

КОРОСНИМАТЕЛЬ С ПНЕВМОГИДРОПРИВОДОМ

Изложен принципиальный подход к разработке автоматически управляемого короснимателя с пневмогидроприводом, предложено его конструктивное решение, а также основные решения общей компоновки в роторе станка.

Ключевые слова: окорочный станок, гидропривод, пневмопривод, ротор, окорочный инструмент.

V.V. Pobedinsky, A.V. Berstenev

CUTTER KNIFE WITH PNEUMOHYDRODRIVE

The basic approach to development of the automatically operated cutter knife with pneumohydrodrive is reported; its constructive solution and the main solutions of general configuration in the machine rotor are offered.

Keywords: bark peeling machine, hydrodrive, pneumo-drive, rotor, bark-peeling tool.

Одной из важнейших операций технологических процессов комплексной переработки древесины является окорка лесоматериалов. Практически все сортименты, за исключением дров, окориваются перед дальнейшим использованием. Наиболее распространенным оборудованием в отечественном производстве и мировой практике являются роторные окорочные станки (РОС). Конструктивное устройство на примерах станков марки «Nicholson АВ», «VK» и схема выполнения окорки показана на рисунке 1 [1–3]. В этом процессе определяющую роль играет механизм режущего инструмента (МРИ) с короснимателем 1, который представляет собой узел, наиболее подверженный нагрузкам со стороны обрабатываемого ствола. При окорке лесоматериала для обеспечения силы прижима короснимателя в некоторых современных роторных окорочных станках зарубежного производства применяется гидропривод (ГП). Реализовать все возможности ГП невозможно без автоматического управления, и в этих станках имеются элементы регулирования, но автоматически управляемый гидропривод короснимателя еще не создан. Для решения такой задачи нужно учитывать особенности конструкции РОС и процесса окорки.

Целью исследований являлась разработка конструктивного решения автоматически управляемого пневмогидропривода короснимателя.

Для достижения цели решались следующие задачи:

- разработка конструкции МРИ, его кинематической схемы, обеспечивающей силовые и скоростные параметры гидропривода, соответствующие процессу окорки;
- разработка принципиальной схемы автоматически управляемого привода короснимателя;
- совмещение в одном элементе функций задающего усилия прижима, датчика положения короснимателя для САУ и устройства сглаживания высокочастотной составляющей динамических воздействий на коросниматель;
- разработка методов проектирования основных расчетных величин и общей компоновки конструкции в роторе.

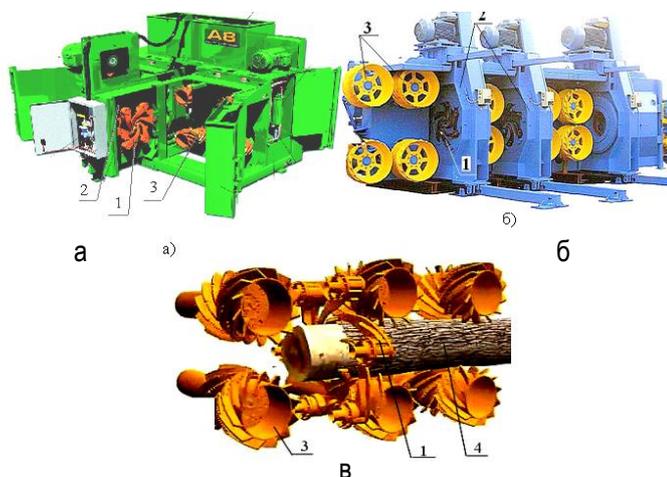


Рис. 1

Основную сложность составляет размещение гидропривода во вращающейся системе ротора. Для этих условий возможной будет гидравлическая система закрытого типа, питаемая от гидронасоса, расположенного на роторе с приводом, например, через передачу от зубчатого обода, расположенного на внешнем кольце (статоре). Для обеспечения постоянного расхода, давления в системе, следовательно, точности регулирования необходима установка устройства стабилизации с соответствующими параметрами. На практике наиболее распространенной является конструкция МРИ со смешанным прижимом короснимателей. Сохранить преимущества смешанной схемы и разработать на ее базе автоматически управляемый гидропривод с системой автоматического управления (САУ) позволяет следующая модификация конструкции:

1. Силовые параметры прижима обеспечиваются гидроцилиндрами для каждого короснимателя. Однако предварительно проведенные исследования [4,5] показали, что быстродействие ГП и одновременно высокие силовые параметры для высокочастотного процесса окорки не обеспечиваются, поэтому следует предусмотреть дополнительные решения, обеспечивающие работоспособность механизма для всего диапазона динамических нагрузок.

