

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНЫХ ЭНЕРГОЗАТРАТ НА РАЗРУШЕНИЕ ПРОХОДЧЕСКИМ КОМБАЙНОМ ТИПА КИД

Шабаев О.Е., докт. техн. наук, проф.

Донецкий национальный технический университет

Рассмотрены экспериментальные характеристики рабочего процесса разрушения забоя исполнительным органом проходческого комбайна, позволяющие оценить эффективность своевременной замены рабочего инструмента.

Проблема и ее связь с научными или практическими задачами. Опыт подготовки нового фронта выработок показывает, что выемочный столб длиной 1,2- 2 км с запасом 0,6-1,0 млн. т. отрабатывается за 8-14 месяцев. Для подготовки нового выемочного столба за этот период времени требуется пройти в среднем 3-5 км подготовительных выработок. Эта задача реально выполнима при проходке горных выработок с темпами 400-600 м/месяц.

Необходимость обеспечения все более высоких темпов проходки приводит к проблеме повышения технического уровня проходческих комбайнов. Применение существующих математических моделей и методов оптимального проектирования этих машин возможно лишь при корректном задании режимов их работы, которые могут быть получены только в результате натурного эксперимента. Данные эксперимента также могут быть использованы при проверке адекватности математических моделей рабочих процессов и обосновании путей дальнейшего совершенствования проходческих машин.

Повышение темпа проходки выработки требует усовершенствования конструкции оборудования проходческого комплекса. Совершенствование конструкции может осуществляться по трем направлениям [1]:

1) за счет повышения мощности привода исполнительного органа комбайна, что требует соответственного увеличения размеров органа разрушения, прочности конструкций и производительности погрузочной системы комплекса;

2) за счет увеличения времени разрушения забоя исполнительным органом в течение смены путем максимального сокращения и совмещения других операций проходческого цикла. При этом возможными направлениями являются:

- применение более стойкого инструмента, что позволит сократить затраты времени на замену резцов;
- применение призабойной механизированной крепи, что позволит крепить кровлю выработки анкерной крепью за зоной работы комбайна параллельно с разрушением забоя;

3) за счет повышения эффективности рабочих процессов комбайна и контроля его технического состояния на базе реализации мехатронных подходов [2]:

- повышение коэффициента использования мощности привода исполнительного органа;
- реализация конструкции, требующей минимального обслуживания в течение смены (непрерывная техническая диагностика);
- снижение удельных энергозатрат процесса разрушения забоя путем оптимизации конструкции органа разрушения и алгоритма обработки забоя;

Как видно из вышеприведенного анализа, вопрос износа рабочего инструмента является одним из сдерживающих факторов дальнейшего роста темпов проведения подготовительных выработок и подлежит учету при проектировании и эксплуатации проходческих комбайнов.

Анализ исследований и публикаций

Для получения сведений о рабочем процессе в настоящее время разработаны и внедряются устройства для непрерывной регистрации характеристик рабочего процесса, например, блок регистрации произошедших событий на комбайне [3]. Такая реализация натурального эксперимента, в отличие от известных методик лабораторного эксперимента [4] и натурального эксперимента с применением специальной измерительной аппаратуры [5], установка которой требует изменения конструкции машины («тензокулак»), позволяет осуществлять эксперимент в реальных условиях в течение достаточно длительного времени, что позволяет получить статистически достоверные данные без ущерба для нормальной работы проходческого участка. Перечисленные выше показатели рабочего процесса могут быть косвенным путем определены по мощности,

который развивает двигатель привода исполнительного органа. Для определения мощности фиксировался ток двигателя. Измерения тока двигателя привода исполнительного органа проводились посредством блока регистрации произошедших событий [1].

Постановка задачи

Целью работы является получение и анализ характеристик рабочего процесса разрушения забоя исполнительным органом проходческого комбайна, позволяющих оценить эффективность своевременной замены рабочего инструмента.

Изложение материала и результаты

Условия проведения эксперимента

В качестве типичного представителя комбайнов среднего типа был принят проходческий комбайн КПД (см. рис. 1)



Рисунок 1 – Проходческий комбайн КПД

Исследования проводились в представительных условиях эксплуатации при прохождении проходческим комбайном КПД вентиляционного штрека северной коренной лавы, пласта l_2^1 АП «Шахта «Белицкая» ГП «Добропольеуголь» в период с 18.11.08 по 22.11.08. Структура забоя приведена на рис. 2. Выработка сечением 13 м^2 в проходке крепилась арочной крепью с шагом $0,8 \text{ м}$. Суточный режим работы забоя – три рабочие смены по 6 часов и одна ремонтная [6].



