

**УДК 622:621.31**

Ефременко Владимир Михайлович, доцент, к.т.н.,  
Беляевский Роман Владимирович, доцент, к.т.н.,  
Скребнева Евгения Владимировна, аспирант,  
(КузГТУ, г. Кемерово)

Efremenko Vladimir M., assistant professor, candidate of engineering sciences  
Belyaevsky Roman V., assistant professor, candidate of engineering sciences  
Skrebneva Evgeniya V., graduate student  
(KuzSTU, Kemerovo)

## **ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ**

### **ENERGY SAVING IN COAL MINES**

Рассмотрена структура энергопотребления угольных шахт. Проведена оценка энергетической составляющей в структуре себестоимости добычи угля. Определены основные критерии и направления энергосберегающих мероприятий на угольных шахтах. Рассмотрены подходы к оптимальному управлению электропотреблением.

The structure of power consumption of coal mines is considered. The assessment of a power component in the cost of coal mining is carried out. The main criteria and the directions of energy saving actions on coal mines are defined. Approaches to optimum control of a power consumption are considered.

Угольная отрасль является одной из самых энергоемких в экономике Кузбасса. Так, потребление котельно-печного топлива составляет более 9 %, тепловой энергии более 19 % и электрической энергии около 23 % всех потребляемых в регионе энергоресурсов.

Снижение объема добычи угля практически не сопровождается адекватным снижением потребления топливно-энергетических ресурсов, о чем свидетельствует рост удельных показателей энергопотребления. За последние 7 лет удельный расход котельно-печного топлива на тонну добычи возрос на 18 %, тепловой энергии – на 48 %, а электроэнергии – на 6 %. Это объясняется тем, что при подземной добыче угля велика доля условно-постоянной, независимой от объема добычи, составляющей энергопотребления (вентиляция, водоотлив, подъем, компрессорные установки и др.). На долю этих потребителей на ряде шахт приходится более 60 % всей потребляемой электроэнергии и около 70 % установленной мощности электроприемников (табл. 1).

Таблица 1

Потребление электроэнергии и установленная мощность  
электроприемников шахт

Показатели	Подготовительно- добычные работы	Вентиляция	Водо- отлив	Подъем	Прочие
Расход электро- энергии, в % от об- щешахтной	39,65	25,2	8,78	8,17	18,2
Установ- ленная мощность, в % от об- щешахтной	34,85	15,25	8,25	14,65	27,0

Изменившиеся в последние годы ценовая и тарифная политика в отношении энергоресурсов, а также практически не снизившееся энергопотребление при снижении объема добычи привели к тому, что в себестоимости продукции значительно возросла энергетическая составляющая, достигая для некоторых шахт 25 и более процентов. Анализ себестоимости добычи угля показывает (рис. 1), что энергетическая составляющая не равномерна в течении года, а носит явно выраженный сезонный характер. Максимум приходится на осенне-зимний период, что объясняется повышением расхода топлива в собственных котельных, а также повышенным расходом электроэнергии на водоотлив, работу оборудования котельных, калориферов, освещение на поверхности и пр.

Все это говорит о том, что экономия топливно-энергетических ресурсов на угольных шахтах требует самого пристального внимания. Как показывает опыт, при величине энергетической составляющей в себестоимости продукции более 10 % требуется проведение энергосберегающих мероприятий. Однако в настоящее время процесс энергосбережения в угольной отрасли идет недостаточно интенсивно, хотя его потенциал достаточно высок и составляет 15–30 % годового потребления (1000...2000 тыс. т.у.т.) при комплексном решении задач энергоснабжения.

Основу энергосбережения, а, следовательно, и энергоэффективности любого производства составляет реализация технических и технологических мер, в том числе и оптимального управления электропотреблением. При этом основной целью управления является оптимизация электропотребления на предприятии и за счет этого сокращение средств на оплату

электроэнергии, что, в свою очередь, снижает себестоимость добычи и повышает конкурентоспособность на рынке угля.

