

## ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ПРОХОДЧЕСКИХ КОМБАЙНОВ КАК МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ

Семенченко А.К., докт. техн. наук, проф., Шабаев О.Е., канд. техн. наук, доц., Семенченко Д.А., канд. техн. наук, вед. н. с., Хиценко Н.В., канд. техн. наук, доц., Донецкий национальный технический университет

*Обоснованы пути снижения энерговооруженности высокопроизводительных проходческих комбайнов на основе их проектирования как мехатронных систем*

*It is grounded the way to decreasing of available power of highly productive heading machines based on mechatronic approach to its design*

**Проблема и ее связь с научными или практическими задачами.** Развитие угледобычи характеризуется все возрастающей интенсификацией нагрузки на очистной забой шахты. Суточная добыча угля из забоя, оснащенного современным механизированным комплексом типа МКД-90 из пласта мощностью 2 м составляет 3000 т/сутки и более. При такой добыче шахты с годовой добычей 4-5 млн тонн угля должна иметь порядка 4-5 очистных забоев, оснащенных современными комплексами. Интенсификация добычи позволяет обеспечивать снижение стоимости добываемого угля за счет повышения производительности труда шахтеров, сокращения затрат на транспортные и капитальные расходы, сокращение количества шахт, а следовательно и затрат на поддержание их структуры. Необходимым условием интенсификации добычи является повышение скорости проведения подготовительных выработок. Увеличение темпов проходки приводит к необходимости повышения энерговооруженности проходческих комбайнов.

**Анализ исследований и публикаций.** Тенденция развития энергомеханических систем, как показано в работе [1], характеризуется ростом доли интеллектуальных систем управления в технических объектах. Так, современный технический объект состоит на 40% из механических систем и по 30% - из электрических и интеллектуальных систем управления. Как показано в статье «Оценка необходимой энерговооруженности проходческих комбайнов, обеспечивающих интенсификацию горных работ» авторов Семенченко А.К., Шабаева О.Е., Семенченко Д.А., Хиценко Н.В. и Хомичука В.И., для обеспе-

чения высоких темпов проходки комбайнами существующих конструкций необходима (на практике трудно реализуемая) мощность привода исполнительного органа порядка 1500-4500 кВт. Это вызвано малыми значениями коэффициента качества управления комбайном  $k_y = k_z k_{up} / k_S k_W k_{кр}$ , включающим коэффициенты: готовности  $k_z$ , использования установленной мощности двигателя привода исполнительного органа  $k_{up}$ , перебора породы по контуру выработки  $k_S$ , удельных энергозатрат разрушения забоя  $k_W$ , крепления  $k_{кр}$ .

**Постановка задачи.** Цель исследования – обосновать пути повышения технического уровня проходческих комбайнов на основе их проектирования как мехатронных систем.

Задачи исследования:

- выявить пути повышения коэффициента качества управления комбайном;
- разработать структуру проходческого комбайна нового технического уровня как мехатронной системы.

**Изложение материала и результаты.**

Согласно данным [2] перебор по контуру выработки составляет даже при автоматизированном управлении до 20% от сечения выработки вчерне ( $k_S=1,2$ ). Определяющее влияние на величину перебора наряду с кинематикой исполнительного органа и формой коронки оказывает точность обработки забоя, обеспечиваемая системой управления комбайна. Снижение величины  $k_S$  может быть реализовано на основе повышения качества реализации сложных и точных движений исполнительного органа, что обуславливает применение систем интеллектуального управления.

Величина коэффициента крепления  $k_{кр}$  определяется затратами времени на несовмещенные по времени с процессом разрушения забоя операции по установке крепи и может быть оценена по зависимости:

$$k_{кр} = \frac{T_p}{T_p - V t_{кр}},$$

где  $T_p$  - плановое число рабочих часов в сутки;  $V$  - суточные темпы проходки, м/сут;  $t_{кр}$  - длительность крепления одного погонного метра выработки (не совмещенного с процессом разрушения забоя), ч.

