

УДК 622.232.7

Е.Ю. СТЕПАНЕНКО (канд. техн. наук, ст. преподаватель)

Донецкий национальный технический университет, Донецк

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА УПРАВЛЕНИЯ ПОДАЧЕЙ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА ПРОХОДЧЕСКОГО КОМБАЙНА НА ВЕЛИЧИНУ ПЕРЕБОРА ПОРОДЫ

Разработана математическая модель оценки и получены закономерности влияния способа управления подачей исполнительного органа проходческого комбайна на величину перебора породы.

Ключевые слова: перебор породы, проходческий комбайн, подача, исполнительный орган, адаптивное управление.

Проблема и ее связь с научными или практическими задачами. Одним из основных технологических процессов горношахтного предприятия является проходка подготовительных горных выработок, себестоимость которых в значительной степени определяется поверхностью забоя, формируемой при работе исполнительного органа. Характерной особенностью современных проходческих комбайнов (ПК) избирательного действия, наиболее распространенных на шахтах Украины, является невозможность точного воспроизведения заданного профиля выработки и, как следствие, значительные переборы породы. Поэтому одним из важнейших требований, предъявляемых к ПК нового технического уровня, является обеспечение высокой точности профиля выработки и качества ее поверхности.

Анализ исследований и публикаций. Исследованиям вопроса влияния перебора породы (рис.1) на эффективность процесса проходки горных выработок посвящены работы [1-6]. Согласно данным [1] даже при автоматизированном управлении перебор по контуру выработки составляет около 20% от сечения выработки в черне. Переборы затрудняют механизацию возведения крепи, приводят к дополнительным расходам электроэнергии и ресурса комбайна, сокращают его производительность, снижают срок службы выработки и увеличивают затраты на ее поддержание, а также требуют затрат на забутовку при креплении выработки.



Рис. 1. Фото «перебор породы»

При обеспечении высокой точности образуемого контура выработки снижается объем разрушаемой исполнительным органом породы, что приводит к снижению времени и затрат энергии на проходжение 1 км выработки, повышению ее устойчивости, а также исключают или значительно снижают объемы работ, выполняемые с использованием физического труда человека (подготовка поверхности забоя к установке крепи, забутовка пустот за крепью и т.п.) [2].

Существенное влияние на величину переборов породы при комбайновом способе проходки оказывают: форма режущей коронки, устойчивость корпуса машины, вывалы боковых пород выработки, а также инерционность системы «управляющие воздействия - исполнительный орган» проходческого комбайна. Таким образом, снижение величины перебора породы может быть обеспечено на основе повышения качества реализации сложных и точных движений исполнительного органа (ИО) за счет интеллектуального управления его подачей, то есть ПК должен рассматриваться как мехатронный объект.

Постановка задачи. Цель исследования – оценить влияние способа управления (ручное и адаптивное компьютерное) подачей ИО ПК на величину перебора породы при прохождении подготовительной выработки.

Изложение материала и результаты. Как было отмечено выше, одним из направлений повышения точности обработки контура выработки является применение ИО с режущими коронками, образующая линия поверхностей, формирующих профиль выработки, которых совпадала бы с требуемыми образующими линиями боковых стенок и почвы выработки [2]. На основе сравнения существующих форм режущих коронок ПК по критерию минимального перебора породы и фактору соответствия образующей линии поверхности коронок, формирующей профиль выработки, требуемым образующим линиями стенок и почвы выработки установлено, что наиболее благоприятной является сферическая форма коронки, поэтому при дальнейших исследованиях использовался ИО со сферической коронкой.

На рис.2 приведена схема формирования тела перебора породы при оконтуривании забоя сферической коронкой. Приняты следующие условные обозначения: OXYZ – система координат, связанная с центром сферы радиуса R; (abcd), (efg) – нижнее и верхнее основание $\frac{1}{4}$ тела перебора породы при оконтуривании забоя сферической коронкой; B – величина заглубления коронки в разрушаемый массив; C0 – величина перебора породы у боковых стенок выработки, обусловленная формой сферической коронки; C2 – величина перебора породы, обусловленная погрешностью способа управления подачей ИО.

