

В.И. Бузило, С.Н. Пойманов, В.П. Расстрига

## **АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИИ И ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ НА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ**

*Рассмотрено влияние различных факторов технологии и систем разработки на уменьшение энергозатрат при подземной отработке тонких и весьма тонких угольных пластов в шахтах Украины.*

---

### **АНАЛІЗ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЇ І ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ РОЗРОБКИ НА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ У ВУГІЛЬНИХ ШАХТАХ**

*Розглянуто вплив різноманітних факторів технології та систем розробки на зменшення енерговитрат при підземній відробці тонких й вельми тонких вугільних пластів в шахтах України.*

---

### **ANALYSIS OF TECHNOLOGY AND STOPING ELEMENTS INFLUENCE ON ENERGY SAVING IN COAL MINES**

*Influence of various factors of technology and development systems on reducing costs of energy at underground mining of thin and very thin coal seams in the mines of Ukraine considered.*

---

Анализ мировых тенденций развития энергетики [1] позволяет сделать однозначный вывод, что основным энергоносителем в мире остается уголь, причем в перспективе его значение еще более усилится. В структуре мировых запасов органического топлива уголь составляет 67%. На сегодняшний день на мировом рынке топливных ресурсов уголь занимает первое место по объему потребления. Такое состояние в мировой экономике обусловлено относительно низкими и стабильными ценами на уголь, по сравнению с ценами на природный газ и нефть. Опыт стран с развитой рыночной экономикой показывает, что энергетическую политику следует строить, исходя, главным образом, из собственных энергоресурсов.

В Украине запасы угля составляют 95% от всех запасов органического топлива, поэтому роль угля в топливно-энергетическом комплексе Украины будет постоянно расти. Угольная промышленность является стратегической отраслью страны. Ресурсы угля являются значительными и их можно импортировать из многих стабильных источников. Это надежная работа объектов энергетики и других потребителей, которые используют уголь как энергоноситель. В энергетике Украины уголь со всех ископаемых является основным стабильным ресурсом, имеет значительные объемы и может применяться в перспективе. На сегодняшний день для повышения конкурентоспособности украинского угля на мировом рынке, необходимо уменьшать производительные затраты на его извлечение,

что позволит достичь меньших показателей себестоимости. Одним из основных источников затрат при выемке тонких пологих пластов являются расходы на потребление электроэнергии.

В структуре запасов угля на долю пластов мощностью более 1,2 м приходится всего 20,4%, на тонкие (до 1,2 м) – 74%, в том числе весьма тонкие (менее 0,8 м) – 33,3% [2].

Геотехнологические условия разработки тонких и весьма тонких пластов угля являются очень сложными. Они обусловлены наличием вмещающих пород ниже средней устойчивости, увеличенной температурой, большой газоносностью пластов, склонностью к внезапным выбросам угля и газа, взрывоопасностью угольной пыли и другими факторами.

При обработке этих пластов растет уровень трудоемкости работ, количество затрачиваемой энергии, затраты вспомогательных материалов и т.д. Плата за использованную электроэнергию в шахтах составляет около 20-25%, а на шахтах с крутым залеганием пластов – до 50% общей себестоимости угля. Потому подземная разработка тонких и весьма тонких угольных пластов является актуальной и должна являться ресурсосберегающей технологией. Для этого в первую очередь нужно установить влияющие факторы, которые приводят к повышению затрат, также их роль и оптимальные значения для повышения эффективности добычи угля из тонких пластов.

Установление факторов, от которых зависит энергоэффективность добычи угля из тонких и весьма тонких пластов может быть достигнуто путем анализа технологических звеньев добычного участка. При разработке таких пластов на больших глубинах увеличивается выделение метана из пласта и боковых пород. Поэтому в таких небезопасных газовых условиях формируются значительные затраты на проветривание для создания безопасных условий труда.

Вследствие малой мощности разрабатываемых пластов, для большинства шахт характерно сжатое рабочее пространство в лаве, чрезвычайная разветвленность основных и вспомогательных выработок, транспортных, электрических коммуникаций и т.д. В этих шахтах высокий водоприток, что грозит затоплением выработок, поэтому требуется постоянная работа водоотливных установок [3].

