

**А.В. Бубликов, В.В. Бубликов, В.В. Загорудько**  
(Украина, Днепропетровск, Национальный горный университет)

## ОСОБЕННОСТИ РЕЖИМА РАБОТЫ ДОБЫЧНОГО КОМБАЙНА КДК 500 ПО КРИТЕРИЮ МИНИМАЛЬНЫХ УДЕЛЬНЫХ ЭНЕРГОЗАТРАТ (продолжение)

Далее определяется погрузочная способность шнекового исполнительного органа для вычисления критического значения скорости подачи по условию заштыбовки шнека, м<sup>3</sup>/мин (блок 22).

$$Q_{mp} = V_p \cdot 15 \cdot (D_{ш}^2 - d_{ш}^2) \cdot \left( S - \frac{\delta_{ш} \cdot N}{\cos(\alpha)} \right) \cdot \psi, \text{ м/мин} \quad (20)$$

где  $D_{ш}$  – диаметр винтовой поверхности шнека, м;  $d_{ш}$  – диаметр ступицы шнека, м;  $S$  – ход шнека;  $\delta_{ш}$  – толщина лопасти винта шнека, м;  $N$  – число заходов шнека;  $\alpha$  – угол подъема винта шнека, град.;  $\psi$  – коэффициент использования сечения шнека.

В блоках 23, 24 определяется производительность и удельные энергозатраты комбайна, с учетом влияния устойчивой мощности двигателя в соответствии с [1]. В блоках 25, 26, 27 вычисляются ограничения на скорость подачи по условиям усилия подачи, присечки резцом забоя и заштыбовки шнековых исполнительных органов, в соответствии с [2]. В блоке 28 проверяется количество итераций скорости подачи. Если это количество меньше заданного числа, то текущее значение скорости подачи увеличивается на величину шага (блок 30, 31), число итераций увеличивается на единицу и происходит переход на блок 5. Если равно заданному значению, то проверяется счетчик итераций сопротивляемости угля резанию (блок 29). Если значение этого счетчика меньше заданного, то увеличивается на величину шага значение сопротивляемости угля резанию (32, 33), счетчик увеличивается на единицу и происходит переход на блок 3. Если равно – алгоритм расчета заканчивает свою работу. Для других внешних воздействий математическая модель делается по аналогичному алгоритму.

На рис. 2 показана расчетная зависимость удельных энергозатрат комбайна в функции скорости подачи при различных значениях сопротивляемости угля резанию. Поскольку каждый привод резания имеет свой электродвигатель, момент от которого подается только на один исполнительный орган, моделирование рабочих характеристик комбайна проводилось для каждого исполнительного органа отдельно.

