

УДК 622.271

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА ДОПУСТИМОГО ПРЕВЫШЕНИЯ
УСКОРЕНИЯ ИЗ УСЛОВИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАПУСКА
КОНВЕЙЕРА**

О.В. Вапирова

Донецкий национальный технический университет

Предложена электромеханическая модель привода ленточного конвейера с фрикционной связью. Рассмотрен режим работы конвейера в период пуска, сопровождающийся буксованием, получены выражения для определения предельно допустимых значений ускорений привода. Построены графики зависимостей допустимых значений превышения ускорений от коэффициента запаса по тяговой способности привода. Произведен анализ полученных характеристик, на основе которого сделан вывод о приемлемости различных режимов работы конвейера в период пуска и мерах, недопускающих аварийные режимы работы.

Одним из наиболее ответственных режимов работы ленточного конвейера является процесс пуска. Именно на этом временном интервале наиболее вероятно возникновение буксования, приводящее к износу оборудования и таящее в себе возможность возгорания ленты. К появлению этого опасного режима могут приводить самые различные факторы: это и чрезмерно большое ускорение привода конвейера, и малое предварительное натяжение ленты, снижение коэффициента сцепления ленты с приводным барабаном, и пуск груженого конвейера после аварийной остановки, когда имеет место увеличение сопротивления движению.

Изучение этого режима и сопутствующих ему явлений наиболее целесообразно проводить с использованием математических моделей конвейера. При этом следует иметь в виду, что в общем случае ленточный конвейер большой протяженности представляет собой многомассовую систему с распределенными параметрами, что приводит к достаточно сложному ее описанию и соответственно большим трудозатратам.

В связи с этим представляет определенный интерес разработка и применение для этих целей упрощенных методов расчета с использованием простейшей модели. Однако она должна быть способна отразить основные факторы: упругость конвейерной ленты и возможность ее проскальзывания относительно поверхности

приводного барабана. В основу такой модели была положена расчетная схема, приведенная на рис. 1.

