

**УДК 622.234+658**

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ УГОЛЬНЫХ  
ШАХТ КУЗБАССА НА УРОВЕНЬ ИХ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ**

**IMPACT ASSESSMENT OF MINING – AND – GEOLOGICAL FACTORS  
OF KUZBASS COAL MINES ON THE LEVEL OF THEIR POWER CONSUMPTION**

**Захарова Алла Геннадьевна**

доктор техн. наук, профессор, e-mail: zaharova8@gmail.com,

**Zaharova Alla G. , Dr. Sc., Professor**

**Лобур Ирина Анатольевна,**

кандидат техн. наук, доцент, e-mail: lovuriska@mail.ru,

**Lobur Irina A., C. Sc. (Engineering), Associate Professor**

**Шаурова Надежда Михайловна**

кандидат техн. наук, доцент, e-mail: anaa5283@mail.ru,

**Shauleva Nadezda M.. C. Sc. (Engineering), Associate Professor**

**Боровцов Валерий Анатольевич**

кандидат техн. наук, доцент, e-mail: dekanat.gemf@yandex.ru

**Borovtsov Valerii A.. C. Sc. (Engineering), Associate Professor**

Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, ул. Весенняя, 28, г. Кемерово, 650000, РФ.

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 street Vesennaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation

**Аннотация/** Представлены результаты обработки обширного статистического материала, характеризующего уровень электропотребления угольных шахт Кузбасса. При этом при постановке задач исследования исходили из того, что электропотребление шахты является функцией многих переменных. Это позволило выявить тенденции в развитии не только электропотребления, но и многих других факторов, определяющих его уровень: углубление горных работ, рост газообильности и, следовательно, увеличение расхода электроэнергии на проветривание горных выработок, повышение водобильности и т.п. На основе статистических исследований показано, что ухудшающиеся горно-геологические условия угольных шахт Кузбасса приводят к увеличению удельного расхода электроэнергии. Установлены количественные оценки степени влияния горно-геологических и горно-технических факторов на электропотребление шахт. Представленные результаты могут применяться для решения задачи повышения эффективности использования электроэнергии на угольных шахтах как на стадии проектирования, так и для условий нормальной эксплуатации предприятия.

**Abstract /** The processing results of the extensive statistical material characterizing the level of a power consumption of Kuzbass coal mines are presented. At the same time at statement of research problems recognized from the fact that the power consumption of mine is function of many variables. It has allowed to reveal tendencies in development not only a power consumption, but also many other factors determining its level: deepening of mining operations, growth of gas content and, therefore, increase in an expense of the electric power at airing of excavations, increase of water profuseness, etc. On the basis of statistical researches it is shown that the worsening mining-and-geological conditions of Kuzbass coal mines lead to increase in a specific expense of the electric power. Quantitative estimates of influence extent of mining-and-geological and mining factors on mine power consumption are established. The presented results can be applied to the solution of increase of use efficiency of the electric power on coal mines both at a design stage, and to conditions of normal operation of the enterprise.

**Ключевые слова:** угледобывающее предприятие; угольные шахты; энергоэффективность; прогнозные оценки; математическая модель; закономерности электропотребления

**Keywords:** coal-mining enterprise; coal mines; energy efficiency; forecasts; mathematical model; regularities of a power consumption

Проблема энергосбережения на угледобывающих предприятиях заключается не только в снижении затрат энергетических ресурсов на производство угля, но и в

рациональном построении всей системы энергоснабжения, предполагающей низкий уровень потерь и затрат во всех звеньях при высоком уровне надежности. Решение этой проблемы возможно на основе установления количественных закономерностей формирования энергетических затрат и получения на их основе надежных прогнозных оценок [1, 2].

Уровень электропотребления при ведении подземных горных работ в существенной мере определяется горно-геологическими условиями шахт или отдельных месторождений бассейна, а поэтому для разработки мероприятий, направленных на энергосбережение, необходимо располагать результатами анализа обобщенных характеристик шахт бассейна и факторов, определяющих уровень электропотребления [3-5].

