

## КОНЦЕПЦИЯ АДАПТАЦИИ ЗАБОЙНЫХ СКРЕБКОВЫХ КОНВЕЙЕРОВ

Корнеев С.В., канд. техн. наук, доцент,  
Украинская инженерно-педагогическая академия

*Разработана концепция адаптации забойных скребковых конвейеров к условиям эксплуатации.*

*The concept of the face scraper conveyors adaptation to conditions of maintenance is developed.*

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

При всем многообразии внешних факторов и широком спектре нагрузок в силовой системе забойных скребковых конвейеров весьма трудно обеспечить их полное соответствие условиям эксплуатации. Во-первых, – из-за недостаточной технологической гибкости конвейеров, мощность которых при различном числе приводных блоков и одинаковой прочности тягового органа (ТО) изменяется ступенчато, во-вторых, – из-за неопределенности и изменчивости условий эксплуатации, а также технического состояния конвейеров. Несоответствие конвейера заданным конкретным условиям эксплуатации приводит к повышенному потреблению энергии, снижению ресурса при установленном движении и надежности при экстренных перегрузках.

Для приспособления конвейера к условиям производства применяются средства защиты (СЗ) от перегрузок, а также рекомендуется регулировать скорость и натяжение ТО, выравнивать нагрузки между приводными блоками.

В каждом конкретном случае эксплуатации являются актуальными вопросы выбора и настройки средств защиты СЗ, а также назначения задающих воздействий системы автоматического управления (САУ) конвейера, исходя из имеющейся зачастую неполной или не вполне достоверной информации об условиях эксплуатации. Неправильная настройка СЗ или неверное задание закона управления могут дать отрицательный эффект.

Таким образом, возникает проблема адаптации конвейера к конкретным условиям эксплуатации.

*Анализ исследований и публикаций.* Существующие методы [1, 2 и др.] выбора параметров настройки СЗ, а также задающих воз-

действий САУ горных машин, в том числе и скребковых конвейеров, разработаны для частных случаев, не учитывают случайный характер внешних воздействий, специфику условий эксплуатации и поэтому не могут быть применены для решения задач адаптации.

Отдельные вопросы адаптации конвейеров рассмотрены в работах [3, 4, 5], однако для разработки общей теории необходимо сформулировать основные понятия, определить цель, задачи и критерии.

**Постановка задачи.** Целью настоящей работы является разработка концепции адаптации забойных скребковых конвейеров к условиям эксплуатации.

**Изложение материала и результаты.** Под адаптацией конвейера следует понимать комплекс мероприятий, обеспечивающих достижение максимального экономического эффекта от применения конвейера в конкретных условиях эксплуатации, информация о которых может быть ограниченной или не вполне достоверной.

Совокупность предписаний, определяющих процесс адаптации конвейера, назовем алгоритмом адаптации.

Для адаптации конвейера необходимы материальная база, информационно-интеллектуальные структуры, обученный обслуживающий персонал.

Материальная база включает средства адаптации (СА); систему управления, в которой формируются задающие воздействия для САУ конвейера или параметры настройки СА; входящие в систему управления средства получения, обработки и хранения информации, а также формирования задающих воздействий САУ конвейера и/или параметров настройки СА.

К СА будем относить входящие в состав конвейера и выполняющие определенные функции средства защиты и управления, в которых предусматривается возможность изменения в ручном или в автоматическом режиме параметров настройки или задающих воздействий. В качестве СА могут применяться управляемые и самоуправляемые сцепные муфты, электромагнитные индукционные тормоза в совокупности с дифференциальными редукторами, гидравлические натяжные устройства (ГНУ) с предохранительными функциями и телескопическим узлом раздвижности, средства динамического торможения асинхронных двигателей, управляемые приводы постоянного или переменного тока, объемный гидропривод и пр.

