

*д.т.н. Корнеев С.В.,
Доброногова В.Ю.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

ЗАКОН УПРАВЛЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИМИ НАТЯЖНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ СКРЕБКОВЫХ КОНВЕЙЕРОВ

Наведені закон керування натягом тягового органу вибійних скребкових конвеєрів з гідравлічним натяжним пристроєм і функціональна схема адаптивної САУ.

***Ключові слова:** вибійний скребковий конвеєр, гідравлічний натяжний пристрій, управління, функціональна схема, натяг.*

Приведены закон управления натяжением тягового органа забойных скребковых конвейеров с гидравлическим натяжным устройством и функциональная схема адаптивной САУ.

***Ключевые слова:** забойный скребковый конвейер, гидравлическое натяжное устройство, управление, функциональная схема, натяжение.*

Долговечность тягового органа забойных скребковых конвейеров остается крайне низкой, а затраты энергии на его перемещение велики, что представляет собой проблему. Оба показателя эффективности конвейера улучшаются по мере снижения уровня статических натяжений тягового органа (ТО). При существующем способе монтажного натяжения тягового органа приводом усилия в ТО не контролируются и при случайном характере процесса натяжения могут достигать максимальных значений, определяемых тяговыми характеристиками привода. При переменном характере нагрузок в силовой системе конвейера образовавшееся предварительное натяжение может оказаться для большей части спектра нагрузок чрезмерно высоким, что приводит к неоправданному увеличению уровня натяжений. Возможна и другая крайность – образование слабины в ТО. Это может привести к нарушению нормального функционирования цепного обвода, а при образовании провеса цепей при их сходе с головного привода – к захватыванию и затыгиванию под конвейер горной массы, заштыбовке направляющих, повышенным нагрузкам и даже к заклиниванию ТО.

Решение проблемы снижения и поддержания натяжений на минимальном уровне, при котором еще обеспечивается нормальное функционирование конвейера, возможно посредством гидравлического на-

тяжного устройства (ГНУ), оснащенного телескопической секцией с силовыми гидроцилиндрами. Обычно функции ГНУ, применяемых в ряде отечественных и зарубежных конвейерах, ограничиваются монтажным натяжением ТО, качество которого существенно улучшается, благодаря контролю давления в гидроцилиндрах и бесступенчатому изменению длины ТО без разъединения цепей.

В работах [1-4] обосновывается целесообразность расширения функций гидравлических натяжных устройств, которые, благодаря своим конструктивным возможностям, могут выполнять также оперативную защиту от экстренных перегрузок и регулирование натяжения в рабочем режиме. При этом указывается [3], что в двухприводном конвейере, в случае наделения ГНУ защитными функциями, необходимо каждую приводную станцию оборудовать ГНУ, которое осуществляет оперативную защиту данного привода и набегающей на него ветви ТО от экстренных перегрузок.

Установлено, что непрерывное регулирование натяжения в режиме поддержания минимального натяжения на заданном уровне $S_{\min 3}$ позволяет повысить срок службы ТО по фактору износа цепей в 1,5...3 раза [4].

Наиболее разработанным является способ автоматического регулирования предварительного натяжения угловых конвейеров, основанный на непрерывном контроле стрелы провеса цепей l на ветви ТО, сбегаящей с головного привода, и фактического шага цепи на ветви, сбегаящей с хвостового привода [1, 2]. Если в процессе работы натяжение оказывается недостаточным, то в САУ формируется команда на раздвижение гидроцилиндра телескопического рештака, входящего в состав хвостовой приводной станции. Если в САУ с обоих датчиков одновременно поступает сигнал о чрезмерном натяжении цепей, то формируется команда на сдвигение гидроцилиндра. Если же при работе конвейера контролируемые величины находятся в допустимых пределах, то движение поршня гидроцилиндра блокируется. К недостаткам способа следует отнести: 1) конструктивную сложность телеметрических датчиков и необходимость их установки в зоне действия груза; 2) необходимость измерения, интерпретации шага цепи у концевого привода и выделения упругих деформаций пропорциональных усилию натяжения, которые по величине мало отличаются от погрешностей изготовления цепей и их износа по шагу, особенно, как в рассматриваемом случае, в зоне наименьших натяжений ТО; 3) при нулевом провесе ТО на головном приводе и появлении слабины на хвостовом приводе, что возможно при определенной загрузке конвейера, по мере дальнейшего увеличения нагрузок и выборе слабины до заданного уровня происходит «накопле-

ние» предварительного натяжения, которое при меньших нагрузках оказывается излишним.

