УДК 62.83.52.0313

***А.А. ТКАЧЕНКО,*** асс., НТУ «ХПИ»;
***А.В. ОСИЧЕВ,*** канд. техн. наук., проф., НТУ «ХПИ»

# СНИЖЕНИЕ ТОКОВЫХ И ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В РЕГУЛИРУЕМОМ АСИНХРОННОМ ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ ШАХТНОГО СКРЕБКОВОГО КОНВЕЙЕРА ПРИ ЗАКЛИНИВАНИИ ЦЕПИ

Предложен способ снижения динамических нагрузок в регулируемом асинхронном электроприводе скребкового конвейера без гидромуфты при заклинивании цепи. По результатам компьютерного моделирования показана работоспособность способа, получена зависимость пикового ускорения звездочки натяжной станции от места заклинивания цепи по длине конвейера.

**Ключевые слова:** скребковый конвейер, гидромуфта, регулируемый электропривод, заклинивание.

**Введение.** Эксплуатация забойных скребковых конвейеров сопровождается частыми пусками (до 400 раз в сутки [1]), а также стопорениями цепи, при которых броски пусковых токов приводных асинхронных двигателей 4-6 кратно превышают среднее значение и негативно влияют на «слабую» шахтную систему электроснабжения, а также на работу электрооборудования добычного участка. Пуско-предохранительные гидромуфты в таких тяжелых режимах работы малоэффективны из-за нагрева рабочей жидкости и срабатывания тепловой защиты, следствием чего являются простои конвейера и снижение производительности. Поэтому в процессе модернизации скребковых конвейеров у производителей и у энергетиков шахт все больший интерес вызывают современные частотно-регулируемые асинхронные электроприводы с векторным управлением. Так, проведенные в [2] исследования показали, что замена нерегулируемого электропривода конвейера СР72 с гидромуфтой на регулируемый электропривод с векторным управлением без гидромуфты обеспечивает различные режимы плавного пуска, ограничивает токовую нагрузку на сеть в пределах заданной уставки, существенно улучшает динамические свойства всей электромеханической системы, однако не исключает возможности порыва цепи при заклинивании рабочей ветви.

**Цель исследования.** Оценка работоспособности способа снижения динамических нагрузок в регулируемом асинхронном электроприводе скребкового конвейера без гидромуфты при заклинивании цепи по результатам компьютерного моделирования.

А.А. Ткаченко, А.В. Осичев, 2013



**Результаты исследования.** Исключение гидромуфты из конструкции скребкового конвейера требует решения задачи автоматического определения момента заклинивания цепи с последующим аварийным остановом конвейера. Исследуемые авторами способы [3] определения момента заклинивания цепи скребкового конвейера СР72 посредством оценки максимального значения и скорости нарастания тока статора асинхронного двигателя показали, что сигнал на отключение привода в рассматриваемых системах возникает только после нагружения всех кинематических звеньев конвейера от точки заклинивания до двигателя. Такое запаздывание во времени (30-50 мс) ограничивает эффективность применения рассмотренных в [3] способов аварийного останова конвейера, которые, однако, снижают динамические нагрузки в цепи при заклинивании более эффективно по сравнению с гидромуфтой при условии своевременного (без запаздывания) определения момента заклинивания.

Кинематическая схема промышленно выпускаемых скребковых конвейеров с хвостовой приводной станцией, в которых тяговое усилие от приводной звездочки передается на рабочую ветвь через звенья холостой ветви, позволяет реализовать разработанный авторами способ снижения динамических нагрузок в цепи при заклинивании и защищенное патентом устройство [4]. Суть способа (рис. 1) заключается в том, что скребковый конвейер, состоящий из регулируемого асинхронного привода 1, редуктора 2, приводной звездочки 3, через которую тяговое усилие передается на скребковую цепь 4 и звездочки 5 натяжной станции оснащается датчиком угла ее поворота 6, сигнал с которого подается на блок двухкратного дифференцирования 7 и далее обеспечивает возможность заблаговременного торможения.