- Угольный прослоек
- ▣ Сланец песчано-глинистый, темно-серый, $f = 2 \div 2,5$
- ▤ Алевролит аргиллитистый, серый, слоистый, $f = 4 \div 6$

Рисунок 2 – Структура забоя

Реализация эксперимента

Схема подключения в силовую цепь электродвигателей приведена на рис. 3

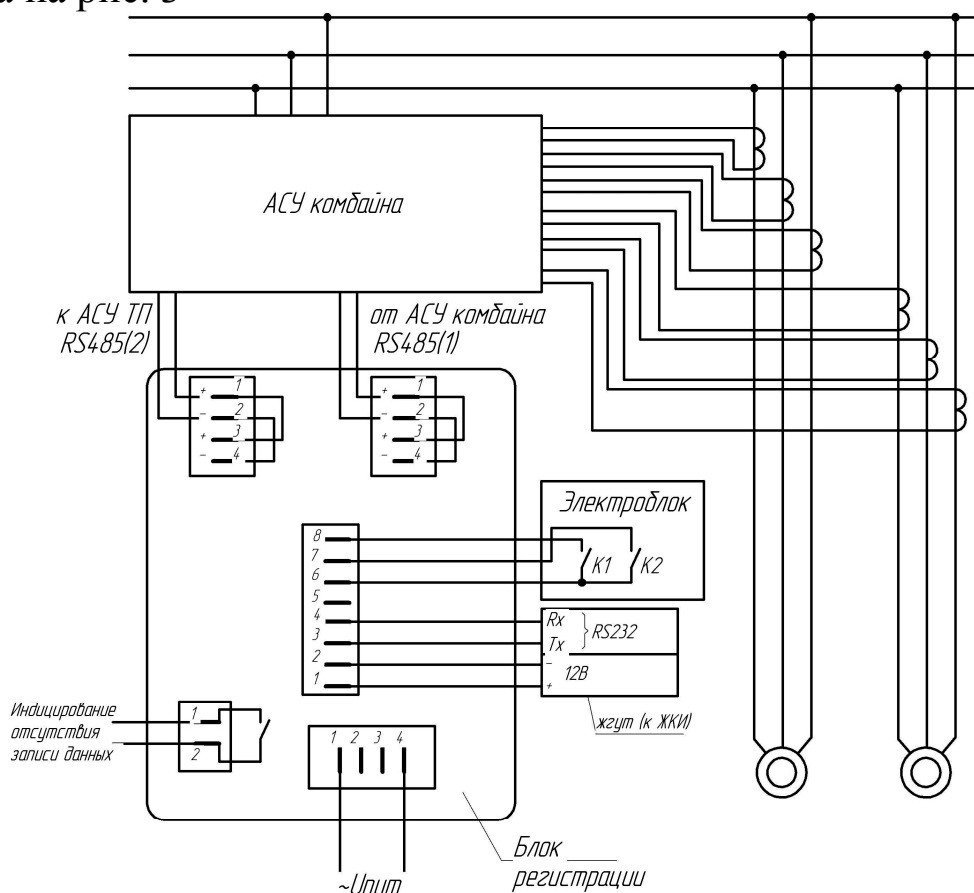


Рисунок 3 – Схема включения блока регистрации в силовую цепь

Для проведения эксперимента была разработана методика, в соответствии с которой в течение 120 часов (5 суток) осуществлялась непрерывная регистрация с шагом 1 с действующего значения тока двигателя, усредненного за 1 с. С целью возможности дальнейшей обработки полученных массивов данных одновременно осуществлялся хронометраж работы комбайна. За период проведения

эксперимента комбайном было пройдено 15,2 м выработки (соответственно посуточно: 2,4 м, 3,2 м, 3,2 м, 3,2 м, 3,2 м).

Пример реализации тока двигателя приведен на рис. 4. График построен в относительных единицах, за базу принят номинальный ток двигателя.

