

КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА ВЫЕМОЧНЫХ МАШИН

БАБОКИН Г. И., ШПРЕХЕР Д. М., КОЛЕСНИКОВ Е. Б.

Рассмотрены известные прямые и косвенные методы диагностирования состояний режущего инструмента. Приводятся факторы, влияющие на энергоемкость разрушения угля. Показана возможность контроля правильности и эффективности функционирования режущего инструмента исполнительного органа выемочных машин по параметру энергоемкости разрушения. Предложено диагностировать техническое состояние исполнительного органа выемочных машин по суммарному износу резов шнеков, выраженному в относительных единицах. Установлены зависимости энергоемкости разрушения угля очистным комбайном со шнековым исполнительным органом от производительности его работы при разном относительном износе резов, которые позволяют определять техническое состояние исполнительного органа по фактически измеренной энергоемкости разрушения в процессе эксплуатации комбайна. Разработано устройство для диагностирования технического состояния исполнительного органа комбайна, включающее: блоки, измеряющие фактические значения мощности, потребляемой электродвигателями резания и подачи, и производительность комбайна; вычислительное устройство, определяющее фактическую энергоемкость разрушения и сравнивающее его с опорным значением. По результатам диагностирования сделан вывод о работоспособности исполнительного органа. При применении разработанного метода и нового устройства повышаются надежность и производительность очистного комбайна за счет увеличения продолжительности безаварийной работы с максимальной устойчивой мощностью привода.

Ключевые слова: выемочная машина; очистной комбайн; исполнительный орган; резец; износ резов; техническое состояние; энергоемкость.

Выемочные машины (ВМ) применяются в горнодобывающей промышленности и предназначены для механизации операций разрушения полезного ископаемого и его погрузки на транспортирующий конвейер. К выемочным машинам относятся очистные комбайны для подземной добычи угля, карьерные комбайны для добычи бокситов, фосфатов, известняка и других полезных ископаемых. Основным функциональным элементом современных комбайнов является исполнительный орган (ИО), отделяющий ископаемое от массива пласта. Исполнительный орган комбайнов имеет вид барабана или шнека, на котором закрепляются резцы [1, 2]. Момент сопротивления привода ВМ определяется суммой сил резания полезного ископаемого отдельными резцами исполнительного органа и сил, возникающих при погрузке на конвейер отбитого полезного ископаемого. Электрическая энергия, потребляемая приводом ВМ при эксплуатации, определяется многими факторами, основные из которых: сопротивляемость полезного ископаемого резанию (разрушению), параметры снимаемой стружки, износ рез-

Бабочкин Геннадий Иванович – доктор технических наук, профессор кафедры энергетики и энергоэффективности горной промышленности. 119991, г. Москва, Ленинский просп., 6, Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС». E-mail: babokinginov@yandex.ru

Шпрыхер Дмитрий Маркович – доктор технических наук, профессор кафедры электротехники и электрооборудования. 300012, г. Тула, просп. Ленина, 92, Тульский государственный университет. E-mail: shpreher-d@yandex.ru

Колесников Евгений Борисович – кандидат технических наук, доцент кафедры электроснабжения. 301650, г. Новомосковск Тульской обл., ул. Дружбы, 8, Новомосковский институт (филиал) Российского химико-технологического университета. E-mail: kolesnikov55@mail.ru

цов исполнительного органа, режим работы комбайна и др. (ГОСТ 12.44.258–84. Комбайны очистные. Выбор параметров и расчет сил резания и подачи на исполнительных органах. Методика. Введен с 01.01.1986. М.: Минуглепром СССР, 1984. 107 с.).