В работе [2] сообщается еще о двух разрабатываемых способах автоматического регулирования предварительного натяжения. Первый из них основывается на измерениях усилия в опорах вала приводных звездочек и крутящего момента на валу. Сопоставление этих величин в анализирующем устройстве позволяет определять фактические значения усилия в холостой ветви ТО, с учетом которых регулируется ход телескопической секции ГНУ. Второй способ основан на измерениях и сопоставлении текущих значений усилия в опорах приводного вала конвейера и хода поршня гидроцилиндра телескопической секции. Эти величины преобразуются и сравниваются в анализирующем устройстве. Если ход поршня не соответствует рассчитанному на основании усилия в опорах удлинению ТО, то выдается сигнал на перемещение телескопической секции. Очевидно, что идентифицировать усилие в ТО в точке его набегания на приводную звездочку можно только при наличии слабины в точке сбегания с привода. Однако и при выполнении этого условия возможно несоответствие расчетного хода гидроцилиндров действительному удлинению ТО, которое при одном и том же контролируемом значении усилия натяжения может находиться в широких пределах. Это может привести к существенным погрешностям при регулировании предварительного натяжения. Ни один из способов в случае двухприводных конвейеров не позволяет, ввиду недостаточности входной информации, минимизировать натяжения с учетом фактического местонахождения точки тягового контура с минимальным натяжением.

Известен способ автоматического регулирования натяжения ТО посредством ГНУ, расположенным в головном приводе, направленный на поддержание натяжения на заданном уровне $S_{\min 3}$ [5]. В качестве входных величин САУ принимаются давление в гидроцилиндрах ГНУ, мощности, потребляемые приводами и пр., косвенно определяющие натяжения в характерных точках тягового контура. К недостаткам структуры следует отнести расположение АНУ в головной приводной станции, а также неполную, в случае двухприводного конвейера, информацию о натяжениях ТО вблизи хвостового привода, что при определении закона регулирования вынуждает задаваться сопротивлением движению порожняковой ветви ТО.

Из проведенного анализа следует, что разработанные в настоящее время САУ не способны осуществлять непрерывное регулирование натяжения двухприводных конвейеров, адекватное реальным условиям эксплуатации. Основная причина заключается в том, что при сложившейся практике применения одного ГНУ, информация, поступающая в САУ, не является полной и достоверной. В частности, не учитывается

изменение в процессе работы положения точки тягового контура с минимальным натяжением ТО.

Целью работы является определение закона изменения задающего воздействия в адаптивной системе автоматического управления натяжением тягового органа забойных скребковых конвейеров и построение ее функциональной схемы.

При определении закона изменения задающего воздействия АНУ примем следующие допущения: 1) силы инерции и сопротивления движению приводной станции по направляющим под воздействием ГНУ малы по сравнению с активными силами, действующими на приводную станцию; 2) сопротивление движению порожняковой ветви конвейера W_{Π} является случайной величиной, которая определяется условиями эксплуатации, в том числе и уровнем натяжений, однако на каждом шаге регулирования, как и входные величины САУ, меняется незначительно; 3) из двух ГНУ, применяемых для оперативной защиты конвейера от экстренных перегрузок, для регулирования натяжения применяется хвостовое ГНУ; 4) ГНУ, входящее в состав головной приводной станции, в рабочем режиме конвейера используется в качестве датчика давления (опорного усилия, действующего на гидроцилиндры).

При транспортировании груза конвейером с двумя приводами, модель которого отражена на рисунке 1, имеют место равенства:

$$S_4 - S_1 = F_{\tilde{a}}; \quad (1)$$

$$S_2 - S_3 = F_{\tilde{\delta}}, \quad (2)$$

где F_{Γ} и F_x – тяговые усилия, развиваемые, соответственно, головным и хвостовым приводами.

Из выражений (1) и (2) с учетом равенств

$$S_1 = S_3 = S_{\min 3} \text{ и } S_4 = S_2 - W_{\tilde{i}} + F_{\tilde{a}} \quad (3)$$

следует

$$S_3 - S_1 = W_{\tilde{i}} - F_{\tilde{\delta}}.$$

Отсюда видно, что смена положения точки тягового контура, в которой образуется минимальное натяжение, происходит при выполнении условия

$$F_x = W_{\tilde{i}}. \quad (4)$$

При $F_x > W_{\Pi}$ минимальное натяжение образуется в точке 3 тягового контура, а при $F_x < W_{\Pi}$ – в точке ℓ .

