

*д.т.н., проф. Корнеев С.В.,  
к.т.н., доц. Варченко Ю.Э.,  
к.психол.н., доц. Авершин А.А.,  
к.т.н., доц. Тугай В.В.  
(УИПА, г. Стаханов, Украина)*

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ АДАПТАЦИИ ЗАБОЙНЫХ СКРЕБКОВЫХ КОНВЕЙЕРОВ**

*Наведені залежності показників ефективності вибійних скребкових конвеєрів, обладнаних системою адаптації, від часткових критеріїв адаптації.*

В соответствии с энергетической стратегией Украины до 2030 г. предусматривается увеличение добычи угля до 110-120 млн. т в год. Решению этой важной задачи на базе современных механизированных очистных комплексов, в состав которых в качестве базового элемента входит скребковый конвейер, препятствуют низкая надежность и долговечность конвейера, высокие затраты энергии при его эксплуатации.

Низкая эффективность конвейеров усугубляется несоответствием их кинематических и силовых параметров реальным условиям эксплуатации и фактическому техническому состоянию силовой системы конвейера, что указывает на существование проблемы.

Действительно, в рабочем режиме конвейеры длительное время работают с недогрузкой, так как выемочные машины, передвигаясь вдоль конвейера, загружают только часть става, а реальные забойные грузопотоки, как правило, оказываются значительно меньше приемной способности конвейера. В результате этого непроизводительные затраты энергии на транспортирование тягового органа (ТО) в общем балансе затрат энергии достигают 80 %. При заданном ресурсе конвейера по углю от 700 тыс. т до 3 млн. т объемы перевезенного груза при достижении предельного технического состояния конвейера составляют всего лишь 140...350 тыс. т.

При заклиниваниях и тяжелых пусках конвейеры, наоборот, работают с перегрузками. Возникает необходимость, с одной стороны, в повышении тяговой способности привода для преодоления препятствий движению, а, с другой стороны, в защите силовой системы конвейера от разрушения. В конвейерах с гидродинамическим приводом максимальный крутящий момент ограничивается гидромуфтами и не превышает

критического момента двигателя. При силовых перегрузках это приводит к чрезмерно большому числу неполомочных отказов конвейера (до 49 % от общего числа) при срабатывании тепловой защиты гидромурфты. Так как приведенная прочность тягового органа примерно в 2 раза превышает критический момент двигателей, а прочность препятствия движению при заклиниваниях тягового органа в ряде случаев меньше его прочности, то отсюда следует, что развиваемый приводом максимальный динамический момент не соответствует прочности препятствия.

При установке превентивной защиты, предотвращающей попадание под очистной комбайн негабаритов, вследствие неправильной настройки датчика негабаритов велика доля срабатываний защиты (неполомочных отказов системы) в тех случаях, когда отдельные негабариты могут быть легко разрушены самим датчиком, выведены из рабочего пространства или переведены в положение, при котором груз легко проходит под комбайном.

При существующей практике создания конвейеров с неизменными эксплуатационными параметрами, которые назначаются в расчете на самые тяжелые условия из области эксплуатации конвейеров, невозможно обеспечить максимальную эффективность во всех возможных условиях эксплуатации, которые отличаются большим разнообразием. Резервом повышения эффективности конвейеров является оперативное приведение их эксплуатационных параметров в соответствие реальным условиям эксплуатации и фактическому техническому состоянию силовой системы. Для этого могут служить уже созданные или вновь разрабатываемые специальные технические устройства, а именно: настраиваемые и управляемые средства защиты от перегрузок, управляемые приводы, регулируемые гидравлические натяжные устройства и пр. Основным критерием целесообразности их применения является ожидаемый экономический эффект.

В работах [1, 2] разработана концепция адаптации шахтных скребковых конвейеров, которая основывается на критериальном подходе к обоснованию способов и параметров адаптации. При этом адаптация рассматривается как процесс приведения эксплуатационных параметров в соответствие реальным условиям эксплуатации, которые имеют случайный характер, посредством указанных выше технических устройств, рассматриваемых как средства адаптации (СА). Принятые критерии адаптации позволяют установить, насколько улучшаются показатели эффективности конвейеров в результате применения отдельных СА, они же служат для выбора оптимальных или рациональных параметров СА и обоснования целесообразности их применения.