В процессе выемки полезного ископаемого исполнительным органом комбайна происходит непрерывный износ и поломка резцов, что ведет к росту удельных энергозатрат разрушения забоя, снижению эксплуатационной производительности и ресурса машины. В настоящее время контроль технического состояния исполнительного органа, а именно степени износа и количества поломок его резцов, осуществляется путем визуального осмотра при остановке комбайна, что приводит в ряде случаев к эксплуатации машины с чрезмерно изношенными или поломанными резцами [3]. Длительная работа комбайна с сильно изношенными резцами приводит к существенному снижению ресурса элементов трансмиссии исполнительного органа.

Поэтому актуальными являются исследование и разработка средств технической диагностики состояния рабочего инструмента исполнительных органов выемочных машин при эксплуатации.

В настоящее время в машиностроении применяются прямые и косвенные методы контроля технического состояния режущего инструмента [4].

К прямым методам контроля технического состояния относят: электромеханический, оптический, радиоактивный, пневматический, ультразвуковой и путем измерения сил резания резца. К косвенным методам относят: виброакустические измерения и измерение мощности электродвигателя привода резания.

Конструктивные особенности и условия работы исполнительных органов ВМ (в работе находится от 20 до 40 резцов, периодический режим работы каждого резца, трудности передачи сигналов с вращающихся резцов и т. д.) не позволяют применять прямые методы контроля технического состояния режущего инструмента.

Виброакустический метод контроля состояния режущего инструмента [5] предполагает правильный выбор рабочего частотного диапазона, т. е. диапазона, где наиболее видна зависимость амплитуды сигнала от износа режущей кромки. На практике сделать такой выбор достаточно проблематично, так как весь частотный диапазон ограничивается возможностями современных датчиков вибраций, не интеллектуализированных в достаточной степени и не оснащенных средствами самоконтроля [6].

В работе [7] предложено контролировать техническое состояние ИО путем измерения величины тока, потребляемого электродвигателем резания. Однако на величину тока резания влияет не только износ резцов, но и другие факторы – сопротивляемость полезного ископаемого резанию и скорость перемещения комбайна [8].

Известно, что постепенные и внезапные отказы оборудования, вызванные изнашиванием, поломками и деформацией деталей исполнительного органа, можно описать с единой энергетической точки зрения [8]. Контроль правильности и эффективности функционирования исполнительного органа ВМ возможен по значению средней энергоемкости разрушения полезного ископаемого, которая определяется отношением энергии, затраченной на выемку, к массе (объему) добытого полезного ископаемого за цикл работы (смену, сутки) [9].

В [7] приведены среднесуточные значения удельных энергозатрат процесса разрушения забоя проходческим комбайном с радиальными резцами, полученные в результате обработки данных эксперимента. Представленные данные указывают, что удельные энергозатраты изменялись более чем в 2 раза при незначи-

тельном изменении горно-геологических условий. Результаты эксперимента подтверждают существенную связь износа и поломок режущего инструмента в процессе эксплуатации комбайна с величиной энергоемкости разрушения угля.

Актуально установить влияние износа резцов исполнительного органа ВМ на энергоемкость разрушения полезного ископаемого при измеряемых параметрах режима работы комбайна и физико-механических свойств полезного ископаемого и разработать устройство для контроля технического состояния исполнительного органа.

В работе предложено контролировать техническое состояние исполнительного органа комбайна, а именно износ и поломку его резцов, путем непрерывного вычисления фактической энергоемкости разрушения полезного ископаемого в процессе эксплуатации комбайна, с учетом режимных параметров его работы и фактической сопротивляемости резанию, и сравнения полученной энергоемкости с эталонной.

Фактическую энергоемкость разрушения предложено определять по известному соотношению [10]:

$$E_{\text{ком}} = \frac{P_{\text{к}}}{Q_{\text{ком}}} = \frac{P_{\text{п}} + P_{\text{р}}}{Q_{\text{ком}}}, \quad (1)$$

где $P_{\text{к}}$, $P_{\text{р}}$, $P_{\text{п}}$ – фактические мощности, соответственно потребляемые электроприводом комбайна, электродвигателями резания комбайна, электродвигателями подачи комбайна, кВт; $Q_{\text{ком}}$ – фактическая производительность комбайна, т/ч.