На рис. 1 приведена зависимость  $k_{кр}$  от месячных темпов проходки при различных значениях  $t_{кр}$  (0,1-0,4 ч) и  $T_p=20$  ч. Анализ зависимости показал, что увеличение длительности несомещенных операций приводит к росту необходимой установленной мощности привода исполнительного органа, при чем интенсивность роста существенно зависит от требуемых темпов проходки. Поэтому одним из условий достижения высоких темпов проходки является обеспечение механизации и автоматизации процесса установки крепи, а также максимальное его совмещение по времени с разрушением забоя.

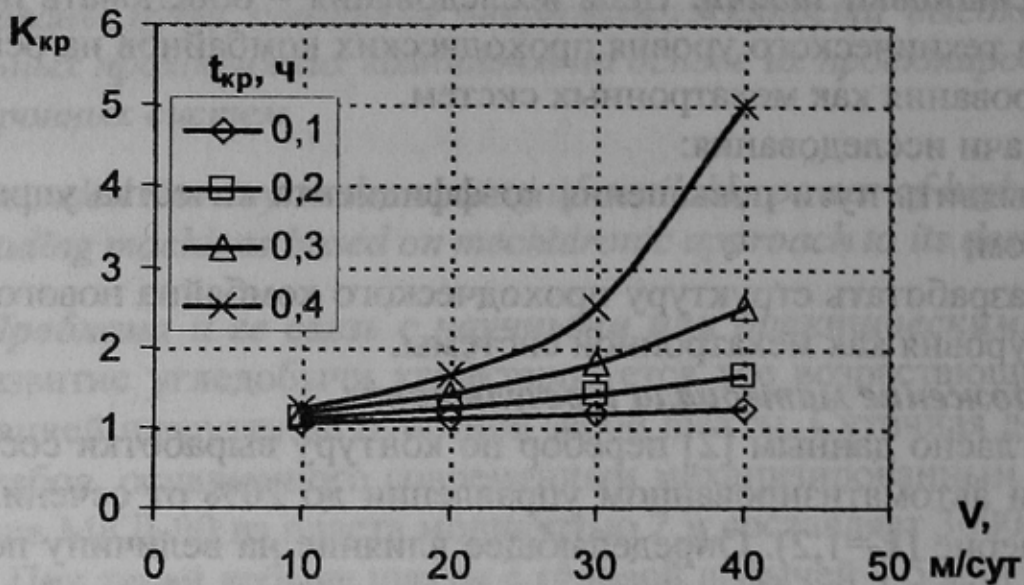


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента крепления от требуемых суточных темпов проходки при различных длительностях крепления метра выработки

Коэффициент готовности  $k_2$  является одним из интегральных показателей надежности проходческого комбайна и для комбайнов существующих конструкций имеет значения порядка 0,85-0,92. Коэффициент готовности машины закладывается на стадии ее проектирования и изготовления, зависит от условий ее применения и принятой стратегии планирования ремонтов. Коэффициент готовности может быть повышен за счет совершенствования ремонтного цикла на базе прогнозирования технического состояния элементов конструкции комбайна с применением средств технической диагностики, а также за счет снижения нагрузок в переходных режимах средствами интеллектуального управления.

Определяющее влияние на значение  $k_w$  оказывают параметры стружкообразования на резцах исполнительного органа, кото и физико-механические характеристики разрушаемых пород. При обеспечении рациональных параметров среза на резцах коронки возможно получить  $k_w \approx 1$ .

Коэффициент  $k_{up}$  характеризует недоиспользование установленной мощности привода исполнительного органа, обусловленное несовершенством принятого способа регулирования нагрузки на двигатель привода исполнительного органа в заданном диапазоне изменения прочностных характеристик разрушаемых пород.

Необходимость в регулировании нагрузки на привод исполнительного органа возникает из-за широкого спектра условий эксплуатации комбайна и производится с целью максимального использования установленной мощности (максимальное значение  $k_{up}$ ) как одного из условий достижения максимальной производительности. В условиях Донбасса (Украина) для проходческого комбайна типа П110 разброс прочностных характеристик разрушаемых пород составляет от 20 до 1400 МПа. Анализ коэффициента  $k_{up}$  для различных способов регулирования нагрузки для комбайна типа П110 в условиях Донбасса показал [3], что применяющиеся на практике способы регулирования нагрузки на приводной двигатель без изменения скорости вращения коронок позволяют обеспечить средний уровень использования установленной мощности не более 60 % ( $k_{up}=0,6$ ), тогда как использование параметрической стабилизации позволяет повысить этот показатель до 90 %, то есть в 1,5 раза. Данный результат получен для условий Донбасса, в условиях других угольных бассейнов можно также прогнозировать существенное влияние способа регулирования нагрузки приводного двигателя на эффективность использования его установленной мощности, однако численные значения  $k_{up}$  требуют уточнения.

