

УДК 62.83.52.0313

А. А. Ткаченко,
А. В. Осичев, канд. техн. наук

АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ДВУХПРИВОДНОМ СКРЕБКОВОМ КОНВЕЙЕРЕ СР72 В РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМАХ

Аннотация. Проведен сравнительный анализ динамических процессов в одно- и двухприводном скребковом конвейере по результатам компьютерного моделирования. Представлены трехмерные пространственно-временные диаграммы динамических усилий в цепи, отображающие пуск конвейера и процесс заклинивания. Построены обобщающие зависимости пиковых натяжений цепи от места ее заклинивания по длине конвейера.

А. О. Ткаченко,
О. В. Осичев, канд. техн. наук

АНАЛІЗ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В ДВУХПРИВОДНОМ СКРЕБКОВІ КОНВЕЄРІ СР72 В РІЗНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМАХ

Анотація. Проведено порівняльний аналіз динамічних процесів в одно- та двоприводному скребковому конвеєрі за результатами комп'ютерного моделювання. Представлені тривимірні просторово-часові динамічні діаграми зусиль в ланцюзі, які відображають пуск конвеєра та процес заклинювання. Побудовані узагальнюючі залежності пікових тягень ланцюга від місця його заклинювання вздовж конвеєра.

Andrew A. Tkachenko,
Aleksandr V. Osichev, PhD

ANALYSIS OF DYNAMIC PROCESSES IN A DUAL-SCRAPER CONVEYOR SR72 IN DIFFERENT TECHNOLOGICAL MODES

Abstract. The comparative analysis of dynamic processes is lead to one- and double-drive the longwall armored face conveyor by results of computer modeling. The three dimensional space-time dynamic processes of forces in chain displaying start-up of the conveyor and jamming are presented. Generalizing curves of peak tension of working body depending on the places of its jamming on length of the conveyor are obtained.

Процесс внедрения современных автоматизированных электроприводов в работающих таких ответственных механизмах горнодобывающего комплекса, как скребковые конвейеры, продвигается относительно медленно, в частности в связи с необходимостью учета трудно измеряемых величин натяжений рабочего органа, особенно в аварийных режимах, которые могут привести к поломке оборудования. Поэтому актуальной является задача исследования работы скребкового конвейера на его компьютерной модели.

Целью работы является сравнительный анализ динамических процессов в электроприводе одно- и двух-приводного конвейера по результатам компьютерного моделирования в различных режимах работы. Расчет динамических процессов проведем на разработанной ранее [2] компьютерной модели скребкового конвейера СР72, длина которого $L = 100$ м, производительность $\Pi = 600$ т/ч, количество цепей – 2, калибр цепи – 18×64 , масса погонного метра 2-х цепей со скребками – 18 кг/м, погонная масса транспортируемого груза – 100 кг/м, угол наклона конвейера $\alpha = 0^\circ$, приводной асинхронный двигатель мощностью $P_n = 55$ кВт (один или два в зависимости от кинематической схемы), скорость транспортирования груза $v_{ном} = 0,95$ м/с. Модель позволяет исследовать прямой пуск конвейера, его работу на определенной скорости транспортирования, а также заклинивание цепи от различных причин. На рис.1,а представлены трехмерные пространственно-временные диаграммы динамических процессов усилий $F(x, t)$ в цепи, рассчитанные

в модели незагруженного скребкового конвейера без гидромуфты при пуске от одного асинхронного двигателя, расположенного в голове конвейера. Предварительное натяжение цепи в модели $F_{пн} = 44$ кН, провис отсутствует, моделируемая цепь обладает упругостью при растяжении и “сжатии” относительно уровня предварительного натяжения.

