

Features to reduce dynamic loads in scraper conveyor Shepelina P.

Особенности снижения динамических нагрузок в скребковых конвейерах Шепелина П. В.

*Шепелина Полина Валерьевна / Shepelina Polina – кандидат технических наук, доцент,
кафедра путевых и строительных машин и робототехнических комплексов,
Московский государственный университет путей сообщения императора Николая II, г. Москва*

Аннотация: приводятся типовые причины возникновения динамических нагрузок в конструкциях скребковых конвейеров и их возможные последствия. Затронуты вопросы защиты оборудования конвейера при внедрении предохранительных устройств, снижающих негативное воздействие динамических нагрузок на элементы скребкового конвейера. Для более эффективной эксплуатации цепного конвейера приводятся конструктивные требования к приводам конвейеров с цепным тяговым органом. Сравниваются приводы, регулируемые и нерегулируемые по скорости.

Abstract: are typical causes of dynamic loads in designs of conveyors and their possible consequences. The issues of protection of the equipment of the conveyor in the implementation of safety devices, reducing the negative impact of dynamic loads on the elements of the scraper conveyor. For more effective operation of the chain conveyor are design requirements for the conveyor drives chain traction body. Compares the regulated and non-regulated drives for speed.

Ключевые слова: скребковый конвейер, динамические нагрузки, тяговый орган, цепь, гидромуфта.
Keywords: scraper conveyor, dynamic load, a traction on the chain, fluid coupling.

В последнее десятилетие резкий рост добычи угля в России обуславливает в числе прочих факторов рост грузопотоков на основе комплексной автоматизации и механизации. Наличие значительных грузопотоков угля и других насыпных грузов влечет внедрение современных поточных систем транспорта, функционирующих на базе конвейеризации. Эффективность подавляющего массива конвейерных систем обеспечивается научными, проектными, экспериментальными работами, разрабатываемыми в исследовательских и проектно-конструкторских центрах. Тем более что в планах угольной промышленности широко применяется конвейерный транспорт.

Скребковый конвейер – транспортирующая установка для перемещения грузов сыпучего и мелкокускового характера, важнейшее средство транспорта угольной промышленности, в строительстве и множестве других промышленных сфер.

Обеспечивая заданную производительность работы по транспортированию груза необходимо выдерживать требования условий надёжности и безаварийности его работы.

Некоторая информация о надёжности и безопасности технических систем рассмотрена в работах [1–2].

Обеспечение эксплуатационной надёжности является актуальнейшей проблемой, которая не может решиться без освещения динамических процессов, происходящих внутри их систем. Поэтому необходимо детальное рассмотрение динамических нагрузок конвейеров.

Исследователи отмечают, что различные конструктивные схемы конвейеров с цепным тяговым органом можно анализировать с помощью единой физической модели.

Существующая систематизация физических моделей позволяет выделить статические и динамические модели.

При анализе физических процессов на основании динамических моделей все параметры системы принимаются вполне определенными значениями, т.е. не учитывают все статические явления в исследуемой системе.

Практика функционирования конвейеров показывает наличие в них динамических усилий, возникающих в период установившегося движения, а также при пуске и торможении конвейера или в условиях внезапного стопорения его тягового органа.

Безусловно, в период установившегося движения динамические усилия в элементах конвейера зависят от целого ряда факторов. Особо отметим усилия, вызванные такими конструктивными особенностями приводных устройств как, например, многогранность звездочек, концевые приводные устройства тяговых приводных цепей. Поскольку в процессе вращения звездочки радиус приложения тягового усилия меняется, то возникает переменный периодический момент, оказывающий воздействие на привод, что приводит к неравномерному движению самой звездочки и самому приводу в целом. Особо отметим, что многогранность звездочки вызывает неравномерность хода тяговой цепи.

Практика показывает, что неравномерность функционирования механических систем способствует возникновению динамических сил, воздействующих на их элементы. Здесь имеется в виду, что в

процессе установившегося движения все составные части конвейера подвержены воздействию повторяющихся динамических сил, возникающих из-за вынужденных колебаний системы.

Резкие воздействия скребков, звеньев цепи придают дополнительное сопротивление тяговому органу и увеличивают динамические нагрузки на тяговую цепь.

Практика показывает, что главными источниками увеличения динамических усилий в тяговых цепях скребковых конвейеров, вызывают неравномерность движения тяговой цепи и жесткие воздействия роликов несущего полотна при прохождении стыков направляющих.

Отметим также, что дифференцированные условия использования, физический износ тяговых цепей и других деталей конвейеров способствуют изменению их динамических характеристик.