Как видно, конвейер, являющийся объектом адаптации, может охватываться системой управления более высокого уровня, в которой

с учетом условий эксплуатации формируются задающие воздействия для САУ и параметры настройки СА конвейера. Функции внешней системы управления может выполнять задатчик САУ конвейера. Потребность во внешней системе управления возрастает по мере усложнения алгоритма адаптации, увеличения объема информации, числа СА и их адаптивных функций.

Внешнюю систему управления или задатчик САУ вместе со средствами адаптации и САУ конвейера, которая предназначена для управления СА, назовем системой адаптации конвейера (САК).

Структурная схема САК отражена на рис. 1.

Формируемые во внешней системе управления или в задатчике САУ задающие воздействия могут подаваться на управляющие устройства САУ конвейера без участия оператора, в этом случае САК является автоматической. Если же задающие воздействия и параметры настройки СА определяются во внешней системе управления и устанавливаются вручную, то САК считается автоматизированной.

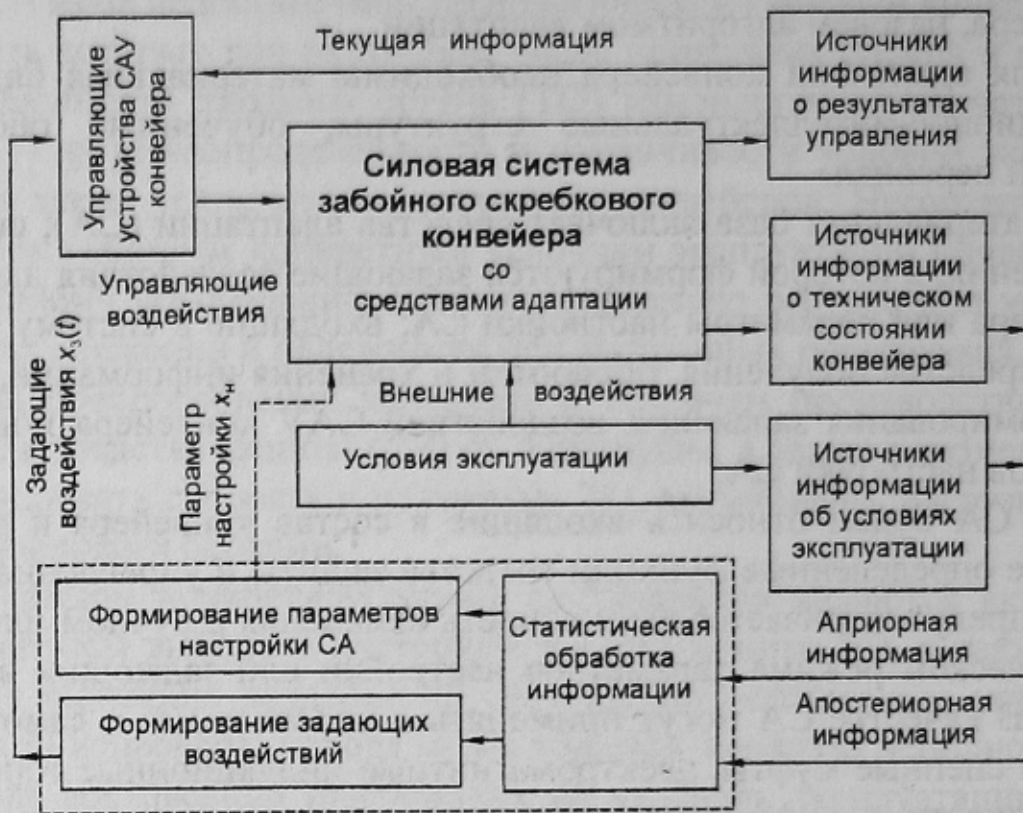


Рисунок 1 - Структурная схема системы адаптации конвейера

Информационно-интеллектуальные структуры содержат отвечающее алгоритму адаптации программное обеспечение и базу данных об условиях эксплуатации и техническом состоянии конвейера.

