

2. Hocheffizienter Synchronmotor, kompakt und günstig / Nolle E., Fursa S., Neuberger N., Beshta A. // Spektrum. – 2010. – №31. – P. 33–37.
3. Zhu Z.Q. Influence of design parameters on cogging torque in permanent magnet machines / Zhu Z.Q., Howe D. // IEEE Transaction on energy conversion, vol. 15, 2000. – P. 407–412.
4. Grotstollen H. Die Unterdrückung der Oberwellendrehmoment von Synchronmotoren durch Speisung mit überschwingungsbehaftetem Strom / Grotstollen H. // Archiv für Elektrotechnik. – 1984.– №67. – P. 17–27.
5. Holtz J. Identification and compensation of torque ripple in high-precision permanent magnet motor drives / J. Holtz, L. Springob // IEEE Trans. On Industrial Electronics, vol. 43, no. 2, April 1996., pp. 309–320.
6. Design and Implementation of an Adaptive Controller for Torque Ripple Minimization in PM Synchronous Motors / V. Petrovic, R. Ortega, A.M. Stanovic, G. Tadmor // IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 15, No. 5, 2000. – pp. 871-880.
7. Wertz H. Rundlaufoptimale Regelung von elektrischen Antrieben / Wertz H., Pottharst A. // SPS/IPC/DRIVES 2000, Nov. 2000, Nürnberg, Germany, P. 831–840.
8. Бешта О.С. Обґрунтування доцільності використання СДПМ з вбудованими магнітами / Бешта О.С., Балахонцев О.В., Фурса С.Г. // Вісник КДПУ: Зб. наук. пр. КДПУ. – Вип. 4/2010(63). – Ч.2 – Кременчук: КДПУ, 2010. – С. 73–75.
9. Schröder D. Elektrische Antriebe – Regelung von Antriebssystemen / Schröder D. – Springer Verlag, 3 Auflage, 2009.

Рассмотрена проблема возникновения пульсаций момента в электроприводе на базе синхронного двигателя со встроенными постоянными магнитами (IPMSM). Исследована эффективность применения стандартных законов компенсации при использовании закона энергосбережения „Максимальный момент на ампер“ (ММРА). По результатам моделирования установлено, что одновременное применение обоих законов приводит к увеличению пульсаций реактивного момента. Для устранения данного эффекта предложен модифицированный закон компенсации пульсаций момента.

Ключевые слова: электропривод, синхронный двигатель со встроенными постоянными магнитами, пульсации момента

The problem of torque ripple occurrence in electric drive for interior permanent magnet synchronous motor (IPMSM) is considered. Usage efficiency of standard compensation principles with energy-saving principle “maximal torque per ampere” (ММРА) utilization is analyzed. Reactionary torque ripple gain under circumstances of using of both principles is proved by the modeling results. To eliminate reactionary torque ripple gain effect a modified compensation principle is proposed.

Keywords: electric drive, interior permanent magnet synchronous motor, torque ripple

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук
Ф.П. Шкрабцем. Дата надходження рукопису 21.03.11

УДК 658.562.64:621.311.22:622.33

Е.П. Пилова, канд. экон. наук

Государственное высшее учебное заведение „Национальный горный университет“, г. Днепрпетровск, Украина

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА КАМЕННЫХ УГЛЕЙ НА ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Ye.P. Pilova, Cand. Sc. (Econ.)

State Higher Educational Institution “National Mining University”,
Dnipropetrovsk, Ukraine

COAL QUALITY INFLUENCE ON ECONOMIC PERFORMANCE OF POWER GENERATION AND RESOURCE-SAVING

Определена роль угля в производстве электрической энергии. Выделены основные факторы, определяющие качество угля. Рассмотрено взаимовлияние факторов, определяющих качество угля. Определено влияние топливной составляющей на себестоимость производства электроэнергии на тепловых электростанциях через стоимость полезной тепловой энергии. Оценено влияние качества каменных углей на экономические показатели производства электроэнергии и ресурсосбережение.