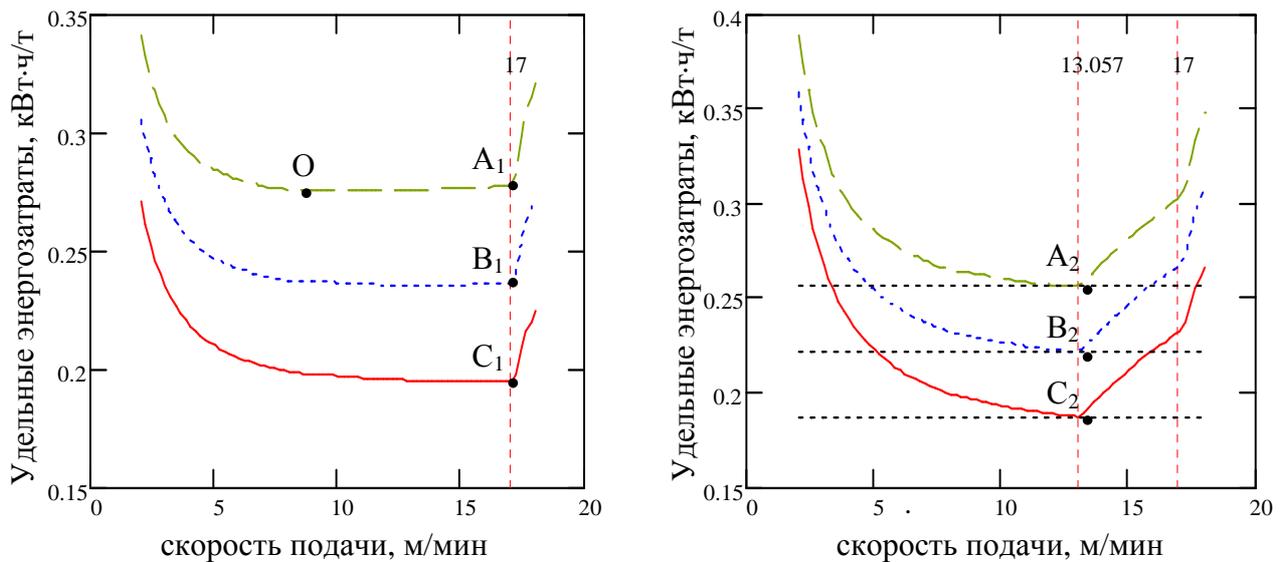


Рис.2. Зависимость удельных энергозатрат от скорости подачи при различных значениях сопротивляемости углю резанию

Слева на рисунке 2 приведен график зависимости удельных энергозатрат от скорости подачи для опережающего шнека. Сплошная линия, пунктирная и штрихпунктирная соответствуют значениям сопротивляемости углю 100, 125 и 150 Н/мм. Как видно из рисунка, и для опережающего, и для отстающего шнеков соблюдается закономерность снижения удельных энергозатрат при увеличении скорости подачи по экспоненциальной зависимости. Однако с ростом сопротивляемости углю резанию интенсивность снижения удельных энергозатрат убывает. Это связано с увеличением прироста мощности на единицу толщины стружки, и следовательно скорости подачи. Еще одна общая черта данных рабочих характеристик для обоих исполнительных органов, это расположение точек минимального оптимума  $A_1$ ,  $B_1$ ,  $C_1$  и  $A_2$ ,  $B_2$ ,  $C_2$  на одной вертикальной линии. Отсюда можно сделать вывод о том, что изменение сопротивляемости углю 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 углю резанию точка оптимума не смещается в горизонтальном направлении (оптимальное значение скорости подачи остается неизменным), но перемещается в вертикальном направлении.

Следует сделать одно важное замечание. Для опережающего шнека при сопротивляемости резанию 150 Н/мм точка минимального оптимума удельных энергозатрат находится в районе скорости подачи 8,8 - 9 м/мин (точка O), а не в точке  $A_1$ . Повышенный прирост мощности на единицу толщины стружки при самой высокой в нашем случае сопротивляемости углю резанию и полном охвате исполнительным органом забоя привел к тому, что наступил момент, когда интенсивность роста мощности с увеличением скорости подачи стала больше интенсивности роста производительности. Этот момент наступил в точке O. Одной из причин роста удельных энергозатрат после точки O можно также назвать неэффективное использование угла бокового развала. Для применяемой в

нашем случае схемы расстановки резцов есть оптимальное соотношение значений толщины стружки и шага резцов [2]. Отклонение от этого соотношения приведет к повышенной затрате мощности на разрушение угля. Но если сравнить разницу потери удельных энергозатрат при переходе от точки О к точке  $A_1$  ( 0,00167 кВт·ч/т ) и прирост производительности (в 1,93 раза), то становится ясно, что именно точка  $A_1$  является точкой оптимального режима работы добычного комбайна с позиции соотношения эффективности использования критериев рациональной работы.