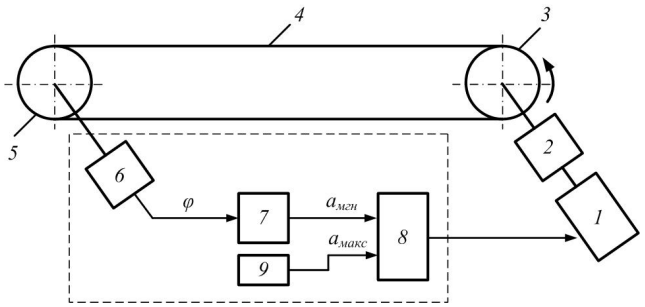


Рис. 1 – Структурная схема реализации способа определения момента заклинивания цепи

После пуска конвейера в ходе его нормальной работы с постоянной средней скоростью в установившемся режиме мгновенное ускорение $a_{мгн}$

звездочки, которое непрерывно рассчитывается в блоке двухкратного дифференцирования 7, мало. При заклинивании цепи 4 волна усилий распространяется от точки заклинивания, которая находится на рабочей ветви конвейера, по рабочей ветви к звездочке 5 натяжной станции, вызывая резкое (импульсное) увеличение ее ускорения, так как она имеет малый момент инерции по сравнению с ротором двигателя. Волна, затормозив звездочку натяжной станции, проходит дальше по холостой ветви к приводной станции и будет нагружать ее звенья, если с этого момента не предпринять мер по снижению динамических усилий в цепи. Пороговый элемент 8, обнаружив превышение ускорения звездочки выше заданного в задатчике верхнего порога 9 уровня $a_{макс}$, выдает сигнал на регулируемый асинхронный электропривод 1, который обеспечивает различные (промышленно реализованные) способы аварийного торможения конвейера.

Подтверждение работоспособности заявленного способа проведем на разработанной авторами компьютерной модели скребкового конвейера СР72 с хвостовой приводной станцией и регулируемым асинхронным электроприводом с системой векторного управления без гидромуфты [2]. Такая модель позволяет исследовать пуск в режиме токоограничения и плавный пуск конвейера, его работу на определенной скорости транспортирования, а также заклинивание цепи от различных причин.

На рис. 2 представлен график ускорения звездочки натяжной станции, снятый с компьютерной модели незагруженного конвейера при заклинивании рабочего органа по причине попадания скребка в рештак. После разгона конвейера в режиме токоограничения и выхода его на рабочую скорость моделируется мгновенный останов скребка посредине рабочей ветви.

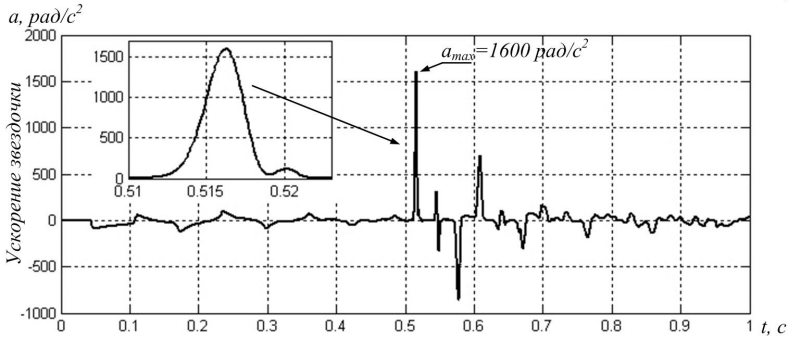


Рис. 2 – График ускорения звездочки натяжной станции

Из рассмотрения процесса, представленного на рис. 2, можно сделать вывод, что стандартный энкодер с 10000 импульсами на оборот успешно выделяет импульсное угловое перемещение звездочки натяжной станции, вызванное прохождением волны деформаций от заклинивания, а численное дифференцирование по методу трех точек позволяет получить сигнал ускорения звездочки и надежно выделить его из среднего шумящего значения вычисляемого ускорения в неаварийных режимах. Максимальное значение углового ускорения звездочки натяжной станции при заклинивании цепи посредине рабочей ветви достигает 1600 рад/с$^2$, а при пуске конвейера не превышает 100 рад/с$^2$.

