

УДК 622.002.5:517:531.112

А. В. ЛОКТИОНОВ

Витебский государственный технологический университет, Витебск, Беларусь

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ МАШИНЫ И ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА С РЕЗЦОВЫМИ ДИСКАМИ

Рассматривается эффективность применения комбайна при проведении выработок сечением менее 10 м^2 . Дана конструктивная оценка эффективности исполнительного механизма с резовыми дисками. Рекомендовано для исключения контактирования боковых граней радиальных резов с разрушаемым массивом устанавливать под углом по ширине диска два реза, которые поочередно работают основными боковыми гранями только при определенном перемещении исполнительного органа. Установлено, что машины с продольно-осевыми режущими головками целесообразно посредством съемных устройств оснащать различным режущим инструментом применительно к большому диапазону горно-технических условий.

Ключевые слова: проходческий комбайн, исполнительный орган, резец, производительность, экономическая эффективность.

Введение. В соответствии с ГОСТ Р 50703–2002 [1] в горнодобывающей и горно-химической промышленности предусмотрены четыре типоразмера комбайнов, причем их площадь поперечного сечения не должна быть меньше $12,8 \text{ м}^2$. Стандарт распространяется на проходческие комбайны со стреловидным исполнительным органом, предназначенные для отбойки и погрузки разрушенной массы при проведении горных выработок. В то же время при разработке полезных ископаемых, добыче солей и прокладке туннелей для проведения подготовительных выработок сечением менее 10 м^2 и при малой протяженности необходима комплексная оценка эффективности использования машины и ее исполнительного механизма, осуществляющего разрушение обрабатываемого массива [2].

Конструктивная оценка эффективности резового исполнителя механизма. Основным узлом проходческого комбайна является его исполнительный орган, от которого зависят энергозатраты на разрушение массива, возможность проведения выработок различного поперечного сечения и формы, установки крепи у груди забоя и который определяет в конечном счете параметры комбайна в целом и эффективность его применения.

Схема обработки забоя при наиболее эффективном разрушении угля с поверхности может быть выбрана исходя из производительности исполнительного органа комбайна, которая зависит от возможных сочетаний элементарных движений реза (прямолинейного и вращательного), времени обработки забоя (времени подачи, холостого перемещения по забою, опускания, горизонтального качания), высоты одновременно обрабатываемого участка забоя и объема вынимаемого угля.

Анализ основных возможных схем обработки забоя показал, что по фактору производительности следует рекомендовать последовательную схему

обработки забоя при предварительном заглаблении рабочего органа или одновременную обработку забоя по всей высоте выработки. При этом необходимо предусмотреть изменение толщины срезов и регулирование до оптимального расстояния между ними в зависимости от крепости угля.

Для выбора рациональной конструкции резцового исполнительного органа комбайна, удовлетворяющего установленным требованиям, рассмотрены существующие и возможные конструктивные схемы его выполнения. Установлено, что следует рекомендовать дисковые исполнительные органы, обрабатывающие забой по рекомендованной схеме [3, 4].

Сравнительная оценка различных вариантов компоновки исполнительных органов, выполненных в виде фрезерных дисков, установленных на одной или нескольких стрелах, показала нецелесообразность использования нерегулируемых по высоте выработки исполнительных органов.

Исследованием влияния веса основных узлов на общий вес комбайна установлено, что удельный вес узлов от общего веса машины, %, должен составлять: для исполнительного органа – 20, для ходовой части – 38, для погрузочного устройства – 21. При этом вес исполнительного органа не должен превышать 1000–1200 кг. При применении для нарезного комбайна исполнительного органа в виде двух рукоятей вес машины увеличивается относительно рекомендованного в 1,3–1,5 раза, что неприемлемо.

Выполненный анализ мощности, затрачиваемой на разрушение угля, при принятой в практике скорости резания и суммарном окружном усилии на резах показал, что при установленной мощности двигателей 29–34 кВт диаметр диска должен быть равен 0,58–0,85 м, количество дисков – 2, расстояние между ними – не менее 1 м.