Производительность комбайна определяется по формуле:

$$Q_{\text{ком}} = 60mB\gamma V_{\text{п}}, \quad (2)$$

где m – средняя вынимаемая мощность пласта, м; B – ширина захвата исполнительного органа комбайна, м; γ – плотность угля, т/м³; $V_{\text{п}}$ – скорость подачи, м/мин.

Для обоснования предложенного метода проведены аналитические исследования энергетических характеристик комбайна типа РКУ-13, разрабатывающего пласт угля с сопротивляемостью резанию $A = 200$ кН/м и степенью хрупкости угля при резании 1,6. Мощность пласта $m = 2,5$ м, ширина захвата комбайна $B = 0,63$ м. Двухшнековый комбайн имеет шнеки диаметром 1,25 м, каждый оснащен 30-ю радиальными резцами ЗР4-80 (20 забойных и 10 кутковых).

При определении энергетических характеристик комбайна предложено расчетную мощность, потребляемую электродвигателями резания, определять по формуле (ГОСТ 12.44.258–84. Комбайны очистные... 107 с.), [11]:

$$P_{\text{р}} = \sum_{i=1}^n (F_{0i} + K_{\text{и}} S_i) R \omega / (\eta_{\text{р}} \eta_{\text{ЭД}}),$$

где n – количество резцов шнека, находящихся в работе; F_{0i} – усилие резания на одном находящемся в работе резце, не имеющем износа, кН; $K_{\text{и}}$ – коэффициент, характеризующий увеличение усилия резания резца с увеличением площади его износа, кН/мм²; S_i – проекции площади износа (затупления) резца на плоскость резания, мм² (площадь износа); R , ω – радиус и скорость вращения шнека соответственно, м, 1/с; $\eta_{\text{р}}$, $\eta_{\text{ЭД}}$ – КПД редуктора и электродвигателя соответственно.

Исполнительный орган комбайна, имеющий n находящихся в работе резцов, характеризуется суммарной площадью износа всех резцов

$$S_{\text{ИО}} = \sum_{i=1}^n S_i.$$

Техническое состояние исполнительного органа комбайна предложено определять относительной величиной износа резцов

$$S^* = \frac{S_{\text{ИО}}}{S_{\text{ИОmax}}} \cdot 100 \%, \quad (3)$$

где $S_{\text{ИОmax}}$ – максимально возможный износ резцов исполнительного органа, равный $S_{\text{imax}}n$.

При этом принятое максимальное значение площади износа для резцов ЗРЧ-80 – 30 мм² [9]. В процессе работы комбайна суммарная площадь износа резцов $S_{\text{ИО}}$ может изменяться от нуля до $S_{\text{ИОmax}}$ и далее определяется по (3) в относительных величинах износа от нуля до 100 %. При этом площадь износа резцов ИО комбайна, например равная 90 мм² ($S^* = 10 \%$), может иметь место при износе четырех резцов по 20 мм² и одного 10 мм² или других сочетаниях износа каждого резца.

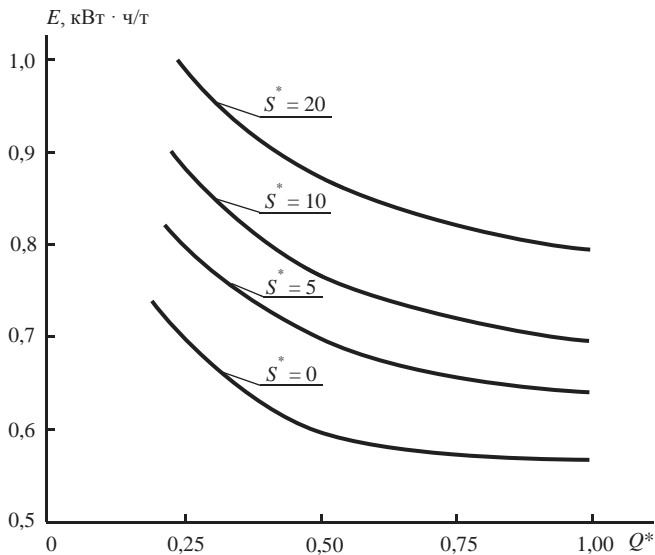


Рис. 1. Зависимость удельной энергоемкости разрушения угля от относительной производительности комбайна

