

Лясковец Т.Н., Панова Т.И., аспирант (НИИГМ им. М.М. Фёдорова)

СНИЖЕНИЕ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ОЧИСТНЫМИ И ПРОХОДЧЕСКИМИ ЗАБОЯМИ

Rozгляnuti структура загального споживання електроенергії вугледобувними підприємствами та можливі енергозберігаючі заходи. Наведена методика розрахунку зниження електроспоживання шляхом заміни основного устаткування в очистних та прохідницьких вибоях.

Rассмотрены структура общего потребления электроэнергии угледобывающими предприятиями и возможные энергосберегающие мероприятия. Приведена методика расчета снижения электропотребления путем замены основного оборудования в очистных и проходческих забоях.

Investigated the structure of the common consumption of electrical energy by mining enterprises and possible energy saving events. Given the methodologies of the calculation of the electrical consumption reduction by replacing the main equipment in the place driving and working face.

КС: *электропотребление, энергосбережение, комбайн, очистной и проходческий забой.*

Проблема и ее связь с научными или практическими задачами. Современные шахты представляют собой предприятия, оснащенные высокопроизводительными машинами и комплексами, отличающимися большой энерговооруженностью. Повышение уровня механизации процессов добычи и транспортирования угля, внедрение новых, более мощных и производительных стационарных установок и угледобывающих машин приводят к росту электропотребления угольных предприятий. В условиях жестких требований к экономии топливных, сырьевых и других ресурсов проблема обеспечения энергоэффективности электрооборудования становится одним из ключевых вопросов перестройки хозяйственного механизма угледобывающей отрасли.

Основной задачей энергосбережения является достижение наиболее экономичного использования всех средств производства для оптимизации соотношения между потреблением энергии и экономическим ростом. В общем случае цель энергосбережения – снижение количества энергии, приходящейся на единицу вырабатываемой продукции, т.е. на 1 тонну добычи (переработки) угля. Одной из основных причин большой себестоимости тонны угля является большая энергоемкость его производства. Значительные удельные затраты электроэнергии обусловлены не только сложными горно-геологическими условиями (большая глубина разработки, малая мощность пластов), но и весьма низкой концентрацией угледобычи и большим количеством устаревшего и энергозатратного эксплуатируемого оборудования, а также особенностями разработки крутопадающих пластов (использование сжатого воздуха).

Решению этих проблем должны способствовать как усовершенствование электрооборудования, так и порядок его эксплуатации, а также снижение непроизводительных затрат электроэнергии.

Целью работы является поиск направлений и путей снижения потребления электроэнергии и повышения производительности труда очистными и проходческими забоями.

Анализ исследований и публикаций. Как показали исследования, основными причинами ухудшения энергоиспользования являются спад промышленного производства, а также износ энергопотребляющего оборудования, который достиг 63-75 % [1, 2]. Подсчитано, что в Украине потенциал энергосбережения достигает 40 %. По сравнению с государствами Европейского Союза, Украина расходует на единицу валового продукта в 2-5 раз больше энергии. Поэтому повышение эффективности использования топливно-энергетических ресурсов будет

соответственно способствовать и повышению надежности энергоснабжения, и улучшению экологической ситуации, и снижению расходов на импорт энергоносителей.

Существующие подходы к экономии электроэнергии на шахтах не в полной мере учитывают особенности технологии угледобычи, связанные с увеличением капитальных вложений, не снижают сроков окупаемости и, что особенно важно, не используют новых направлений повышения энергоэффективности.

Угольная отрасль Украины потребляет около 4 млн. кВт*ч электроэнергии в год. Структура общего потребления электроэнергии угледобывающими предприятиями Минэнергоугля Украины за 2010-2011 гг. приведена в табл. 1.

Мероприятия по экономии электроэнергии на угольных предприятиях могут быть объединены в следующие три группы:

- 1) оптимизация режима работы производства;
- 2) замена части энергоемкого оборудования и технологического процесса или снижение их энергоемкости;
- 3) организация учета топливно-энергетических ресурсов.

Таблица 1.

Структура общего потребления электроэнергии по Минэнергоуглю Украины за 2010-2011 гг.