При обработке дисковый исполнительный орган поднимается в верхнее положение, после чего включается автоматическое качание стрелы исполнительного органа в горизонтальной плоскости. Подачей комбайна вперед осуществляется заглабление дисков в верхней части забоя (образуется вруб). Затем при выключенной подаче качающийся исполнительный орган автоматически опускается в крайних положениях на выбранную толщину стружки и производит отбойку разрушаемого массива. Учитывая, что при качательном возвратно-поворотном движении дискового исполнительного органа боковые грани реза соприкасаются с разрушаемым массивом поочередно, два радиальных реза, работающие основными боковыми гранями только при определенном перемещении исполнительного органа, рекомендуется устанавливать на фрезе под углом 6° по ширине диска, что увеличивает боковой угол реза в процессе резания до 10° [5, 6]. Из условия постоянства объема, разрушаемого за одно горизонтальное качание исполнительного органа, при любом его расположении по высоте выработки найдено, что длина стрелы комбайна L должна составлять 1,3–2,4 м, а возможные углы ее поворота β – находиться в пределах 30 – 35° . В таком случае теоретическая производительность исполнительного органа составляет около 45 т/ч.

Также установлено, что для обеспечения работы в широком диапазоне горно-технических условий на комбайнах со стреловидным исполнительным органом целесообразно наличие различных типов резцов на режущих головках. Поэтому необходимо их оснащение съёмными устройствами с различным режущим инструментом [7, 8].

Экономическая оценка эффективности применения комбайна при проведении выработок с сечением менее 10 м². Важным критерием эффективности применения комбайна является стоимость проведения выработки. Стоимость проведения 1 м выработки оценивается путем суммирования амортизационных отчислений, заработной платы штата проходчиков, стоимости материалов, электроэнергии, монтажа, демонтажа и капитального ремонта машины и согласно [9] может быть выражена формулой

$$C = \frac{B}{Tl_r} + \frac{EZ}{v_c} + D + \frac{qMZ_1}{l_{cp}} + \frac{0,3B}{l_{рем}} + F, \quad (1)$$

где $B = \alpha M$ – стоимость комбайна, руб.; α – стоимость 1 т конструкции, руб./т; M – масса комбайна, т; T – срок службы машины, лет; $l_r = 12v_k$ – годовой объём проведения выработок, м; v_k – коммерческая скорость проведения выработки, м/мес; E – численность сменного звена, чел; Z – среднесменная тарифная ставка, руб./чел.-смену; v_c – скорость проведения выработки, м/смену; D – стоимость материалов, руб./м; q – трудоемкость монтажно-демонтажных работ, чел.-смен/т; Z_1 – стоимость монтажно-демонтажных работ, руб./чел.-смену; l_{cp} – средняя длина выработки, м; 0,3 – коэффициент, учитывающий стоимость капитального ремонта; $l_{рем}$ – длина выработок, пройденных между ремонтами комбайна, м; F – стоимость электроэнергии, руб./м.

Коммерческая скорость проведения выработки

$$v_k = \frac{v_m}{1 + v_m K}, \text{ где } v_m = v_c n_2 n_3 = n_1 n_2 n_3 v_q K_m, \quad K = \frac{a}{l_{cp}} + \frac{b}{l_{рем}},$$

где v_m – скорость проведения выработки, м/мес.; n_1 – продолжительность смены, ч; n_2 – количество рабочих смен в сутки; n_3 – количество дней работы комбайна в месяц; v_q – машинная скорость проведения выработки, м/ч; K_m – коэффициент машинного времени; a – продолжительность одного монтажа и демонтажа, месяц; b – продолжительность капитального ремонта, месяц.

Тогда

$$l_r = \frac{12n_1 n_2 n_3 V_q K_m}{1 + n_1 n_2 n_3 V_q K_m K}.$$

Машинная скорость выработки может быть принята

$$v_q = \frac{\gamma_1 M}{H_w} = \frac{\gamma_1}{\rho \gamma_2 S} M,$$

где $\gamma_1 M$ – установленная мощность, кВт; γ_1 – удельная энергометаллоемкость комбайна, кВт/т; $H_w = \rho \gamma_2 S$ – удельные энергозатраты на 1 м выработки,

кВт·ч/м; γ_2 – удельная энерговооруженность комбайна, кВт·ч/т; ρ – плотность угля, т/м³; S – сечение выработки, м².

С учетом обозначения $\frac{\gamma_1}{\rho \gamma_2 s} = d$ можем записать $v_{\text{ч}} = dM$.

Стоимость электроэнергии, руб./м, определяется по формуле

$$F = \gamma_3 q t \eta M,$$

где q – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб./кВт·ч; t – удельное время работы комбайна, ч/м; η – коэффициент загрузки двигателя.

