

*Канд. техн. наук, доц. Корнеев С. В.
(УИПА, горный факультет, г. Стаханов, Украина)*

ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ АДАПТАЦИИ ШАХТНЫХ СКРЕБКОВЫХ КОНВЕЙЕРОВ

Обґрунтовано технічні вимоги до системи адаптації шахтних скребкових конвеєрів, наведено структуру її програмного забезпечення

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Повышение энерговооруженности современного выемочного оборудования угольных шахт в сложных условиях Донбасса не привело к существенному увеличению нагрузки на комплексный механизированный очистной забой, которая по данным Минтопэнерго Украины в среднем не превышает 800 т в сутки. При этом работа забойных скребковых конвейеров (ЗСК), способных обеспечить суточную нагрузку до 20 тыс. т, с неполной весовой нагрузкой является причиной повышения коэффициента тары, чрезмерного потребления электроэнергии и снижения ресурса.

Неблагоприятное соотношение между прочностными параметрами силовой системы конвейера (ССК) и нагрузками при экстренных торможениях тягового органа (ТО), которое складывается в случае применения мощных, до 350 кВт и более, двухскоростных асинхронных электродвигателей (АД) и исключения гидромурфта, приводит к снижению надежности ССК.

Таким образом, потребность в системе адаптации конвейера (САК), которая при случайном характере условий эксплуатации позволила бы приводить скорость конвейера в соответствие реальным грузопотокам, а также могла бы удовлетворять внутренне противоречивому требованию повышения тяговой способности привода и надежности ССК, очевидна.

Анализ исследований и публикаций. На несоответствие параметров ЗСК, оборудованных асинхронным приводом с гидромурфтами, реальным условиям эксплуатации и снижение вследствие этого эффективности конвейеров, впервые указывается в работе [1]. Отмечается, что важным резервом повышения эффективности ЗСК является их адаптация к условиям эксплуатации, которая может быть достигнута благодаря комплексному применению настраиваемых или управляемых средств адаптации (СА). Систематизация и технически реализуемые адаптаци-

онные функции СА рассмотрены в работе [2]. Концепция адаптации [3] содержит принципы построения системы адаптации конвейера (САК). Предложена структура автоматизированной САК, состоящей из СА, системы автоматического управления (САУ) средствами адаптации, внешней системы управления (ВСУ), формирующей задающие воздействия для САУ средствами адаптации и/или параметры настройки самоуправляемых СА, системы контроля и передачи информации. Расчеты критериев адаптации [4], проведенные для типичных условий эксплуатации, доказывают целесообразность применения отдельных СА и экономическую эффективность реализации их основных адаптационных функций. Для практического использования результатов исследований необходима разработка технических требований к САК, что позволило бы приступить к ее созданию и последующей эксплуатации.

Постановка задач. В настоящей работе решаются следующие взаимосвязанные задачи:

- обоснование требований к САК и ее ВСУ;
- разработка структуры и содержания программного обеспечения САК.

Изложение материала и результаты. Система адаптации конвейера обосновывается и строится на этапе его проектирования, а реализуется в процессе эксплуатации. САК является эффективной, если в результате ее применения достигаются поставленные цели, в частности, обеспечивается удовлетворительный экономический эффект при эксплуатации конвейера. Адаптационные функции СА конвейера и цели адаптации отражены на рис. 1, где приняты обозначения: ИО – исполнительный орган; ТП – тепловые перегрузки; Тр – трансмиссия; УИ – усталостный износ; ФИ – физический износ.

Существующие и перспективные СА, а также их функции, в том числе и адаптационные, приведены в таблице 1, где приняты следующие обозначения: АПРН – асинхронный привод с регулируемым напряжением; АЧРП – асинхронный частотно-регулируемый привод; ВИП – вентильно-индукционный привод; ГМ – гидромуфта; ГНУ – гидравлическое натяжное устройство; ДР – дифференциальный редуктор; ДТ – динамическое торможение АД; ППТ – привод постоянного тока; МРЭ – муфта с разрушаемым элементом; ОГП – объемный гидравлический привод; ЭМС – электромагнитная муфта скольжения; ЭМТ – электромагнитный индукционный тормоз; ЭПМ – электромагнитная порошковая муфта; ЭФМ – электромагнитная фрикционная муфта; ФМ – фрикционная муфта предельного момента.