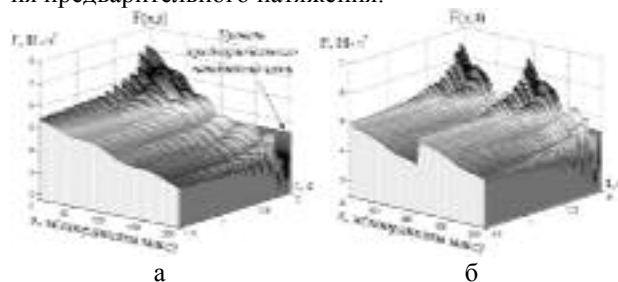


Рис.1. Динамические усилия в цепи при пуске конвейера: а – одноприводной; б – двухприводной

Из графика (рис.1,а) видно, что в момент пуска конвейера от приводной звездочки (с точки набегающей) по рабочей ветви распространяется волна растяжений, которая вызывает увеличение нагрузок в цепи. Максимальные динамические усилия (72 кН с учетом $F_{пн}$) действуют возле приводной станции и уменьшаются по мере приближения к натяжному устройству, где практически обращаются в нуль. Далее волна продолжает движение по холостой ветви, отражается от приводной звездочки и возвращается обратно. Отражения от звездочки натяжного устройства не происходит, поскольку её момент инерции существенно меньше момента инерции двигателя, конвейер не за-

гружен и скорость волны по всей длине рабочего органа неизменна $a \approx 3300$ м/с. Аналогично с точки сбегания по холостой ветви распространяется волна “сжатий” относительно уровня предварительного натяжения цепи. В один и тот же момент в любом из сечений трассы конвейера колебания усилий с частотой 8,33 Гц в рабочей и холостой ветвях противоположны по знаку, то есть совершаются противофазно. После разгона конвейера возникшие колебания затухают, двигатель передает тяговое усилие на рабочую и холостую ветви, максимальная нагрузка в цепи в точке набегания возле приводной станции равна 10 кН без учета $F_{\text{пн}}$.

На рис.1,б представлены трехмерные пространственно-временные диаграммы динамических процессов усилий $F(x, t)$ в цепи двухприводного конвейера, где головной привод расположен в начале конвейера, а хвостовой – в его конце. При такой кинематике конвейера падающие волны на рабочей и холостой ветвях отражаются от хвостового двигателя и проходят в 2 раза меньшее расстояние, что способствует удвоению частоты возникших колебаний до 16,66 Гц. Таким образом, характер динамических нагрузок отдельно на рабочей и холостой ветвях двухприводного конвейера аналогичен процессам по всей цепи одноприводного конвейера, длина которого меньше в 2 раза, что соответствует [4]. В установившемся режиме головной привод двухприводного конвейера передает тяговое усилие только на рабочую ветвь, поэтому максимальные нагрузки в цепи в точках набегания обеих незагруженных ветвей уменьшаются в 2 раза по сравнению с одноприводным конвейером и составляют 5 кН без учета $F_{\text{пн}}$, что соответствует [3].

Выполним расчет динамических процессов в одно- и двухприводном скребковом конвейере при заклинивании рабочего органа по причине попадания скребка в рештак, как наиболее опасного для цепи и кинематических звеньев аварийного режима. После разгона конвейера и выхода его на рабочую скорость моделируется мгновенный останов скребка посередине рабочей ветви, который глухо садится в порог рештака и дальше двигаться не может. В этом случае образуется модель с заделкой точки рабочего органа и связью через упругую кинематическую цепь с распределенной массой. Результаты расчета такого вида заклинивания в одноприводном конвейере приведены на рис.2,а.

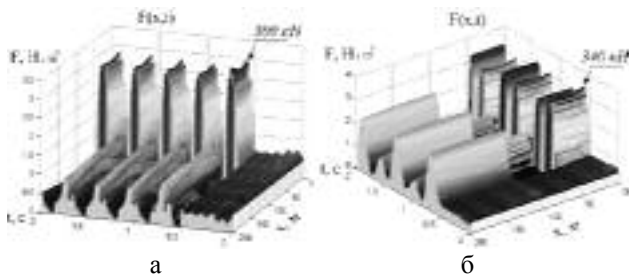


Рис.2. Динамические усилия в цепи конвейера при заклинивании: а – одноприводной; б – двухприводной

Из графика рис.2,а видно, что мгновенный останов скребка вызывает значительные колебания усилий в цепи на участке от точки заклинивания к приводной станции. Первый пик усилий амплитудой

