

ПРИМЕНЕНИЕ УПРОЩЕННОЙ МОДЕЛИ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА К ИССЛЕДОВАНИЮ ПУСКОВЫХ РЕЖИМОВ

Чикалов В.И., Писковатская О.В.

Донецкий национальный технический университет
ola@elf.dgtu.donetsk.ua

The belt conveyors represent composite objects subject to influencing of plenty miscellaneous factors. One of the most accountable operational modes is the mode of launch, during which one the conveyor belt slippage occurrence is possible on a surface of a driving drum. The analysis of these phenomena is better to conduct with the help of mathematical models. In the article the description of the simplified model is given with possibility of slippage mode occurrence. The simulation results of a belt conveyor launch at its different loading are confirmed the functionality of present model.

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 тающее 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 грузенного 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.

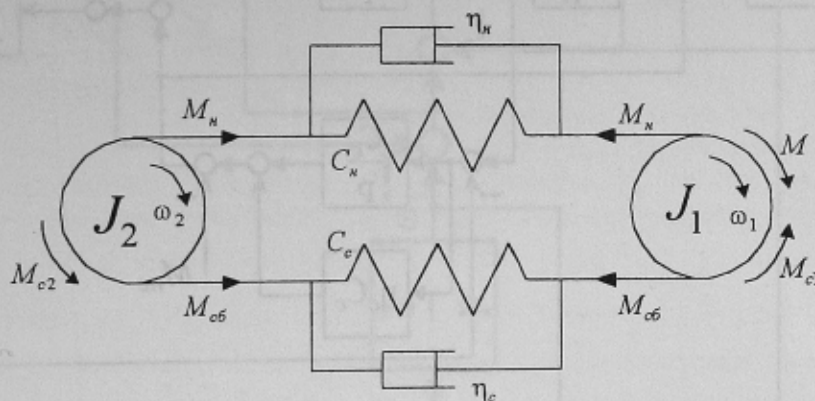


Рисунок 1 – Упрощенная расчетная схема ленточного конвейера

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.

Пренебрегая электромагнитной постоянной и считая, что электропривод обладает линейной механической характеристикой с жесткостью β можно записать систему уравнений, отражающих динамические режимы работы конвейера при отсутствии буксования:

$$\begin{cases} M = \beta(\omega_3 - \omega_1); \\ J_1 \frac{d\omega_1}{dt} = M + M_{cб} - M_n - M_{c1}; \\ J_2 \frac{d\omega_2}{dt} = M_n - M_{cб} - M_{c2}; \\ M_n = \int_0^t C_n (\omega_1 - \omega_2) dt + \eta_n C_n (\omega_1 - \omega_2) + M_{nn}; \\ M_{cб} = \int_0^t C_c (\omega_1 - \omega_2) dt + \eta_c C_c (\omega_1 - \omega_2) - M_{nc}; \end{cases} \quad (1)$$

где: ω_3 – заданная частота вращения электропривода,

M_{nn} , M_{nc} – моменты, обусловленные силами предварительного натяжения набегающей и сбегающей ветвей конвейера, соответственно.

Этим уравнениям соответствует структурная схема, показанная на рис. 2.