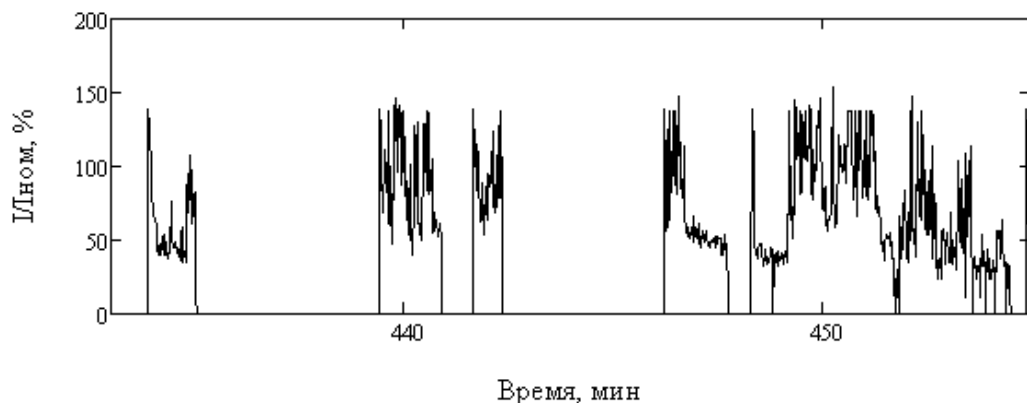


Рисунок 4 – Фрагмент записи тока двигателя

Согласно методике проведения эксперимента предусматривалось определения среднюю за цикл обработки забоя теоретическую производительность комбайна.

Для получения удельных энергозатрат за цикл обработки забоя по зафиксированным в процессе эксперимента значениям тока приводного электродвигателя использовалась следующая зависимость:

$$W_{ци} = \frac{P_{ном}}{3600SB_{ци}} \int_{T_{ци}} \frac{I(t)}{I_{ном}} \cos(\varphi(I(t))) dt,$$

где:

$P_{ном}$ - номинальная мощность двигателя привода исполнительного органа;

S - площадь сечения выработки;

$B_{ци}$ - суммарная глубина зарубки исполнительного органа в i -том цикле.

$\cos(\varphi(I))$ - зависимость коэффициента мощности двигателя от полного тока, полученная экспериментально для данного двигателя, приведенная на рис. 5;

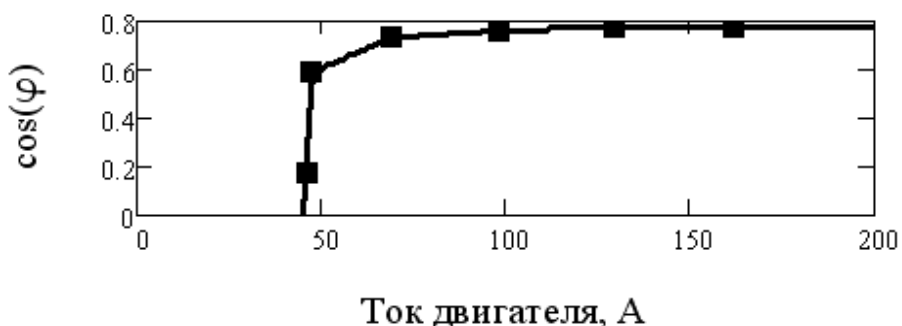


Рисунок 5 – Зависимость $\cos(\varphi)$ от полного тока двигателя

Аналогично рассчитывались удельные энергозатраты за сутки и за время проведения эксперимента.

Результаты эксперимента

С использованием специализированного программного обеспечения были получены характеристики рабочего процесса разрушения забоя исполнительным органом проходческого комбайна КПД.

В таблице 1 приведены среднесуточные значения удельных энергозатрат процесса разрушения забоя, полученные в результате обработки данных эксперимента. Как видно из приведенных данных, удельные энергозатраты изменялись более чем в 2 раза при среднем значении $4,68 \text{ кВтч/м}^3$.

Таблица 1

Среднесуточные значения удельных энергозатрат процесса разрушения забоя

Дата	18.11.2008	19.11.2008	20.11.2008	21.11.2008	22.11.2008
Удельные энергозатраты, кВтч/м ³	6,62	4,83	4,29	4,87	3,30

На рис. 6 приведены диаграмма изменения средних за цикл обработки забоя удельных энергозатрат и гистограмма распределения этой величины. Среднее значение составляло $(4,68 \pm 0,61) \text{ кВтч/м}^3$, а диапазон возможных значений с доверительной вероятностью 0,95 – от $2,29 \text{ кВтч/м}^3$ до $7,03 \text{ кВтч/м}^3$. Так как в процессе проведения эксперимента горно-геологические условия изменялись незначительно, колебания удельных энергозатрат вызваны переборами и случайным характером воспроизведения цикла обработки забоя машинистом комбайна, а также износом и поломками режущего инструмента.