Динамические усилия в тяговой цепи могут достигать предельных значений в зависимости от степени равномерности хода тяговой цепи, что влечет дополнительный анализ при расчете тяговой цепи на прочность. Ввиду того, что в наклонных скребковых конвейерах расстояние между приводами возрастает до 150 метров, то, как правило, динамические усилия в тяговом органе не будут полностью затухать в связи с неравномерным ходом цепи у приводных устройств. А это в свою очередь, резко повышает динамические нагрузки на тяговые цепи в период установившегося движения.

В результате можно сделать вывод, что главными причинами появления динамических нагрузок в деталях скребковых конвейеров являются слабость самих приводов, а также зависимость коэффициента сопротивления перемещению от скорости.

На основе анализа динамики тяговых цепей и исследований динамических усилий скребковых конвейеров были сделаны выводы, что ввод упругого звена в приводное устройство скребковых конвейеров зачастую минимизирует динамические нагрузки в цепи. Иными словами, привод конвейера оказывает воздействие на колебательные процессы как в тяговой цепи, так и в механической составляющей конвейера.

Под приводом конвейера понимается совокупность устройств, приводящих в движение рабочий орган конвейера и производящих работу по преодолению сопротивлений перемещению рабочего органа и груза. В зависимости от места установки в конвейере приводы разделяются на концевые и промежуточные. Выполняемые приводами конвейера функции позволяют выделить тяговые, тормозные и уравнивательные приводы.

Уравнивательные приводы применяются совместно с тяговыми или тормозными приводами, но в уравнительном приводе отсутствует электродвигатель.

Общепризнанное название «уравнивательный привод» не достаточно корректно дает понимание данного устройства. В действительности привод конвейера состоит из одного или нескольких электродвигателей соединительных, предохранительных или пусковых муфт, передаточных устройств, включающих гидропередачу или редуктор, а иногда и оба эти элемента приводного устройства, передающего движение непосредственно рабочему органу.

Актуальна задача разработки регулируемого автоматизированного электропривода скребкового конвейера, позволяющего рационально осуществлять разгон скребковой цепи с кратковременной (не более 10 с) ступенью пониженной скорости с последующим плавным увеличением скорости до номинальной. С целью повышения эффективности защитного действия при динамических перегрузках привод конвейера должен быть снабжен техническими средствами выявления перегрузки и экстренного торможения привода с последующим кратковременным реверсированием и повторным прямым пуском. Так может достигаться устранение заклинивания в автоматическом режиме. Указанные функции могут быть осуществлены частотно-управляемым асинхронным электроприводом при условии исключения гидромуфт из состава приводных блоков.

Все приводы, регулируемые по скорости, обеспечивают плавный пуск конвейера без больших динамических усилий, предотвращают экстренные перегрузки тягового органа и поэтому отпадает потребность в предохранительных муфтах. Не регулируемые по скорости приводы с предохранительными турбомуфтами распространены на конвейерах с цепным тяговым органом из-за их относительной простоты. Для обеспечения защиты трансмиссии и рабочего органа конвейеров при скоростных приложениях нагрузок используются предохранительные устройства. В настоящее время среди предохранительных устройств, наиболее перспективными являются электромагнитные муфты трения и скольжения. Электромагнитные муфты трения позволяют предохранять от опасных нагрузок тяговые органы и приводы конвейеров при пуске, несостоявшемся пуске и внезапном торможении. В условиях установившегося режима электромагнитная муфта трения соединяет вал электродвигателя с редуктором при помощи фрикционных дисков. Такие соединения для установившегося движения конвейера можно рассматривать как «абсолютно жесткие», и в схеме привода можно не учитывать. Электромагнитные муфты скольжения осуществляют предохранительные функции в конвейерах с цепным тяговым органом, и улучшают условия их пуска. При установившемся движении конвейера они имеют постоянное проскальзывание. Электромагнитная муфта скольжения допускает регулирование скорости вращения выходного вала в пределах 10%, что может быть использовано для стабилизации скорости движения тягового органа конвейера.

Технический прогресс оказал заметное влияние на динамические характеристики приводов с турбомуфтами. При этом турбинное колесо, редуктор и приводное устройство являются составной частью колебательной системы, поскольку взаимовлияние приведенных масс этих элементов и движущихся масс скребковых конвейеров одного порядка. К слову сказать, массы ротора электродвигателя и присоединенных к нему элементов ничтожно слабо воздействуют на возникающие колебания в конвейере. Отметим, что при анализе динамики конвейеров кинематические и динамические показатели их элементов, а также загрузки по длине принимались как постоянные величины.

В России широко используются приводы с механическим и гидравлическим передаточными устройствами. Турбомуфты, являясь составными частями таких передаточных устройств, широко распространены в приводах скребковых конвейеров. Практика показывает, что статические и динамические характеристики турбомуфты не идентичны. Их различия вызваны запаздыванием в перестроении потока жидкости, протекающей между лопатками турбомуфты, и изменением количества жидкости, участвующей в передаче крутящего момента.