Рисунок 1 - Функции и назначение средств адаптации скребковых конвейеров

Системе адаптации с учетом технических возможностей СА в общем случае предписывается: 1) ограничение нагрузок в ССК в режимах тяжелого пуска, монтажного натяжения или внезапного заклинивания ТО; 2) предотвращение с задержкой времени, позволяющей реализовать тяговые возможности привода при экстренных перегрузках, опрокидывания АД при длительных перегрузках; 3) с целью ограничения пусковых токов и продолжительности их действия сокращение числа пусков и включение без нагрузки (возможно, поочередное) АД с последующим присоединением к ним трансмиссии и ТО; 4) выравнивание нагрузок между приводными блоками; 5) исключение попадания под очистной комбайн находящихся на конвейере негабаритов; 6) управление скоростью конвейера путем ее согласования с производительностью комбайна, исходя из условий максимального заполнения желоба и непересыпания груза через борт конвейера; 7) ограничение тепловых нагрузок в элементах ССК; 8) безопасное монтажное натяжение ТО до заданного уровня; 9) снижение уровня натяжения ТО путем его регулирования; 10) пуск при повышенных предпусковых сопротивлениях движению ТО; 11) исключение ударов в трансмиссии при выборе зазоров в процессе пуска.

Таблица 1 – Технически реализуемые функции средств адаптации скребковых конвейеров

СА	Функции в рабочем режиме						Пусковые функции	Защита от экстренных пегрузок	Превентивная защита	
	Регулирование		Выравнивание нагрузок в приводе	Демпфирование колебаний трансмиссии	Демпфирование колебаний ТО	Защита от длительных перегрузок				
	натяжения ТО	скорости				с задержкой времени				без задержки времени
МРЭ	-	-	-	-	-	-	-	+	-	
ФМ	-	-	-	-	-	-	+(-)	-	-	
ГНУ	+	-	-	-	+	-	-	+	-	
ГМ постоянного заполнения	-	-	-	+	-	-	+	+	-	
Регулируемые ГМ	-	-	+	+	-	-	+	+	-	
ЭФМ	-	-	-	-	-	+	+	+	+	
ЭПМ	-	+	-	-	-	+	+	+	+	
ЭМС	-	+	+	+	-	+	+	+	+	
ЭМТ с ДР	-	+	+	+	-	+	+	+	+	
ДТ	-	-	-	-	-	-	-	+	+	
Многоскоростные АД	-	+	-	-	-	-	-	+	-	
АЧРП	-	+	+	-	-	-	-	-	-	
АПРН	-	+	+	-	-	-	-	+	-	
ОГП	-	+	+	+	-	-	-	+	+	
ППТ	-	+	+	+	-	-	+	+	-	
ВИП	-	+	+	+	-	-	+	+	+	
Дополнительный АД с ДР	-	+	-	-	-	-	+	-	-	

Выбор при проектировании ЗСК состава, структуры и набора адаптационных функций САК, а также определение параметров адаптации, отвечающих тем или иным режимам работы конвейера и условиям его эксплуатации, осуществляются на основании критериев адаптации, рассчитываемых для заданной области применения конвейера. Расчеты критериев и параметров адаптации проводятся во ВСУ, содержащей необходимое программное обеспечение (ПО). Алгоритмы, на которых основывается программное обеспечение приведены в монографии [4]. При этом ВСУ в общем случае призвано выполнять: 1) ввод данных, позво-

ляющих идентифицировать конвейер, ССК, САК и условия эксплуатации; 2) хранение необходимого объема оперативной информации об условиях эксплуатации ЗСК, поступающей от датчиков контроля условий эксплуатации и технического состояния ССК; 3) статистическую обработку оперативной информации для определения законов распределения таких случайных величин, как скорость конвейера, мощности, потребляемые АД, напряжения, подводимые к АД, и пр.; 4) определение суммарного количества перевезенного груза (или машинного времени конвейера) и периодическое уточнение с учетом интенсивности износа конструктивных элементов ССК законов распределения их прочностных параметров; 5) расчет критериев адаптации, отвечающих рабочему режиму работы ЗСК, для определения на их основании рациональных законов управления скоростью, а также для установления целесообразности регулирования натяжения ТО и выравнивания нагрузок между приводными блоками; 6) формирование задающих воздействий для САУ конвейера в рабочем режиме работы; 7) расчет критериев адаптации для переходных режимов работы ЗСК и определение оптимальных (рациональных) значений параметров настройки самоуправляемых СА или задающих воздействий для САУ управляемыми СА.

ВСУ необходимо создавать на начальных этапах проектирования, после чего она, оказывая влияние на процесс проектирования, корректируется, приобретая качества, необходимые для последующей эффективной эксплуатации конвейера.

Программное обеспечение САК должно содержать пакет программ, назначением которых является: 1) формирование исходных данных для решения конкретных задач адаптации; 2) обработка, в том числе и статистическая, задаваемой оператором априорной и поступающей от датчиков текущей информации об условиях эксплуатации и фактическом техническом состоянии ССК; 3) расчет критериев адаптации; 4) расчет параметров адаптации; 5) индикация результатов расчетов.