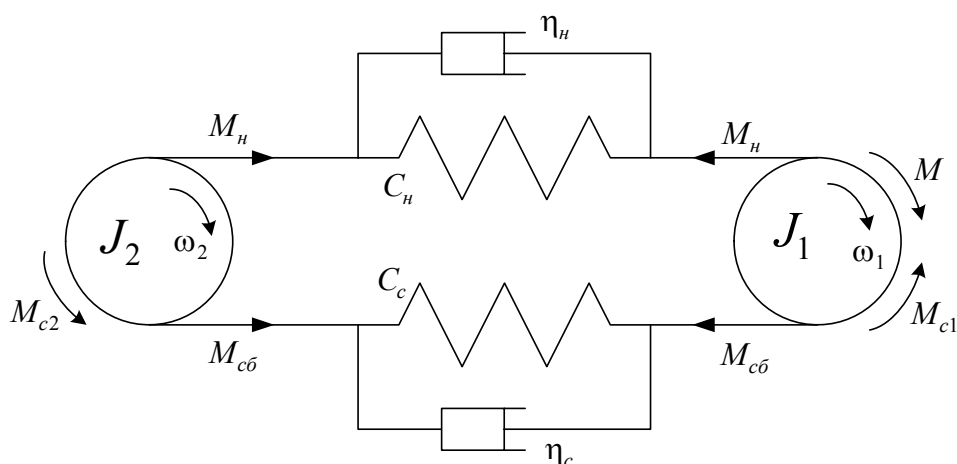


Рис.1 – Упрощенная расчетная схема ленточного конвейера

На нем показан приводной барабан с моментом инерции J_1 , включающим также приведенные к его оси моменты инерции всех связанных с ним элементов привода. Маховик, имеющий момент инерции J_2 , имитирует конвейерную ленту, находящийся на ней груз и все связанные с лентой подвижные элементы. Причем, моменты инерции всех деталей, вошедших в J_2 , приведены к валу ведущего барабана. Упругие свойства ленты учтены с помощью пружин, обладающих жесткостями C_n – в набегающей ветви и C_c – в сбегающей. Диссипативные потери учитываются коэффициентами демпфирования η_n и η_c в набегающей и сбегающей ветвях, соответственно. Маховики J_1 и J_2 , пружины C_n и C_c связаны между собой невесомой абсолютно жесткой гибкой нитью. Причем, скольжение нити по поверхности маховика J_2 невозможно, в то время, как между приводным барабаном J_1 и нитью связь осуществляется за счет сил трения и при определенных условиях возможно возникновение взаимного проскальзывания. На расчетной схеме показаны частоты вращения маховиков ω_1 и ω_2 , а также приложенные к ним моменты: M_n и M_{cb} – обусловленные силами натяжения набегающей и сбегающей ветвей конвейерной ленты, M_{c1} и M_{c2} – моменты сил сопротивления движению приводного барабана и ленты, соответственно, и M – момент, действующий на маховик со стороны электропривода.

В режиме буксования условие взаимодействия ленты и барабана конвейера определяется равенством:

$$a_m^* = a_{12}^* = \frac{2M_n}{\omega_0 \sqrt{J_1 C}} \cdot \frac{e^{\mu\alpha} - 1}{e^{\mu\alpha} + 1}, \quad (1)$$

где a_m^* – относительное значение ускорения, обусловленное моментом сил трения между лентой и барабаном;

a_{12}^* – относительное значение ускорения, обусловленное упругим моментом;

M_n – момент предварительного натяжения ленты;

μ – коэффициент сцепления;

α – угол обхвата;

ω_0 – синхронная частота вращения приводного двигателя;

C – суммарный коэффициент жесткости конвейерной ленты.

При возникновении режима буксования в действие вступают звенья зоны нечувствительности, которые ограничивают сигнал a_{12}^* на уровне, определяемом равенством (1). Происходит резкое изменение связей существовавших в объекте и полная структурная схема привода конвейера [2], отражающая все режимы работы, преобразуется в схему (рис.2), которая представляет собой две автономные подсистемы, связанные только общим воздействием a_m^* .

Причем, для одной из них a_m^* является возмущающим воздействием, а для другой – входным.

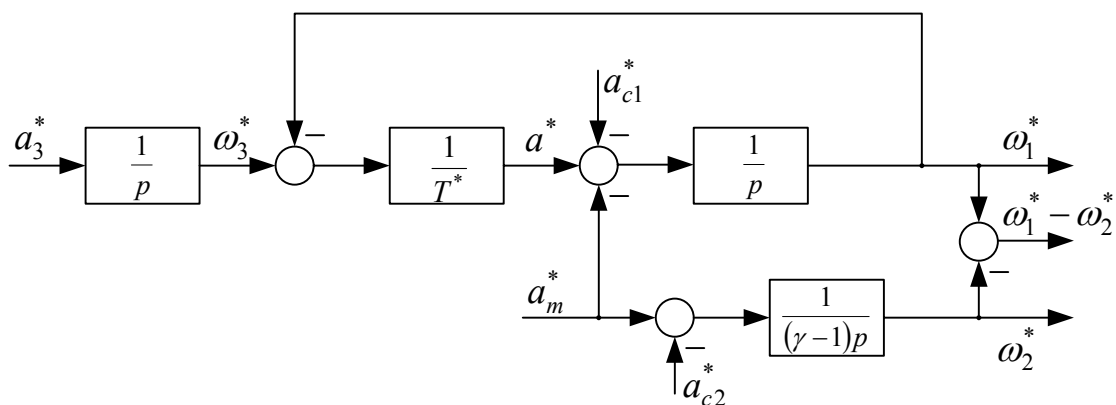


Рис.2 – Структурная схема конвейера в режиме буксования

Под влияние постоянных входных воздействий (a_3^* – для первой системы, a_m^* – для второй) оба выходных сигнала имеют вид линейно возрастающих во времени функций, что соответствует процессу разгона с постоянными ускорениями:

$$\begin{cases} \frac{d\omega_1^*}{d\tau} = a_3^*, \\ \frac{d\omega_2^*}{d\tau} = \frac{a_m^* - a_{c2}^*}{\gamma - 1}, \end{cases}$$

где τ – время в о.е.; $\gamma = \frac{J_1 + J_2}{J_1}$; a_{c2}^* – относительная величина ускорения, обусловленная моментом сил сопротивления конвейерной ленты M_{c2} .