### **Материалы и методы**

Анализ изменения горно-геологических условий шахт Кузбасса проводился на основе имеющихся результатов наблюдений за достаточно длительный период (около 25 лет). Сбор данных осуществлялся на 25 шахтах с различными горно-геологическими и горнотехническими условиями, входящих в угольные компании Кемеровского, Ленинск-Кузнецкого, Беловского и Прокопьевско-Киселевского районов Кузбасса, что позволило выявить устойчиво действующие закономерности и использовать их в соответствующих моделях. При этом в качестве рабочей гипотезы было принято, что уровень электропотребления на шахте определяется ее производственной мощностью, глубиной ведения горных работ, газообильностью (а, следовательно, количеством подаваемого в шахту воздуха), водообильностью и протяженностью горных выработок. Интенсификация технологических процессов, концентрация горных работ и усложнение горно-геологических условий, в частности, глубины разработки и газообильности, способствует дальнейшему росту мощностей электроустановок и повышению электрических нагрузок и вызывает новые трудности в создании безопасных и экономичных систем электроснабжения горных предприятий [6-8].

В результате обработки данных по известным методикам [9-11] были получены математические модели (уравнения регрессии), пригодные для прогнозирования с определенной точностью характера изменения исследуемых факторов [11-13].

### **Результаты и обсуждения**

Как известно, мерой расходования электроэнергии служит удельный расход электроэнергии (УРЭЭ), который на шахтах Кузбасса варьируется в широких пределах: от 18 до 245 кВт·ч/т [7, 14].

Анализ показал, что за последние 25 лет УРЭЭ возрос в среднем в 1.5 – 2.3 раза, хотя в некоторые

годы (например, после проведенной в 90-е годы реструктуризации угольной промышленности) абсолютное электропотребление снижалось из-за уменьшения объемов добываемого угля. В среднем снижение добычи угля на 1% приводило к увеличению удельного электропотребления на 1.15%. Эта тенденция сохранилась до конца 1998 г. И только к концу 1999 г., когда в экономике области наметилась устойчивая тенденция к увеличению роста добычи угля, изменилось соотношение в динамике этих двух показателей [15, 16].

Анализ режимов электропотребления за годы наблюдений показал наличие и действие двух основных закономерностей. Первой из них является увеличение постоянной составляющей в УРЭЭ, вызванное ростом относительной доли ее расхода на проветривание выработок и на водоотлив, а так же снижение расхода на добычу и транспортирование угля. Это свидетельствует о том, что в процессе электропотребления шахт основную роль играют потребители, обеспечивающие создание условий безопасности, а не технологические потребители [14, 17, 18].

Другая тенденция состоит в том, что вне зависимости от общекономических факторов, влияющих на общее состояние угольной отрасли и народного хозяйства страны в целом, имеет место устойчивое повышение УРЭЭ в размере 4.4 – 9.1 % в год по отношению к прошедшему году.

Причины складывающихся тенденций в развитии процесса электропотребления удобно исследовать с помощью статистических методов, позволяющих получить обобщенную картину для шахт бассейна в целом. Обобщающим признаком для шахт Кузбасса является угол падения разрабатываемых пластов, который при относительно небольшом изменении их мощности в пределах одного месторождения в существенной мере определяет технологию и технику, применяемую для выемки полезного ископаемого.

Имеющиеся статистические данные позволили получить уравнения регрессии, связывающие уровень электропотребления с длительностью эксплуатации шахт при условии, что в последующие годы на них произойдут определенные технологические изменения, а структура электропотребления останется прежней [15, 18].

Для шахт Ленинск-Кузнецкого и Прокопьевско-Киселевского районов месторождений и угольной компании (УК) "Кузнецкуголь" эти уравнения приведены в табл.1. Здесь  $w$  – удельный расход электроэнергии, кВт·ч /т;  $K$  – номер года, для которого определяется УРЭЭ, начиная с 1997 г. (для 1997 г.  $K=0$  и т.д.).