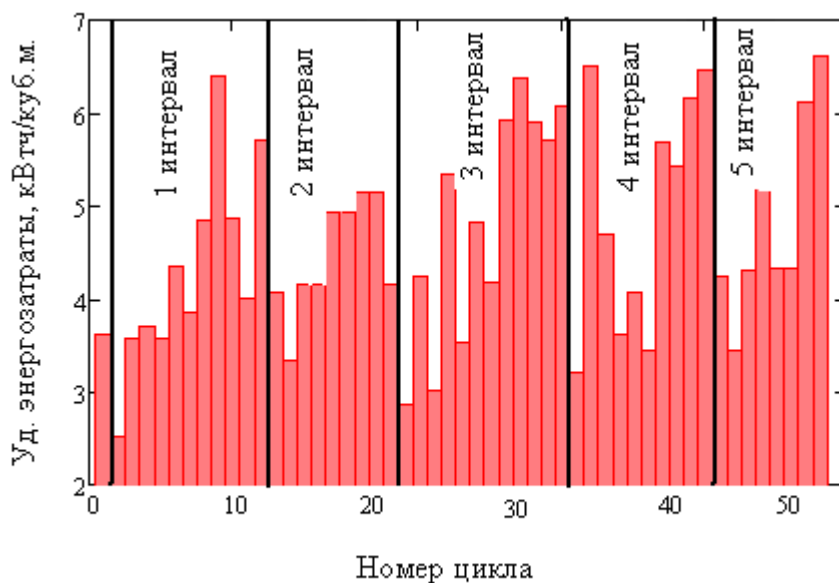


Рисунок 6 – Изменение средних за цикл обработки забоя удельных энергозатрат в ходе эксперимента

Для определения влияния износа рабочего инструмента на изменение величины удельных энергозатрат график изменение средних за цикл обработки забоя удельных энергозатрат в ходе эксперимента разбивался на интервалы (см рис. 6). Начало каждого интервала соответствовало началу первой рабочей смены, следующей после ремонтной, в которой осуществлялось замена резцов. Заканчивался анализируемый интервал сменой, предшествующей очередной ремонтной. Таким образом, было получено 5 интервалов (см. табл. 2).

Таблица 2

Прохождение выработки в период между ремонтными сменами

Интервал	1	2	3	4	5
Время и дата	14 ⁰⁰ 18.11 – 8 ⁰⁰ 19.11	14 ⁰⁰ 19.11 – 8 ⁰⁰ 20.11	14 ⁰⁰ 20.11 – 8 ⁰⁰ 21.11	14 ⁰⁰ 21.11 – 8 ⁰⁰ 22.11	14 ⁰⁰ 22.11 – 24 ⁰⁰ 22.11
Пройденная длина, м	3,3	2,7	3,6	3,0	2,4

В качестве примера на рис 7 приведена диаграмма изменения удельных энергозатрат за период между ремонтными сменами, соответствующий первому интервалу и линия тренда изменения удельных энергозатрат.

Для каждого интервала была получена линейная регрессионная зависимости удельных энергозатрат от объема разрушаемой горной массы:

$$W = K_1 \cdot V + K_2$$

где:

K_1, K_2 - коэффициенты регрессии;

V - объем разрушаемой массы, m^3 .

Коэффициенты регрессии определялись методом наименьших квадратов с использованием программного обеспечения Excel.