Объекты потребления	2010 год		2011 год	
	Объем потребленной электроэнергии	Доля от общего потребления	Объем потребленной электроэнергии	Доля от общего потребления
	млн. кВт*ч	%	млн. кВт*ч	%
ВСЕГО	3 497,9	100,0%	3 487,3	100,0%
ПОВЕРХНОСТНЫЕ ПОТРЕБИТЕЛИ, всего	2 117,2	60,5%	2 106,9	60,4%
Вентиляторные установки	952,7	27,2%	945,9	27,1%
Подъемные установки	304,4	8,7%	313,3	9,0%
Компрессорные установки	476,0	13,6%	479,3	13,7%
Дегазационные установки	29,6	0,8%	27,5	0,8%
Котельные	76,8	2,2%	78,0	2,2%
Обогащение	36,6	1,0%	34,6	1,0%
Технологический комплекс	101,9	2,9%	106,2	3,0%
Другие поверхностные потребители	139,3	4,0%	122,4	3,5%
ПОДЗЕМНЫЕ ПОТРЕБИТЕЛИ, всего	1 380,7	39,5%	1 380,3	39,6%
Водоотливные установки	841,8	24,1%	828,3	23,8%
Подземный транспорт	194,8	5,6%	201,5	5,8%
Добычные участки	196,6	5,6%	199,7	5,7%
Подготовительные участки	107,1	3,1%	107,8	3,1%
Другие подземные потребители	40,4	1,2%	43,0	1,2%

К первой группе относятся мероприятия, связанные с ликвидацией разбросанности горных работ и с соответствующим сокращением длины выработок, уменьшением потребления электроэнергии.

Вторую группу составляют мероприятия по замене энергоемкого оборудования, сокращению объемов получаемой в шахте породы, выдаваемой на поверхность, замене ненагруженных двигателей, силовых трансформаторов, увеличению сечения проводов и кабелей, сокращению длины электрических сетей.

Третья группа – это мероприятия, направленные на организацию учета, контроля и регулирования режимов электропотребления, внедрение на предприятиях области автоматизированных систем коммерческого учета.

Главная идея энергосбережения в угольной отрасли заключается в том, что энергоресурсы должны использоваться более эффективно путем проведения мероприятий, осуществимых технически, обоснованных экономически и целесообразных с экологических и социальных позиций.

Вопросам снижения электропотребления шахтными стационарными установками уделяется значительно больше внимания [1, 2, 3, 4], чем вопросам снижения электропотребления очистными и проходческими забоями, потребляющими около 10 % электроэнергии от общешахтного электропотребления. Поэтому рассмотрение и оценка методов снижения электропотребления очистными и проходческими забоями на данный момент остается актуальной задачей.

Изложение основного материала и результаты. На угольных предприятиях Украины для оптимального расхода электроэнергии осуществляется регулярный контроль ее использования на всех технологических операциях и динамики ежемесячных объемов энергопотребления.

Рассмотрим основные методы сокращения потребления электроэнергии в очистных и проходческих забоях, одним из которых является замена действующего устаревшего энергоемкого оборудования (очистных и проходческих комбайнов) на новое.

При выборе очистного комбайна необходимо учитывать следующие факторы:

- 1) уровень энерговооруженности;
- 2) возможность фронтальной самозарубки и челноковой безнишевой выемки;
- 3) обеспечение максимальной производительности при минимальных удельных энергозатратах для данных параметров разрушаемости угольных пластов при реализации установленной мощности приводов;
- 4) применение исполнительных органов, обеспечивающих минимальное пылеобразование, требуемую сортность добываемого угля, минимальные удельные энергозатраты на разрушение угольного массива и погрузки отбитого угля на конвейер, необходимый диапазон регулирования по мощности пласта;
- 5) возможность компоновки и увязки по основным конструктивным и технологическим параметрам с конвейером и механизированной крепью для обеспечения заданной производительности;
- 6) тип и параметры системы механизма подачи комбайна и рациональную область их применения.

Оценка эффективности использования нового оборудования для добычных участков проводится по следующим критериям: производительность, экономическая эффективность и автоматизация работы очистных забоев.