Поле корреляции между УРЭЭ и уровнем добычи для шахт Кузбасса, работающих в приближенно одинаковых условиях, представлено на рис. 1. Для него справедливо уравнение регрессии вида

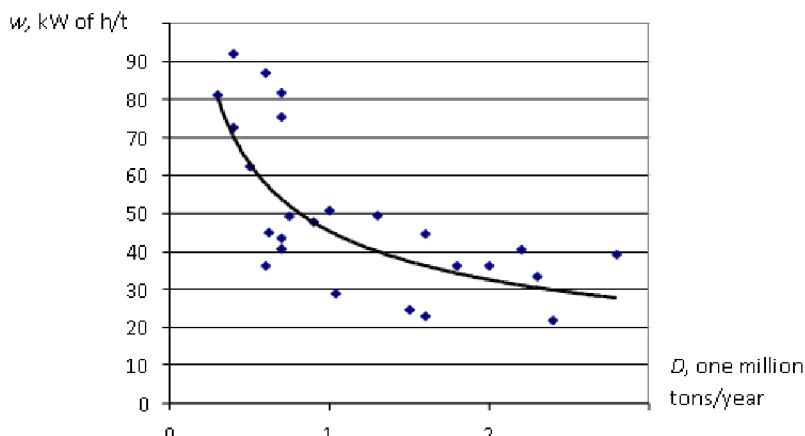


Рисунок 1 – Поле корреляции и кривая регрессии между УРЭЭ и добычей

$$w = 45.3D^{-0.48}, R^2=0.71, \quad (1)$$

где  $D$  - годовая добыча, млн.т;  $R^2$  - коэффициент детерминации, который можно трактовать как часть дисперсии, "объясненную" уравнением регрессии [11].

То есть, из уравнения (1) следует, что увеличение добычи на шахтах, где она не достигает 1 млн.т/год и где имеются резервные производственные мощности подземного транспорта, подъемов и поверхностных комплексов, способные принять возрастающий поток угля, является одним из путей энергосбережения.

Между тем, при работе шахт объективно действуют и другие процессы, в силу которых с увеличением срока эксплуатации шахт возрастает УРЭЭ [14, 16, 18]. В табл. 2 приведены уравнения регрессии между УРЭЭ и длительностью эксплуатации. Здесь  $K$  - номер года, начиная с 1988 г. (для 1988 г.  $K=0$  и т.д.). Высокие значения коэффициентов корреляции указывают на достаточно жесткую связь между увеличением УРЭЭ и длительностью эксплуатации шахты.

Расчеты по полученным уравнениям показывают, что к 2017 г. УРЭЭ может увеличиться по сравнению с 2009 г. в среднем в 1.3 – 1.4 раза. Это означает, что минимальное значение УРЭЭ может возрасти до 31 – 33 кВт·ч/т, максимальное – до 220 – 250 кВт·ч/т, а среднее значение для шахт бассейна может составить 67 – 72 кВт·ч/т при среднем УРЭЭ в 2009 г. 52.6 кВт·ч/т. При сохранении годового объема подземной добычи в бассейне на уровне 90 – 95 млн. т абсолютное потребление электроэнергии может возрасти до 4.7 – 4.9 млрд. кВт·ч вместо 3.5 млрд. кВт·ч в 2009 г. Полученные статистическим путем зависимости и выполненные на их основе расчеты отражают общие для шахт Кузбасса тенденции изменения их основных горногеологических и технологических характеристик [16].

Общие тенденции увеличения электропотребления на угольных шахтах прослеживаются и на росте этого показателя в зависимости от водообильности. В табл. 3 приведены уравнения регрессии между УРЭЭ на водоотлив  $w_a$  и водообильностью. В качестве

Таблица 1 – Зависимости уровня электропотребления от длительности эксплуатации шахт

Район месторождения, компания	Уравнение регрессии, кВт·ч/т	Коэффициент корреляции	Среднеквадратическое отклонение $\sigma$ , кВт·ч/т	Прирост, %
Ленинск-Кузнецкий	$w=3.04K+40$	0.74	7.16	7.6
Прокопьевско-Киселевский	$w=1.66K+50$	0.63	4.13	3.3
УК “Кузнецкуголь”	$w=1.8K+42.5$	0.52	4.44	4.2

Таблица 2 – Зависимости УРЭЭ от длительности эксплуатации шахт

Район месторождения, компания	Уравнение регрессии, кВт·ч/т	Коэффициент корреляции	Среднеквадратическое отклонение, кВт·ч/т	Прирост, %
Кемеровский район	$w=1.14K+34.5$	0.66	7.98	3.3
Ленинск-Кузнецкий филиал “СУЭК”	$w=1.34K+23.4$	0.637	6.18	5.7
“Беловоуголь”	$w=0.71K+1.8$	0.573	3.89	4.2
Прокопьевско-Киселевский район	$w=1.44K+21.3$	0.58	7.49	6.7
“Кузнецкуголь”: север	$w=1.12K+17.05$	0.67	4.67	6.55
юг	$w=1.11K+21.7$	0.55	6.2	5.1