В работе [3] обоснован критерий адаптации  $k_3$ , характеризующий снижение затрат энергии при управлении скоростью и представляющий

отношение среднего значения мощности, потребляемой приводом в случае базовой скорости, к среднему значению мощности, потребляемой при управлении скоростью. Здесь же в качестве второго критерия принят коэффициент повышения ресурса конвейера при управлении скоростью  $k_k$ , который принимается равным отношению ресурсов  $T_{к.а}$  и  $T_k$  адаптируемого и базового конвейеров.

В качестве критериев адаптации при выравнивании нагрузок между приводными блоками в работе [4] приняты коэффициенты повышения их долговечности  $k_{jr}$  каждого элемента привода, представляющие отношения их наработок на отказ  $T_{jr}$  и  $T_{jr(a)}$  до и после выравнивания нагрузок.

В работе [5] предложен критерий адаптации при защите от экстренных перегрузок  $k_{с.п.п}$ , равный отношению средних потерь  $C_b$  и  $C_a$ , соответственно, базового и адаптируемого конвейеров.

Вместе с тем рассматриваемые в каждом отдельном случае показатели эффективности, а также соответствующие им критерии адаптации не отражают комплексного и взаимообусловленного влияния на эффективность конвейера всех входящих в систему адаптации средств адаптации и, в результате, не дают полного представления о суммарном эффекте от внедрения системы.

Целью работы является разработка математических зависимостей для оперативного прогнозирования эффективности забойных скребковых конвейеров, оснащенных системой адаптации, и установления параметров адаптации отдельных входящих в систему устройств с учетом их комплексного влияния на показатели эффективности конвейера в каждом конкретном случае его эксплуатации.

Для определения экономической эффективности адаптации проведена классификация и установлена взаимосвязь показателей эффективности, адаптируемых параметров, способов и параметров адаптации, что отражено на рис. 1. Отметим, что регулирование натяжения ТО и регулирование нагрузок в приводных блоках могут осуществляться автономно без учета условий эксплуатации, внешних по отношению к конвейеру, в этом случае, по определению, они не являются способами адаптации. К способам адаптации, причем косвенным, их можно отнести лишь в том случае, если их применение в составе системы адаптации обусловлено управлением скоростью.