Ключевые слова: качество угля, производство электроэнергии, себестоимость электроэнергии, ресурсосбережение

Производство электрической энергии является одним из основных секторов потребления первичных энергоресурсов. Этот сектор является типичной (классической) конкурентной средой, где могут и на самом

деле используются разнообразные технологии производства электроэнергии, которые основываются на всем без исключения спектре природных энергоносителей.

Доля угля в производстве электроэнергии является очень высокой в странах, располагающих этим ресурсом. В последнее время наблюдается мировая

тенденция к возрастанию роли угля в энергетике, особенно в связи с разработкой экологически чистых технологий его использования.

Энергетика Украины является развитой отраслью, обеспечивающей функционирование народно-хозяйственного комплекса. Данные по запасам собственных энергоресурсов позволяют рассматривать уголь как единственный энергоноситель органического происхождения, запасами которого Украина обеспечена на длительный период.

В структуре производства электроэнергии на тепловых электростанциях уголь играет существенную роль, а Украина имеет значительный потенциал для наращивания объемов выработки электроэнергии.

В то же время качество углей, поступающих на электростанции, не соответствует расчетным требованиям. Это связано с тем, что на существующих шахтах в значительной мере исчерпаны наиболее мощные и доступные пласты, а разработка менее мощных приводит к повышению зольности добываемого топлива.

Низкое качество угля негативно сказывается на технико-экономических показателях работы тепловых электростанций (ТЭС), снижает эффективность использования энергетического потенциала угля и повышает себестоимость производимой электроэнергии.

От качества продукции угольных предприятий зависят производственные и экономические показатели как потребителей – теплоэнергетических предприятий, так и самих горных предприятий. Необоснованный уровень качества угля в современных условиях может привести к экономической несостоятельности предприятий-производителей и потребителей.

Качество добытого угля формируется под совокупным воздействием большого числа факторов, которые объединяют в группы: природных, экономических и технологических факторов. Приведенные факторы, кроме природных, можно отнести к управляемым, в том числе ограниченно управляемым, и неуправляемым, в том числе конъюнктурным. К управляемым факторам относятся те, на которые в той или иной мере возможны воздействия с целью изменения качества угля или его стабильности относительно желаемого уровня. Неуправляемые факторы не поддаются каким-либо управляющим воздействиям. К ним относится группа природных и экономических факторов. Ряд факторов можно отнести к конъюнктурным [1]. Они связаны с изменчивостью потребности в данном виде угольной продукции, с его количеством на рынке, а также с колебанием цен и другими экономическими изменениями, проявляющимися случайно и не зависящими от производителя и потребителя.

Экономические факторы определяют в целом эффективность разработки угольного месторождения, целесообразность принятия того или иного технического, технологического и организационного решения. Но, в свою очередь, экономические показатели добычи и переработки углей во многом зависят от природных и технологических факторов, от конъюнктуры рынка. Поэтому, экономические факторы при управлении качеством продукции угольной про-

мышленности могут быть как определяющими (критериальными), так и вторичными (оценочными).

Совместное воздействие всех групп факторов на качество добытого угля следует рассматривать как динамическую систему формирования его качества (рис. 1) [1].

Доминирующими для уровня качества угля являются природные и экономические условия, определяющие принципиальные технические и технологические решения. Вместе с тем, уровень технологии горных работ существенно влияет на экономические результаты. Развитие геотехнологий создает предпосылки снижения уровня влияния природных факторов на качество угля (селективная выемка, совершенствование схемы внутришахтного транспорта и др.).

