

УДК 330.131.5:622.232.72

## ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ОЧИСТНЫХ КОМБАЙНОВ

Силаев В.И., докт. техн. наук, проф.

Донецкий государственный университет управления

*Рассмотрены современные автоматизированные очистные комбайны, изложены пути повышения эффективности их эксплуатации за счет использования информационных технологий.*

*Up-to-date automatised clearing combines are under consideration. Ways of improving the efficiency of their operation, owing to using information technologies, are stated.*

### **Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.**

В настоящее время осваивается серийный выпуск нескольких типов высокопроизводительных автоматизированных очистных комбайнов нового технического уровня. Их использование позволит значительно повысить нагрузку на забой и в целом поднять уровень добычи угля в Украине. Однако, во многих случаях потенциальные возможности этих комбайнов реализуются не в полной мере вследствие наличия ограничений: горно-геологические условия, смежное оборудование, квалификация обслуживающего персонала. Поэтому задача уменьшения их влияния за счет усовершенствования алгоритмических и схемных решений систем и средств автоматизации является актуальной.

**Анализ исследований и публикаций.** В зависимости от решаемых системами автоматизации задач можно выделить несколько поколений серийно выпускаемых автоматизированных очистных комбайнов.

Первые комбайны, оснащаемые средствами автоматизации, начали выпускаться в начале 70-х годов прошлого столетия. Это были комбайны 2К-52, 1К-101, КШ-1Кг и др. подающими частями Г404А, Г40Т или Э400А. Их системы управления включали как минимум три подсистемы [1]:

- подсистему управления электроснабжением – включение и отключение контактов с элементами защиты и блокировок, а также контроля состояния электрических цепей:

- подсистему автоматического регулирования нагрузки электропривода и скорости подачи, защиты двигателя от перегрузки;
- подсистему предупредительной сигнализации о пуске и начале движения машины и громкоговорящей связи с рабочими в лаве и оператором на штреке.

При появлении двухдвигательных комбайнов типа ГШ-68 и КШ-3м возникла необходимость в подсистеме программного управления запуском двигателей.

На этом этапе целью автоматизации было обеспечение максимально возможной скорости подачи за счет автоматического поддержания нагрузки привода на уровне устойчивой мощности двигателя и предотвращения его опрокидывания. Для этого использовался самонастраивающийся регулятор, параметры которого изменяются в соответствии с изменением динамических характеристик горного массива и самой машины. Так как во многих случаях величина скорости подачи ограничивается горно-геологическими условиями, технологическими соображениями или производительностью смежного оборудования, регулятор имел второй канал – управления скоростью, приоритетный по отношению к каналу нагрузки.

Системы автоматизации усовершенствовались, развивались, расширялись их функциональные возможности.

В дополнение к названным подсистемам комбайны следующего поколения (типа РКУ, К103, КА80), оснащаются качественно новой подсистемой контроля состояния машины и окружающей среды, встроенными средствами информационными и соответствующими технической диагностики [2, 3], которые позволяют предотвращать повреждение комбайна, сократить его простои, связанные с поиском и устранением отказов, производить ремонтно-профилактическое обслуживание по фактическому состоянию [4, 5, 6].

Целью автоматизации новейших очистных комбайнов КДК500, КДК700, УКД300, УКН400 с частотно-регулируемым приводом подачи является обеспечение заданного уровня добычи шахты в условиях высокой концентрации горных работ [7, 9]. Системы автоматизированного управления и контроля этих машин разработаны как для автономной работы, так и в составе автоматизированной системы противоаварийной защиты шахт (АСПАЗШ) [8], реализующей концепцию обеспечения безопасности работ в шахте неотделимы друг от друга факторами, на основе многоуровневого прогноза состояния

всех элементов технологической цепи шахты и технологической системы в целом.

**Постановка и решение задачи.** Многие источники экономической и социальной эффективности от автоматизации уже исчерпаны. Поэтому необходимо сформулировать новые критерии оценки эффективности и определить пути ее дальнейшего повышения.