2. Для отработки механизмом высокочастотного спектра воздействий на коросниматель со стороны поверхности лесоматериала, эффективным решением будет включение последовательно с гидроцилиндром упругого элемента. Величина жесткости упругого элемента имеет решающее значение. При минимальной жесткости привод короснимателя будет работать практически без участия гидравлики, при максимальной – без упругого элемента. Таким образом, от величины жесткости упругого элемента будет зависеть качество автоматического управления короснимателем.

3. В качестве упругого элемента могут быть приняты пружина, резиновые кольца или пневматические амортизаторы. При оснащении ротора гидроаппаратурой минимизация массы становится важнейшим конструктивным требованием, поэтому элемент пневматического типа будет наилучшим.

4. Упругий элемент пневматического типа или пневматический элемент (ПЭ), имеющий линейную зависимость силы упругости от геометрических параметров во всем диапазоне управления, выполняет в пневмогидроприводе с САУ следующие функции:

1) обеспечивает заданный уровень прижима P_{np} короснимателя к поверхности лесоматериала. При этом значение усилия прижима будет задаваться расчетной величиной, вычисляемой по формуле

$$P_{np} = -C(S_l - D) - K_d \frac{dS_l}{dt}, \quad (1)$$

где C – коэффициент упругости ПЭ;
 S_l – текущая длина ПЭ, определяемая по датчику положения;
 D – длина ПЭ в ненагруженном состоянии;
 K_d – коэффициент демпфирования пневмоэлемента;

2) сглаживает высокочастотную составляющую динамических воздействий на инструменте при окорке;

3) одновременно является задающим органом (датчиком) для САУ пневмогидропривода.

5. Из-за ограниченности пространства ротора необходима компактность устройства МРИ. При компоновке привода неизбежно возникнет задача выбора соотношения силовых и скоростных параметров гидроцилиндра. Эту задачу наиболее доступно решить путем введения кинематической связи. С точки зрения автоматического управления это будет пропорциональное звено в структурной схеме, а в кинематической цепи это может быть рычаг с пропорционально подобранными плечами.

В общем виде автоматически управляемый привод короснимателя строится в два этапа: сначала разрабатывается модель пневмогидропривода, обеспечивающего силовые и технологические характеристики инструмента, а затем, основываясь на нем как на исполнительном органе, строится система автоматического управления.

С учетом модификации, сформированных требований предлагаемая принципиальная схема пневмогидропривода короснимателя имеет вид, представленный на рисунке 2. На схеме гидропривод короснимателя представляет собой двуполостной гидроцилиндр 2, шток которого шарнирно соединен с одним из плеч рычага передачи усилия (РПУ) 4. В качестве задающего органа используется пневматический элемент 3, шарнирно соединенный штоком с короснимателем 7, а корпус имеет шарнирное соединение с РПУ от гидроцилиндра. ПЭ представляет собой двуполостной поршневой пневмоцилиндр, полости которого заполнены

сжатым газом. Постоянство прижима короснимателя обеспечивается при неизменном положении поршня ПЭ относительно его корпуса.

Динамические нагрузки со стороны инструмента приводят к смещениям штока ПЭ и к изменению усилия прижима. САУ гидравлическим приводом должна отслеживать перемещения штока ПЭ и обеспечивать неизменное его положение относительно корпуса, тем самым сохраняя заданное усилие прижима постоянным.