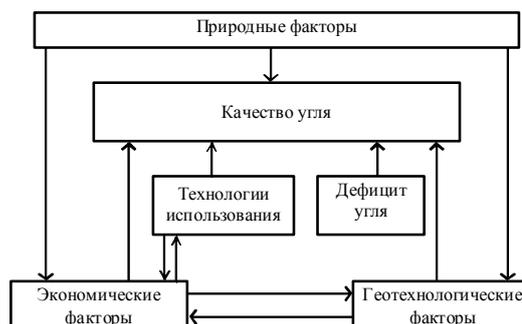


Рис. 1. Взаимовлияние факторов, определяющих качество угля

В практике угледобычи кроме отмеченных природных, технологических и экономических факторов на качество продукции угольной промышленности могут существенно влиять организационные, социальные, политические и иные причины. Нередко добывают уголь с качеством ниже экономически целесообразного в условиях дефицита топлива, с целью обеспечения энергетической независимости и энергетической безопасности государства в экстремальных условиях, либо из-за несовершенного механизма корректировки цен в зависимости от качества или кризиса неплатежей за отгруженную продукцию.

Уголь, как топливный ресурс, имеет целый ряд позитивных свойств. Однако, несовершенство угольных энерготехнологий привело к снижению его конкурентоспособности по сравнению с другими энергоносителями. Вместе с тем, прирост производства электроэнергии в мире осуществляется за счет использования угля, что подтверждается тесной корреляцией между ростом мирового потребления энергоносителей и ростом добычи ископаемых углей.

Одним из направлений совершенствования угольных энерготехнологий является использование топлива с качеством, обеспечивающим максимальную его энергетическую эффективность для каждого из используемых способов сжигания [3].

Вопрос о качестве угля является одним из наиболее важных и экономическое обоснование его уровня призвано убедить производителей и потребителей угольной продукции в том, что увеличение количества топлива при снижении его калорийности не всегда

приводит к росту объемов производства тепла и электроэнергии. Об актуальности этой проблемы свидетельствует ряд публикаций последнего времени [1–7], которые посвящены как экономической оценке применения обогащенного угля в энергетике [2, 3, 4], оценке потерь и разубоживания при добыче [5, 6], так и системному подходу при взаимодействии производителей и потребителей угольной продукции, определяющим интегральное качество [7].

Основным показателем качества каменных углей при производстве тепла и электроэнергии является низшая теплота сгорания рабочего топлива Q_p^H , определяемая формулой

$$Q_p^H = Q^e \frac{100 - A - W}{100} - 0,025W,$$

где Q^e – высшая теплота сгорания угля, МДж/кг; A , W – его зольность и влажность, %.

Однако влияние повышенной зольности на экономическую эффективность угольных тепловых электростанций проявляется еще и в снижении коэффициента полезного действия котлоагрегатов, в повышении расходов на топливоприготовление в связи с ухудшением размолоспособности углей из-за большей доли породы в них.

Коэффициент полезного действия котлоагрегата η_k , равный отношению полученного количества тепла, которое будет превращено в электроэнергию Q_n , к количеству тепла выделяющегося при сжигании угля Q_o , зависит от потерь тепла ΔQ с горячими шлаками и золой, а также термической диссоциации некоторых минералов, содержащихся в угольной породе, т.е.

$$\eta_k = \frac{Q_n}{Q_o} = \frac{Q_o - \Delta Q}{Q_o}.$$

Поскольку потери тепла при сжигании ΔQ пропорциональны количеству породы в угле, характеризующемуся зольностью A , то зависимость к.п.д. от зольности должна иметь линейный характер

$$\eta_k = a - bA,$$

где a и b – эмпирические коэффициенты, получаемые в результате обработки данных по результатам практической работы ТЭС.

Себестоимость производства электроэнергии на тепловых электростанциях определяется суммой условно-постоянных K_i и условно-переменных расходов V_j

$$C_e = \sum K_i + \sum V_j.$$

Наиболее существенное влияние на себестоимость среди условно-переменных расходов имеет стоимость топлива, т.е. топливная составляющая себестоимости. Ее величина связана с удельным расходом топлива и его стоимостью.

Оценить влияние топливной составляющей можно через стоимость полезной тепловой энергии.