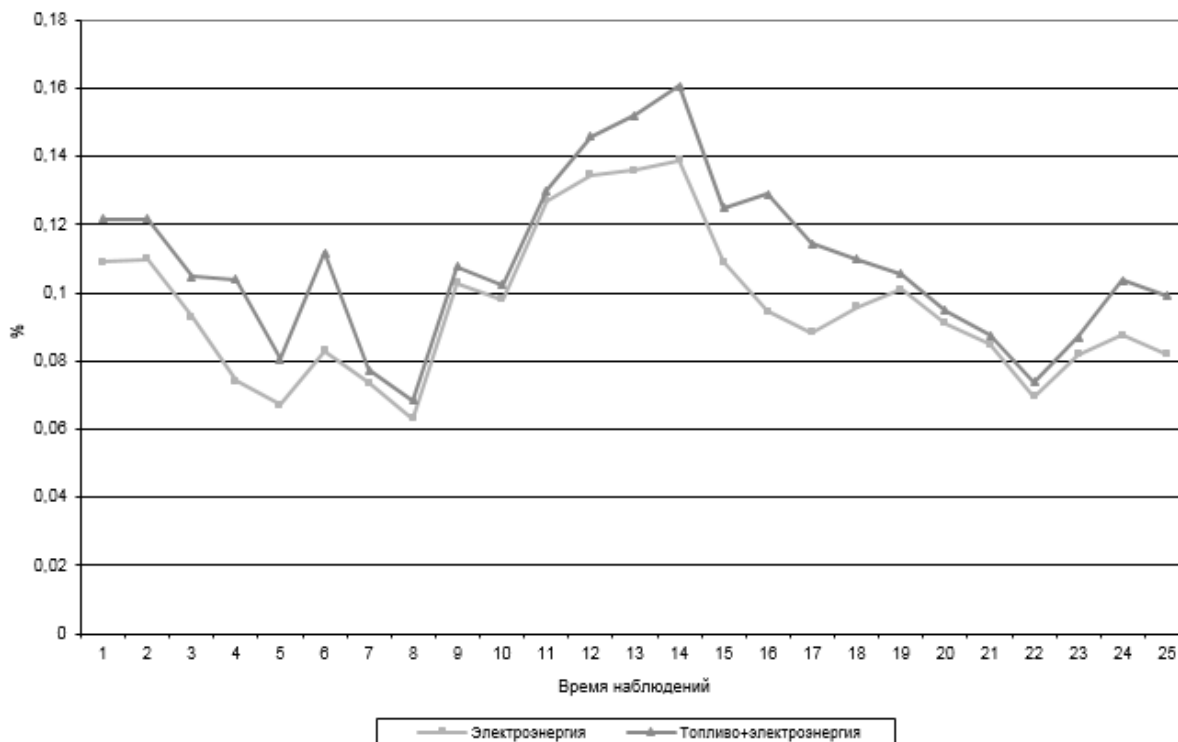


Рис. 1. Изменение энергетической составляющей в себестоимости добычи угля

При рассмотрении вопросов экономии энергоресурсов на действующих угольных шахтах необходимо выделить следующие направления:

- экономия котельно-печного топлива;
- экономия тепловой энергии;
- экономия электрической энергии;
- прочие мероприятия, повышающие эффективность энергоиспользования.

Остановимся на основных направлениях экономии электрической энергии. Потери электроэнергии на шахте можно разделить на две составляющие – потери при передаче и распределении по внутришахтовым электрическим сетям и потери при преобразовании в электродвигателях и трансформаторах.

В электрических сетях угольных шахт теряется до 20 % потребляемой электроэнергии. Это объясняется многими причинами, в том числе и нерациональным построением, и эксплуатацией их в неоптимальном режиме, обусловленных отклонением фактического состояния производства от проектного. Это выражается в отклонении центров электрических нагрузок от мест установки силовых трансформаторов, перегрузке одних

электрических линий и недогрузке других, отсутствии оптимальной компенсации реактивной мощности, снижении качества электрической энергии. Все это приводит к значительным потерям электроэнергии во внутришахтовых сетях. Как показывает опыт, только ликвидация вышеперечисленных недостатков позволит снизить потери электроэнергии в электрических сетях вдвое.

При разработке энергосберегающих программ, когда крупные инвестиции в энергосберегающие проекты затруднены, необходимо ориентироваться на малозатратные и дающие быстрый экономический эффект организационно-технические мероприятия, за счет проведения которых может быть получено до 30 % всей экономии электроэнергии на шахте. К таким мероприятиям, в первую очередь, необходимо отнести:

- повышение пропускной способности сетей всех уровней;
- выбор оптимальных уровней напряжения питающих, распределительных и участковых сетей;
- повышение качества электроэнергии;
- расположение источников питания (трансформаторов) в центрах нагрузки;
- разработка и внедрение мероприятий по оптимальной компенсации реактивной мощности;
- регулирование электропотребления и выравнивание суточного графика нагрузки;
- повышение технического уровня применяемого электрооборудования, применение рациональных систем электропривода и экономических систем их регулирования;
- повышение технического уровня обслуживания и ремонта электрооборудования и ряда других мероприятий.