300 кН с учетом $F_{\text{пн}}$ вызван волной растяжений, распространяющейся от места заклинивания к приводной станции и отражающейся от нее. В этот момент привод резко нагружается дополнительным динамическим усилием, в 5 раз превышающим $M_{\text{ном.дв}}$ и опрокидывается, не преодолев причину заклинивания. Резкое снижение момента асинхронного двигателя при его работе на неустойчивой ветви механической характеристики приводит к появлению волны “сжатий”, которая теперь распространяется от двигателя к месту заклинивания. Процесс “растяжений-сжатий” повторяется, устанавливаются незатухающие автоколебания (при включенном двигателе) с амплитудой, превышающей разрывное усилие цепи калибра 18×64 конвейера СР72, равное 252 кН. Значительно меньшие по амплитуде (до 100 кН с учетом $F_{\text{пн}}$) колебания усилий возникают на участке цепи от точки заклинивания в сторону натяжной станции и далее по холостой ветви, так как волна “сжатий” (а потом растяжений) проходит в 3 раза более длинный отрезок конвейера.

Динамические процессы усилий при заклинивании цепи двухприводного конвейера показаны на рис.2,б. Из графика видно, что максимальная амплитуда первого пика усилий в цепи возле головного привода на 40 кН (на 13 %) выше, чем для одноприводного конвейера и равна 340 кН с учетом $F_{\text{пн}}$. Такое увеличение динамических усилий в момент заклинивания вызвано прибавлением статического усилия хвостового привода с учетом сил сопротивления движению цепи через холостую ветвь, что совпадает с [1]. Обобщение результатов моделирования (рис.3) подтвердило снижение максимальных усилий в цепи по мере отдаления точки заклинивания от головного привода до уровня 280 кН, не исключая, однако, порыв цепи.

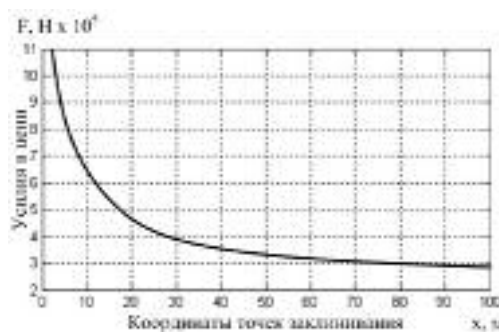


Рис.3. Зависимость максимальной величины динамических усилий в цепи возле головного привода от места заклинивания

Нагружение хвостового привода динамическим моментом в 4 раза превышающим $M_{\text{ном.дв}}$ и приводящим к его опрокидыванию происходит за счет волны растяжений, распространяющейся к нему по холостой ветви от головного привода и отражающейся обратно. При этом амплитуда колебаний усилий, возникающих на холостой ветви, не превышает 240 кН с учетом $F_{\text{пн}}$, т.е. не приводит к разрушению цепи.

Колебания усилий на участке конвейера от хвостового привода до точки заклинивания возникают, когда момента привода недостаточно для преодоле-

ния нагрузки со стороны холостой ветви и находящаяся в ненапрянутом состоянии цепь ударно замыкается. Обобщение результатов моделирования (рис.4, кривая I) показало, что цепь остается не натянутой при заклинивании на расстоянии 15 м от хвостового привода. Заклинивание на остальном участке конвейера приводит к замыканию цепи и возникновению колебаний. Их амплитуда изменяется в пределах 120...195 кН с учетом $F_{\text{пн}}$ в зависимости от места заклинивания.

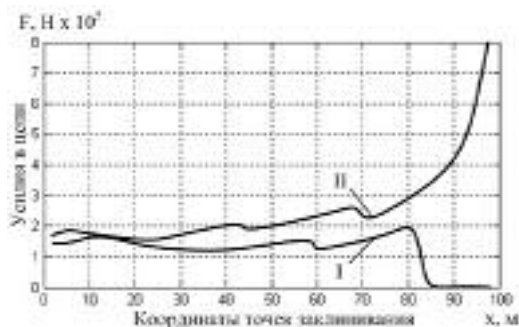


Рис.4. Зависимость максимальной величины динамических усилий в цепи возле хвостового привода от места заклинивания

Покажем влияние снижения момента хвостового асинхронного привода на амплитуду колебаний, возникающих на рассмотренном участке цепи. Для этого выполним расчет динамических процессов в двухприводном конвейере с учетом сопротивления проводов, что вызывает снижение напряжения на хвостовом двигателе на 20 % при пуске. Взаимное влияние двигателей через общую сеть рассматривать не будем, а точку заклинивания цепи в модели зададим на расстоянии 10 м от хвостового привода. Результаты моделирования приведены на рис.5.