Последнее наблюдение при анализе второго рисунка касается расположения вертикальных линий, на которых лежат точки оптимума, на оси скорости подачи. Если для опережающего шнека точкам оптимума  $A_1$ ,  $B_1$ ,  $C_1$  соответствует скорость подачи 17 м/мин ( момент наступления присечки лопастью шнека забоя), то для отстающего точкам оптимума  $A_2$ ,  $B_2$ ,  $C_2$  соответствует скорость подачи 13,057 м/мин. Это объясняется тем, что заштыбовка верхнего исполнительного органа, который ведет погрузку угля с бермы, наступает при 25 м/мин. Для отстающего шнека критическое значение скорости подачи по заштыбовке равно 13,057 м/мин. При работе в режиме заштыбовки, как известно, с дальнейшим увеличением скорости подачи значительно возрастают потребляемая мощность, и следовательно удельные энергозатраты, а также ухудшается сортность угля.

На рис. 3 представлены графики зависимости удельных энергозатрат комбайна от скорости подачи при различной степени затупления резцов для обоих шнеков (слева для опережающего шнека). Перечислим некоторые особенности данных рабочих характеристик комбайна КДК 500. Пунктирной, сплошной и штрихпунктирной линиям на графике соответствуют острое, средnezатупленное и затупленное состояния резцов. Обратим внимание на то, что в качестве забойных используются поворотные тангенциальные резцы РКС2, а кутковых - радиальные резцы ЗР4.80. Резцы РКС2 по мере затупления режущей части поворачиваются вокруг продольной оси державки, так что традиционная площадка затупления, которая имеет место у радиальных резцов, не образуется. Кроме того, в процессе работы резца интенсивно изнашивается державка, при этом увеличиваются задний и боковые углы (угол резания уменьшается) и вследствие этого нагрузки на исполнительный орган снижаются [2]. У резцов ЗР4.80 ситуация обратная: в процессе работы режущая часть резца притупляется, что приводит к росту нагрузок. Таким образом, рост нагрузок на исполнительный орган при затуплении резцов ЗР4.80 частично компенсируется снижением нагрузок по причине износа резцов РКС2. Этим можно объяснить тот факт, что затупление резцов для нашего случая существенно не влияет на нагрузку на исполнительном органе.

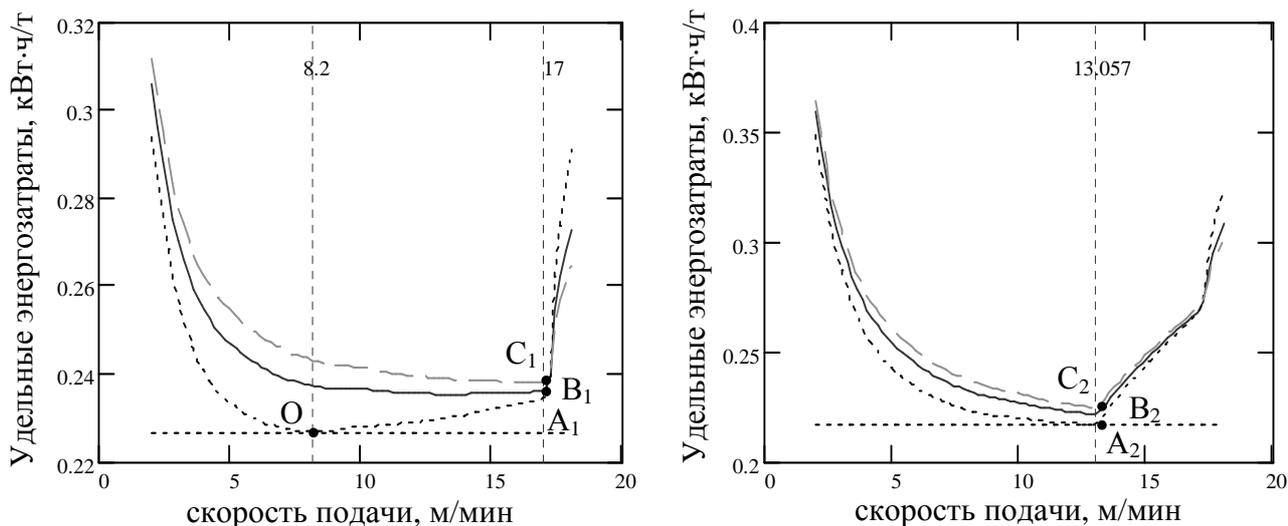


Рис.3. Зависимость удельных энергозатрат от скорости подачи при различной степени затупления резцов