В дополнение к вышесказанному, при ручном управлении работой исполнительного органа значение  $k_{up}$  будет дополнительно существенно снижено вследствие ограниченных возможностей машиниста отслеживать и прогнозировать нагрузку на привод и низкой скорости реакции на изменение нагрузки.

Очевидно, что экономически наиболее целесообразным является создание комбайнов, обеспечивающих заданную производительность при минимальной установленной мощности привода, так как это

обеспечивает снижение их металлоемкости, энергопотребления и габаритов и повышение.

С учетом вышеприведенного анализа составляющих коэффициентов, для комбайнов существующих конструкций при обеспечении необходимых высоких темпов проходки (на уровне 30-40 м/сут) коэффициент  $k_y$  принимает значения в широких пределах – от 0,014 до 0,190 в зависимости от используемого способа регулирования нагрузки и затрат времени на крепление. То есть для обеспечения указанных темпов установленная мощность двигателя привода исполнительного органа должна быть завышена минимум в пять раз. Задача обеспечения высоких значений коэффициента качества управления может быть решена на этапе проектирования комбайна. Таким образом, перспективным является проектирование проходческих комбайнов как мехатронных систем [1] с использованием средств интеллектуального управления, реализующих высокоэффективные способы регулирования нагрузки и другие функции, обеспечивающие значение  $k_y$ , близкое к единице. В этом случае проходческий комбайн должен иметь структуру, представленную на рис. 2. Управление приводами осуществляется компьютером согласно заданию, полученному от человека-оператора с учетом показаний датчиков о состоянии энергомеханических систем комбайна и разрушаемого массива. Оператор по отчетам компьютера и показаниям индикаторов наблюдает за работой комбайна, при необходимости внося корректировку путем выдачи команд компьютеру. С целью реализации эффективного способа регулирования нагрузки на приводные двигатели приводы подачи и резания выполнены регулируемы, при этом закон регулирования задается компьютером согласно предварительно заложенной программе. Для функциональной интеграции проходческого комбайна в проходческий комплекс, предусмотрена связь компьютера с компьютерной системой управления комплекса.

#### ***Выводы и направление дальнейших исследований.***

Наиболее весомый фактор, приводящий к завышению установленной мощности привода – неучет системой управления целого ряда особенностей конструкции и процесса функционирования комбайна, что является допустимым при низких темпах проходки, однако неприемлемо в перспективе. Для обеспечения высоких темпов проходки комбайн должен проектироваться как мехатронная система с интеллектуальной системой управления, обеспечивающей наряду с прочими функциями:



Рисунок 2 – Структура мехатронной системы «проходческий комбайн»

- высокое качество реализации сложных и точных движений исполнительного органа;
- автоматизацию вспомогательных операций проходческого цикла с максимальным их совмещением по времени с разрушением забоя;
- комплексную техническую диагностику состояния основных систем комбайна;
- эффективное регулирование нагрузки на привод исполнительного органа с обеспечением рациональных режимов разрушения забоя и характера нагружения элементов конструкции.

Список источников.

1. Подураев Ю.В., Кулешов В.С. Принципы построения и современные тенденции развития мехатронных систем // Мехатроника. – 2000. - №1. – С. 5-10.
2. Киклевич Ю. Н. Шахтная робототехника. – К.: Техніка, 1987. – 159с.
3. Семенченко А.К., Хищенко Н.В. Оценка эффективности способов регулирования нагрузки на привод резания комбайна типа П110 в условиях Донбасса // Вісті Донецького гірничого інституту. - 2004. - №2 - С. 109-115.

Дата поступления статьи в редакцию: 01.11.06