К влияющим факторам следует отнести горно-геологические и горнотехнические факторы, которые действуют на технологию добычи угля в совокупности. Основными технологическими процессами при всех системах разработки, где непосредственно добывается уголь, являются:

- выемка угля (очистные работы);
- проведение подготовительных выработок;
- участковый транспорт;
- водоотлив;
- дегазация выемочного поля (если пласт выбороопасный);
- участковая вентиляция.

Более детальная классификация источников-потребителей электроэнергии на современных угольных предприятиях представлена на рис. 1 [4].

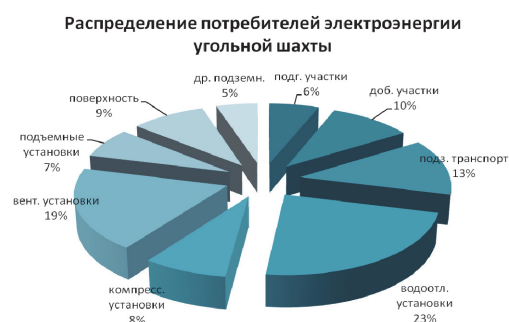


Рис. 1. Распределение потребителей электроэнергии угольной шахты

Анализ диаграммы, изображенной на рис. 1 показывает, что крупнейшими потребителями электроэнергии являются водоотливные и вентиляционные установки.

Поскольку целью исследования является определение влияния систем разработки на различные процессы при энергосберегающей технологии добычи угля, поэтому внимание следует уделить очистным и подготовительным работам, которые являются неотъемлемыми элементами системы разработки угольных пластов и которые потребляют вместе 16% от общего потребления энергии угольной шахтой.

Одним из путей уменьшения расходов электроэнергии на процессы в добычном участке является повышение нагрузки на очистной забой, что способствует повышению технико-экономических показателей. Устаревшая техника и технологии добычи угля из тонких пластов приводит к повышению непроизводительных затрат на его извлечение, поэтому многие шахты отнесены к категории нерентабельных. Количество комплексно-механизированных очистных забоев с низкими нагрузками (менее 500 т/сутки) составляет более 50% [1].

Из этого следует, что для современного технического вооружения длинных очистных забоев следует обращать внимание на применение современной техники по добыче угля и вспомогательного оборудования, которые позволяют максимально уве-

личить нагрузку на очистной забой. Основное внимание надо сконцентрировать на комплексно-механизированные забои с применением импортной техники. Показатели работы очистных забоев, в которых используются импортные механизированные комплексы значительно выше, чем при применении отечественной техники. Кроме того, надо обладать информацией и постоянно исследовать зависимости и взаимосвязи между горными и геологическими параметрами систем разработки угольных пластов для достижения энерго- и ресурсосбережения в процессе добычи угля.

При применении узкозахватных комбайнов, увеличение скорости подачи на 1% приводит к снижению удельных затрат электроэнергии в среднем на 0,44-0,67%, а реальные резервы для энергосбережения составляют 13-19% в комплексно-механизированной лаве [5].

Одним из основных факторов, влияющих на потребление электроэнергии при выемке угольного пласта, является сопротивляемость угля резанию. На рис. 2 показана расчетная зависимость удельных энергозатрат комбайна в функции скорости подачи при различных значениях сопротивляемости угля резанию [6].