Затраты на топливо слагаются из себестоимости добычи угля или его цены в случае его покупки у про-

изводителя C_y , затрат на обогащение $C_{об}$, на транспортирование C_{mp} , погрузочно-разгрузочные работы C_n , складирование $C_{ск}$, а также подготовку топлива к сжиганию (на измельчение и сушку) C_u . При этом величины C_{mp} , C_n , $C_{ск}$, C_u зависят от количества транспортируемого и обрабатываемого топлива.

В случае обогащения угля, т.е. очистки его от высокозольной породы, это количество снижается пропорционально выходу концентрата γ_k , определение которого изложено в работе [3].

Таким образом, затраты ТЭС на топливо, получаемого из одной тонны угля составят

$$C_m = C_y + C_{об} + \gamma_k (C_{mp} + C_n + C_{ск} + C_u).$$

Количество полезного тепла Q , получаемого из этого топлива, равно произведению массы, пропорциональной выходу концентрата низшей теплоты сгорания рабочего топлива, и коэффициента полезного действия котлоагрегата, т.е.

$$Q = \gamma_k Q_p^H \eta_k.$$

Следует отметить, что между выходом концентрата и его зольностью существует специфическая зависимость, обусловленная распределением массы рядового угля и золы по фракциям плотности, характерным для угольного пласта, и технологии его разработки, а также технологией и режимами обогащения [3].

Изменение стоимости топливной составляющей в себестоимости производства электроэнергии, в зависимости от качества и количества обогащенного угля P_Q , можно оценить по стоимости топлива в производстве полезного тепла

$$P_Q = \frac{C_m}{Q} = \frac{C_y + C_{об} + \gamma_k (C_{mp} + C_n + C_{ск} + C_u)}{\gamma_k Q_p^H \eta_k}.$$

Коэффициент использования энергетического потенциала каменных углей η_e , равный отношению количества полезного тепла, получаемого из обогащенной части угля, к количеству тепла, которое могло бы быть получено при сжигании необогащенного (рядового) угля в тех же условиях, определяется формулой

$$\eta_e = \frac{Q}{Q_o} = \frac{\gamma_k \left[\frac{Q_o (100 - A - W)}{100} - 0,025W \right] \eta}{\frac{Q_o (100 - A_0 - W_0)}{100} - 0,025W_0} \approx \gamma_k \frac{(100 - A - W)(a - bA)}{(100 - A_0 - W_0)(a - bA_0)}.$$

Было проведено исследование рассмотренных выше зависимостей, путем вычислительного эксперимента с использованием каменных углей различного гранулометрического и фракционного состава. При значении эмпирических коэффициентов $a=0,4$ и $b=0,0025$ с использованием типовых технологий глубокой переработки угля эти зависимости носят экстремальный характер. Максимум для количества полезного тепла и коэффициента использования энергетического потенциала и минимум топливной составляющей в себестоимости производства электроэнергии имеют место при зольности концентрата 8–10%, что, примерно, соответствует материн-

ской зольності угля в місці залягання пласта. Різниця значень максимуму пояснюється варіюванням фракційного складу рядових углей і розподілом внутрішньої зольності по фракціям щільності.

Значительне скорочення кількості корисного тепла при подальшому зниженні зольності концентратів пояснюється різким падінням виходу концентрату при використанні в процесі збагачення щільностей розділення, менших щільності чистих вугільних фракцій.

Аналіз наведених залежностей дозволяє зробити висновок про можливість економії 10–15% первинних паливних ресурсів при використанні для зжигання вугільних концентратів з вищеприведеної зольністю і зниження на таку ж величину паливної компоненти в собівартості виробленої електроенергії.