Мощность, потребляемая электродвигателями подачи $P_{\text{п}}$, принималась пропорциональной составляющей усилия резания и сил трения на перемещение комбайна при работе по пласту с горизонтальным простиранием (ГОСТ 12.44.258–84. Комбайны очистные... 107 с.). Зависимость усилия резания на одном резце от площади его износа определялась по экспериментальным регрессионным уравнениям [11].

В результате расчета энергетических характеристик комбайна получены зависимости энергоемкости разрушения угля исполнительным органом от относительной производительности комбайна $Q^* = Q/Q_{\text{ном}}$ (где Q , $Q_{\text{ном}}$ – текущая и

номинальная производительность комбайна), при разной относительной площади износа резцов ИО – S^* (рис. 1).

Из представленных на рис. 1 зависимостей следует: при 5 % износа резцов ИО эксплуатируемого комбайна энергоемкость разрушения возрастает на 10–15 % по сравнению с ИО комбайна с новыми неизношенными резцами; при 10 % износа – соответственно на 22–25 % и при 20 % износа – соответственно на 40–47 %. Указанное позволяет считать работоспособным ИО комбайна при износе его резцов до 10 %.

При выявлении неработоспособности ИО комбайна необходима его остановка и замена поломанных и изношенных резцов. Измерение энергоемкости желательнее осуществлять устройством с погрешностью до 5 %.

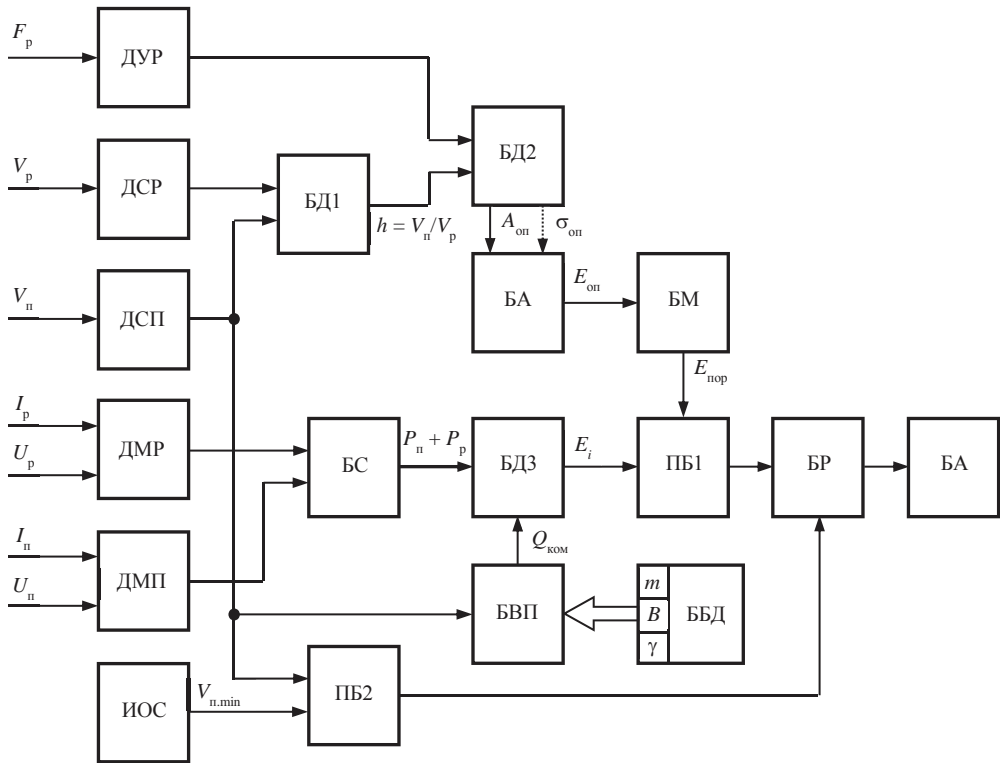


Рис. 2. Функциональная схема устройства диагностирования технического состояния исполнительного органа очистного комбайна