Назначением программного обеспечения является накопление и статистическая обработка априорной и апостериорной информации об условиях эксплуатации и техническом состоянии конвейера, т.е. создание базы данных. Затем на основании законов распределения случайных величин, эталонной модели конвейера и критериев адаптации – формирование с применением метода статистических испытаний задающих воздействий в САУ конвейера и параметров настройки СА. В зависимости от текущих значений случайных процессов, например, поступающих на конвейер грузопотоков или скорости комбайна, осуществляется формирование задающих воздействий в САУ конвейера. Программное обеспечение может находиться как во внешней системе управления, так и в задатчике САУ конвейера.

Ключевыми операциями алгоритма адаптации являются сравнения контролируемых (с индексом «к») и задаваемых (с индексом «з») параметров силовой системы конвейера (ССК), после чего выполняются определенные действия. Каждая пара сравниваемых параметров должна быть отнесена к одному и тому же элементу ССК.

Контролируемые и задаваемые параметры могут быть виртуальными или реальными, т.е. измеряемыми. Виртуальные параметры рассчитываются в соответствии с алгоритмом адаптации в процессах внешней или внутренней систем управления на основании информации, поступающей извне и от конвейера. Реальные параметры обозначим  $y_k(t)$ ,  $y_z(t)$ , виртуальные –  $\bar{y}_k(t)$ ,  $\bar{y}_z(t)$ . При защите от экстренных силовых перегрузок представляется естественным контроль нагрузок в ТО, который является «слабейшим звеном» ССК, в элементах трансмиссии, возможно, без измерения и регистрации в случае применения самоуправляемых СА, а также давления в гидроцилиндрах ГНУ. При защите от длительных перегрузок контролируются скорости элементов привода или ток электродвигателей.

Для адаптации конвейера во внешней системе управления или в задатчике САУ конвейера с учетом всей имеющейся информации о его техническом состоянии и условиях эксплуатации формируются задающие воздействия  $x_3(t)$  и/или параметры настройки СА  $x_n$ . Завершающие после определения  $\bar{y}_k(t)$  и  $\bar{y}_z(t)$  преобразования информации могут быть представлены следующими формулами:

$$x_3(t) = A_1(\bar{y}_k(t), \bar{y}_z(t));$$

$$x_n = A_2(\bar{y}_k(t), \bar{y}_z(t)),$$

где  $A_1$  и  $A_2$  – операторы алгоритма адаптации.

Функции САУ конвейера заключаются в формировании управляющих воздействий для целенаправленного изменения контролируемых реальных параметров. В случае разомкнутой САУ управление осуществляется на основании задающих воздействий, определяемых в результате сопоставления виртуальных задаваемых и контролируемых параметров. В случае замкнутой САУ управление по основному контуру осуществляется по отклонению реальных контролируемых параметров от задающих воздействий, определяемых на основании виртуальных задаваемых параметров. Преобразования информации в САУ конвейера, в результате которых формируются управляющие воздействия  $x_y(t)$  и осуществляется автоматическое управление СА, отражают следующие формулы:

$$x_y(t) = B_1(x_3(t), y_k(t));$$

$$x_y(t) = B_2(x_3(t)),$$

где  $B_1$  и  $B_2$  – операторы управления САУ конвейера.

Первая формула отвечает конвейеру с замкнутой, а вторая – с разомкнутой системой управления.

Настройка осуществляется в результате установки вручную (автоматизированный режим САК) или в автоматическом режиме регулируемых параметров  $x_n(t)$  самоуправляемых средств адаптации. В первом случае параметр  $x_n(t)$  принимается равным  $x_n$ , а во втором случае определяется задающим воздействием  $x_3(t)$ . Значения  $x_3(t)$  и  $x_n$  определяются на основании виртуальных задаваемых и контролируемых параметров.