Для оценки производительности определим время, необходимое на добычу суточного объема угля по формуле

$$T_{\text{сут}} = \frac{G_{\text{сут}}}{q_k \cdot k_n}, \text{ ч,}$$

где $G_{\text{сут}}$ – суточная нагрузка на лаву; $k_n = 0,95$ – коэффициент уменьшения нагрузки при работе очистного забоя в особо сложных горно-геологических условиях; q_k – паспортная производительность комбайна, т/ч.

Расчетное электропотребление добычным участком при ожидаемой нагрузке на лаву за сутки составит

$$A_{\text{д.у.сут}} = T_{\text{сут}} \cdot (P_{\text{ком}} + P_{\text{проч}}), \text{ кВт} \cdot \text{ч,}$$

где $P_{\text{ком}}$ – часовая мощность двигателя выемочной машины, кВт; $P_{\text{проч}}$ – суммарная установленная мощность прочих электроприемников участка, кВт.

Удельное потребление электроэнергии на одну тонну добычи составит

$$W_{\text{д.у.}} = \frac{A_{\text{д.у.сут}}}{G_{\text{сут}}} \text{ кВт} \cdot \text{ч/т.}$$

Оценка экономической эффективности использования нового горно-шахтного оборудования за год определяется по формуле

$$\Delta S = 360 \cdot \Delta A_{\text{д.у.сут}} \cdot \text{Ц, грн}, \quad (1)$$

где Ц – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, грн; $\Delta A_{\text{д.у.сут}}$ – снижение электропотребления при использовании нового горно-шахтного оборудования добычным участком за сутки:

$$\Delta A_{\text{д.у.сут}} = A_{\text{д.у.сут}}(\text{действующий комб.}) - A_{\text{д.у.сут}}(\text{новый комб.}), \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

Эффективность за счет автоматизации контроля работы очистных забоев достигается увеличением нагрузки и обеспечением организационно-технических мероприятий, разрабатываемых на основе анализа и использования получаемой информации о параметрах, характеризующих процесс добычи угля в забоях [5].

Максимальный эффект при этом достигается путем решения задачи комплексного улучшения использования технических возможностей применяемой механизации и организации работ в лаве, что четко определяется выражением коэффициента $\alpha_{\text{л}}$ роста нагрузки каждого очистного забоя и коэффициента $\alpha_{\text{ш}}$ роста нагрузки шахты в целом.

$$\alpha_{\text{ли}} = \left(1 + \frac{\Delta T_{\text{м}}}{T_{\text{м}}}\right) \cdot \left(1 + \frac{\Delta V}{V}\right) \cdot \left(1 + \frac{\Delta K_{\text{д}}}{K_{\text{д}}}\right); \quad \alpha_{\text{ш}} = \sum_{i=1}^n \alpha_{\text{ли}} \delta_{\text{ли}},$$

где $T_{\text{м}}$, V и $K_{\text{д}}$ – среднесменные значения соответственно машинного времени (мин), скорости выемки (м/мин) и коэффициента добычи угля по данной i -ой лаве до реализации организационно-технических мероприятий; $\Delta T_{\text{м}}$, ΔV и $\Delta K_{\text{д}}$ – приращения соответствующих величин за счет реализации организационно-технических мероприятий; $\delta = D_{\text{ли}} / D_{\text{ш}}$ – удельный вес добычи угля $D_{\text{ли}}$ лавы в добыче $D_{\text{ш}}$ шахты на начало реализации организационно-технических мероприятий; n – количество рассматриваемых лав.

Для повышения эффективности работы добычных участков целесообразно внедрять на шахтах автоматизированную подсистему контроля и управления очистным забоем на базе устройства контроля работы очистных комбайнов и унифицированной телекоммуникационной автоматизированной системы (УТАС).

Оценка эффективности использования новых проходческих комбайнов проводится по таким же критериям, как и для очистных забоев.

Для оценки производительности определим расчетный объем прохождения выработки по формуле

$$G_n = S \cdot l, \text{ м}^3,$$

где G_n – расчетный объем прохождения выработки за сутки, м^3 ; S – сечение выработки, м^2 ; l – подвигание забоя за сутки, м.