Высокая энерговооруженность современных комбайнов (мощность привода от 300 до 710 кВт) обеспечивает высокие нагрузки на забой [10], а, следовательно, их количество на подавляющем большинстве шахт Украины может быть сокращено до 1-3. В этих условиях одним из основных требований, предъявляемых к забойному оборудованию, является его высокая работоспособность, которая зависит от системы управления.

Целевая функция автоматизации очистного комбайна II поколения приведена в [5]:

$$\begin{aligned} C_k &= \sum_{i=1}^n \alpha_i C_i \rightarrow \max; \\ \text{при } \sum_{i=1}^n \alpha_i &= 1; \\ P_d &\leq P_{уст} \end{aligned} \quad (1)$$

где  $C_i$  – частные критерии цели;

$\alpha_i = \alpha_i(t)$  – переменные во времени, весовые коэффициенты;

$P_d$  и  $P_{уст}$  – соответственно заданная и устойчивая мощность двигателя резания.

К частным критериям отнесены объем добычи из лавы, сортность угля, зольность вынимаемой массы, время эксплуатации комбайна, энергоемкость выемки, формируемый профиль выработанного пространства, трудоемкость обслуживания машины, условия труда машиниста.

Аппаратура управления очистными комбайнами III поколения обеспечивает:

- управление режимом работы комбайна;
- управление комбайном с переносного пульта по радио;
- отработка пластов, опасных по выбросам угля и газа при управлении со штрека во время выемки в наиболее опасных участках лавы;

- широкую диагностику состояния машины и окружающей среды с отображением необходимой для эксплуатации информации;
- повышение эксплуатационной надежности, ремонтной пригодности и безопасности обслуживания;
- возможность передачи информации о работе комбайна на поверхность диспетчеру шахты.

Расширенные диагностические возможности аппаратуры позволяют повысить работоспособность комбайна. При этом важно обеспечить достоверность получаемой информации за счет надежности устройств контроля и линий связи ( $R_i$ ), которая достигается путем усложнения аппаратных решений (например, резервированием) и программного обеспечения, что связано с дополнительным вложением ресурсов.

Оптимизация надежности  $R$  осуществляется по критерию ее максимума при ограниченных ресурсах  $C_0$ :

$$\max_c R[S, R_i(C_i)] \left| \sum_{i=1}^n C_i \leq C_0 \right. \quad (2)$$

или минимума ресурсов для достижения заданной надежности  $R_0$ :

$$\min C[S, R_i(C_i)] \left| R_0 \right. \quad (3)$$

Эффективность контроля определяется зависимостью

$$\Theta = \frac{K_p}{K_n} = \frac{C_k \sum_{i=1}^n I_{p_i}}{C_n I_n}, \quad (4)$$

где  $K_p$  и  $K_n$  – обобщенные статистические характеристики реального и идеального процессов контроля;

$I_p$  и  $I_n$  – количество информации, получаемое от реальной и идеальной систем контроля;

$C_p$  и  $C_n$  – математическое ожидание стоимости реального и идеального процессов контроля.

Одно из направлений повышения эффективности эксплуатации комбайнов, уменьшения вероятности их повреждения – развитие программного обеспечения системы для разработки алгоритма управления ресурсом.

Аппаратная часть подсистемы контроля и технической диагностики новых комбайнов достаточно развита и ее дальнейшее наращи-

вание по конструктивным соображениям практически исключено. В то же время вычислительные возможности бортового контролера используются не полностью. К тому же через общешахтную компьютерную сеть системы АСПАЗШ [8] комбайн подключен к банку данных на поверхности шахты. Это создает дополнительные возможности существенного расширения программных методов оценки работоспособности комбайна, прогнозирования отказов и ударных нагрузок за счет накопления и обработки информации о распределении по длине лавы и динамике прочностных характеристик массива особенно твердых включений, количестве затяжных пусков, что позволит оценивать величину остаточного технического ресурса, назначать сроки проведения ремонтно-профилактических работ.