Обобщение результатов моделирования (рис. 3) показало зависимость максимального значения ускорения звездочки натяжной станции от места заклинивания цепи по длине рабочей ветви конвейера в пределах $a_{max}$=1300…2800 рад/с$^2$. По мере приближения точки заклинивания к натяжной станции пиковое ускорение ее звездочки плавно увеличивается, а на расстоянии 10 м и ближе этот эффект выражен сильнее. Полученная обобщающая зависимость позволяет правильно выбрать порог срабатывания устройства защиты [4] при наладке системы управления конвейера.

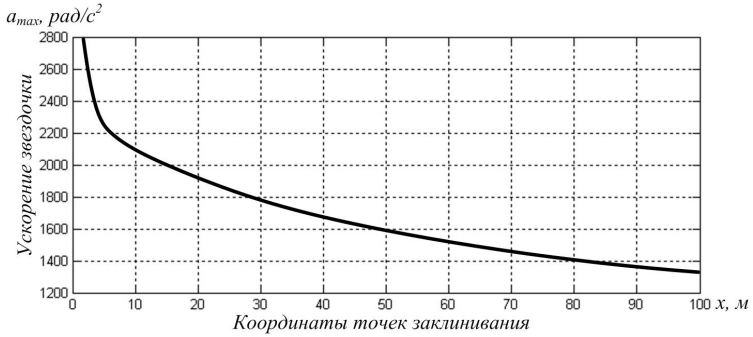


Рис. 3 – Зависимость максимальной величины ускорения звездочки натяжной станции от места заклинивания

Эффективность предложенного решения по снижению динамических нагрузок в цепи скребкового конвейера СР72 с хвостовой приводной станцией и регулируемым асинхронным электроприводом без гидромуфты при заклинивании цепи оценим, сравнив трехмерные пространственно-временные диаграммы динамических процессов усилий F(x,t), полученные на модели. Значение предварительного натяжения цепи равно $F_{пн}$=44 кН, провис отсутствует, моделируемая цепь обладает упругостью при растяжении и «сжатии» относительно уровня предварительного натяжения.

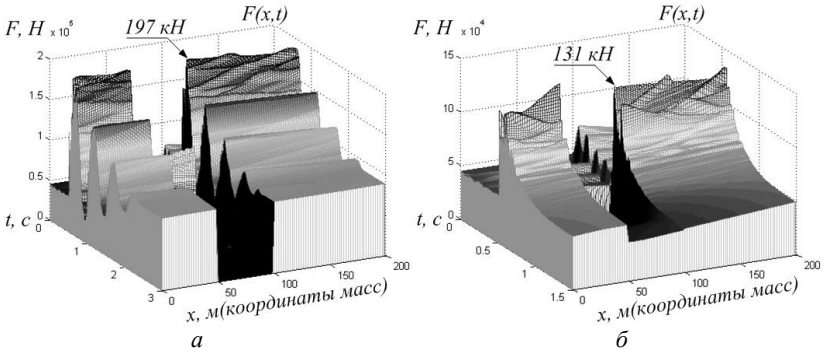


Рис. 4 – Динамические усилия в цепи конвейера: *а* – без средств снижения динамических нагрузок; *б* – с применением устройства защиты [4]

Из графика (рис. 4, а) видно, что мгновенный останов скребка вызывает значительные колебания усилий в цепи на участке от точки заклинивания через холостую ветвь и далее к приводной станции. Без принятия мер по снижению динамических нагрузок амплитуда первого пика возрастает до 197 кН с учетом $F_{пн}$, однако не превышает разрывное усилие цепи калибра 18×64 конвейера СР72, равное 252 кН. Нарастание усилий в цепи происходит по мере нагружения привода с одновременным снижением его скорости (вплоть до остановки) за счет перехода кинетической энергии, запасенной в останавливающихся инерционных массах в потенциальную энергию растяжения цепи. Возникшие от заклинивания колебания затухают за 4 периода, двигатель, не преодолев причину заклинивания, останавливается и создает стопорный статический момент, натягивая цепь до уровня 89 кН с учетом $F_{пн}$.