Список літератури

1. Ломоносов Г.Г. Горная калитрия/ Ломоносов Г.Г. – М.: Изд-во МГГУ, 2000. – 201 с.
2. Пилов П.И. Технологическо-экономическая модель обоснования качества угля для энергетики: Горный информационно-аналитический бюллетень/ Пилов П.И., Шаров А.И., Пилова Е.П. – 2001. – №3. – С. 161–165.
3. Дебердеев И.Х. К вопросу энергетического подхода к потребительским свойствам угольного топлива: Уголь/ Дебердеев И.Х., Линева Б.И., Молчанов А.И. – 1999. – №5(878). – С. 56–59.
4. Се Цян Разработка и применение методики оценки эффективности использования на ТЭС обогащенного угольного топлива: Уголь/ Се Цян, Дебердеев И.Х. – 1999. – №10. – С.46–48
5. Комплексная оценка последствий потерь и разубоживания энергетических углей: Горный информационно-аналитический бюллетень/ [В.А. Шестаков, А.А. Венедиктов, Л.М. Акимов и др.] – 2001. – №7. – С. 107–110.

УДК 679. 85 (075)

**В.В. Коробійчук, канд. техн. наук,
С.С. Іськов, канд. техн. наук**

6. Эффективность разработки угольных месторождений с учетом направлений использования и стадий переработки угля: Горный информационно-аналитический бюллетень/ [В.А. Шестаков, Л.М. Акимов, А.А. Белодедов и др.] – 2001. – №1. – С. 205–208.

7. Пучков А.Л. Системный анализ к изучению распределения финансовых потоков угольной горно-энергетической системы (УГЭС): Горный информационно-аналитический бюллетень/ Пучков А.Л. – 2001. – №4. – С. 23–26.

Визначено роль вугілля у виробництві електричної енергії. Визначено основні фактори, що впливають на якість вугілля. Розглянуто взаємовплив факторів, що визначають якість вугілля. Визначено вплив паливної складової на собівартість виробництва електроенергії на теплових електростанціях через вартість корисної теплової енергії. Оцінено вплив якості кам'яного вугілля на економічні показники виробництва електричної енергії та ресурсозбереження.

Ключові слова: *якість вугілля, виробництво електроенергії, собівартість електроенергії, ресурсозбереження*

The role of coal in power generation and the basic factors determining the quality of coal have been defined. The article considers the interaction of factors determining the quality of coal. The effect of the fuel component on prime cost of power generation at thermal power plants through the cost of useful thermal energy has been defined. The influence of coal quality on the economic performance of power generation and resource-saving has been evaluated.

Keywords: *quality of coal, power generation, electricity cost, resource-saving*

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук П.І. Пономаренком. Дата надходження рукопису 21.03.11

Житомирський державний технологічний університет,
м. Житомир, Україна, e-mail: kgtkvv2@rambler.ru

ВПЛИВ ДОВЖИНИ СЕГМЕНТА НА ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ДИСКОВОГО ІНСТРУМЕНТУ

**V.V. Korobiichuk, Cand. Sc. (Tech.),
S.S. Iskov, Cand. Sc. (Tech.)**

Zhytomyr State Technological University, Zhytomyr, Ukraine,
e-mail: kgtkvv2@rambler.ru

INFLUENCE OF LENGTH OF SEGMENT ON CAPACITY OF DISK TOOL

Встановлено параметри оцінки працездатності алмазного інструменту, досліджена працездатність алмазних дискових пил з різною довжиною сегментів та однаковими відстанями між ними. Встановлено залежності кінематичних параметрів, питомої витрати алмазів та енергоємності різання від загальної довжини контакту сегментів із каменем. Розглянуто схеми різання дисковою пилою за схемами: „по подачі“ і „проти подачі“.

Ключові слова: *каменеобробка, алмазні дискові пили, елементи робочої поверхні, довжина сегмента*

У каменеобробній промисловості широкого застосування набули способи різання, засновані на ви-

користанні алмазних дискових пил, які є найпродуктивнішим інструментом з усіх відомих пил, що використовуються в цій галузі. Дискові пили мають високу жорсткість і стійкість при незначній товщині про-