salts, nonferrous metal ore, coal, oil and building materials. An urgent problem is to enhance energy and ecological efficiency of these mines.

The Mining Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Perm) carries out research aimed to find potential to reduce energy intensity and environmental impact of mining. It is recommended to develop low-waste production based on the multiple use of associate mineral and energy reserves in mines by creating eco-technological processes connected with the production of a basic mineral and add-on products – power, heat and building materials. The prime energy reserve lies in the secondary energy sources of low-grade heat: return ventilation air, pumped out mine water, furnace gas, methane, etc. Technologies and equipment for using these sources to supply mines with heat and to reduce toxic emissions are developed. Measured toward intensification of energy saving and stimulation of greening of mining are proposed.

Mines in this region possess high potential of saving basic energy reserves: power – up to 7–15%, heat energy – to 10–19%, boiler and furnace fuel – to 15–18%, motor fuel – 1.5–5%.

The use of the systemic innovative approach as the methodological framework suggests the stage-wise analysis of objects as hierarchical structure elements with their material and stable links. Under the systemic approach, any production object integrating a set of separate interacting elements is considered as a system. The same object, depending on a specific goal, can be presented as an element (subsystem) of a higher level system.

Keyword: coal and ore mines, energy intensity, energy efficiency, greening, secondary energy sources.

References

1. Trubetskoy K. N., Galchenko Yu. P. Earth soils mastering geoecology and deposit mining ecogeo-technologies. Moscow : Nauchtekhizdat, 2015. 359 p.

2. Kaplunov D. R., Radchenko D. N. Comprehensive exploitation of mineral resources as the mining science and education basis. *Gornyi informatsionno-analiticheskiy byulleten*. 2017. Special issue No. 1. Proceedings of international scientific symposium "Miner's week 2017". pp. 165–174.
3. Efendieva Z. Dzh. Efficiency of rational use of mineral resources. *Resource-producing, low-waste and natural protection technologies of soil mastering : Collection of Proceedings of XIII International Conference*. Moscow : Izdatelstvo RUDN, 2014. pp. 201–203.
4. Safina E. B., Lebedeva O. Yu. Improvement of economic tools of promoting and inspiring environmental activities in the mining industry. *Gornyi Zhurnal*. 2016. No. 6. pp. 67–72. DOI: 10.17580/gzh.2016.06.05
5. Abdulaev Sh.-S. O., Cherkashin V. I., Dokholyan S. V. Ecological and economic problems of the balanced innovation-oriented development of the subject of the Russian Federation. *Current trends in regional development : Proceedings of All-Russian scientific and practical conference with international participation*. Makhachkala : ISEI DNTS RAS, 2014. pp. 4–19.
6. Petrosyanc V. Z., Dokholyan S. V. Conceptual fundamentals of the strategy of regional development. *Regional problems of transforming the economy*. 2011. No. 3. pp. 40–50.
7. Sedash T. N. Economic tools of creating incentives for environment-related activity: analysis of foreign experience. *Finance and Credit*. 2015. No. 7(631). pp. 54–64.
8. Jarvie-Eggart M. E. Responsible Mining: Case Studies in Managing Social & Environmental Risks in the Developed World. Colorado : Society for Mining, Metallurgy and Exploration, 2015. 804 p.
9. Lad R. J., Samant J. S. Environmental and social impacts of stone quarrying – A case study of Kolhapur District. *International Journal of Current Research*. 2014. Vol. 6, Iss. 3. pp. 5664–5669.
10. Louchnikov V. N., Eremenko V. A., Sandy M. P. Ground support liners for underground mines: energy absorption capacities and costs. *Eurasian Mining*. 2014. No. 1. pp. 54–62.
11. Vintró C., Sanmiquel L., Freijo M. Environmental sustainability in the mining sector: evidence from Catalan companies. *Journal of Cleaner Production*. 2014. Vol. 84. pp. 155–163.
12. Samukov A. D., Gladkova V. V. Thermal treatment effect upon sylvinitic ore disintegration. *Obogashchenie Rud*. 2017. No. 5. pp. 7–14. DOI: 10.17580/or.2017.05.02
13. Costanza R. A theory of socio-ecological system change. *Journal of Bioeconomics*. 2014. Vol. 16, Iss. 1. pp. 39–44.
14. Schaper R. Distinguished energy efficiency projects in steel production. *Chernye Metally*. 2017. No. 2. pp. 51–55.
15. Puttkammer K., Vornkahl P. Integrated production planning – thinking energy and resource efficiency one step ahead. *Chernye Metally*. 2017. No. 2. pp. 56–60.
16. Turgunova K. K., Sultamurat G. I., Boranbaeva B. M. Kazakhstan republic legislation law as a way to reduce negative impact on environment. *CIS Iron and Steel Review*. 2016. Vol. 11. pp. 9–15.
17. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/420204008> (accessed: 19.04.2018).
18. Krasnoshtein A. E., Zakirov D. G. Energy and ecological problems and solutions in development of the coal industry. *Ugol*. 2009. No. 6. pp. 69–73.
19. Zakirov D. G., Rybin A. A. Low-grade heat utilization. In two books. Moscow : OOO Rusains, 2015. 309 p.
20. Zakirov D. G., Borinskikh I. I., Zakirov G. D., Mukhamedshin M. A., Guljaev V. E., Kuznetsov S. A. Heat-exchange device for cooling of shaft ventilation stream. Patent RF, No. 2476798. Applied: 16.05.2011. Published: 27.02.2013. Bulletin No. 6.