В случае применения устройства защиты цепи от перегрузки (рис. 4, б) кинетическая энергия вращающегося двигателя гасится в ходе его экстренного торможения под воздействием системы управления, движущий момент не создается, цепь ослабляется (не натягивается). В результате распространяющаяся по холостой ветви волна деформаций от заклинивания производит меньшее ударное действие по механической части приводной станции, снижая первый пик до уровня 131 кН с учетом $F_{пн}$, колебания усилий в цепи не возникают.

**Выводы.** 1. В статье показана работоспособность способа снижения динамических нагрузок в регулируемом асинхронном электроприводе скребкового конвейера без гидромуфты при заклинивании цепи.

2. Построена обобщающая зависимость величины пикового ускорения звездочки натяжной станции от места заклинивания цепи, которая позволяет правильно выбрать порог срабатывания устройства защиты при наладке системы управления конвейера.

3. Токовые нагрузки на шахтную сеть можно снизить, применяя регулируемый асинхронный электропривод с устройством защиты цепи от перегрузки.

**Список литературы: 1.** *Ещин Е.К.* Теория предельных режимов работы горных машин / *Е.К. Ещин.* – Томск: Изд-во Томского ун-та, 1995. – 232 с. **2.** *Ткаченко А.А.* Анализ динамических процессов в регулируемом асинхронном электроприводе скребкового конвейера СР72 / *А.А. Ткаченко, А.В. Осичев, А.Б. Богаевский* // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. – Кременчук: Кременчуцький національний університет ім. Михайла Остроградського, 2012. – №3/2012 (19). – Тем. вип. «Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія і практика». – С. 168–171. **3.** *Ткаченко А.А.* Оценка эффективности способов экстренного торможения скребкового конвейера СР72 при заклинивании рабочего органа / *А.А. Ткаченко* // Вісник НТУ „ХПІ”. – Харків: НТУ „ХПІ”, 2010. – №28. – Тем. вип. „Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика”. – С. 402–405. **4.** Пат. 74793 Україна, ПМК B65G 43/00. Пристрій захисту ланцюга скребкового конвеєра від перевантаження при заклинюванні / *Осичев О.В., Ткаченко А.О.;* заявник та патентовласник НТУ «ХПІ». – № u 2012 05202; заявл. 27.04.2012; опубл. 12.11.2012, Бюл. №21.

*Поступила в редколлегию 03.02.2012*

УДК 62.83.52.0313

**Снижение токовых и динамических нагрузок в регулируемом асинхронном электроприводе шахтного скребкового конвейера при заклинивании цепи / Ткаченко А.А., Осичев А.В.** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Енергетика: надійність та енергоефективність. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2013. - №.17 (990). – С.155-160. Іл.: 4. Бібліогр.: 4 назв.

Запропоновано спосіб зниження динамічних навантажень в регульованому асинхронному електроприводі скребкового конвеєра без гідромуфти при заклинюванні ланцюга. За результатами комп’ютерного моделювання показана працездатність способа, отримана залежність пікового прискорення зірки натяжної станції від місця заклинювання ланцюга по довжині конвеєра.

**Ключові слова:** скребковий конвеєр, гідромуфта, регульований електропривод, заклинювання.

A method of reduction of dynamic loadings in the regulated asynchronous electric drive scraper conveyor without fluid coupling at jamming chain is proposed. According to the results of computer simulation confirmed efficiency of the method, the obtained dependence of peak acceleration of an sprocket of tension station from the place of jamming in the chain conveyor length.

**Key words:** longwall armored face conveyor, fluid coupling, adjustable electric drive, jamming.