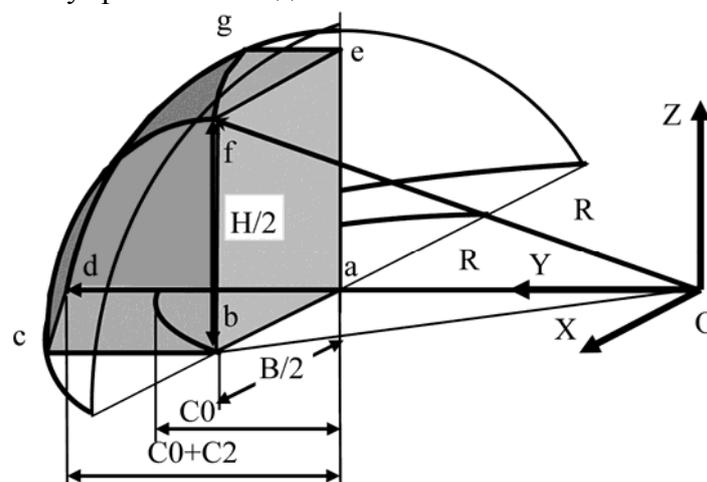


Рис. 2. Схема формирования тела перебора породы при оконтуривании забоя сферической коронкой

На рис.3 приведенные схемы воспроизведения заданного контура выработки с переборами породы, обусловленными погрешностями ручного управления (а) и формой коронки (б).

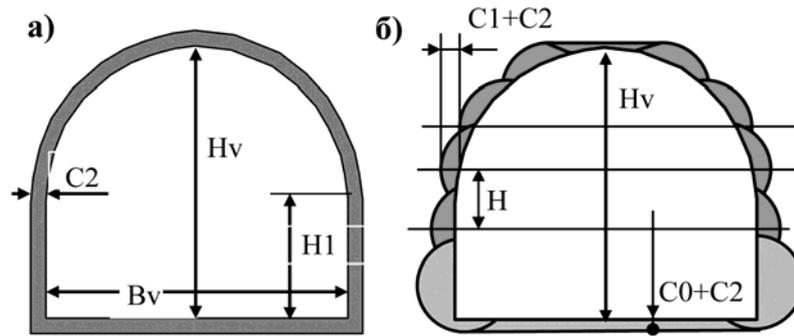


Рис. 3. Схема переборов породы, обусловленных погрешностями центрирования исполнительного органа (а) и формой коронки (б)

На схемах (рис.3) обозначены:

B_v , H_v – ширина и высота выработки арочного сечения;

H_1 – высота выработки от основания до арки;

H – шаг фрезерования;

C_0 и C_1 – величины перебора породы, обусловленные формой коронки у основания и боковых стенок выработки соответственно;

C_2 – величина перебора породы, обусловленная погрешностью ручного управления.

Величина перебора породы ΔV_r , обусловленного погрешностью ручного управления C_{2r} и формой сферической коронки, определяется как:

$$\Delta V_r = \frac{4P}{BH} \int_0^{0.5B} \int_0^{0.5H} \left[\sqrt{R^2 - x^2 - z^2} + C_{2r} - \sqrt{R^2 - (0.5B)^2 - (0.5H)^2} \right] dz dx,$$

где P – периметр выработки.

При адаптивном компьютерном управлении подачей ИО (структура системы управления, предполагающая наличие в гидроприводе подачи ИО индивидуальных насосов на каждую пару гидроцилиндров, реализующих движение ИО вверх-вниз и вправо-влево, приведена в работе [6]) появляется дополнительный режим обработки забоя – оконтуривание. Этот режим реализуется путем воспроизведения центром оси вращения режущих коронок траектории движения параллельной проектного контуру выработки на основе совмещения во времени двух режимов обработки забоя - вертикальной зарубки и бокового реза.

Величина перебора породы при адаптивном компьютерном управлении ΔV_a , обусловленного его погрешностью C_{2a} и формой сферической коронки, определяется как:

$$\Delta V_a = \frac{2P}{B} \int_0^{0.5B} \left[\left(\sqrt{R^2 - x^2} + C_{2a} - \sqrt{R^2 - (0.5B)^2} \right) dx \right]$$

Одной из составляющих погрешности способа управления подачей ИО ПК, является инерционность отработки управляющих воздействий, обеспечивающих срабатывание регуляторов нагрузки на привод резания комбайна и включение / выключение подачи его исполнительного органа. Как показано в работе [3], величина перебора породы за проектный контур выработки, обусловленных инерционными свойствами ПК и его силовых систем, достигает 20 - 55 мм в зависимости от контактной прочности разрушаемого горного массива.