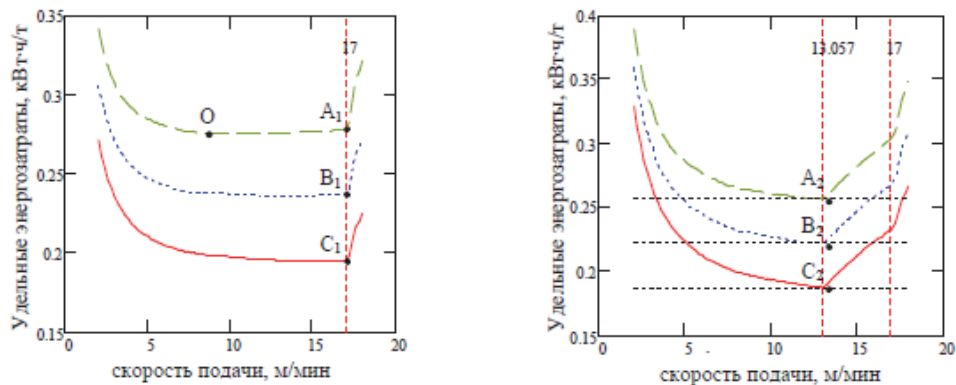


Рис. 2. Зависимость удельных затрат от скорости подачи комбайна при различных значениях сопротивляемости угля резанию

Поскольку каждый привод комбайна имеет свой электродвигатель, от которого вращающий момент передается только на один исполнительный орган, то моделирование рабочих характеристик комбайна проводилось для каждого исполнительного органа отдельно. Сплошная линия, пунктирная и штрихпунктирная соответствуют значениям сопротивляемости угля 100, 125 и 150 Н/мм.

Изменение сопротивляемости угля резанию не влияет на положение точки оптимума удельных энергозатрат на графике, но приводит к изменению самих удельных энергозатрат. То есть на графике зависимости удельных энергозатрат от скорости подачи при изменении сопротивляемости угля резанию точка оптимума не смещается в горизонтальном направлении (оптимальное значение скорости подачи остается неизменным), но перемещается в вертикальном направлении. Для реализации оптимального режима работы комбайна по критерию минимальных удельных энергозатрат необходимо измерять в процессе работы средние значения управляемых параметров.

Возникает серьезная научно-техническая проблема создания новых систем подготовки и разработки угольных пластов, включающих в себя строительство сети вспомогательных выработок, дегазационных, дренажных и вспомогательных горизонтов, обеспечивающих безопасное ведение горных работ и надежную ликвидацию последствий аварий [4].

Установлено [7], что влияние длины лавы на удельные затраты при различных способах выемки угля носит полиномиальный характер, что наглядно продемонстрировано на рис. 3.

Из графика на рис. 3 следует, что наиболее минимальные затраты достигаются в пределы длины лавы 160-220 м при двухкомбайновой выемке и работе струга в опережающем режиме. Исследование выполнено для средней мощности пласта 1,07 м и сопротивляемости угля резанию 260 кН/м.

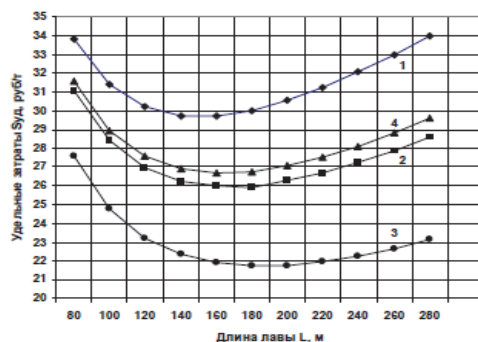


Рис. 3. Графики зависимости удельных затрат от длины очистного забоя: 1 – отстающий режим работы струга; 2 – опережающий режим работы струга; 3 – двухкомбайновая схема выемки угля; 4 – челноковая комбайновая схема выемки угля

Для количественной оценки влияния затрат времени вспомогательных операций на эффективность эксплуатации очистных комбайнов были получены зависимости коэффициента увеличения производительности  $kQ$  от продолжительности вспомогательных операций при различных скоростях подачи комбайна (рис. 4) [8].

Из анализа зависимостей следует, что при уменьшении времени вспомогательных операций с 18 мин до 6 мин производительность выемки увеличивается на 30% соответственно, при скорости перемещения комбайна 10 м/мин. При скорости 15 м/мин, производительность увеличивается на 40%.