Статика конвейера описывается системой уравнений:

$$W_{\text{I}} = S_2 - S_1;$$

$$S_2 - S_3 = F_x;$$

$$F_x = 10^3 \eta N_x / v; \quad (5)$$

$$S_2 + S_3 = 2S_{\text{ао}} = 2p_x \pi d^2 / 4; \quad (6)$$

$$S_4 - S_1 = F_{\text{а}};$$

$$F_{\text{а}} = 10^3 \eta N_{\text{а}} / v; \quad (7)$$

$$S_4 + S_1 = 2S_{\text{аа}} = 2p_{\text{а}} \pi d^2 / 4, \quad (8)$$

где p_x и p_r – измеренные давления в гидроцилиндрах ГНУ хвостового и головного приводов; d – диаметр поршня гидроцилиндра; S_{r_x} и S_{r_r} – усилия, воспринимаемые гидроцилиндрами ГНУ, соответственно, хвостового и головного приводов; η – КПД привода; N_x и N_r мощности, потребляемые, соответственно, хвостовым и головным приводами; v – скорость конвейера.

Определяемое из приведенной системы уравнений сопротивление движению порожней ветви

$$W_{\text{I}} = \pi d^2 (p_x - p_{\text{а}}) / 4 + 10^3 \eta (N_{\text{а}} + N_x) / 2v. \quad (9)$$

Если минимальное натяжение образуется в точке 3, то следует поддерживать соотношение $S_3 = S_{\text{min } 3}$. Из условия равновесия приводной станции, находящейся под воздействием тягового органа и ГНУ, которое представляется в виде $2S_{r_x} = 2S_{\text{min } 3} + F_x$, с учетом уравнения (5) и равенства $S_{r_x} = p \pi d^2 / 4$, где p требуемое давление, получим

$$p = 4(S_{\text{min } 3} + 10^3 \eta N_x / 2v) / \pi d^2. \quad (10)$$

Если минимальное натяжение образуется в точке 1 ($F_x < W_{\Pi}$), то необходимо поддерживать соотношение $S_1 = S_{\text{min } 3}$.

В этом случае из условия равновесия хвостовой приводной станции $2S_{r_x} = 2S_{\text{min } 3} + W_{\Pi} - F_x$ с учетом уравнений (5), (9) и равенства $S_{r_x} = p \pi d^2 / 4$ получим

$$p = p_x - p_{\text{а}} + 4(S_{\text{min } 3} + 10^3 \eta N_{\text{а}} / 2v) / \pi d^2. \quad (11)$$

Таким образом, закон изменения задающего воздействия представляется в виде

$$p = \begin{cases} p_0, & \text{àñèè } \ell = 0; \\ 4(S_{\min\zeta} + 10^3 \eta N_x / 2\nu) / \pi d^2, & \text{àñèè } \ell \geq 0 \wedge F_x < W_{\bar{t}}; \\ p_x - p_{\bar{a}} + 4(S_{\min\zeta} + 10^3 \eta N_{\bar{a}} / 2\nu) / \pi d^2, & \text{àñèè } \ell \geq 0 \wedge F_x > W_{\bar{t}}. \end{cases} \quad (12)$$

Полученные выражения могут быть распространены и на конвейер с одним головным приводом.

Из формулы (12) видно, что в качестве входных величин САУ необходимо применять потребляемые мощности приводов, давления в гидроцилиндрах ГНУ, а в случае регулирования скорости конвейера еще и скорость.

Адаптивность САУ конвейера заключается в автоматическом изменении закона управления на основе текущей информации о появлении провеса ТО и о соотношении величин F_x и $W_{\bar{t}}$, т.е. в зависимости от условий эксплуатации.

Функциональная схема беспойсковой адаптивной САУ, позволяющей реализовать требуемый закон управления, представлена на рисунке 1.

Дополнительным источником энергии (рабочего давления p_p) для перемещения поршней гидроцилиндров могут служить гидравлическая сеть очистного комплекса или специальный насос. Таким образом, данная САУ является системой непрямого регулирования.

Управление реализуется следующим образом.