Динамическая модель турбомуфты состоит из двух масс, моделирующих приведенные моменты инерции насосного и турбинного колес. Соединение электродвигателя с турбомуфтой осуществляется через упругую диафрагму.

Проведённые экспериментальные исследования демпфирующих и упругих свойств узла соединения вал электродвигателя - насосное колесо турбомуфты показали, что коэффициенты жесткости и вязкости трения данного узла соизмеримы по величине с коэффициентами остальных элементов привода. В силу этого динамическая модель привода на участке ротор электродвигателя-насосное колесо турбомуфты должна включать упругий и демпфирующий элементы (параллельное соединение элементов).

Как правило, скребковый конвейер снабжен одним или двумя приводными блоками. Приводные блоки включают в свой состав асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, гидромуфту и редуктор. Мощности двигателей находятся в пределах 37 – 315 кВт, двигатели по большей части односкоростные.

Гидромуфты применяются для обеспечения плавности пуска и защиты привода от динамических перегрузок. В действительности эти пускозащитные функции выполняются недостаточно эффективно. Механическая характеристика гидромуфты определяется уравнением [3]:

$$M_T = a_1 v_H^2 + a_2 v_H v_T + a_3 v_T^2$$

где a_1 ; a_2 ; a_3 – постоянные для отдельных зон семейства переходных характеристик; M_T – момент на валу турбинного колеса, v_H и v_T – угловые скорости турбинного и насосного колёс. Отсюда следует, что необходимый момент на валу турбинного колеса может быть получен только при угловой скорости насосного колеса, близкой к номинальной частоте вращения ротора двигателя. Таким образом, при пуске конвейера двигатель разгоняется вхолостую, а при частоте вращения его ротора близкой к номинальной происходит передача момента двигателя через гидромуфту и редуктор на рабочий орган. Следовательно, процесс характеризуется высоко динамичным изменением нагрузок в тяговом органе, а интенсивный разгон скребковой цепи сопряжен с возможностью травмирования находящегося вблизи, персонала.

Второй негативной особенностью эксплуатации скребкового конвейера являются частые заклинивания его рабочего органа транспортируемой массой. Процесс увеличения общего растягивающего усилия в цепи F_m зачастую ведет к ее обрыву. Неэффективность здесь защитного действия гидромуфты обусловлена тем, что в момент заклинивания цепи, до остановки турбинного колеса вся вращающаяся масса гидромуфты, складываясь с массой ротора двигателя за счет инерции вызывает значительное дополнительное растягивающее усилие.

Практика показывает, что большую часть общего времени простоев конвейеров составляют работы по поиску и устранению обрывов скребковых цепей. При этом на верхней ветви цепей простой обычно составляют до часа, а на нижней до 8 часов.

В результате проведенного анализа можно сделать следующие выводы.

Динамические усилия возникают:

- в период установившегося движения, при пуске и торможении конвейера или в условиях внезапного стопорения его тягового органа;
- в период установившегося движения проявляются динамические усилия в элементах конвейера, которые зависят от целого ряда факторов. Здесь имеется в виду многогранность звездочек, концевые приводные устройства тяговых приводных цепей, которые вызывают неравномерность хода тяговой цепи.

Резкие воздействия скребков, звеньев цепи увеличивают динамические нагрузки на тяговую цепь.

Жесткие воздействия роликов несущего полотна также увеличивают динамические нагрузки при прохождении стыков направляющих.

Главными причинами появления динамических нагрузок в деталях скребковых конвейеров являются слабость самих приводов, а также зависимость коэффициента сопротивления перемещению от скорости

Ввод упругого звена в приводное устройство скребковых конвейеров минимизирует динамические нагрузки в цепи

Среди предохранительных устройств особого внимания заслуживают электромагнитные муфты, т.к. частичным регулированием скорости вращения вала они стабилизируют скорость движения цепи и улучшают условия их пуска.

Смягчение пуска конвейера за счет применения гидромуфты не исключает, обрыв цепи от заклинивания.

Обеспечение плавного пуска конвейера можно осуществить с помощью регулируемого асинхронного электропривода, который при обнаружении момента заклинивания, экстренно тормозится бы для снижения динамических нагрузок в цепи.

Литература

1. *Шиянов С. М., Шепелина П. В., Куранцов В. В., Кормилицин А. И.* О повышении надежности и безопасности технических систем в процессе эксплуатации // Двойные технологии, 2013. № 1. С. 20–22.
2. *Чугреев Л. И.* Динамика конвейера с цепным тяговым органом. М.: «Недра», 1976. 160 с.
3. *Ковальский В. Ф.* Системный подход к созданию привода скребковой цепи щебнеочистительных машин // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки, 2005. Спецвыпуск. С. 87-90.
4. *Стиваковский А. О., Дьячков В. К.* Транспортирующие машины. М.: Машиностроение, 1983. 487 с.