Очевидно, что процесс буксования может прекратиться при условии, что $\omega_1^* - \omega_2^* < 0$. С учетом этого, анализ структурной схемы (рис.2) позволяет сделать следующие выводы:

1) Разгон конвейера возможен только в том случае, если

$$a_m^* > a_{c2}^* \quad (2)$$

2) Если выполняются условия

$$\begin{cases} a_m^* > a_{c2}^*, \\ a_m^* - a_{c2}^* \leq a_3^*(\gamma - 1), \end{cases} \quad (3)$$

то в процессе пуска неизбежно возникает режим буксования, который прекращается только после выхода привода конвейера на постоянную установившуюся скорость, когда лента сможет «догнать» барабан.

3) При выполнении условий

$$\begin{cases} a_m^* > a_{c2}^*, \\ a_m^* - a_{c2}^* > a_3^*(\gamma - 1) \end{cases} \quad (4)$$

возможен пуск как без буксования, так и с буксованием. Причем, буксование в этом случае возникает при выполнении дополнительного условия

$$a_{12\delta}^* \geq a_m^* - a_{c2}^*, \quad (5)$$

где $a_{12\delta}^*$ – динамическая составляющая a_{12}^* , и будет носить «перемежающийся» характер, так как $a_{12\delta}^*$ стремится к установившемуся значению $a_{12\delta}^* = a_3^*(\gamma - 1)$, нарушающему условие (5).

Иными словами, при пуске конвейера возможна ситуация, когда наступает равенство $a_{12\partial}^* = a_m^* - a_{c2}^*$. Это означает начало буксования, при этом $\omega_1^* > \omega_2^*$. В этом случае вступает в действие соотношение (4), согласно которому ускорение ленты превышает ускорение барабана. В результате лента начинает «догонять» барабан и при достижении $\omega_1^* = \omega_2^*$ процесс буксования прекращается. Если колебательность системы велика, процесс буксования может повторяться.

На основании ранее полученных результатов можно оценить допустимое превышение ускорения Δa_{c2}^* над номинальным значением, при котором ещё возможен запуск конвейера.

Так как $a_{12\max}^* \leq \frac{2(k_3 - 1)}{e^{\mu\alpha} + 1}$, (где k_3 – коэффициент запаса по тяговой способности привода, обычно принимаемый $k_3 = 1,3 \div 1,5$), то это выражение, записанное в виде равенства, соответствует критическому режиму по условиям буксования:

$$a_m^* = 1 + \frac{2(k_3 - 1)}{e^{\mu\alpha} + 1}.$$

Ускорение, обусловленное моментом статической нагрузки на конвейер, удобно представить в виде $a_{c2}^* = 1 + \Delta a_{c2}^*$. Таким образом можно получить выражение для определения критического значения Δa_{c2n}^* , при котором режим «перемежающегося» буксования переходит в непрерывный

$$\Delta a_{c2n}^* = \frac{2(k_3 - 1)}{e^{\mu\alpha} + 1} - a_3^*(\gamma - 1) = \frac{2(k_3 - 1)}{e^{\mu\alpha} + 1} \left(1 - \frac{1}{1 + e^{\frac{\pi\gamma T^*}{\sqrt{4(\gamma-1) - (\gamma T^*)^2}}}} \right).$$

На рис. 3 приведен график зависимости допустимых значений превышения Δa_{c2}^* над уровнем $a_{c2}^* = 1$, при которых возможно осуществление запуска конвейера. На этом графике верхняя линия 1 ограничивает сверху значения Δa_{c2}^* при которых осуществим запуск конвейера. Линия 2, соответствующая Δa_{c2n}^* , делит эту зону на две части (рассчитана для $\gamma = 2.0$).