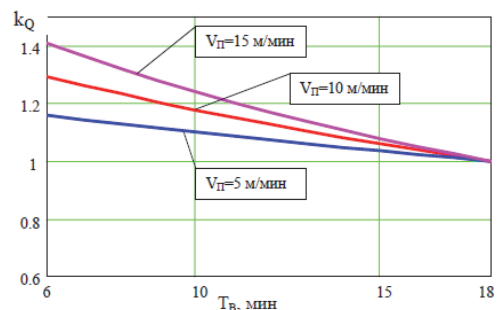


Рис. 4. Зависимость коэффициента увеличения производительности  $kQ$  от продолжительности вспомогательных операций при различных скоростях подачи комбайна

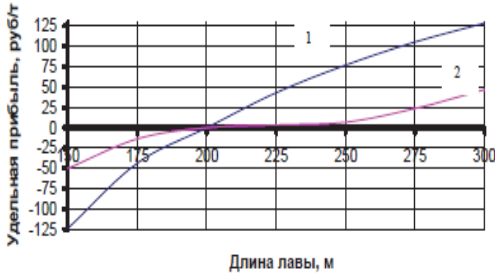


Рис. 5. Влияние длины лавы на удельную прибыль, если: 1 – устойчивая кровля, 2 – неустойчивая кровля

Для того чтобы решить задачу определения оптимальной длины лавы, необходимо изучить закономерности изменения величины удельной прибыли в зависимости от длины лавы или установить ее значение при наиболее вероятных вариантах

длины лавы. Для оценки длины лавы принято критерий удельной прибыли. Результаты расчетов при устойчивой и неустойчивой кровлях приведены на рис. 5 [8]. Анализ графика изменения удельной прибыли позволяет сделать вывод, что в современных экономических условиях необходимо максимально увеличивать длину лавы (до предельных значений), что позволит получить максимальную прибыль.

Основными элементами систем разработки угольных пластов является длина лавы и длина выемочного столба. Отечественное оборудование при длине лавы 150-200 м имеет производительность на 30-40% ниже зарубежного, а при длине лавы 250-300 м отличие достигает 2,0-2,5 раза (рис. 6) [8].

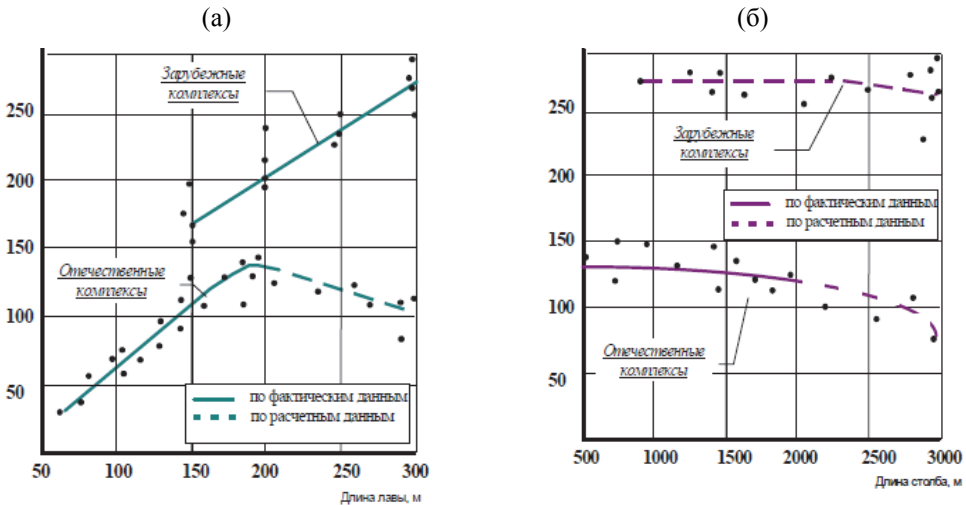


Рис. 6. Влияние длины лавы (а) и длины столба (б) на производительность отечественных и зарубежных комплексов

Увеличение длины выемочных столбов позволяет повысить объем подготовленных к выемке запасов угля, снизить удельные затраты на монтажно-демонтажные работы и увеличить коэффициент использования комплекса [8] (рис. 7).