По приведенным выше формулам определения величины перебора породы на 1 м проходки при ручном и адаптивном компьютерном управлении подачей стреловидного ИО, были получены закономерности изменения величины перебора породы в зависимости от глубины зарубки сферической коронки диаметром D_k в горный массив с учетом различных значений погрешностей указанных способов управления (рис.4).

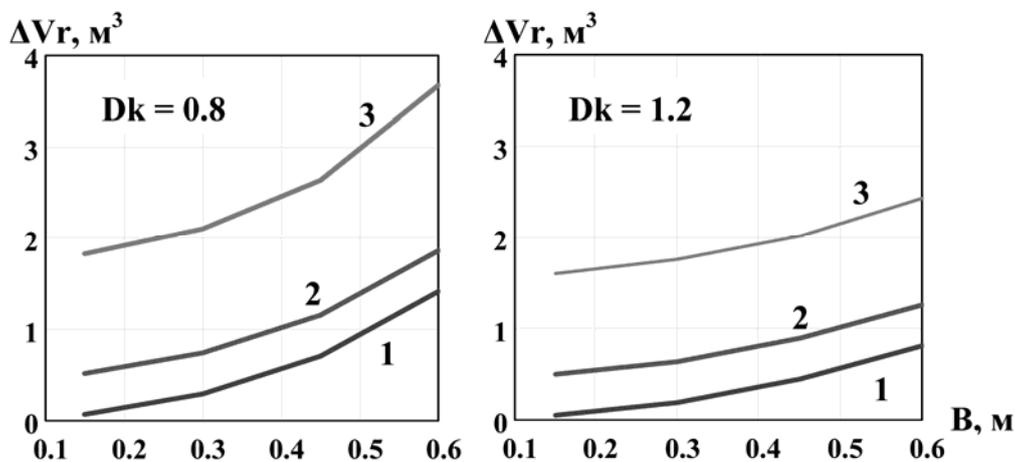


Рис. 4. Зависимости величины перебора породы на 1 м проходки от глубины зарубки сферической коронки в массив при ручном (3) и адаптивном компьютерном (1, 2) управлении подачей исполнительного органа

Анализ приведенных зависимостей показал, что:

- для диаметра сферической коронки 0.8 м увеличение глубины ее зарубки в массив от 0.1 до 0.6 м приводит к существенному увеличению величины перебора породы на 1 м проходки (от 1.9 до 3.6 м³ при ручном управлении со средним значением его погрешности порядка $S_{2r} = 0.08$ м – кривая 3; от 0.5 до 1.9 м³ при адаптивном компьютерном управлении со средним значением его погрешности порядка $S_{2r} = 0.03$ м – кривая 2 и от 0.1 до 1.4 м³ при ее исключении – кривая 1);
- увеличение диаметра сферической коронки от 0.8 до 1.2 м приводит к снижению величины перебора породы на 1 м проходки в пределах 1.5-1.7 раза при больших значениях глубины зарубки (0.3-0.6 м) и порядка 10% при ее значениях менее 0.3 м;
- переход от ручного управления подачей ИО со средним значением его погрешности порядка $S_{2r} = 0.08$ м (кривая 3) к адаптивному компьютерному с $S_{2r} = 0.03$ м (кривая 2) приводит к снижению величины перебора породы на 1 м проходки в 1.5-3.0 раза, причем наиболее существенный эффект достигается при значениях глубины зарубки менее 0.3 м. Исключение погрешности обработки забоя при адаптивном компьютерном управлении по-

зволяет достичь снижения величины перебора породы на 1 м проходки в 2.5 раза при максимальном значении глубины зарубки 0.6 м и более раз при малых ее значениях.

Таким образом, на основе анализа полученных зависимостей величины перебора породы на 1 м проходки установлено, что для наиболее характерных параметров разрушения ($B = 0.6$ м, $H = 0.3$ м) типовой последовательной схемы обработки забоя горизонтальными резами проходческим комбайном типа КПД переход от ручного управления подачей его ИО к адаптивному компьютерному позволяет достичь снижения величины перебора породы на 1 м проходки в 1.5 - 2.5 раза в зависимости от заданной точности компьютерного управления. При этом существенное влияние на величину перебора породы на 1 м проходки оказывают форма и размеры коронки. Так, увеличение диаметра сферической коронки в 1.5 раза (с 0.8 до 1.2 м) приводит к снижению объема перебранной породы в 1.7 раза.