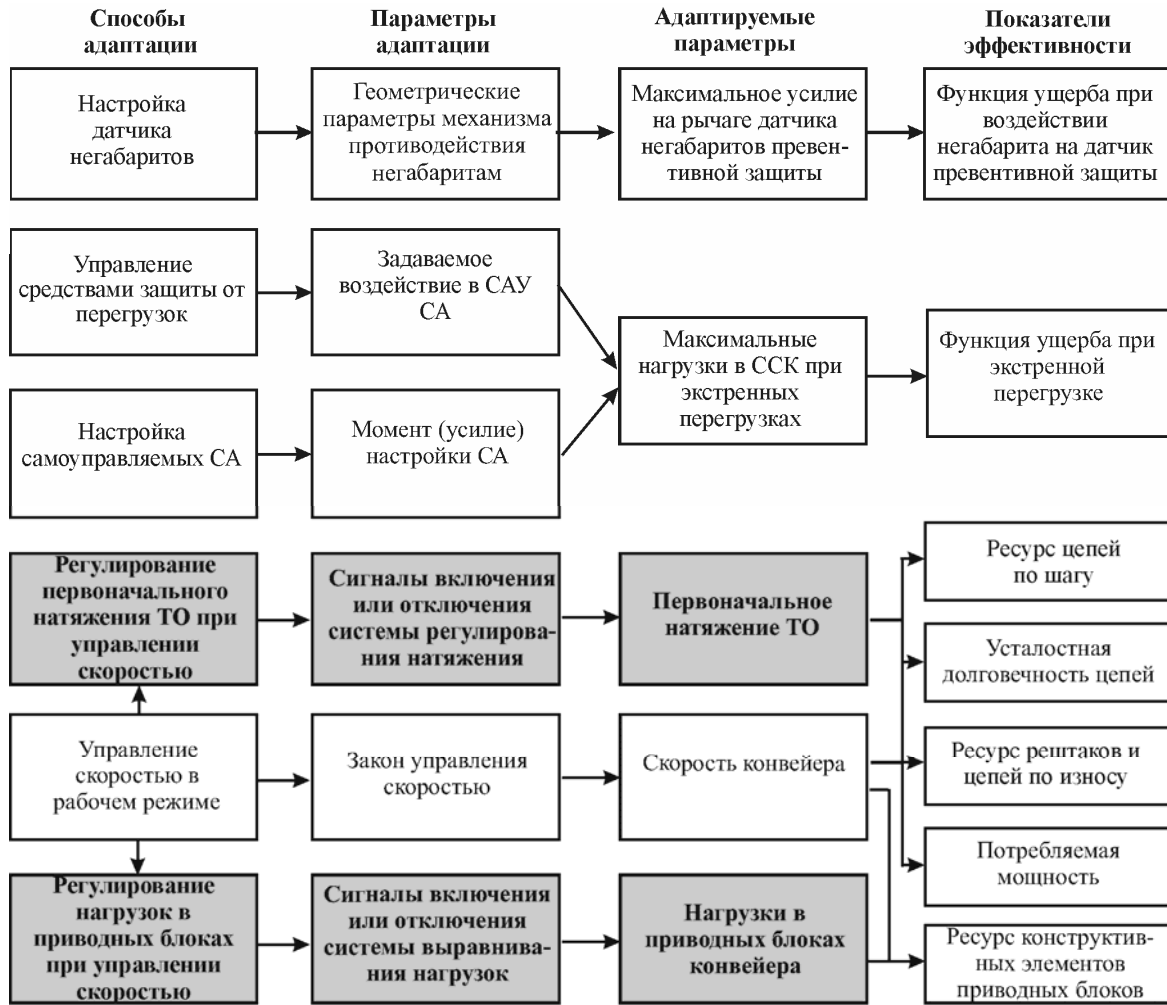


Рисунок 1 – Классификация и взаимосвязь показателей эффективности, адаптируемых параметров, способов и параметров адаптации

Определим ожидаемый эффект от внедрения системы адаптации

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{р.п.} + \mathcal{E}_{р.т.} + \mathcal{E}_{р.к.} + \mathcal{E}_{э.} + \mathcal{E}_{с.п.п.} + \mathcal{E}_{в.п.} \quad (1)$$

где  $\mathcal{E}_{р.п.}$ ,  $\mathcal{E}_{р.т.}$ ,  $\mathcal{E}_{р.к.}$ ,  $\mathcal{E}_{э.}$ ,  $\mathcal{E}_{с.п.п.}$  и  $\mathcal{E}_{в.п.}$  – составляющие эффекта, обусловленные повышением ресурса деталей привода, ресурса тягового органа, ресурса конвейера, снижением затрат энергии в механической системе конвейера, снижением средних потерь при перегрузках, снижением вероятности срабатывания превентивной защиты,

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{р.п.} &= \sum_{j=1}^{j_{\max}} \sum_{i=1}^{i_{\max}} c_r [\text{ent}(T_{к.а} / T_{jr}) - \text{ent}(T_{к.а} / T_{jr.a})] = \\ &= \sum_{j=1}^{j_{\max}} \sum_{i=1}^{i_{\max}} c_r [\text{ent}(k_{к} T_{к} / T_{jr}) - \text{ent}(k_{к} k_{jr} T_{к} / T_{jr})]; \end{aligned} \quad (2)$$

$$\mathcal{E}_{p.т} = c_{то} [\text{ent}(T_{к.а} / T_{т}) - \text{ent}(T_{к.а} / T_{т.а})] = c_{то} [\text{ent}(k_{к} T_{к} / T_{т}) - \text{ent}(k_{к} k_{т} T_{к} / T_{т})]; \quad (3)$$