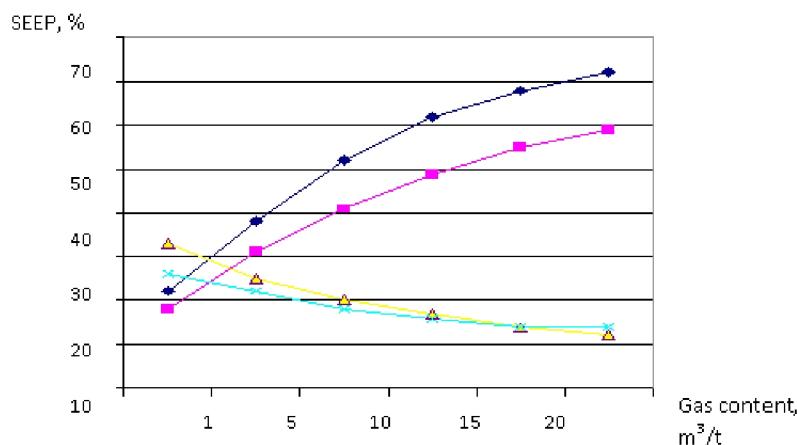


Рисунок 2 – Изменение относительного УРЭЭ от газообильности шахты:  
1,2 - на проветривание; 3,4 - на добычу и подземный транспорт для шахт  
различной производительности

Таблица 3 – Зависимости УРЭЭ на водоотлив от водообильности

Район месторождения, компания	Уравнение регрессии, кВт·ч/т	Коэффициент корреляции	Среднеквадратическое отклонение, кВт·ч/т
Кемеровский район	$w_b = 0.25V + 5.04$	0.347	0.97
Ленинск-Кузнецкий филиал “СУЭК”	$w_b = 1.16V + 7.36$	0.83	0.91
“Беловоуголь”	$w_b = 0.22V + 5.22$	0.33	0.66
Прокопьевско-Киселевский район	$w_b = 0.76V + 3.65$	0.78	0.65
“Кузнецкуголь”: север юг	$w_b = 0.91V + 6.95$ $w_b = 1.01V + 5.31$	0.59 0.68	0.607 0.8

этого показателя принят приток воды  $V$ , куб.м на 1 т добычи. Как видно из табл. 3, на шахтах с крутым падением пластов коэффициенты корреляции относительно невелики, однако такая связь все же прослеживается.

С помощью уравнений регрессии, приведенных в табл. 3, может быть рассчитано потребное количество электроэнергии на водоотлив с учетом того, что имеет место прирост водообильности в связи с углублением горных работ в среднем на 1.2 – 2.8% в год.

Среднестатистический прирост водообильности достаточно тесно коррелирует с увеличением глубины разработки шахт и за последние семь лет варьируется в пределах 3.4 – 4.6% в год. Весенний приток воды увеличивается относительно нормального в 1.2 – 1.8 раз и зависит от конкретных гидрогеологических условий разрабатываемого участка месторождения.

Относительная газообильность шахт варьируется от 0.8 до 146.6 м³/т. Как было отмечено выше, газообильность шахт в существенной мере определяет расход электроэнергии на проветривание.

На рис. 2 приведены результаты расчета изменения относительного УРЭЭ на проветривание (кривая 1 соответствует добыче

угля шахтой 600 тыс.т/год, а кривая 2 – 1000 тыс.т/год) в зависимости от газообильности шахты [16]. Видно, что с ростом газообильности от 1 до 25 м³/т удельный вес расхода электроэнергии на проветривание постоянно увеличивается, достигая значения примерно 55 - 72 % при газообильности, равной 25 м³/т. Кривые 3 и 4 на этом рисунке показывают, как изменяется доля относительного потребления электроэнергии на подземную добычу и транспорт для шахт той же производительности.

Аналогичные зависимости получены и при анализе электропотребления на водоотлив при росте глубины ведения работ, как указано выше, на 2,4 - 4,5 % в год, и подземными установками. Несмотря на увеличение глубины разработки, относительные затраты электроэнергии на эти цели не увеличиваются, поскольку затраты на проветривание растут с существенным опережением.