Выводы и направление дальнейших исследований

Установлено, что одним из важнейших показателей эффективности работы проходческого комбайна является точность обработки заданного профиля выработки и качество ее поверхности. Разработаны математические модели, позволяющие оценить величину перебора породы при ручном и адаптивном компьютерном управлении подачей исполнительного органа проходческого комбайна, оснащенного сферической коронкой как наиболее благоприятной с точки зрения соответствия образующей линии ее поверхности, формирующей профиль выработки, требуемым образующим линиями стенок и почвы выработки. Установлено, что для наиболее характерных параметров разрушения ($B = 0.6$ м, $H = 0.3$ м) типовой схемы обработки забоя проходческим комбайном типа КПД переход к адаптивному компьютерному способу управления подачей его исполнительного органа позволяет (при сферической форме коронки) достичь снижения величины перебора породы на 1 м проходки в 1.5 - 2.5. При этом увеличение диаметра сферической коронки в 1.5 раза приводит к снижению объема перебранной породы в 1.7 раза.

Список использованной литературы

1. Перспективы развития проходческих комбайнов / А.К. Семенченко, О.Е. Шабаев, Д.А. Семенченко, Н.В. Хиценко // Горная техника: каталог-справочник. – С-Пб: ООО «Славутич», 2006. – С. 8-15.
2. Семенченко А.К. Теоретические основы анализа и синтеза горных машин и процесса их восстановления, как динамических систем / А.К. Семенченко, В.М. Кравченко, О.Е. Шабаев. – Донецк: РВА ДонНТУ, 2002. – 302 с.
3. Мехатронная система подачи исполнительного органа проходческого комбайна с интеллектуальным модулем воспроизведения контура выработки / О.Е. Шабаев, А.К. Семенченко, Н.В. Хиценко, Е.Ю. Степаненко // Проблеми експлуатації обладнання шахтних стаціонарних установок: зб. наук. праць. – 2008-2009. – Вип. 102-103. – С. 404-414.
4. Шабаев О.Е. Оценка влияния интеллектуальной системы "управление-подача" исполнительного органа проходческого комбайна на точность воспроизведения заданного профиля выработки / О.Е. Шабаев, А.К. Семенченко, Е.Ю. Степаненко // IX Szkola Geomechaniki 2009 / Międzynarodowa Konferencja Czesc II: zagraniczna: Materiały Naukowe. – Gliwice-Ustron, 2009. – С. 273-284.
5. Хорешок А.А. О состоянии и перспективах развития средств механизации горно-проходческих работ в условиях Кузнецкого угольного бассейна / А.А. Хорешок, В.В. Кузнецов, А.Ю. Борисов // Горная техника: Каталог-справочник. – С-Пб: ООО «Славутич», 2008. – С. 86-90.
6. Елоев А.К. Некоторые факторы, определяющие нарушенность горных пород при проходке выработок / А.К. Елоев А.К., К.А. Гаев, Т.И. Дзапарова // Труды молодых ученых. – 2009. – Вып. №1.

7. Степаненко Е.Ю. Структура и математическая модель мехатронной системы подачи стреловидного исполнительного органа проходческого комбайна / Е.Ю. Степаненко, О.Е. Шабаев, Д.А. Семенченко // Вісник Криворізького технічного університету. – 2012. – Вип. 31 С. – 36-41.

Надійшла до редакції 18.07.2013

О.Ю. Степаненко

ВПЛИВ СПОСОБУ КЕРУВАННЯ ПОДАЧЕЮ ВИКОНАВЧОГО ОРГАНУ ПРОХІДНИЦЬКОГО КОМБАЙНА НА ВЕЛИЧИНУ ПЕРЕБОРУ ПОРОДИ

Розроблена математична модель оцінки та отримані закономірності впливу способу керування подачею виконавчого органу прохідницького комбайна на величину перебору породи.

Ключові слова: перебір породи, прохідницький комбайн, подача, виконавчий орган, адаптивне керування.

Ye.Yu. Stepanenko

INFLUENCE OF CONTROL METHOD OF THE MOVEMENT OF THE EXECUTIVE PART OF HEADING MACHINE ON THE AMOUNT OF ROCKS EXCESS

We developed a mathematical model and defined the laws of influence of the control method of the movement of the executive part of the heading machine on the amount of rocks excess.

Keywords: rocks excess, heading machinery, movement, executive part, adaptive control.