$$\mathcal{E}_{p.к} = c_{к} (T_{к.а} / T_{к} - 1) = c_{к} (k_{к} - 1); \quad (4)$$

$$\mathcal{E}_{э} = c_{э} T_{к.а} (N - N_{а}) = c_{э} k_{к} T_{к} N (1 - 1/k_{э}); \quad (5)$$

$$\mathcal{E}_{в.п} = n_{п} k_{к} T_{к} c_{п} (k_{в.п} - 1); \quad (6)$$

$$\mathcal{E}_{с.п.п} = n_{п} T_{к.а} (C_{б} - C_{а}) = n_{п} k_{к} T_{к} c_{с3} c_{б} (1 - 1/k_{с.п.п}); \quad (7)$$

$c_{э}$ ,  $c_{то}$ ,  $c_{р}$ ,  $c_{к}$ ,  $c_{п}$  – соответственно стоимость одного кВт·ч электроэнергии, цена ТО и затраты при его монтаже и демонтаже, средние потери при восстановлении работоспособности конвейера при отказе  $r$ -го конструктивного элемента приводного блока, цена конвейера и затраты при его монтаже и демонтаже, средние потери при восстановлении работоспособности после срабатывания превентивной защиты;

$n_{п}$  и  $n_{н}$  – интенсивности экстренных перегрузок и появления негабаритов, воздействующих на рычаги датчика негабаритов превентивной защиты;

$T_{т(a)}$  – средние значения ресурса тягового органа;

$k_{т}$  – критерий адаптации, характеризующий повышение долговечности ТО при управлении скоростью и/или регулировании натяжения, представляется в виде отношения  $T_{т(a)}$  к  $T_{т}$ ;

$k_{в.п}$  – критерий адаптации в случае применения превентивной защиты, в предположении, что в базовом варианте защита срабатывает при появлении любого негабарита, – величина, обратная вероятности срабатывания защиты;

$N_{а}$  и  $N$  – средние значения мощности, потребляемой приводом конвейера с управляемой и базовой скоростями.

Полученные зависимости включают частные критерии адаптации, которые приводятся в работах [1-5], и опосредованно отражают степень совместного влияния адаптируемых параметров и, таким образом, способов адаптации на показатели эффективности конвейера.

В качестве примера произведем расчет эффекта для конвейера СПМ87Д мощностью 220 кВт с цепями 18×64-С, эксплуатировавшегося в составе очистного комплекса КМ87Д в условиях шахты им. Космонавтов ГП «Ровенькиантрацит» [6], в случае оснащения его СА, наделенными адаптационными функциями управления скоростью и защиты от экстренных перегрузок. Исходные данные основаны на материалах, полученных в работах [1-5], и на технических характеристиках конвей-

ера. Принимаются: фактическая производительность очистного комплекса при трех рабочих сменах продолжительностью 6 ч  $Q_{\phi}=117$  т/ч;  $L=230$  м;  $w=0,4$ ;  $w_T=0,6$ ;  $\rho_T=20,8$  кг/м;  $\bar{\rho}=41,6$  кг/м;  $\rho_{\text{доп}}=166$  кг/м;  $v_k=1$  м/с;  $\bar{v}=0,24$  м/с;  $\beta=-12^\circ$ ; цена конвейера  $c_k=1$  млн. грн; цена ТО в сборе  $c_{\text{ТО}}=72000$  грн; стоимость одного кВт·ч электроэнергии  $c_3=0,54$  грн; себестоимость по шахте  $C_y$  и цена  $\Pi_y$  одной тонны угля соответственно – 167 и 200 грн;  $c_{\text{сз.в}}=0,83$  ч;  $n_{\text{п}}=0,29$  перегрузок в час; значения относительной функции потерь в случае применения в составе базового и адаптируемого конвейеров ЭФМ  $c_6=2,5$ ; и  $c_a=2$ ; средние значения потребляемой конвейером мощности  $N=63$  кВт;  $T_k=3985$  ч;  $T_{\text{к.а}}=4940$  ч;  $T_T=920$  ч;  $T_{\text{т.а}}=10760$  ч,  $k_3=1,79$ ;  $k_k=1,24$ ;  $k_T=4,1$ ;  $k_{\text{с.п.п}}=1,25$ .