Второе направление – определение оптимального режима работы комбайна, исходя из необходимости решения общей задачи – обеспечения заданного объема общешахтной добычи угля. В качестве критерия эффективности использования комбайна можно принять максимум полученной за время его эксплуатации  $T_3$  прибыли

$$P_p = \sum_{t=1}^{T_3} \left[ \sum_{i=1}^n C_i Q_i(x_1, x_2, \dots, x_n) - \sum_{k=1}^m C_{pk} x_k \right] \rightarrow \max \quad (5)$$

$$\text{при } x_k \geq 0, i = \overline{1, n}, k = \overline{1, m}, T_3 \geq T_p$$

где  $Q_i(x_n)$  – объем производства угольной продукции  $i$ -го забоя;

$C_i$  – цена единицы продукции  $i$ -го забоя;

$x_k$  – объем ресурсов  $k$ -го вида, необходимых для производства угольной продукции;

$C_{pk}$  – цена единицы ресурса  $k$ -го вида;

$n$  – количество забоев;

$m$  – количество необходимых для производства видов ресурсов;

$T_p$  – технический ресурс комбайна.

Исходя из конкретных условий на шахте – состояния остальных забоев и технологического оборудования, спроса на угольную продукцию определенного качества, определяется необходимая в данный момент уставка производительности данного комбайна с учетом ограничений по остаточному ресурсу.

Для решения этой задачи необходимо установить зависимость между спектрами нагруженности комбайна и его техническим ресурсом. Это позволит обеспечить эксплуатацию комбайна в течение заданного срока  $T_3$ . В настоящее время режим работы комбайна задается в значительной мере интуитивно на основании предыдущего опыта

с учетом режимных ограничений, что обеспечивает необходимую в данный момент производительность, но не гарантирует длительную эффективность эксплуатации машины.

**Выводы и направления дальнейших исследований.** Осваивается производство высокопроизводительных, конкурентоспособных, автоматизированных очистных комбайнов. Для повышения эффективности их использования необходимо разработать новые алгоритмы обработки информации, позволяющие оптимально использовать технический ресурс машины, максимизировать объем получаемой за время ее эксплуатации прибыли.

Список источников:

1. Аппаратура автоматизации очистных комбайнов / В.Н.Захаров, В.И.Силаев, В.Н.Сирченко. – М.:Недра,1986. – 128 с.
2. В.А.Резников, В.И.Гамалюк. Диагностическая модель регулятора нагрузки УРАН // Автоматизация забойного оборудования. Сб. научных трудов № 9. – М.: Гипроуглеавтоматизация, 1984. – С. 104-110.
3. В.А.Резников,В.И.Силаев, Л.П.Хорунжая Алгоритмы работы встроенного устройства вибродиагностики забойных машин // Забойная автоматика. Сб. научных трудов. – М.: Гипроуглеавтоматизация, 1988. – С. 100-104.
4. Н.В.Кияновский. Модель и преимущества ресурсно-корректирующей профилактики в процессах эксплуатации оборудования // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Гірничо-електромеханічна». Вип. 99. – Донецьк: ДонНТУ, 2005. – С. 90-96.
5. В.И.Силаев. Целевая функция системы автоматизации очистных комбайнов // Автоматизация забойного оборудования. Сб. научных трудов. – Донецк: Автоматгормаш, 1990. – С. 5-17.
6. В.И.Силаев. Перспективные направления автоматизации в угольной промышленности в современных условиях // Уголь Украины, 1998. – № 12. – С. 36-39.
7. В.И.Силаев, В.Г.Синенко, Г.В.Курносов. Повышение эффективности систем автоматизации выемочных комбайнов. // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація. Вип. 48 / Редкол.: Кунцевич В.М. (голова), Башков Є.О. (заст. голови) та ін. – Донецьк: ДонНТУ, 2002. – С. 137-142.
8. В.Г.Курносов. Средства управления ГШО и противоаварийная защита шахт (безопасность, эффективность, контроль, прогноз и управление // Уголь Украины, 2003. – № 11. – С. 32-37.
9. В.Г.Курносов, В.И.Силаев, В.В.Синенко. Тенденции совершенствования аппаратуры автоматизации забойного оборудования // Матеріали II науково-практичної конференції “Донбас-2020: наука і техніка виробництву”. – ДонНТУ, 2004. – С. 181-185.
10. В.В.Косарев. Новый этап в развитии угольного машиностроения Украины (По материалам 8-й Международной выставки “Уголь/Майнинг - 2004”) // Уголь Украины, 2004. – № 12. – С. 3-10.