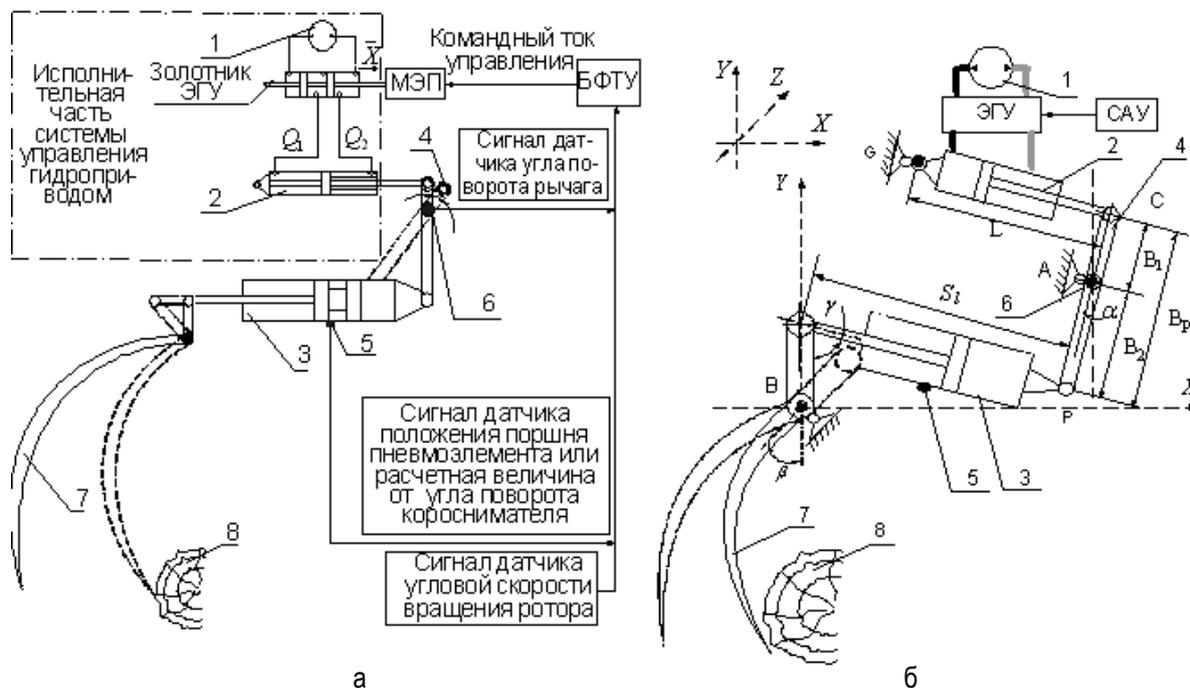


Рис. 2

Входными сигналами для САУ служат следующие данные: сигнал датчика 5 (см. рис. 2) перемещения поршня ПЭ; сигнал датчика 6 угла поворота РПУ; сигнал датчика 7 значения угла положения короснимателя; сигнал датчика угловой скорости вращения ротора.

Исследования и разработка САУ по предлагаемой принципиальной схеме пневмогидропривода показали, что наиболее корректно будет подразделение структуры САУ на две части: исполнительный орган управления (гидропривод в составе контура обратной связи) и модель объекта управления (рычаг передачи усилия, пневматический элемент, датчики поворота рычага и короснимателя, а также сам коросниматель). Назначением исполнительного органа будет отработка заданного угла поворота рычага согласно командам САУ гидропривода. В качестве датчика обратной связи используется индукционный датчик поворота рычага. Функциональным назначением объекта управления является фильтрация высокочастотных колебаний путем отработки этих колебаний пневмоэлементом, а также расчет входных параметров для САУ с датчиков угла поворота.

Реализация принципиальной схемы в роторе должна быть выполнена с учетом требования максимальной компактности, для чего необходима разработка кинематической схемы. Гидравлический привод, пневматический элемент и рычаг распределения усилия жестко крепятся в роторе окорочного станка, создавая тем самым кинематическую схему управления прижимом. Способ расположения элементов в роторе станка и компоновка существенно влияют на работу привода, поэтому следует подробнее рассмотреть эту задачу.