Таким образом, затраты электроэнергии на проветривание подземных горных выработок и забоев в определенной мере формируют электропотребление шахты. В пользу такого вывода свидетельствуют и сравнение данных по структуре электропотребления на действующих в настоящее время шахтах, приведенных в табл. 4.

Таблица 4 – Сравнение структуры электропотребления на шахтах

Группы электроприемников	Среднее потребление электроэнергии, %	
	1995	2009
Технологические операции добычи и транспортирования угля (без подъема)	18.7	9.3 – 15.7
Водоотливные установки (высоковольтные)	28.0	13.9 – 30.7
Проветривание подземных выработок и забоев (без вентиляторов местного проветривания)	33.1	25.4 – 60.2
Подъемные установки	13.2	9.6 – 16.8
Вспомогательные установки и освещение (в том числе на поверхности)	6.3	4.1 – 8.5
Подготовительные работы	0.7	2.9

Большие расходы электроэнергии на проветривание объясняются несколькими причинами, в том числе нерациональным использованием подаваемого в шахту воздуха и большой протяженностью горных выработок. По данным [19] депрессия (компрессия) вентиляторов на шахтах варьируется в пределах 17 – 380 даПа (различается в 22,3 раза), а аэродинамическое сопротивление систем проветривания – 0,17 – 104 даПа·с<sup>2</sup>/м<sup>6</sup> (в 611 раз), расход воздуха составляет 41 – 847 м<sup>3</sup>/с (в 20,6 раз), а внутренние утечки – от 7,3 до 34,2 %; коэффициент полезного использования воздуха составляет 0,5 – 0,86. Очевидно, что рационализация систем проветривания, снижение аэродинамического сопротивления выработок и депрессии (компрессии) вентиляторов – весьма существенный резерв снижения энергоемкости угольных шахт.

Еще одним резервом является сокращение числа работающих вентиляторов главного проветривания. Исследования показали, что в общем балансе энергозатрат в вентиляторных установках 7.8 – 10.3 % составляют потери в приводе, 26.8 – 44.9 % - в вентиляторе, 18.6 – 29.4 % - в поверхностных вентиляционных сооружениях, и только 18.8 – 44.3 % - это полезная энергия, реализованная на проветривание горных выработок. Расчеты показывают, что только за счет сокращения числа работающих вентиляторов на 50 % на основе рационализации систем проветривания возможно

снизить энергопотребление для этих целей на 28–32%.

### Заключение

Таким образом, на основе статистических исследований установлено, что ухудшающиеся горно-геологические и технологические условия угольных шахт (углубление горных работ и увеличение относительной газообильности) приводят к увеличению и удельного расхода электроэнергии. Наибольшие затраты электроэнергии приходятся на проветривание горных выработок и забоев, что в ближайшие годы может привести к росту энергопотребления на угольных шахтах в 1.5 – 1.6 раза. Снижение энергопотребления возможно за счет рационализации систем проветривания и уменьшения числа работающих вентиляторов в связи с тем, что энергетические потери в них и в вентиляционных сооружениях доходят до 55 – 70 %.

### Благодарности

Выражаем благодарность Разильдееву Геннадию Иннокентьевичу, доктору технических наук, профессору, академику РАН, академику РИА; заслуженному деятелю науки и техники РФ, специалисту в области надежности, безопасности и экономичности электрооборудования и систем электроснабжения горных предприятий за помошь в процессе работы при исследовании проблем электропотребления на угольных шахтах Кузбасса.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Г.Г. Пивняк, В.Т. Заика, В.В. Самойленко Методы и средства энергоконтроля процессов подземной угледобычи // Электрика. – 2006. – № 6.– С.3–7.
2. Сюсюкин А. И. Энергоснабжение предприятий: надёжность, экономичность, энергосбережение. СПб.: ГЦЭ-Энергетика, 2008. – 302 с.
3. Пивняк, Г. Г. Горное предприятие как объект энергопотребления // Горный журнал - спецвыпуски. - 2004. -№ 7.- С. 3-6. Использовать переводную версию статьи
4. Прогноз развития энергетики мира и России до 2040 года. М.: ИНЭИ РАН, 2014. – 175 с.
5. Плакиткина Л.С. Анализ и перспективы развития угольной промышленности основных стран мира, бывшего СССР и России в период до 2030 г. М.: “Горная промышленность”. 2013. – 416 с.