Следует отметить, что работа комбайна с износом резцов ИО 10–20 % приводит к потере 18–25 % его производительности от номинальной в режиме стабилизации регулятором нагрузки устойчивой мощности привода резания.

Для реализации автоматизированной оценки технического состояния исполнительного органа выемочных машин разработана универсальная подсистема диагностики (рис. 2) [12]. Универсальность подсистемы заключается в возможности ее встраивания в различные выемочные машины, в частности очистные комбайны, в виде отдельного модуля.

Устройство содержит: датчики усилия резания – ДУР; скорости резания и скорости подачи – ДСР, ДСП; датчики активной мощности электродвигателей привода резания и подачи – ДМР, ДМП; блоки деления – БД1, БД2, БД3; блок суммирования – БС; блок базы данных – БД; блок аппроксимации – БА; блок

вычисления производительности комбайна – БВП; источник опорного сигнала – ИОС; пороговые блоки – ПБ1, ПБ2; блок масштабирования – БМ; блок разрешения – БР; блок анализа – БА.

Диагностирование технического состояния исполнительного органа комбайна осуществляется следующим образом.

В блоках ДМР, ДМП по измеренным значениям фазных напряжений и фазных токов приводов подачи и резания осуществляется вычисление активных мощностей, потребляемых этими электродвигателями от сети, затем значения этих мощностей суммируются в БС. По измеренным значениям скорости подачи и скорости резания комбайна датчиками ДСП и ДСР в БД1 происходит деление V_n на V_p и вычисляется значение показателя h , соответствующего толщине стружки угля, снимаемой исполнительным органом комбайна.

В блоке ДУР измеряется сила резания комбайна на одном резце шнека. Для измерения можно воспользоваться контактным (механическим) датчиком *порода–уголь* [13] или одной малозубой шарошкой [14].

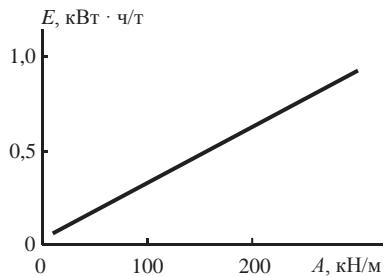


Рис. 3. Зависимость удельной энергоемкости разрушения от сопротивления угля резанию для комбайна РКУ

В блоке БД2 осуществляется деление силы резания F_p на толщину снимаемой стружки h . На выходе получаем фактическое (опорное) значение сопротивляемости угля резанию $A_{оп}$ или прочности горной породы $\sigma_{оп}$. Блок аппроксимации БА по величине $A_{оп}$ или $\sigma_{оп}$ согласно зависимости $E = f(A)$ (рис. 3) выдает на своем выходе значение опорной удельной энергоемкости разрушения резанием $E_{оп}$. Такая операция позволяет учесть влияние на энергоемкость разрушения сопротивляемости угля резанию. Чтобы учесть случайные сигналы, влияющие на энергоемкость, в схему добавляется блок БМ, сигнал на выходе которого $E_{пор}$ превышает $E_{оп}$ на некоторый постоянный коэффициент запаса.