Характер изменения положений точки минимального оптимума удельных энергозатрат при различной степени затупления резцов остался таким же, как и в случае изменения сопротивляемости угля резанию. Наблюдается незначительное перемещение точки оптимума в вертикальном направлении (точки  $A_1$ ,  $B_1$ ,  $C_1$  и  $A_2$ ,  $B_2$ ,  $C_2$ ), но намного меньшее, чем в первом случае. При этом оптимальное значение скорости подачи, при котором достигается минимальный оптимум удельных энергозатрат, не меняется. Следует заметить, что сделанный вывод не совсем справедлив для случая работы опережающего шнека с острыми резцами. Здесь минимальный оптимум удельных энергозатрат будет находиться в точке  $O$  (см. рис. 3). Но так же, как и в первом случае, точкой оптимального режима работы добычного комбайна с позиции эффективности использования критериев рациональной работы комбайна будет точка  $A_1$  (при переходе от точки  $O$  к точке  $A_1$  удельные энергозатраты увеличиваются с 0,22686 кВт·ч/т до 0,23446 кВт·ч/т, т. е. в 1,034 раза, тогда как производительность комбайна, при повышении скорости подачи от 8,2 м/мин до 17 м/мин, возрастает в 2,073 раза).

Рисунок 4 демонстрирует зависимость удельных энергозатрат добычного комбайна от скорости подачи при различных значениях мощности пласта. Как показывает богатая практика разработок пластов, обычно в разных участках лавы наблюдается неодинаковая высота пачки угля. Поэтому все системы управления добычными комбайнами сегодня выполняют функцию регулирования исполнительными органами по мощности пласта для предотвращения присечки породы. Данный рисунок показывает, как влияют колебания мощности пласта в процессе работы комбайна на удельные энергозатраты.