В результате зависимость стоимости (1) от веса комбайна будет иметь вид

$$C = \frac{\alpha}{12T n_1 n_2 n_3 d K_M} + \left(\frac{\alpha K}{12T} \right) M + \left(\frac{EZ}{n_1 d K_M} \right) \frac{1}{M} + \left(\frac{qZ_1}{l_{\text{ср}}} \right) M + \left(\frac{0,3\alpha}{l_{\text{рем}}} \right) M + (\gamma_3 q t \eta) M + D.$$

Минимальная стоимость проведения 1 м выработки будет иметь место при $\frac{dC}{dM} = 0$. Отсюда

$$M = \sqrt{\frac{EZ}{\left(\frac{\alpha K}{12T} + \frac{qZ_1}{l_{\text{ср}}} + \frac{0,3\alpha}{l_{\text{рем}}} + \gamma_3 q t \eta \right) d n_1 K_M}}. \quad (2)$$

Установлено, что при $l_{\text{ср}} = 275$ м, $K_M = 0,3$, $S = 4 \dots 8$ м² с учетом остальных нормативных величин и средних удельных показателей, входящих в формулу (2), масса комбайна должна составлять 5–6 т, а численность сменного звена проходчиков – не более 2–3 человек. При этом скорость проведения выработки составит 5 м/смену, а установленная мощность двигателей – 29–34 кВт, что соответствует параметрам, приведенным в работе [10].

Выводы.

1 Дана конструктивная оценка эффективности исполнительного механизма с резовыми дисками. Рекомендовано для исключения контактирования боковых граней радиальных резцов с разрушаемым массивом установить под углом по ширине диска два резца, которые поочередно работают основными боковыми гранями только при определенном перемещении исполнительного органа.

2 Установлено, что машины с продольно-осевыми режущими головками целесообразно посредством съемных устройств оснащать различным режущим инструментом применительно к большому диапазону горно-технических условий.

3 Выполнена экономическая оценка эффективности применения комбайна при проведении выработок с сечением менее 10 м².

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 ГОСТ Р 50703–2002. Комбайны проходческие со стреловидным исполнительным органом. Общие технические требования и методы испытаний. – Введ. 2003–01–01. – М. : Госстандарт России, 2002. – 32 с.

2 **Закоршменный, С. И.** Экономические условия повышения эффективности использования горного оборудования / С. И. Закоршменный, Ж. К. Галиев // Научный вестник Московского государственного горного университета. – 2011. – № 5. – С. 11–14.

3 **Балашов, Н. Д.** Сравнительная оценка различных схем исполнительных органов проходческих комбайнов / Н. Д. Балашов, А. В. Локтионов // Проектирование и строительство угольных предприятий. – 1971. – № 10. – С. 10–11.

4 Stress distribution in attachments of disc cutters in heading drivage / L. E. Mamet'ev [et al.] // Journal of Mining Science. – 2015. – Vol. 51, No. 6. – P. 1150–1156.

5 **Локтионов, А. В.** Аналитическое исследование влияния угла установки резов на энергетические показатели работы проходческого комбайна / А. В. Локтионов // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 1978. – № 4. – С. 61–64.

6 **Локтионов А. В.** Кинематический и динамический расчет пространственного исполнительного механизма / А. В. Локтионов // Горная механика и машиностроение. – 2019. – № 4. – С. 35–41.

7 **Локтионов, А. В.** Результаты испытаний проходческих комбайнов с продольно-осевыми режущими головками / А. В. Локтионов, Б. И. Яцков, В. Б. Богданов // Метро. – 1996. – № 4–5. – С. 34–36.

8 **Локтионов, А. В.** Кинематика режущего инструмента исполнительного механизма / А. В. Локтионов // Механика. Исследования и инновации. – 2019. – Вып. 12. – С. 146–151.

9 Методика определения экономической эффективности использования в угольной промышленности новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. – М. : ЦНИЭИуголь, 1979. – 121 с.

10 **Urazbakhtin, R. Yu.** The results of studies of the tunneling rescue complex for coal mines / R. Yu. Urazbakhtin, D. A. Yungmeyster // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – Vol. 560. – Paper 012130. – 7 p.

A. V. LOKTIONOV

Vitebsk State Technological University, Vitebsk, Belarus

EVALUATION OF OPERATION EFFICIENCY FOR A MACHINE AND AN ACTUATOR WITH INCISORIAL DISCS

The mining heading machine use efficiency is considered at operation on workings with a cross section of less than 10 m². A constructive effectiveness assessment of the actuator with cutting discs. To exclude the radial cutter side faces contact with breakable land mass it is recommended to install two cutting discs at an angle across the width, which in turn operate as the major side faces only at a certain executive body displacement. It has been established that it is expedient to equip with various cutting tools the machines with the longitudinal axial cutting heads for a large range of mining and technical conditions.

Keywords: mining heading machine, actuator, cutter, productivity, economic efficiency.

Получено 22.01.2020