В блоке базы данных ББД заложены конкретные параметры средней вынимаемой мощности пласта, ширины захвата комбайна, плотности угля для конкретной лавы. Они поступают в БВП, где по уравнению (2) вычисляется производительность комбайна. В БД3 по уравнению (1) вычисляется текущее значение энергоемкости E_i . В пороговом блоке БП1 значение E_i сравнивается с пороговым $E_{пор}$. Для нормального износа резцов ИО комбайна выполняется условие $E_i \leq E_{пор}$, сигнал поступает на первый вход блока разрешения БР.

Для избегания неточностей оценки технического состояния при пуске и маневровых операциях очистного комбайна предусмотрено, что расчет энергоемкости в устройстве производится лишь при установленной в качестве нижнего предела скорости подачи комбайна, которая, например, может быть принята по методике [15]. С этой целью в схему вычисления энергоемкости очистного комбайна (рис. 2) вводятся ИОС и ПБ2. ПБ2 сравнивает значение текущей скорости подачи, снимаемое с ДСП, с опорным (минимальным) значением $V_{n,min}$, которое присутствует на выходе ИОС, и при его превышении подает сигнал на второй вход БР.

Для избегания неточностей оценки технического состояния при пуске и маневровых операциях очистного комбайна предусмотрено, что расчет энергоемкости в устройстве производится лишь при установленной в качестве нижнего предела скорости подачи комбайна, которая, например, может быть принята по методике [15]. С этой целью в схему вычисления энергоемкости очистного комбайна (рис. 2) вводятся ИОС и ПБ2. ПБ2 сравнивает значение текущей скорости подачи, снимаемое с ДСП, с опорным (минимальным) значением $V_{n,min}$, которое присутствует на выходе ИОС, и при его превышении подает сигнал на второй вход БР.

При наличии сигналов на обоих входах БР поступает команда в блок анализа, который выдает информацию в автоматизированную систему участка шахты о техническом состоянии исполнительного органа комбайна.

Итак, предложено диагностировать техническое состояние исполнительного органа выемочных машин по суммарному износу резцов шнеков, выраженному в относительных единицах.

Установлены зависимости энергоемкости разрушения угля очистным комбайном со шнековым исполнительным органом от производительности его работы при разном относительном износе резцов, позволяющие определять техническое состояние исполнительного органа по фактически измеренной энергоемкости разрушения в процессе эксплуатации комбайна.

Разработано устройство для диагностирования технического состояния исполнительного органа комбайна, включающее блоки, измеряющие фактические значения мощности, потребляемой электродвигателями резания и подачи, и производительность комбайна, а также вычислительное устройство, определяющее фактическую энергоемкость разрушения и сравнивающее его с опорным значением. По результатам диагностики делается вывод о работоспособности исполнительного органа.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Классификация по сопротивляемости резанию углей и угольных пластов основных бассейнов СССР: краткий научный отчет. М.: ИГД им. А. А. Скочинского, 1970. 40 с.
2. Тон В. В. Исследование нагрузок на резцах для узкозахватных угледобывающих комбайнов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М.: ИГД им. А. А. Скочинского, 1971. 18 с.
3. Учебное пособие по организации работ и определению численности трудящихся в очистных забоях угольных шахт / под общ. ред. И. Ф. Ярембаша. Донецк: ДонНТУ, 2005. 90 с.
4. Верещагин В. Ю., Верещагина А. С., Кравченко Е. Г. Технология диагностики состояния режущего инструмента на станках с числовым программным управлением // Ученые записки Комсомольского на Амуре государственного технического университета. 2016. № II–1(26). С. 42–46.
5. Добровинский И. Р., Медведик Ю. Т., Медведик М. Ю. К вопросу контроля состояний режущей кромки резца виброакустическим методом // Изв. вузов. Поволжский регион. Технические науки. 2014. № 3(31). С. 102–116.
6. Шаблицкий А. Ю., Доля В. К. Метрологический самоконтроль в интеллектуальном акустическом пьезоэлектрическом датчике // Изв. вузов. Поволжский регион. Технические науки. 2012. № 3(23). С. 36–45.
7. Шабаев О. Е. Оценка влияния износа рабочего инструмента на величину удельных энергозатрат проходческого комбайна // Вісті Донецького гірничого інституту. 2012. № 1(30)–2(31). С. 477–485.
8. Бабокин Г. И. Целевой энергетический мониторинг (ЦЭМ) работы очистного комбайна // ГИАБ. 2007. № 5. С. 362–364.
9. Предупреждение разрушения деталей забойного оборудования / Н. Б. Шубина [и др.]. М.: Недра, 1985. 215 с.
10. Зайков В. И., Берлявский Г. П. Эксплуатация горных машин и оборудования М.: Изд-во МГГУ, 2006. 257 с.
11. Тон В. В., Баронская Э. И. Критерии износа резцов очистных комбайнов // Научные сообщения Акад. наук СССР. М.: Изд-во ИГД, 1988. С. 32–36.
12. Устройство управления электроприводом очистного комбайна: пат. 169576 Рос. Федерация. опубл. 23.03.2017. Бюл. № 9.
13. Костина М. С., Масленко В. О., Казакова Е. И. Автоматическое управление выемочными машинами в профиле пласта // Автоматизация технологичних об'єктів та процесів. Пошук молодих. Донецк: ДонНТУ, 2004. С. 450–452.
14. Способ автоматической ориентации угледобывающих комбайнов и устройство для его осуществления: пат. 2130546 Рос. Федерация. опубл. 20.05.1999. Бюл. № 15.
15. Способ регулирования высоты резания у очистных комбайнов с барабанным исполнительным органом: пат. 2490452 Рос. Федерация. опубл. 20.08.2013. Бюл. № 23.