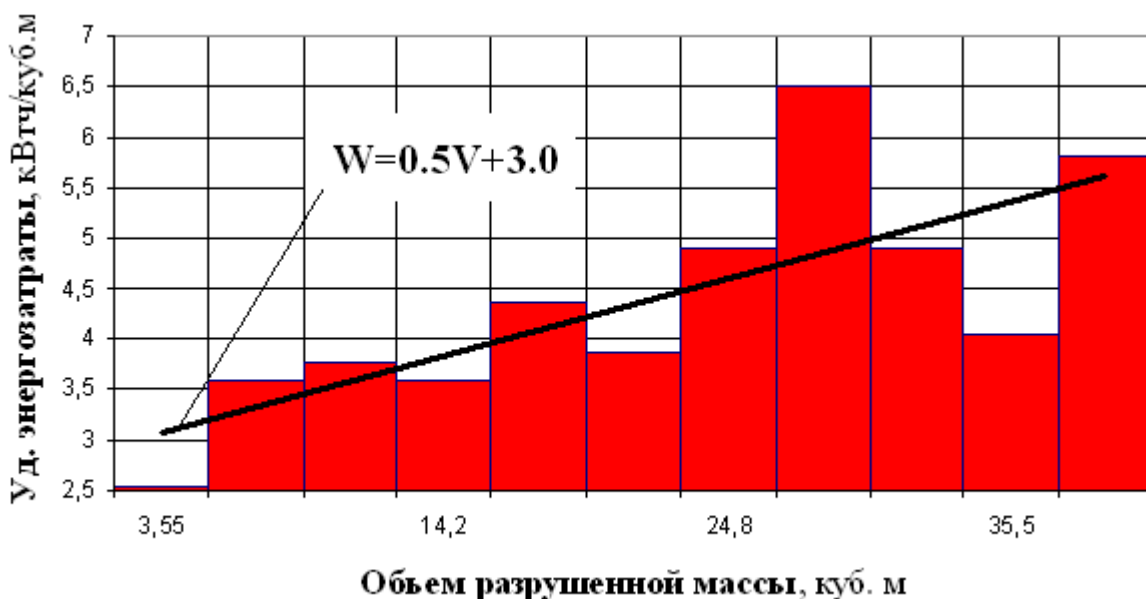


Рисунок 7 – Изменения удельных энергозатрат за период между ремонтными сменами (интервал 1)

Удельные энергозатраты за цикл обработки забоя и период между ремонтными сменами являются случайными величинами и зависят от ряда факторов, в том числе, таких как: величина перебора породы, опыт оператора проходческого комбайна, неравномерность замены рабочего инструмента и т.д.

Среднее значение полученные в результате обработки экспериментальных данных коэффициентов регрессии составляло $K_1 = 0,50 \pm 0,03$; $K_2 = 3,44 \pm 0,05$, а диапазон возможных значений с доверительной вероятностью 0,95, соответственно – для K_1 от 0,28 до 0,73 и для K_2 от 2,98 до 3,82.

Анализ рис. 6 и рис. 7 показывает, что после замены рабочего инструмента во время ремонтной смены удельные энергозатраты

резко падают, а затем по мере затупления рабочего инструмента в течение рабочих смен возрастают не менее чем в 1,5 раза.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что для поддержания необходимого уровня удельных энергозатрат, а, следовательно, и требуемых темпов проведения горных выработок, необходимо отслеживать и своевременно производить замену рабочего инструмента, для чего необходимо создавать средства контроля величины износа рабочего инструмента.

Список источников.

1. Функциональная модель комбайна для повышения темпов проведения выработок/ О.Е. Шабаев, А.К. Семенченко, А.И. Хиценко, О.Ю. Степаненко// Наукові праці Донецького нац. техн. ун-ту. Серія гірничо-електромеханічна. - Донецьк, .2012. - Вип. 23(196). – С.220-225.
2. Шабаев О.Е. Моделирование рабочего процесса проходческого комбайна как мехатронного объекта / О.Е. Шабаев, Н.В. Хиценко, Н.И. Стадник, В.А. Мизин // Вісті Донецького гірничого ін-ту / Донецький національний технічний університет. – Донецьк, 2011. – №1. – С. 72-83.
3. Кудлай Р.А. Блок регистрации произошедших событий на проходческом комбайне / Р.А. Кудлай, А.В. Мезников, Н.И. Стадник // Решение научно-технических проблем при создании и внедрении современного горно-шахтного оборудования. – Донецк, 2008. – С. 647–660.
4. Семенченко Д.А. Влияние кинематических изменений заднего и переднего углов поворотного резца на формирование усилия подачи// Наукові праці ДонДТУ. Серія гірничо-електромеханічна. Донецьк – 2001. – Вип.27. – С.340–344.
5. Мизин В.А. Экспериментальные исследования нагруженности системы подвески исполнительного органа проходческого комбайна КПД // Наукові праці ДонНТУ. – Донецьк: ДонНТУ, 2006. – Вип. 113. – С. 192–198.
6. Экспериментальные исследования режимов работы исполнительного органа проходческого комбайна / О.Е. Шабаев, А.К. Семенченко, Н.В. Хиценко, Н.И. Стадник // Горное оборудование и электромеханика. – 2010. – №10. – С.49 – 56.