Удельное электропотребление при работе комбайна в процессе прохождения выработки определяется по формуле

$$W_{\text{п.у.}} = \frac{N_{\text{max}}}{60 \cdot Q}, \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^3,$$

где N_{max} – суммарная номинальная мощность комбайна, кВт; Q – производительность комбайна, $\text{м}^3/\text{мин}$.

Оценка экономической эффективности от использования нового горно-шахтного оборудования за год для проходческих забоев определяется аналогично добычным участкам по формуле (1), где расчетное электропотребление при ожидаемом объеме прохождения выработки за сутки составит

$$A_{\text{п.у.сут}} = W_{\text{п.у.}} \cdot G_n, \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

Эффективность за счет автоматизации контроля работы проходческих забоев достигается путем повышения энергетической эффективности и безопасности эксплуатации, сокращения простоев и увеличения машинного времени работы проходческих комбайнов.

Оценка эффективности управления комбайном может быть дана с помощью коэффициента качества управления по формуле [7]

$$k = \left(\frac{T_p - V t_{кр}}{T_p} \right) \cdot \frac{k_z k_{uP}}{k_S k_W},$$

где T_p – плановое число рабочих часов в сутки; V – суточные темпы проходки штреков, м/сут; $t_{кр}$ – длительность крепления одного погонного метра выработки (не совмещенного с процессом разрушения забоя), ч; k_z – коэффициент готовности комбайна; k_{uP} – коэффициент использования установленной мощности двигателя привода исполнительного органа; k_S – коэффициент перебора породы по контуру выработки; k_W – коэффициент удельных энергозатрат разрушения забоя, учитывающий их повышение вследствие отклонения режима разрушения от оптимального.

Внедрение на шахтах автоматизированной подсистемы контроля и управления подготовительных участков на базе устройства контроля работы проходческих комбайнов и системы УТАС позволит повысить эффективность работы подготовительных участков. Источниками экономической эффективности данной подсистемы являются сокращение простоев забоев на 20 % и выполнение плановых заданий, сокращение затрат времени на выработку оперативным персоналом управляющих воздействий и укрепление производственной и технологической дисциплины [6].

Одним из методов сокращения потребления электроэнергии в очистных и проходческих забоях является применение электрооборудования с напряжением 1140 В. Применение на шахтах напряжения 1140 В позволит уменьшить потери мощности и габариты оборудования (электродвигателей), увеличить расстояния до наиболее удаленных электропотребителей, применить пусковую аппаратуру меньшего типоразмера, увеличить ресурс оборудования (контактных групп) и работать в более продолжительном режиме.

Для определения потери мощности найдем ток нагрузки и падение напряжения в кабеле по формулам

$$I_H = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \Psi};$$

$$\Delta U = I_H \cdot R,$$

где $R = R_0 \cdot L$ – сопротивление кабеля.

Длина кабеля определяется из выражения

$$L = \frac{L_{ПР}}{K_{П}},$$

где $K_{П}$ – коэффициент пуска;

$L_{ПР}$ – приведенная длина кабеля, которая определяется согласно п.4 «Сборника инструкций к ПБ в угольных шахтах» из условия

$$I_{к.з.МІN}^{(2)} \geq 1,5 \cdot I_v, I_v = 1,1 \cdot K_{П} \cdot I_H$$

при коэффициенте чувствительности защиты не менее 1,5.

Определим возможность реализации приведенных методов снижения потребления электроэнергии в очистных и проходческих забоях для условий ОП «Шахта им. Д.Ф. Мельникова». Для данной шахты был разработан инвестиционный проект, который предусматривал замену действующих очистных (РКУ-10, РКУ-13) и проходческих (КСП-32) комбайнов на комбайны производства Китайской Народной Республики (инвестиционный проект