Поступила в редакцию 2 ноября 2017 года

CONTROL OVER THE TECHNICAL CONDITION OF WINNING MACHINE EXECUTIVE BODY

Babokin G. I. – National Research Technological University “MISIS”, Moscow, the Russian Federation. E-mail: babokinginov@yandex.ru

Shprekher D. M. – Tula State University, Tula, the Russian Federation. E-mail: shpreher-d@yandex.ru

Kolesnikov E. B. – Novomoskovsk branch (institute) of D. Mendeleev University of Chemical Technology, Novomoskovsk, Tula region, the Russian Federation. E-mail: kolesnikov55@mail.ru

The known direct and indirect methods of diagnosing the condition of cutting tool are considered. Factors influencing coal destruction energy intensity are introduced. The possibility of controlling correctness and efficiency of winning machine executive body cutting tool operation according to the parameter of destruction energy intensity. It is proposed to diagnose the technical condition of the winning machine executive body according to the total wear of the augers cutters, expressed

in relative units. The dependences are stated of coal destruction energy intensity by the shearer with augers executive body on the capacity of its work under various relative wear of cutters, which make it possible to determine the technical condition of the executive body according to the actually measured destruction energy intensity in the process of the shearer exploitation. Device to diagnose the technical condition of the shearer executive body has been worked out, containing the blocks to measure actual values of power consumed by the electric motors of cut and feed, the shearer capacity, computing device, which determines destruction actual energy intensity and compares it to the reference value. According to the results of diagnosis the conclusion has been made about the efficiency of the executive body. As a result of applying the developed method and the new device, reliability and capacity of the shearer increase by means of increasing the duration of its trouble-free operation and maximum sustainable power of electric drive.

Key words: winning machine; shearer; executive body; cutter; cutters wear; technical condition; energy intensity.