Оператором на основании результатов расчетов осуществляется: 1) оценка эффективности управления скоростью конвейера в функции скорости подачи комбайна и выбор режима управления (следящего или ступенчатого); 2) установление целесообразности выравнивания нагрузок между приводами или приводными блоками; 3) определение целесообразности регулирования натяжения ТО; 4) оценка эффективности защиты от экстренных перегрузок; 5) настройка самоуправляемых СА.

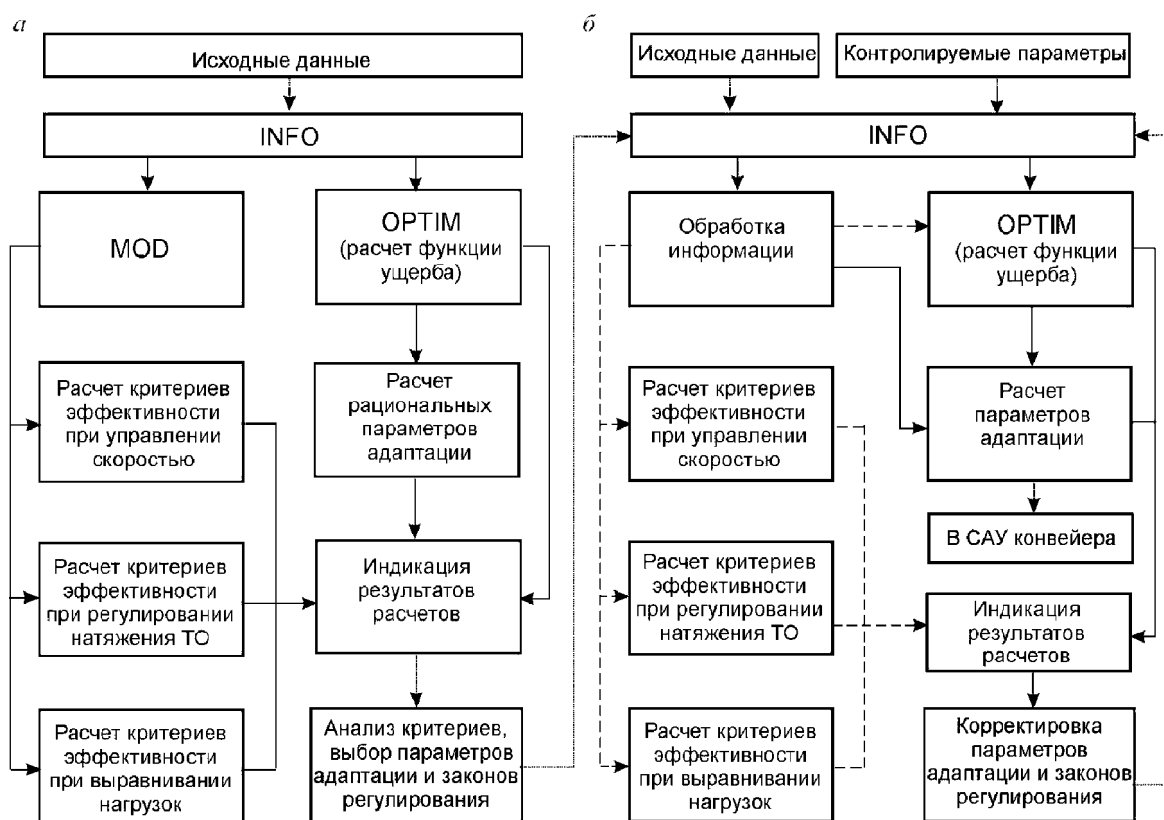


Рисунок 2 - Структура программного обеспечения системы адаптации конвейера: *a* - на этапе проектирования и ввода в эксплуатацию; *б* - при эксплуатации

Разработанные варианты ПО, структура и конфигурация которых отражена на рис. 2, содержат программы: INFO, MOD, ОПТИМ и др. Внутренние связи между блоками (программами) ПО, которые могут устанавливаться посредством INFO по мере надобности или по желанию оператора, изображены штриховыми линиями. Пунктирными линиями показаны информационные связи, осуществляемые оператором или системой преобразования сигналов и передачи их от датчиков к ПО или от ПО в САУ конвейера. Тонированные блоки соответствуют операциям, совершаемым вне ПО. Рисунки 2, *a* и 2, *б* отражают принципиальное отличие схем ПО, применяемого на разных этапах жизненного цикла ЗСК. При проведении расчетов на этапе проектирования (см. рис. 2, *a*) используется априорная информация, относящаяся ко всей области применения конвейера. Расчеты при вводе в эксплуатацию (также см. рис. 2, *a*) основываются на априорной информации, относящейся к конкретному ЗСК в определенных условиях эксплуатации. При расчетах, проводимых на этапе эксплуатации ЗСК (см. рис. 2, *б*), информация является апостериорной и уточняется по мере эксплуатации. Если на этапе проектирования ЗСК с помощью ПО, прежде всего, определяются и

анализируются критерии адаптации, то при его эксплуатации основной, а возможно и единственной задачей ПО является определение параметров адаптации.