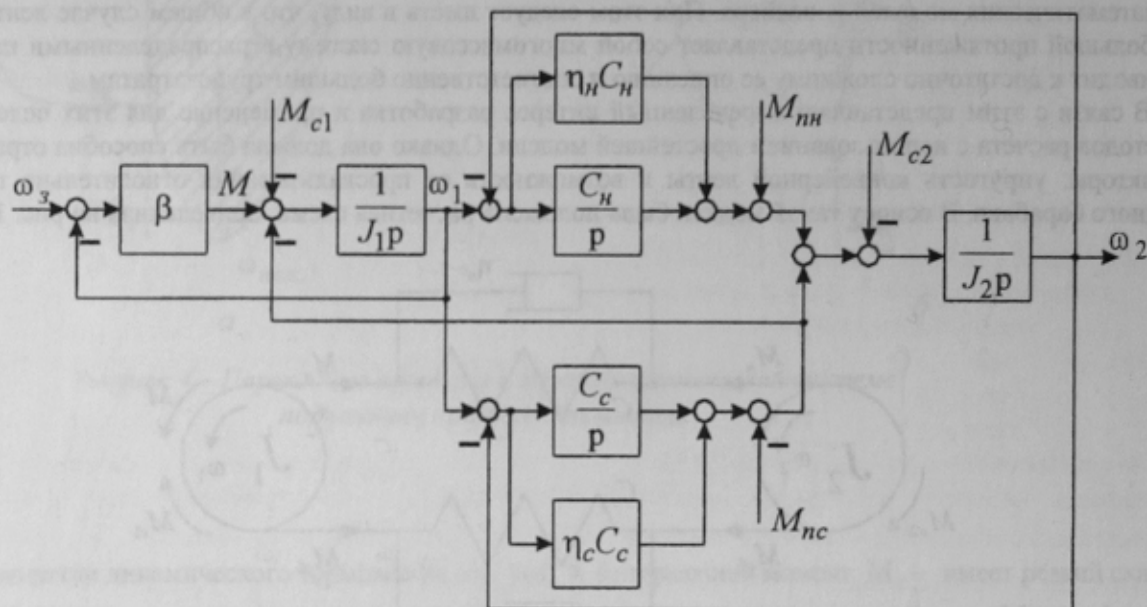


Рисунок 2 – Структурная схема модели конвейера

Дальнейшее упрощение модели может быть получено, если параметры набегающей и сбегающей ветвей конвейера принять одинаковыми ($C_n = C_c = C$; $\eta_n = \eta_c = \eta$; $M_{nn} = M_{nc} = M_n$). При этих условиях структура исследуемого объекта принимает вид обычной двухмассовой системы с упругой связью. Однако, как уже отмечалось, в конвейере возможен режим буксования, когда выполняется известное [1] соотношение

$$\frac{M_n}{M_{cб}} = e^{\mu\alpha};$$

где μ – коэффициент сцепления;

α – угол обхвата.

Подставляя в это выражение значения M_n и $M_{cб}$, вычисленные из (1) с учетом сделанных допущений, получим выражение:

$$C \int_0^t (\omega_1 - \omega_2) dt + \eta C (\omega_1 - \omega_2) = M_n \frac{e^{\mu\alpha} - 1}{e^{\mu\alpha} + 1}. \quad (2)$$

Сумма моментов демпфирования и упругой деформации, стоящая в левой части (2), при отсутствии буксования не должна превышать значения, определяемого по выражению, записанному справа от знака равенства. В случае достижения этой критической величины наступает режим буксования. Следовательно, чтобы модель

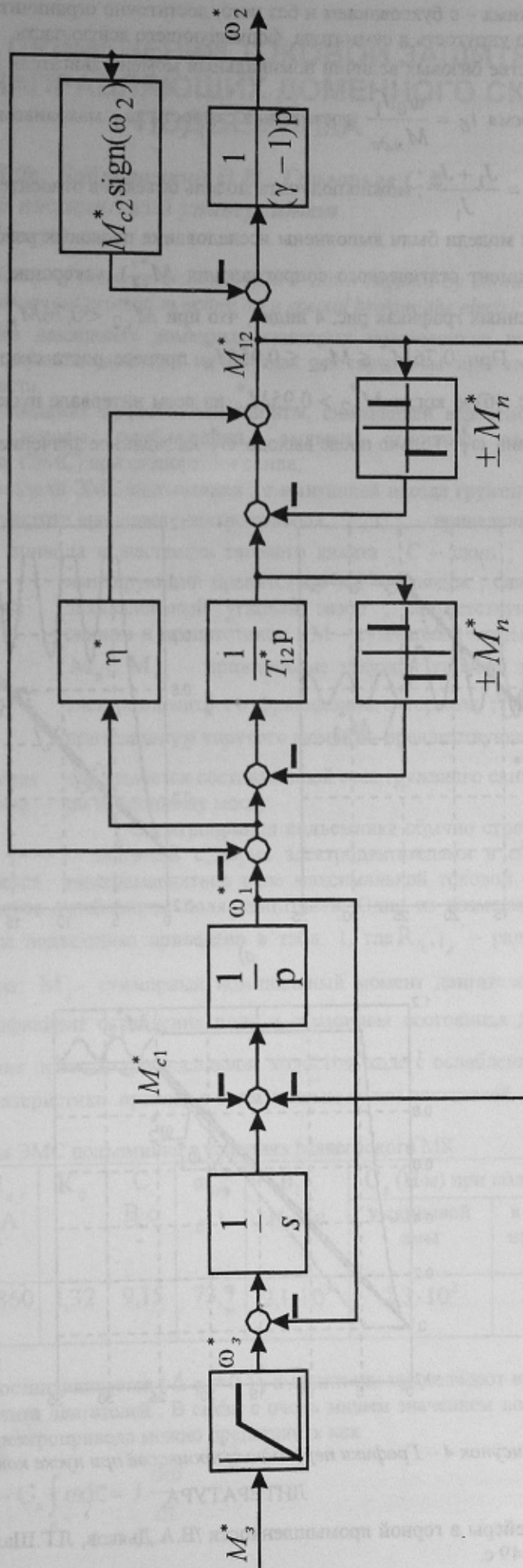


Рисунок 3 – Структурная схема модели конвертера, учитывающая возможность режима буксования, в относительных единицах

воспроизводила оба режима – с буксованием и без него, достаточно ограничить на предельном уровне выходы звена, воспроизводящего упругость и сумматора, формирующего левую часть.

Принимая в качестве базовых величин номинальный момент двигателя $M_{н.дв}$, его скорость идеального холостого хода ω_0 и время $t_6 = \frac{\omega_0 J_1}{M_{н.дв}}$ достижения скорости ω_0 маховиком J_1 под воздействием $M_{н.дв}$, а также вводя параметр $\gamma = \frac{J_1 + J_2}{J_1}$, можно получить модель объекта в относительных единицах – рис. 3.