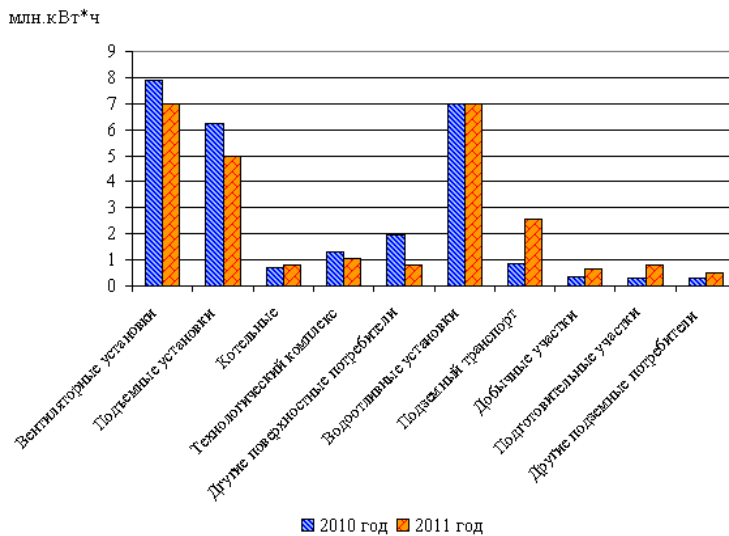


Рис. 1. Потребление электроэнергии по ОП «Шахта им. Д.Ф. Мельникова» за 2010-2011 гг.

программы производственно-хозяйственной деятельности ОП «Шахта им. Д.Ф. Мельникова» ОАО «Лисичанскуголь» в 2010 – 2016 гг).

На рис. 1 показано потребление электроэнергии по ОП «Шахта им. Д.Ф. Мельникова» за 2010-2011 гг.

Как видно из рис. 1, потребление электроэнергии добычными и подготовительными участками по сравнению с 2010 годом возросло. Поэтому разработка мероприятий, направленных на снижение электропотребления очистными и проходческими забоями с использованием новых комбайнов, является актуальной задачей.

Сравнительные технические характеристики комбайнов и расчетов приведены в табл. 2 и 3.

Таблица 2.

Основные технические характеристики очистных комбайнов

Наименование	РКУ-10 (ЗАО «Горловский машино- строитель»)	MG150/346- WD (КНР)	РКУ-13 (ЗАО «Горловский машино- строитель»)	MG160/3 75-WD1 (КНР)
Добычной участок	уч. № 3 1 северная лава пл. л ₆ гор.885 м		уч. № 1 1 южная лава пл. к ₈ гор.885 м	
Производительность, т/ч	192	250	300	350
Мощность обслуживаемых пластов, м	1,1-1,93	0,8 – 1,5	1,35-2,6	1,6-2,9
Угол падения, °	0-35°	≤35	0-35°	≤35
Суммарная мощность, кВт	200	345,5	400	375,5
Ширина захвата, мм	630	630	630; 800	630
Тяговое усилие, кН	250	367/220	250	440/264
Скорость подачи, м/мин	0~5/10	0~5,6/9,4	0~5/10	0~6/10
Расчетное электропотребление за сутки, кВт·ч	3487	3361	5125	4187
Расчетное удельное электропотребление по участкам, кВт·ч/т	2,91	2,8	2,56	2,09
Расчетный экономический эффект от использования комбайнов КНР за год, грн	484166,5			

Таблица 3.

Основные технические характеристики проходческих комбайнов

Наименование	КСП-32 (ОАО «Ясиноватский машзавод»)	ЕВЗ160 (КНР)
Проходческий участок	1-й южн. пол. штр. пл. л ₁ г.885м	
Производительность, м ³ /мин	0,4	4
Мощность режущего электродвигателя, кВт	110	160
Скорость хода, м/мин	1 – 5	0~11
Скорость вращения режущей колонки, об/мин	35	32/65
Габаритные размеры (длина × ширина × высота), м	13,2×2,6×2,0	9,8×2,55×1,7
Максимальный размах стрелы по высоте, м	5,0	4,0
Максимальный размах стрелы по ширине, м	7,0	5,5
Глубина подрывки почвы, мм	330	250
Угол наклона	до ±12°	±16°
Удельное давление на почву, МПа	0,15	0,14
Вес комбайна, т	45	56 (включая перегружатель)
Суммарная номинальная мощность, кВт	200	250
Напряжение, В	660	1140
Система перемещения комбайна	Гусеничная	Гусеничная
Расчетное электропотребление за сутки, кВт·ч	533,33	66,67
Расчетное удельное электропотребление по участкам, кВт·ч/м ³	8,33	1,04
Расчетный экономический эффект от использования комбайнов КНР за год, грн	149929,92	

На основании проведенных расчетов установлено, что для участка № 1 первой южной лавы пл. k_8 гор.885 м при эксплуатации комбайна MG160/375-WD1 удельное электропотребление по участку равно 2,09 кВт·ч/т, а для РКУ-13 – $W_{д,у} = 2,56$ кВт·ч/т, для участка № 3 первой северной лавы пл. ℓ_6 гор.885 м при эксплуатации комбайна MG150/346-WD удельное электропотребление по участку равно 2,8 кВт·ч/т, а для РКУ-10 оно составит $W_{д,у} = 2,91$ кВт·ч/т.