Для СА, настраиваемых в автоматическом режиме,

$$x_y(t) = B_3(x_3(t)); x_n(t) = B_4(x_y(t)); z(t) = C_1(x_n(t), y_k(t));$$

для СА, настраиваемых вручную,

$$z(t) = C_2(x_n, y_k(t)),$$

где  $B_3$  и  $B_4$  – операторы управления САУ конвейера;  $C_1$  и  $C_2$  – операторы алгоритма функционирования конвейера;  $z(t)$  – функция воздействия СА на силовую систему конвейера.

Адаптивность скребковых конвейеров – это заложенная в ССК и САУ конвейера возможность изменения применительно к условиям эксплуатации статических характеристик или параметров СА.

При перегрузках ССК, оборудованного СА ограничивающего типа, в зависимости от сочетания реализаций таких случайных величин, как максимальные нагрузки в элементах ССК и параметр срабатывания СА (контролируемые параметры), а также прочностей эле-

ментов ССК (задаваемые параметры), возможны различные конечные состояния ССК. Вид априорных на этапе проектирования и апостериорных в процессе эксплуатации условных законов распределения максимальных нагрузок и параметров срабатывания СА, а затем также значения вероятностей попадания ССК в те или иные конечные состояния определяются выбором параметров настройки  $x_n(t)$ .

Для оценки экономической эффективности применения СА принимается функция ущерба от отказа конвейера (среднего ущерба, приходящегося на одну перегрузку) [4]

$$C(x_n(t)) = \sum_{q=1}^n c_q P_q,$$

где  $P_q$  и  $c_q$  – вероятность попадания ССК в  $q$ -е конечное состояние ( $q=1, 2, \dots, n$ ), которое расценивается как отказ, и соответствующий ему ущерб.

Рациональным или оптимальным, если функция  $C(x_n(t))$  имеет экстремум, следует считать значение  $x_n(t)$ , соответствующее минимуму принятой функции ущерба  $C(x_n(t))$ .

Задачей регулирования скорости конвейера является обеспечение в каждый момент времени работы выемочной машины заданного максимально возможного заполнения конвейерного става горной массой и благодаря этому при грузопотоках, меньших расчетных, – минимума затрат энергии на транспортирование и максимального ресурса элементов ССК и рештаков.

Регулирование скорости можно рассматривать как адаптацию конвейера к случайным грузопотокам, поступающим на конвейер, в том случае, если задающее воздействие  $x_3(t)$  определяется условиями эксплуатации, прежде всего параметрами грузопотока, и формируется во внешней системе управления. При таком регулировании виртуальным задаваемым параметром является допустимое количество груза, приходящегося на 1 м длины става. Контролируемый параметр, также виртуальный, представляется в виде функции скорости подачи  $v_n(t)$  очистного комбайна. Задающее воздействие  $x_3(t)$ , определяющее скорость конвейера, рассчитывается, исходя из равенства задаваемого и контролируемого параметров. Регулирование в этом случае осуществляется по разомкнутой схеме.

Критерий эффективности регулирования, определяющий снижение затрат энергии и повышение ресурса цепей по шагу, может быть представлен в виде [3]

$$k_3 = \bar{N} / \bar{N}_v,$$

где  $\bar{N}$  и  $\bar{N}_v$  – математические ожидания случайных величин соответственно мощности  $N$ , потребляемой приводом, если скорость не регулируется, и мощности  $N_v$  в случае регулирования скорости.

Критерий, определяющий повышение ресурса рештаков и конвейера в целом,

$$k_k = v_k / \bar{v},$$

где  $v_k$  и  $\bar{v}$  – базовая скорость и математическое ожидание регулируемой скорости конвейера.

Задачей выравнивания нагрузок между приводными блоками многодвигательного конвейера является повышение ресурса двигателей и редукторов, а также надежности привода в целом.

Если задающие воздействия или в случае автоматизированного управления параметры настройки СА формируются во внешней системе управления, то имеет место адаптация конвейера.

Эффективность выравнивания нагрузок может быть оценена в результате сопоставления вероятностей безотказной работы привода  $\gamma_{пр}$  или его отдельных элементов в течение заданного срока службы  $T_3$ , полученных при равномерном в результате выравнивания и неравномерном распределениях нагрузок между приводными блоками.