На основании задаваемого параметра $S_{\min\zeta}$ и сигналов, поступающих с датчиков ДП, ДД_г, ДД_х, ДМ_г и ДМ_х, в задающем устройстве ЗУ согласно принятому закону управления, вид которого может автоматически изменяться в зависимости от условий эксплуатации, формируется задающее воздействие p .

Приводы конвейера состоят из приводного вала со звездочками ПВЗ, редуктора Р, гидромуфты ГМ и двигателя АД. Положение вала ПВЗ хвостового привода вдоль конвейера и, соответственно, длина тягового контура ТО могут изменяться посредством телескопической секции хвостового ГНУ. В САУ входят датчики давления ДД_г и ДД_х в поршневых полостях гидроцилиндров ГЦ_г и ГЦ_х головного и хвостового ГНУ, датчик провисания цепи ДП, датчики мощностей ДМ_г и ДМ_х, потребляемых головным и хвостовым приводами, задающее устройство ЗУ, автоматический регулятор давления АР.

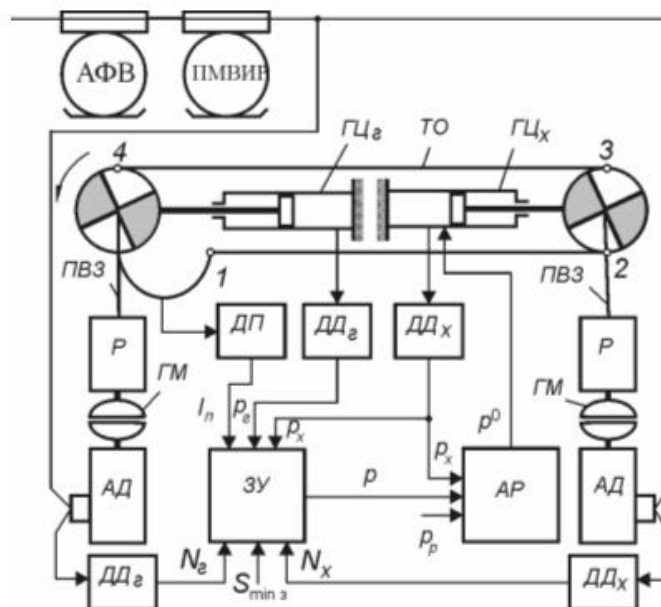


Рисунок 1 – Функциональная схема САУ натяжением тягового органа скребкового конвейера

Сигнал p сопоставляется в АР с сигналом p_x , который поступает по каналу обратной связи с датчика давления ДД_х. По отклонению p_x от p осуществляется управление в программном параметрическом режиме давлением в гидроцилиндрах ГЦ_х, в которые подается давление p^0 , и, таким образом, натяжением ТО в точке 3.

При появлении слабину цепей, что возможно при воздействии случайных факторов, и поступлении в ЗУ сигнала z ДП САУ обеспечивает безусловное увеличение давления в гидроцилиндрах и перемещение поршней гидроцилиндров до устранения слабину.

Таким образом, определен закон управления натяжением тягового органа забойных скребковых конвейеров и соответствующая функциональная схема адаптивной системы автоматического управления натяжением. Полученные результаты используются при разработке САУ конвейера.

Библиографический список

1. Вихерс К.П. Автоматическое регулирование предварительного натяжения цепей скребковых конвейеров и струговых установок / К.П. Вихерс // Глюкауф. – 1986. – № 13. – С. 39-42.
2. Армонат Г. Опыт эксплуатации забойных конвейеров с регулятором предварительного натяжения цепей и ДТП-муфтами / Г. Армонат., П. Брыхта, Г.Крегер // Глюкауф. – 1992. – №3. – С. 23-27.
3. Корнеев С.В. Динамика забойных скребковых конвейеров с гидравлическими натяжными устройствами / С.В. Корнеев, В.Ю.

Доброногова // Сборник научных трудов ДонГТУ - Алчевск, 2009. - № 28. - С. 44-51.

4. Регулирование натяжения цепей забойного скребкового конвейера / С.В. Корнеев, В.Ю. Доброногова // Сборник научных трудов ДонГТУ - Алчевск, 2010. - № 30. - С. 41-52.

5. Пат. 79260 Україна. Спосіб автоматичного регулювання натягування тягового органа скребкового конвеєра / Корнеев С.В., Ширін Л.Н., Варченко Ю.Е., Плетньов М.В; . опубл. 11.06.07, Бюл. № 8.