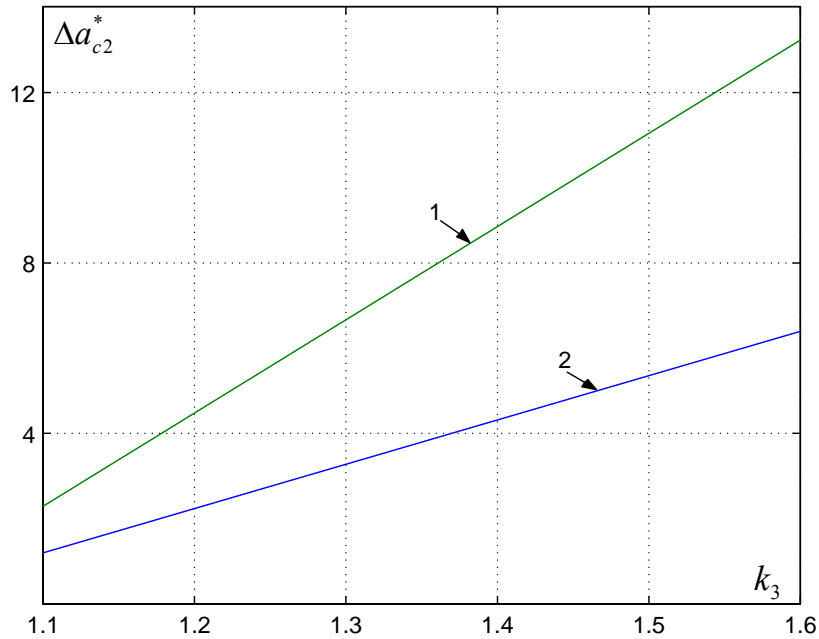


Рис.3 – Зависимость допустимых превышений Δa_{c2}^ над $a_{c2}^* = 1$ от коэффициента запаса k_3 , при которых возможен запуск конвейера*

Нижняя часть зоны допустимых превышений статического ускорения (статического момента) соответствует тем значениям Δa_{c2}^* , при которых пуск будет сопровождаться перемежающимся буксованием. Если Δa_{c2}^* лежит между 1-й и 2-й линиями, пуск сопровождается непрерывным буксованием и лента может «догнать» приводной барабан только после выхода на установившийся режим работы с постоянной частотой вращения. Причем, чем ближе Δa_{c2}^* подходит к границе 2, тем глубже развивается процесс буксования, увеличивается разность скоростей ω_1^* и ω_2^* , растёт его продолжительность и затрудняется вывод конвейера на заданный режим работы.

Выполненный анализ показывает, что осуществление процесса пуска груженого конвейера представляет собой довольно сложную задачу из-за высокой склонности его к возникновению буксования при незначительных увеличениях нагрузки сверх номинальной. Очевидно, что режим пуска, сопровождающийся непрерывным буксованием следует считать аварийным, так как он сопровождается выделением большого количества энергии на трущихся поверхностях барабана и ленты, повышенным износом и нагревом, что может вызвать возгорание ленты и футеровки барабана. В то же время режим «перемежающегося» буксования (зона ниже линии 2) можно считать

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ, ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СИСТЕМ

допустимым, так как в этом случае периоды взаимного проскальзывания ленты и барабана относительно кратковременные и не могут вызывать столь тяжелых последствий. Отсюда следует, что пуск конвейера требует гибкой системы управления и защиты, которая была бы нацелена на предотвращение развития процесса буксования до аварийного уровня и исключала при этом ложные преждевременные отключения при кратковременных проскальзываниях ленты по поверхности барабана.

Перечень ссылок

1. Ленточные конвейеры в горной промышленности /В.А.Дьяков, Л.Г.Шахмейстер, В.Г.Дмитриев и др.– М.:Недра, 1982. – С.349.
2. Чикалов В.И., Писковатская О.В. Применение упрощенной модели ленточного конвейера к исследованию пусковых режимов // Збірник наукових праць Донецького державного технічного університету. Серія: “Електротехніка і енергетика”, випуск 41: Донецьк: ДонДТУ, 2002. – С.195-199