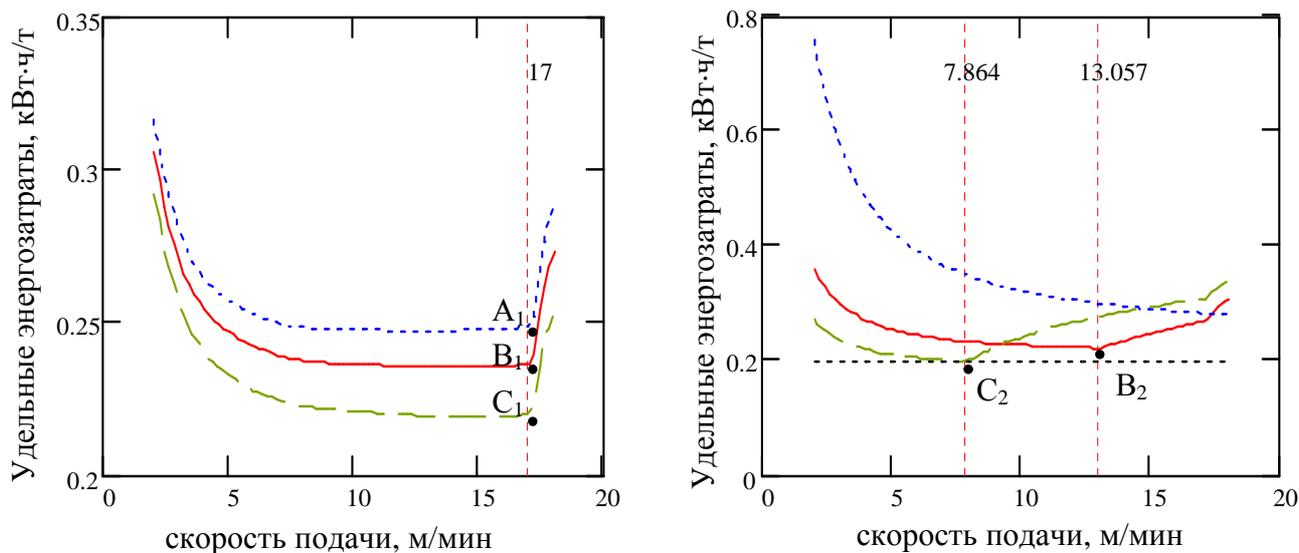


Рис.4. Зависимость удельных энергозатрат от скорости подачи при различном значении мощности пласта

На опережающем исполнительном органе (рисунок слева) наблюдается вертикальное смещение точки минимального оптимума удельных энергозатрат (точки  $A_1$ ,  $B_1$ ,  $C_1$ ). Это объясняется различным проявлением отжима на участках лавы с неодинаковой мощностью пласта. Скорость подачи, соответствующая минимальному значению потребляемой мощности на разрушение угля, остается для опережающего шнека неизменной.

Для отстающего шнека тоже имеет место вертикальное смещение точки оптимума, однако кроме вышеназванной причины это вызвано с одной стороны разными углами охвата исполнительным органом забоя, то есть высоты остающейся пачки угля, с другой – разным количеством угля, который необходимо погрузить на конвейер (даже если скорость подачи будет постоянной). Последняя причина также приводит и к горизонтальному смещению точки оптимума. Это означает, что для различных значений мощности пласта на отдельных участках лавы скорость подачи, которая соответствует минимальному удельному энергопотреблению, при работе комбайна будет меняться.

В конце отметим причины, благодаря которым точки  $A_1$ ,  $B_1$ ,  $C_1$  и  $A_2$ ,  $B_2$ ,  $C_2$  для всех трех графиков являются точками минимальных оптимумов удельных энергозатрат. Для опережающего шнека рост удельных энергозатрат на графике правее этих точек вызван ограничением на скорость подачи по присечки угля резцом. Для отстающего эти точки соответствуют режиму работы добычного комбайна на грани заштыбовки отстающего исполнительного органа.

На основе проведенных исследований можно сделать два важных вывода. Так как полученные зависимости справедливы для усредненных значений удельных энергозатрат, то для реализации оптимального режима работы комбайна по критерию минимальных удельных энергозатрат необходимо измерять в процессе работы средние значения управляемых параметров. При этом нужно учитывать влияние внешних возмущающих воздействий, которые приводят к

“плаванию” точки оптимума, как было показано выше. Как правило, погрешность на усреднение управляемых параметров вызывает влияние низкочастотных внешних возмущающих воздействий, которые и были рассмотрены в данной статье.

И еще необходимо отметить тот факт, что в некоторых случаях, как показывают результаты моделирования, для нахождения оптимального режима работы добычного комбайна недостаточно рассматривать только какой-то один критерий рациональной работы. Только совместный анализ эффективности использования нескольких критериев рациональной работы добычного комбайна позволит найти оптимальный алгоритм управления добычным комбайном.

#### Список литературы

1. Костюков В.М., Сошенко И.Н. Высокопроизводительные очистные комбайны нового поколения КДК 500 и КДК 700 для пластов мощностью 1,35-4,3 м. // Уголь Украины. 2003. № 9. С. 13-16.
2. Позин Е.З, Меламед В.З., Тон В.В. Разрушение углей выемочными машинами/ Под ред. Е.З. Позина. -М.: Недра, 1984.- 288 с.
3. Классификация по сопротивляемости резанию углей и угольных пластов основных бассейнов СССР // Отчет ИГД им. А.А. Скочинского.- М.: 1970.