REFERENCES

1. Brief scientific report "Classification according to the cuttability of coal and coal beds of the main basins of the USSR". Moscow, Skochinsky IM Publ., 1970. 40 p. (In Russ.)
2. Ton V. V. *Issledovanie nagruzok na reztsakh dlia uzkozakhvatnykh ugledobyvaiushchikh kombainov: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk* [Investigation of loads on the cutters for narrow-web coal mining stoping machines. Cand. eng. sci. abstract of diss.]. Moscow, Skochinsky IM Publ., 1971. 18 p.
3. *Uchebnoe posobie po organizatsii rabot i opredeleniiu chislennosti trudiashchikhsia v ochistnykh zaboiaxh ugol'nykh shakht. Pod obshch. red. I. F. Iarembasha* [School book on the organization of work and the determination of the workers number in the stoping faces of coal shafts. Edited by I. F. Iarembash]. Donetsk, DonNTU Publ., 2005. 90 p.
4. Vereshchagin V. Iu., Vereshchagina A. S., Kravchenko E. G. [The technology of diagnosing the state of the cutting tool at the machines with software numerical control]. *Uchenye zapiski Komsomol'skogo na Amure gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta – Scholarly Notes of Komsomolsk-na-Amure State Technical University*, 2016, no. II–1(26), pp. 42–46. (In Russ.)
5. Dobrovinskii I. R., Medvedik Iu. T., Medvedik M. Iu. [Regarding the problem of controlling the state of the cutting point using the vibro-acoustic method]. *Izvestiia vysshikh uchebnykh zavedenii. Povolzhskii region. Tekhnicheskii nauki – University Proceedings. Volga Region. Technical Sciences*, 2014, no. 3(31), pp. 102–116. (In Russ.)
6. Shablitskii A. Iu., Dolia V. K. [Metrological self-control in intelligent acoustic piezoelectric detector]. *Izvestiia vysshikh uchebnykh zavedenii. Povolzhskii region. Tekhnicheskii nauki – University Proceedings. Volga Region. Technical Sciences*, 2012, no. 3(23), pp. 36–45. (In Russ.)
7. Shabaev O. E. [The estimation of the influence of the working tool wear on the value of heading machine specific energy consumption]. *Visti Donets'kogo gornichogo institutu – Journal of Donetsk Mining Institute*, 2012, no. 1(30)–2(31), pp. 477–485.
8. Babokin G. I. [Special energy monitoring (SEM) of the shearer operation]. *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal) – Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*, 2007, no. 5, pp. 362–364. (In Russ.)
9. Shubina N. B., and others. *Preduprezhdenie razrusheniia detalei zaboinogo oborudovaniia. Pod red. V. I. Morozova* [Prevention against the destruction of the spare parts of stoping equipment. Edited by V. I. Morozov]. Moscow, Nedra Publ., 1985. 215 p.
10. Zaikov V. I., Berliavskii G. P. *Ekspluatatsiia gornnykh mashin i oborudovaniia* [Mining machines and equipment exploitation]. Moscow, MSMU Publ., 2006. 257 p.
11. Ton V. V., Baronskaia E. I. [The criterion of the shearer cutters wear]. *Nauchnye soobshcheniia Akademii nauk SSSR – Scientific Reports of the USSR Academy of Sciences*, Moscow, IGD Publ., 1988, pp. 32–36.
12. Shprekher D. M. *Ustroistvo upravleniia elektroprivodom ochistnogo kombaina* [Controlling device for the shearer electric drive]. Patent RF, no. 169576, 2017.
13. Kostina M. S., Maslenko V. O., Kazakova E. I. [Automatic control over the winning machines in a profile of a bed]. *Avtomatizatsiia tekhnologichnikh ob'ektiv ta protsesiv. Poshuk molodikh* [Automation of technological objects and processes. Searching for young]. Donetsk, DonNTU Publ., 2004, pp. 450–452.
14. Dolinskii A. M. *Sposob avtomaticheskoi orientatsii ugledobyvaiushchikh kombainov i ustroistvo dlia ego osushchestvleniia* [The method of automatic orientation of coal mining machines and device for its realization]. Patent RF, no. 2130546, 1999.
15. Kotke Frank. *Sposob regulirovaniia vysoty rezaniia u ochistnykh kombainov s barabannym ispolnitel'nyim organom* [The method of regulating the cutting height in shearers with drum-type executive body]. Patent RF, no. 2490452, 2013.