При оценке надежности привод может быть представлен в виде логической схемы последовательно соединенных элементов (в соответствии со структурной схемой надежности). Отказ любого элемента приводит к отказу привода.

Тогда [5]

$$\gamma_{пр} = \prod_{j=1}^l \prod_{r=1}^m \gamma_{j,r}(T_3, \sigma_{эkv. j,r}),$$

где  $j$  – номер приводного блока ( $j=1, 2, \dots, l$ );  $r$  – номер элемента в схеме надежности ( $r=1, 2, \dots, m$ );  $\gamma_{j,r}$  – вероятность безотказной работы  $jr$ -го элемента, являющаяся функцией заданного ресурса  $T_3$  привода и расчетной нагрузки  $\sigma_{эkv. j,r}$ , эквивалентной нагрузкам, превышающим предел усталостной прочности.

Критерием эффективности выравнивания нагрузок является также экономический эффект

$$\bar{\Theta} = \sum_{j=1}^l \sum_{r=1}^m [(T_3 / \bar{T}_{j,r,п} - T_3 / \bar{T}_{j,r,р}) c_r - Ц_j],$$

где  $\bar{T}_{j,r,н.р}$  и  $\bar{T}_{j,r,р}$  - наработки на отказ  $j$ -го элемента при заданной вероятности  $\gamma_{j,r}$  в случае неравномерного и соответственно равномерного распределения нагрузок;  $c_r$  - средний ущерб от отказа  $r$ -го элемента, определяемый потерями добычи угля при простоях лавы и затратами на ремонт;  $C_j$  - затраты, связанные с внедрением СА, выравнивающих нагрузки.

Задачей регулирования натяжения ТО конвейера является поддержание в сбегающих с приводных звездочек ветвях натяжения (или, возможно, провеса цепей) на некотором минимальном уровне, в результате чего обеспечивается снижение уровня статических натяжений, амплитуды динамических нагрузок при установившемся движении и, как следствие, повышения ресурса ТО.

Контролируемым реальным параметром является давление в гидроцилиндрах ГНУ. Задаваемым параметром – давление, рассчитываемое во внешней системе управления.

Экономический эффект от применения САК не может быть одинаковым в разных условиях эксплуатации. Поэтому в качестве критериев целесообразности разработки и применения САК и СА могут быть применены средневзвешенные значения критериев эффективности, устанавливаемые для всей области применения конвейера данного типоразмера.

**Выводы и направление дальнейших исследований.** Разработанная концепция содержит цель, критерии, принципы построения, структуру системы адаптации и являются основой для дальнейшей разработки теории адаптации забойных скребковых конвейеров.

Список источников.

1. Оптимизация привода выемочных и проходческих машин/Под ред. А.В. Докукина. – М.: Недра, 1983. – 264 с.
2. Сигалов Л.Н. Теория построения и разработка способов и средств защиты от перегрузок горных машин с протяженным рабочим органом. – Новочеркасск, НГТУ, дис. в форме научн. докл. ... докт. техн. наук, 1993, 51 с.
3. Корнеев С.В. Оценка эффективности регулирования скорости забойных скребковых конвейеров//Изв. вузов. Горн. журнал. – №5. – 2003. – С. 66-71.
4. Корнеев С.В., Сафонов В.И. Оценка эффективности настройки электромагнитных фрикционных муфт в приводе забойных скребковых конвейеров/Сб. научн. трудов НГУ Украины. – 2004, №19, том 5, С. 5-10.
5. Корнеев С.В. Критерии эффективности выравнивания нагрузок между приводными блоками многодвигательных скребковых конвейеров/ Экологические проблемы Донбасса и прилегающих регионов. Материалы международн. научн.-практ. конф. Труды. Вып. 2. Луганск, Книжковий світ, 2003. – С. 70-74.