6. Захарова, А.Г. Закономерности электропотребления на угольных шахтах Кузбасса: монография / А.Г. Захарова. – Гос. учреждение Кузбасс. гос. техн. ун-т. - Кемерово, 2002. – 198 с.
7. Белых Б.П. Электрические нагрузки и электропотребление на горнорудных предприятиях / Б.П. Белых, И.С. Свердель, В.К. Олейников. – М.: Недра, 1971. – 247 с.
8. Олейников В.К. Анализ и планирование электропотребления на горных предприятиях. – М.: Недра, 1983. – 192 с.
9. Левин, Дэвид М., Стефан, Дэвид, Кребиль, Тимоти С., Беренсон, Марк Л. Статистика для менеджеров с использованием Microsoft Excel, 4-е изд. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 1312 с.
10. Дрейпер Н. Прикладной регрессионный анализ / Н. Дрейпер, Г. Смит. – М.: Статистика, 1973. – 279 с.
11. Доугерти К. Введение в эконометрику. – М.: ИНФРА, 2001. – 402 с.
12. Стадник, Д. А. Прогнозирование и управление электропотреблением угольных шахт // Сб. науч. тр. Моск. гос. горн. ун-та. - 2004. - № 4. - С. 221-225.
13. Бурый С. В. Разработка метода перспективного планирования электропотребления с применением регрессионных моделей / С. В. Бурый // Кривой Рог. Технические средства и информационные системы, используемые для реализации функций управления. Вестник. – 2013. – № 3. – С. 64 – 68.
14. Совершенствование методов прогнозирования электропотребления в зависимости от горно-геологических факторов: Отчет / Кузбасс.политехн. ин-т; руков. работы Г.И. Разгильдеев, № ГР 0185007496, Кемерово, 1989. – 108 с.
15. Захарова А.Г. Влияние изменения горно-геологических условий угольных шахт Кузбасса на уровень их потребления / А.Г. Захарова, И.А. Гребенщикова // Промышленная энергетика, 2005. – №4. – С. 35–37.
16. Захарова А.Г., Разгильдеев Г.И. Структура энергопотребления и ресурсы энергосбережения на шахтах Кузбасса // Уголь. – 2000. – №7. – С. 48–50.
17. Razumnyi, Yu.T., Rukhlova, N.Yu. and Rukhlov, A.V. (2013), "Improvement of energy efficiency of the main dewatering plant of a coal mine", Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, no. 5, pp. 67–72.
18. Pivniak, G.G., Shkrabets, F.P., Zaika, V.T. and Razumnyi Yu.T. (2004), Systemy efektyvnogo energozabezpechennia vygilnykh shakht [Systems of Efficient Energy Supply of Coal Mines], National Mining University, Dnepropetrovsk, Ukraine. – 2004. – 206 c.
19. Шахты Кузбасса: Справочник / В.Е. Брагин, П.В. Егоров, Е.А. Бобер и др. // Под ред. П.В. Егорова и Е.А. Бобера. – М.: Недра, 1994. – 351 с.