Программа INFO служит для задания типа конвейера, его технических характеристик, конструктивных и режимных параметров, для формирования исходных данных для программ OPTIM, MOD и др., установления связей между отдельными программами, т.е. формирования конфигурации ПО. На этапе эксплуатации конвейера программа INFO осуществляет также формирование статистических рядов из последовательности значений контролируемых параметров (скорости конвейера, мощностей, потребляемых двигателями, и пр.). Программа INFO позволяет вводить информацию в автоматическом режиме от системы контроля параметров конвейера или в ручном режиме оператором.

Программа MOD на основании задаваемых вероятностных характеристик случайного забойного грузопотока, поступающего на конвейер от очистного комбайна, позволяет производить имитационное моделирование грузопотока, определять текущие значения количества груза на конвейере, скорости движения ТО и нагрузок в приводе конвейера (тягового усилия и потребляемой мощности), а также производить их статистическую обработку, в результате которой устанавливаются средние арифметические значения, оценки среднеквадратических отклонений и гистограммы. Полученные статистические данные используются для расчета критериев адаптации при управлении скоростью, регулировании натяжения ТО и выравнивании нагрузок между приводами или приводными блоками. Программа MOD включает процедуру определения неопределенных коэффициентов, необходимых для расчета реализаций забойного грузопотока. Коэффициенты определяются в результате решения системы нелинейных алгебраических уравнений итерационным методом Ньютона.

Система однородных линейных алгебраических уравнений, которая образуется на каждом шаге приближений, решается по компактной схеме исключения неизвестных.

Программа OPTIM предназначена для моделирования функции ущерба при экстренных перегрузках и определения оптимальных или рациональных значений параметров настройки самоуправляемых СА или задающих воздействий для САУ средствами адаптации, осуществляющими защиту ССК от перегрузок. Программа OPTIM содержит стандартные программы рандомизации случайных чисел, пакет программ SKONV, программу определения затрат времени при поиске препятствия движению ТО способами половинного деления или тестирующего пуска.

Пакет программ SKONV предназначен для расчета динамических процессов, протекающих в ССК, оборудованных наиболее распространенными средствами адаптации. Пакет программ SKONV, а также программы для расчета эффективности ЗСК, оснащенных СА, размещены в Интернете по адресу www.skonv-raschet.narod.ru. Пакет программ содержит: 1) программы расчета динамики силовой системы (в дальнейшем «программы») и файлы исходных данных (gm.exe, gm_0000.inp – для скребковых конвейеров с цилиндро-коническими редукторами и гидромуфтами; efm.exe, efm_0000.inp – для скребковых конвейеров с цилиндро-коническими редукторами и электромагнитными фрикционными муфтами; ems.exe, ems_0000.inp – для скребковых конвейеров с цилиндро-коническими редукторами и электромагнитными муфтами скольжения; emt.exe, emt_0000.inp – для скребковых конвейеров с дифференциальными редукторами и электромагнитными индукционными тормозами); 2) управляющую программу – табличный редактор-загрузчик skonv.exe (в дальнейшем «редактор»); 3) программу draw.exe графического представления результатов расчета.

Каждая программа расчета динамики конвейера использует программные модули для решения системы дифференциальных уравнений методом Рунге-Кутты 4-го порядка и для аппроксимации зависимостей, представленных в виде таблиц, кубическими уравнениями.

Выводы и направление дальнейших исследований. Важным резервом повышения эффективности шахтных скребковых конвейеров является их адаптация к реальным условиям эксплуатации и их фактическому техническому состоянию. Для практической реализации концепции адаптации разработаны технические требования к системе адаптации, структура и содержание ее программного обеспечения. Направлением дальнейших исследований, связанных с созданием системы адаптации, является обоснование типа средств адаптации, формирование адаптационных свойств, а также определение рациональных параметров системы и средств адаптации.

Обоснованы технические требования к системе адаптации шахтных скребковых конвейеров, приведена структура её программного обеспечения

Technical requirements to the system of the flight conveyors' adaptation are proved, the structure of it's software support is given

Библиографический список

1. Корнеев С.В., Дьяченко В.В. Адаптация силовой системы скребкового конвейера к условиям горного производства // Уголь Украины. – 1999. – №4. – С. 31-34.

2. Корнеев С.В. Систематизация средств защиты забойных скребковых конвейеров от перегрузок // Уголь Украины. – 2000. – №12. – С.31-33.

3. 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.

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