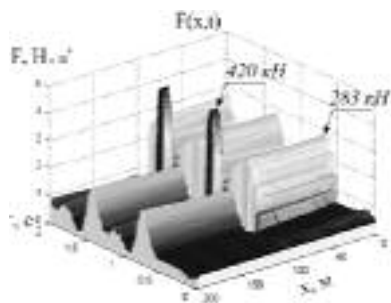


Рис.5. Динамические усилия в цепи конвейера при заклинивании с учетом сопротивления проводов

Из графика видно, что после опрокидывания хвостового двигателя при его максимальной отрицательной скорости и сниженном моменте на участке от точки заклинивания до хвостового привода за счет ударного смыкания ненапрянутой цепи возникают колебания усилий амплитудой 420 кН с учетом $F_{\text{пн}}$. Из обобщения результатов моделирования (рис.4, кривая II) следует, что амплитуда колебаний максимальна (в 2-3 раза превышает разрывное усилие цепи) возле хвостового привода и уменьшается по мере отдаления от него. Амплитуда пиков также уменьшается с уменьшением сопротивления питающих проводов.

Выводы

1. В статье представлены результаты моделирования процессов пуска и аварийного заклинивания

скребкового конвейера СР72 с одним и двумя приводами, выполнен сравнительный анализ динамических процессов натяжений цепи.

2. Характер динамических нагрузок отдельно на рабочей и холостой ветвях двухприводного конвейера аналогичен процессам по всей цепи одноприводного конвейера, длина которого меньше в 2 раза.

3. Максимальное натяжение цепи незагруженного двухприводного конвейера на рабочей и холостой ветвях в 2 раза меньше по сравнению с одноприводным при одинаковой их длине.

4. Максимальные нагрузки в цепи двухприводного конвейера СР72 при заклинивании от попадания скребка на решетку на 13 % выше по сравнению с одноприводным.

5. Выявлено возникновение ударного размыкания-замыкания цепи в конце рабочей ветви двухприводного конвейера при недостаточности электромагнитного момента, развиваемого хвостовым асинхронным двигателем.

6. Построены обобщающие зависимости величины пиковых натяжений цепи возле головного и хвостового приводов в зависимости от места заклинивания по длине конвейера.

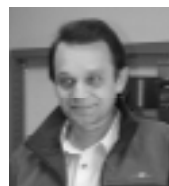
Список использованной литературы

1. Леусенко А.В. Скребковые конвейеры: Справочное пособие / А.В.Леусенко, Г.В.Высоцкий, Б.А.Эйдерман. – М.: Недра, 1993.– 221с.
2. Осичев А.В. Оценка динамических свойств электропривода скребкового конвейера СР72 при различных причинах заклинивания его рабочего органа. / А.В.Осичев, А.А.Ткаченко // Темат. вып. «Проблемы автоматизованого электропривода. Теория й практика» наук. техн. журналу «ЕЛЕКТРОІНФОРМ». – Львів: ЕКОінформ. – 2009.– С. 148-150.
3. Спиваковский А.О. Транспортирующие машины: Учеб. пособие для машиностроительных вузов / А.О.Спиваковский, В.К.Дьячков. – М.: Машиностроение, 1983.– 487 с.
4. Штокман И.Г. Динамика тяговых цепей рудничных конвейеров / И.Г.Штокман. – М.: УГЛЕТЕХ-ИЗДАТ, 1959.– 287 с.

Получено 11.07.2011



Ткаченко
 Андрей Александрович,
 ассистент каф. «Автоматизированные эл.механические системы» Нац. техн. ун-та «ХПИ»,
 E-mail: magistramd@mail.ru



Осичев
 Александр Васильевич,
 канд. техн. наук, проф. каф.
 «Автоматизированные эл.механические системы»
 Нац. техн. ун-та «ХПИ»,
 E-mail: osichev@kpi.kharkov.ua