## REFERENCES

1. Pivnyak, G.G., V.T. Zaika and V.V. Samoilenko, 2006. Methods and tools for power management process of underground coal mining. Electrician, 6: 3-7.
2. Shushukin, A.I., 2008. Power plants: reliability, efficiency, energy saving. SPb: GCE-Energy, pp: 302.
3. Pivnyak, G.G., 2004. A mining enterprise as an object of consumption. Mining journal, 7: 3-5.
4. The Outlook for energy in the world and Russia to the year 2040, 2014. Moscow: ERI RAS, pp: 175.
5. Plakitina, L.S., 2013. Analysis and prospects of development of the coal industry, major countries, the former USSR and Russia in the period up to 2030. Moscow: Mining industry, pp: 416.
6. Zakhарова, А.Г., 2002. The patterns of electricity consumption at coal mines of Kuzbass: Monograph. Kemerovo: Kuzbass State Technical University, pp: 198.
7. Belih, B.P., I.S. Sverdel and V.K. Oleinikov, 1971. Electric load and consumption by mining enterprises. Moscow: Nedra Publishers, pp: 247.
8. Oleinikov, V.K. 1983. Analysis and planning of energy consumption on the mountain predpriyatiakh. Moscow: Nedra Publishers, pp: 192.
9. Levin, Devid M., Stefan, Devid, Krebil', Timoti S., 2014. Berenson, Mark L. Statistika dlya menedzherov s ispol'zovaniem Microsoft Excel, 4-e izd. – Moscow: Izdatel'skiy dom «Vil'yams», pp: 1312.
10. Dreiper, N. and G. Smit, 1973. Applied regression analysis. Moscow: Statistics, pp: 279.
11. Dougerty, K., 2001. Introduction to econometrics. INFRA, pp: 402.
12. Stadnik, D.A., 2004. Forecasting and management of electricity consumption of coal mines. Collection of proceedings. Moscow state mining Institute (issue 4), pp: 221-225.
13. Buryy S. V. , 2013. Razrabotka metoda perspektivnogo planirovaniya elektropotrebleniya s pri-menieniem regressionnykh modeley. Krivoy Rog. Tekhnicheskie sredstva i in-formatsionnye sistemy, ispol'zuemye dlya realizatsii funktsiy upravleniya. Vestnik, 3. pp: 64-68.
14. Val', P. V and Yu. P. Popov. 2011. Kontseptsiya razrabotki sistemy prognozirovaniya elektropotrebleniya promyshlennogo predpriyatiya v usloviyah optovogo rynka. Promyshlennaya energetika. 10: pp:31 - 35.
15. Zakhарова, А.Г. and I.A. Grebenzhikova, 2005. The impact of changes in geological conditions of the coal mines of Kuzbass on their consumption. Industrial energy, 4: 35-37.
16. Zakhарова, А.Г. and G.I. Razgildeev, 2000. Structure of consumption of energy and resources saving in the mines of Kuzbass. iournal of Coal. 7: 48-50.
17. Razumnyi, Yu.T., Rukhlova, N.Yu.and Rukhlov, A.V. 2013. "Improvement of energy efficiency of the

- main dewatering plant of a coal mine", Naukovyj Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, no. 5, pp. 67–72.
18. Pivniak, G.G., Shkrabets, F.P., Zaika, V.T. and Razumov, Yu.T. 2004. Systemy efektivnogo energozaabezneniya vvoilivkh shakht [Systems of Efficient Energy Supply of Coal Mines], National Mining University, Dnepropetrovsk, Ukraine. – 2004. – 206 c.
  19. Bragin, V.E., P.V. Egorov and E.A. Bober, 1994. Mines Of Kuzbass: Reference. Moscow: Nedra Publishers. nn: 351.
  20. Pivniak, G.G., Zhezhelenko, I.A. and Papaika Yu. 2013. Normalization of voltage quality as the way to ensure energy saving in power supply systems. Energy efficiency improvement of geotechnical systems. International Forum on Energy Efficiency, pp:11-18.
  21. Papaika, Yu.A., Khovanskaya, Ye.I. and Lysenko, A.G. 2012. Safety of electric chains during the use of contactless electric locomotives. Naukovyj Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu.
  22. Khovanskaya, Ye I, Lysenko, A.G. 2013. Rational modes of traction network operation of transport with inductive power transfer in the coal industry. Energy Efficiency Improvement of Geotechnical Systems - Proceedings of the International Forum on Energy Efficiency.
  23. Shkrabets, F. P., Varenik, Ye.A., Savitsky, V.N., and Dziuban, V.S 2013. New generation of explosion-proof electrical equipment complex for mining industry power supply systems. Naukovyj Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu.
  24. Ivashchenko, V. A., Kolokolov, M. V. and D. A. Vasil'ev. 2013. Prognozirovaniye elektropotrebleniya promyshlennyykh predpriatiy na osnove statisticheskikh metodov i iskusstvennykh nevronnykh setey Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal, 8; pp: 104 - 110.
  25. Sinchuk, O. N. [i dr.] 2010. Metody rascheta elektricheskikh nagruzok sistem elektrosnabzheniya gornykh predpriyatii. Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2 (45): pp: 110 - 115.

Поступило в редакцию 25.11.2016

Received 26 November 2016