Однако из-за невысокого ресурса разработки отечественного оборудования (комбайна, конвейера) производительность комплексов, как правило, резко снижается при длине выемочного столба более 1200-1500 м.

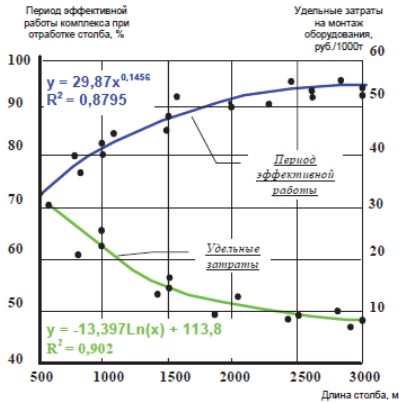


Рис. 7. Влияние длины выемочного столба на смену периода продуктивной работы и удельные затраты на монтажно-демонтажные работы

## ВЫВОДЫ

Проведен анализ закономерностей энергозатрат от скорости подачи добычных комбайнов и сопротивляемости угля резанию.

Выявлены основные тенденции энергосбережения и повышения нагрузки на очистной забой при системах разработки угольных пластов длинными столбами.

Рассмотрены взаимосвязи геологических и технологических параметров систем подготовки и разработки для достижения энергосбережения добычи угля из тонких пластов.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пивняк, Г.Г. Система энергомониторинга и управления подземным электроснабжением угольных шахт (СЕУПЕШ) [Текст] / Г.Г. Пивняк, В.Г. Заика, В.В. Ткачев // Энергосбережение. — 2008. — № 9 (107). — С. 16-20.
2. Тополов, В.С. Проблема топливно-энергетических ресурсов в мире и Украине [Текст] / В.С. Тополов, А.А.Бортников, А.А. Ануфриенко и др. // Уголь Украины. — 2004. — № 5. — С. 3-11.
3. Курченко, Э.П. Технология и средства механизации для эффективной и безопасной выемки весьма тонких и тонких пластов [Текст] / Э.П. Курченко, И.Т. Манжула, И.Л. Сушко // Технология очистных работ на угольных шахтах: Сб. науч. тр. ДоНУГИ. — Донецк. — С. 88-101.
4. Пивняк, Г.Г. Научные проблемы освоения угольных месторождений Украины [Текст] / Г.Г. Пивняк, В.И. Бондаренко, П.И. Пилов // Горн. инф.-анал. бюл. — М.: МГУ, 2005. — № С. 107-114.
5. Бабиюк, Г.В. Интенсификация производства на угольных шахтах [Текст] / Г.В. Бабиюк, А.Н. Ермаков // Научный вестник НГУ, 2010. — № 1. — С. 29-32.
6. Козовой, Г.И. Организационно-технологическое обеспечение инновационной деятельности угледобывающего предприятия [Текст]: автореф. дис. ...д-ра

техн. наук: 08.00.28 / Г.И. Козовой; [Санкт-Петербург]. — С.-П., 1998. — 28 с.

7. Пивняк, Г.Г. Повышение энергоэффективности добычи угля подземным способом (на примере шахт Западного Донбасса) [Текст] / Г.Г. Пивняк, В.Т. Заика, Ф.П. Шкрабец // Горн. инф.-анал. бюл. /М.: МГУ, 2003. — № 12. — С. 177-180.

8. Белодедов, А.А. Установление зависимости влияния длины лавы на основные технико-экономические показатели работы шахты [Текст] / А.А. Белодедов, С.А. Шмаленюк // Горн. инф.-анал. бюл. — М.: МГУ, 2008. — № 8. — С. 216-219.

## ОБ АВТОРАХ

Бузило Владимир Иванович — д.т.н., профессор кафедры подземной разработки месторождений, декан горного факультета Национального горного университета.

Пойманов Сергей Николаевич — аспирант кафедры подземной разработки месторождений Национального горного университета.

Расстрига Валентин Павлович — ассистент кафедры подземной разработки месторождений Национального горного университета.