В начальном положении (коросниматель расположен радиально) ПЭ наклонен к оси X на угол γ . В середине диапазона регулирования ПЭ расположен строго перпендикулярно к хвостовой части короснимателя. Такой наклон сделан для обеспечения взаимного положения органов управления, близкого к перпендикулярному, в диапазоне углов раскрытия короснимателя 20–40°, что обеспечивает наибольшую эффективность работы привода.

Для расчетов динамики механизма моменты инерции короснимателя и рычага передачи усилий могут определяться, как для однородного стержня. При расчете момента инерции учитывается, что коросниматель и рычаг подвешены не в центре масс, а со смещением по продольной оси рычага. Согласно теореме Гюйгенса-Штейнера, момент инерции J_d короснимателя рассчитывается по формуле

$$J_d = \frac{1}{12} M(R_x + R_p)^2 + M \left(\frac{R_x + R_p}{2} - R_x \right)^2, \quad (2)$$

где M – масса короснимателя;

R_x – длина хвостовой части короснимателя;

R_p – длина рабочей части короснимателя.

Аналогично момент инерции J_r рычага передачи усилий находится из выражения

$$J_r = \frac{1}{12} mL^2 + m \left(\frac{1}{6} L \right)^2, \quad (3)$$

где m – масса рычага передачи усилий;

L – длина рычага передачи усилий.

Разработка и проводимые исследования работы МРИ на имитационных моделях [2] показали, что для учета движения элементов пневмогидросистемы, которые они совершают в локальных системах координат, необходимо приведение их к глобальной системе. Наиболее удобно использовать систему координат, связанную с ротором так, чтобы ее центр совпадал с осью крепления короснимателя. Предлагаемая система изображена на рисунке, где ось Y направлена радиально от центра ротора, а ось X – по касательной в сторону вращения ротора.

Элементы пневмогидропривода крепятся к ротору станка шарнирно в трех точках (см. рис. 2). В точке крепления с короснимателем (точка B), в точке крепления рычага передачи усилия (точка A) и точке крепления ГЦ (точка G). Шарнирные крепления оставляют одну степень свободы механизму – вращение вокруг оси Z .

Используемые в дальнейшей разработке модели координаты двух точек A и B крепления определяются из выражений:

$$A: Y_A = R_x \cos \gamma + 0,2; X_A = 0,4 - R_x \sin \gamma; Z_A = 0. \quad B: X_B = 0; Y_B = 0; Z_B = 0. \quad (4)$$

На основе предложенного пневмогидропривода разрабатывается система автоматического управления механизма режущего инструмента окорочного станка.

Выводы

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. В современных РОС широко применяется гидропривод, который в конструкции МРИ не может обеспечить достаточное быстродействие, для выполнения функционального назначения такой привод должен быть оснащен САУ.

2. Предложенное принципиальное конструктивное решение пневмогидропривода короснимателя имеет следующие преимущества:

1) наличие ПЭ позволяет обрабатывать высокочастотную часть динамических нагрузок на коросниматель, недоступную по быстродействию для гидропривода;

2) позволяет построить наиболее рациональную САУ путем использования ПЭ в качестве датчика усилия прижима короснимателя;

3) первоначальным сжатием ПЭ обеспечивается заданный прижим короснимателя;

4) значительно повышает быстродействие и технологические возможности ГП путем использования в кинематической схеме рычага передачи усилия.

3. Разработанная кинематическая схема и расчетные формулы (1)–(4) могут использоваться в практике проектирования, моделирования и выполнения исследований работы пневмогидропривода.

Литература

1. <http://www.canadianmillequipment.com> [Электронный ресурс].
2. <http://www.debarking.com> [Электронный ресурс].
3. <http://www.valonkone.com> [Электронный ресурс].
4. *Побединский, В.В., Берстнев А.В.* Математическая модель гидропривода рабочего органа роторного окорочного станка // Сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф. УГЛТУ (21–23 сент. 2006 г.). – Екатеринбург, 2006. – С. 87–92.
5. *Побединский В.В., Берстнев А.В.* Синтез математической модели гидропривода механизма резания роторного окорочного станка в системе MatLab // Сб. докл. Междунар. научн.-техн. конф. УГЛТУ (21–23 сент. 2006 г.). – Екатеринбург, 2006. – С. 93–96.