Дальнейшие направления снижения потерь энергоресурсов, в том числе и электроэнергии, возможно выработать на основе анализа энергетических балансов угольных шахт, составляемых по результатам обследования (энергоаудита) предприятий. Энергобаланс позволяет судить о структуре и эффективности производства, распределения и использования энергоресурсов, расходах топлива и энергии, роли энергетике в формировании производственных показателей, связанных с основными материальными балансами производства.

Одним из направлений повышения эффективности потребления электрической энергии является более четкое прогнозирование электропотребления как на долгосрочный период, так и на краткосрочный (суточный) интервал времени. В настоящее время прогнозирование электропотребления в большинстве случаев осуществляется методом экспертных оценок, который не может обеспечить требуемую точность, а соответственно и оптимизацию расходов на покупку электроэнергии. Это связано с тем, что на оптовом рынке к покупателям электроэнергии предъявляются

весьма жесткие требования по соблюдению прогнозного электропотребления. Отклонения в ту или иную сторону наказываются штрафом (оплата электроэнергии по цене так называемого балансирующего рынка, которая заведомо невыгодна для покупателя). Что может существенно повлиять на энергетическую составляющую себестоимости добычи угля.

Из всех методик, предназначенных для прогнозирования электропотребления и электрической нагрузки, наиболее точным является метод с использованием нейронных сетей в совокупности с элементами нечеткой логики [1, 2]. При использовании данного метода наряду с информационно-вычислительными задачами (выбор структуры нейронной сети, стратегии обучения, применением алгоритмов нечеткого вывода и др.) необходимо определить набор входных параметров, определяющих электропотребление на шахте.

Проведенные нами исследования [3] позволили установить, что общешахтная электрическая нагрузка формируется под воздействием следующих факторов, характеризующих горно-геологические и технологические особенности горного предприятия. К ним относятся:

- объем добычи, суточный, месячный, годовой в зависимости от периода прогнозирования;
- глубина залегания, разрабатываемых угольных пластов, определяющих расход электроэнергии подъемными (транспортными) установками, а также водоотливом;
- газо-и водообильность выработок, определяющих количество и мощность вентиляторных и водоотливных установок;
- мощность обрабатываемых пластов, определяющих выбор горно-транспортных машин и их электропотребление.

Так как добыча угля на шахтах осуществляется в подземных выработках непрерывным графиком, то такие входные факторы, как признак дня (рабочий, выходной), продолжительность светового дня и температура могут быть исключены из рассмотрения.

Также следует отметить, что увеличение входных факторов может несколько повысить точность прогнозирования, однако потребует больше времени на сбор и подготовку исходной информации, а также усложнит структуру нейронной сети.

При построении математических моделей электропотребления на шахте следует использовать декомпозицию составляющих общешахтного электропотребления на отдельные технологические процессы: подготовительно-добычные работы, вентиляция, водоотлив, подъем (транспорт). При этом для каждого процесса строятся свои математические модели с учетом специфичных для данного процесса факторов, влияющих на электропотребление. Точность такого прогноза может быть выше, нежели при прогнозировании общешахтного электропотребления. Однако требует больш-

шей подготовительной работы и наличие средств учета электроэнергии по различным процессам.

Анализ электропотребления и установленной мощности электроприемников показывает, что более 34 % всей потребляемой электроэнергии и 24 % установленной мощности приходится на потребителей, обеспечивающих безопасные условия труда в горных выработках (вентиляция и водоотлив) и не зависящих от объема добычи. При этом следует отметить, что электропотребление на вентиляцию практически постоянно в течении года, тогда как электропотребление водоотлива имеет сезонные изменения. В этом случае математическую модель общешахтного электропотребления можно представить в виде двух составляющих: постоянную (базовую), не зависящую от объема добычи и переменную, определяемую, в основном, объемом добываемого угля.

При построении математической модели прогнозирования электропотребления необходимо предусмотреть возможность оперативной корректировки с учетом ожидаемых соотношений между ценой электроэнергии на оптовом рынке ( $C_{рсв}$ ) и на балансирующем рынке ( $C_{бр}$ ).

#### Список литературы

1. Политов, Е.А. Принципы построения прогнозной модели электропотребления промышленного предприятия на основе искусственной нейронной сети / Е.А. Политов, И.В. Воронов, В.М. Ефременко // Вестник Кузбас. гос. техн. ун-та. – 2009. – № 5. – С. 53–56.
2. Штовба, С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С.Д. Штовба. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 238 с.
3. Ефременко, В.М. Электропотребление шахт Кузбасса / В.М. Ефременко, Г.И. Разгильдеев // Электрификация и автоматизация угольных шахт и разрезов: Сб. научн. тр., вып. 51. – Кемерово: Кузбас. политехн. ин-т., 1973. – С. 19–21.