На разработанной модели были выполнены исследования пусковых режимов при различной степени загрузки (варьировался момент статического сопротивления M_{c2}^*), ускорение конвейера при этом оставалось постоянным. На приведенных графиках рис. 4 видно, что при $M_{c2}^* < 0,76M_n^*$ (рис. 4а) разгон механизма происходит без буксования. При $0,76M_n^* \leq M_{c2}^* \leq 0,95M_n^*$ процесс роста скорости происходит с перемежающимся буксованием (рис. 4б) и, когда $M_{c2}^* > 0,95M_n^*$ на всем интервале пуска скорость ленты ω_2^* ниже скорости приводного барабана ω_1^* . Только после выхода ω_1^* на заданное значение, ω_2^* постепенно достигает того же уровня.

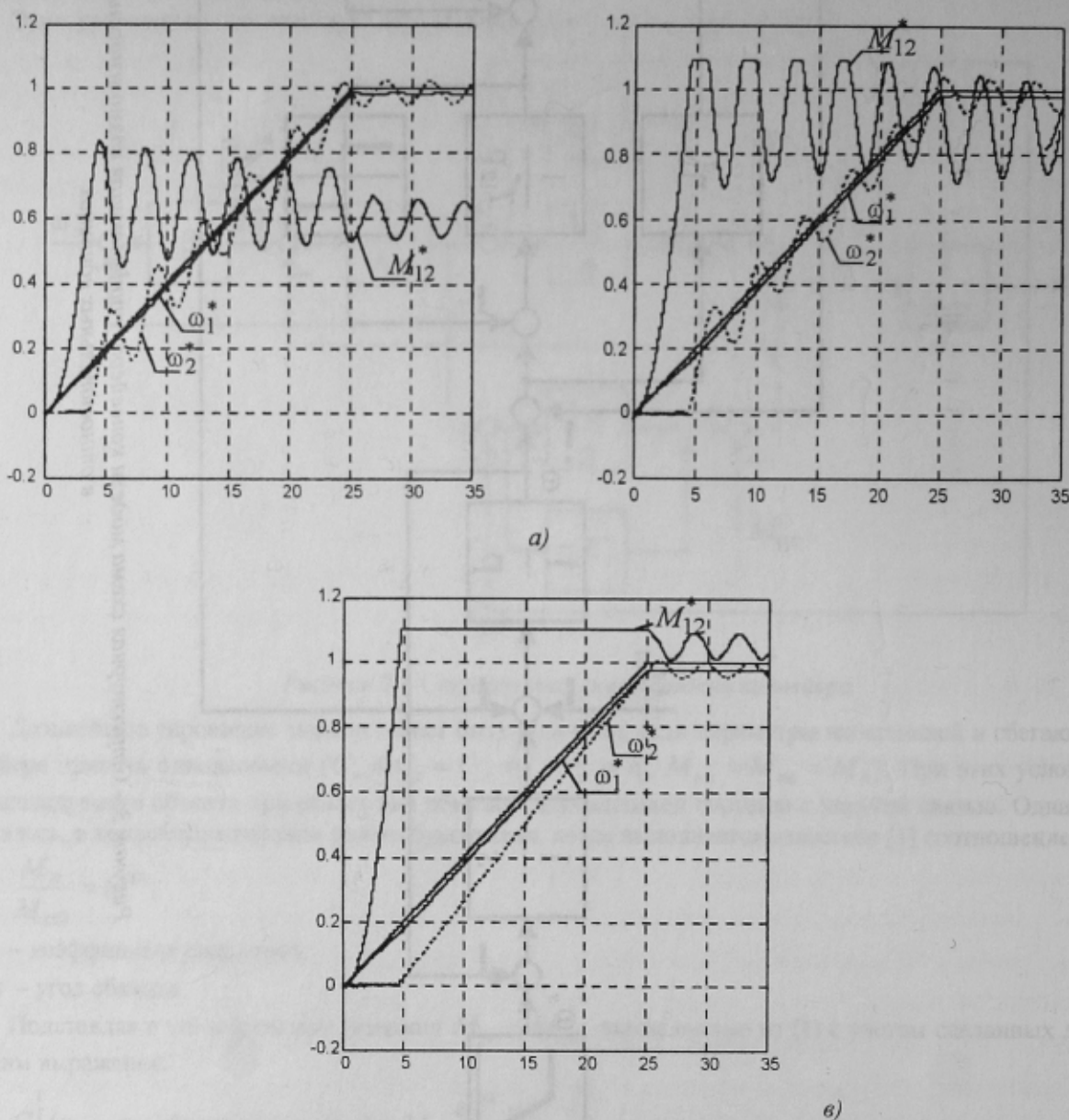


Рисунок 4 – Графики переходных процессов при пуске конвейера

ЛИТЕРАТУРА

1. Ленточные конвейеры в горной промышленности / В.А. Дьяков, Л.Г. Шахмейстер, В.Г. Дмитриев и др. – М.: Недра, 1982. – 349 с.