Проведенные расчеты показали, что для участка первого южного полевого штрека ℓ_1 г.885м при эксплуатации комбайна КСП-32 удельное электропотребление по участку составит 8,33 кВт·ч/м³, а для EBZ160 – 1,04 кВт·ч/м³. Годовой экономический эффект от использования комбайнов КНР по данному участку составит 149929,92 грн., а по всем пяти подготовительным участкам – 749649,6 грн.

Реализация инвестиционного проекта позволит:

- увеличить добычу угля до 1300 тыс. тонн в год;
- поднять производительность работы рабочих до 49,6 т/мес.;
- улучшить технику безопасности на предприятии за счет приобретения нового оборудования и средств коллективной и индивидуальной защиты;
- использовать новые технологии на производстве за счет приобретения современного оборудования нового технического уровня для подготовки и введения в действие новых лав.

Выводы. В статье рассмотрены основные направления снижения потребления электроэнергии и повышения производительности очистными и проходческими забоями. Выполнена комплексная оценка экономической эффективности от применения комбайнов производства КНР в условиях ОП «Шахта им. Д.Ф. Мельникова» и установлено следующее.

1. Применение комбайнов типов MG160/375-WD1 и MG150/346-WD на добычных участках позволит снизить электропотребление по всем участкам на 542520 кВт·ч, а проходческого комбайна типа EBZ160 на подготовительных участках – на 840000 кВт·ч/год. При этом суммарный годовой экономический эффект соответственно составит 484166,5 грн. и 749649,6 грн.

2. Удельное электропотребление по добычным участкам снизится в среднем на 0,3 кВт·ч/т, а по подготовительным – на 7,29 кВт·ч/т.

3. Годовой экономический эффект от перевода очистных и проходческих комбайнов на напряжения 1140 В за год соответственно составит 17991,59 грн. и 32770,4 грн.

Литература

1. Энергосбережение в угольной промышленности: монография / В.И.Мялковский, Н.А.Чехлатый, Г.Н.Лисовой и др.; под ред. Б.А. Грядущего. – Донецк: НИИГМ им. М.М. Федорова, 2006. – 336 с.
2. Грядущий Б.А. Баланс электропотребления угольных шахт / Б.А.Грядущий, В.В.Халимов, Р.Н. Стукан– Донецк: ООО «Юго-Восток, ЛТД», 2005. – 250 с.
3. Энергобаланс вугільних підприємств. Аудит енергоспоживання. Інструкція: СОУ 10.1.00174094.001-2004. – Чинний від 2004-11-17. – К.: Держстандарт України, 2004. – 30 с.
4. Енергозбереження. Засоби зниження витрат електроенергії у системах електроспоживання вугільних шахт: СОУ 10.1.00185790.005:2006. – К.: Держстандарт України, 2006. – 30 с.
5. Боронин В.Ф. Экономическая эффективность системы контроля и анализа работы очистных забоев / В.Ф.Боронин, Б.А.Романов, Н.П.Демченко // Уголь Украины. – 1984. – №1. – С. 23-24.
6. Чехлатый Н.А. Системы и средства контроля и управления на шахтах / Н.А. Чехлатый, Н.П. Демченко, А.А. Годар и др. //Уголь Украины. – 2004. – № 6. – С. 24-26.
7. Горбатов П.А. Горные машины для подземной добычи угля: учебное пособие для вузов / П.А.Горбатов, Г.В.Петрушкин, Н.М. Лысенко и др. – 2-е изд. – Донецк: Норд Компьютер, 2006. – 669 с.

*Статья рекомендована к публикации
канд. техн. наук Лободой В.В.*