Учитывая, что  $C_{a(6)}=c_{a(6)}c_{\text{сз.в}}Q_{\phi}(\Pi_y-C_y)$ , грн, где  $Q_{\phi}$  – производительность конвейера,  $C_y$  и  $\Pi_y$  – себестоимость по шахте и цена одной тонны угля, представим формулу (7) в виде

$$\mathcal{E}_{\text{с.п.п}}=n_{\text{п}}k_kT_kc_6c_{\text{сз.в}}Q_{\phi}(1-1/k_{\text{с.п.п}})(\Pi_y-C_y). \quad (8)$$

После подстановки исходных данных в формулы (2)-(5), (8) получим:  $\mathcal{E}_3=70$  тыс. грн,  $\mathcal{E}_{\text{р.т}}=360$  тыс. грн,  $\mathcal{E}_{\text{с.п.п}}=2,29 \cdot 10^6$  грн,  $\mathcal{E}_{\text{р.к}}=240$  тыс. грн.

Применение ограниченного набора средств адаптации позволяет увеличить срок службы конвейера в 1,24, а ТО по фактору износа цепей по шагу – в 4,1 раза.

Ожидаемый экономический эффект от применения системы адаптации в расчете на срок службы конвейера  $T_{\text{к.а}}$ , при котором исчерпывается его ресурс по углю, составляет 2,96 млн. грн., что дает основания к разработке и внедрению системы адаптации. Наиболее весомой оказывается составляющая  $\mathcal{E}_3$ , что указывает на приоритет защиты от экстренных перегрузок.

Приведенные зависимости позволяют оценить повышение эффективности забойных скребковых конвейеров в результате применения системы адаптации. Для конвейера СПМ87Д, применяемого в условиях высокопроизводительного комплексно механизированного очистного забоя, ожидаемый эффект составил 2,96 млн. грн. Дальнейшие исследования должны быть направлены на уточнение условий эксплуатации и определение эффекта от применения системы адаптации в составе конвейеров нового технического уровня.

*Приведены зависимости показателей эффективности адаптации забойных скребковых конвейеров, оборудованных системой адаптации, от частных критериев адаптации.*

*The dependences of parameters of adaptation efficiency of mine scraper conveyors equipped by system of adaptation, from individual criteria of adaptation are presented.*

### **Библиографический список**

1. Корнеев С.В., Ширин Л.Н., Плетнев М.В. Адаптация шахтных скребковых конвейеров к условиям производства. – Луганск: Книжковий світ, 2005. – 264 с.

2. Корнеев С.В. Концепция адаптации забойных скребковых конвейеров // Наукові праці Донецького національного технічного ун-ту. Вип. 99. Серія: гірничо-електромеханічна. – Донецьк: ДонНТУ. – 2005. – С. 130-137.

3. Корнеев С.В. Оценка эффективности регулирования скорости забойных скребковых конвейеров // Изв. вузов. Горный журнал. – 2003. – №5.

4. Корнеев С.В. Метод оценки эффективности выравнивания нагрузок в многодвигательном приводе скребковых конвейеров // Изв. вузов. Горн. журнал. – 2005. – №5.

5. Корнеев С.В., Сафонов В.И. Оценка эффективности настройки электромагнитных фрикционных муфт в приводе забойных скребковых конвейерах // Сб. научн. трудов НГУ Украины. Вып. 19, том 5. Днепрпетровск: НГУ Украины. – 2004. – С. 5-10.

6. Исследование динамики внутриминутных грузопотоков из высокопроизводительных очистных забоев угольных шахт/М.А. Котов, О.М. Зарецкий, Ю.А. Кондрашин и др. // Шахтный и карьерный транспорт. Вып. 3. – М.: Недра, 1977. – С. 297-306.