

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЛИНЕЙНОЙ ПЛОТНОСТИ ЛЕНТЫ

*Студ. Базыленко А.А., к.т.н., доц. Москалев Г.И., к.т.н., доц. Белов А.А.
Витебский государственный технологический университет*

Ввиду особой специфики короткого льняного волокна и льняного очеса, состоящей в значительной связанности комплексов волокон и их большими размерами по сравнению с хлопковыми и шерстяными, новейшие технические решения, использованные при разработках современных систем бункерного питания для шерстяных и хлопковых волокон, не приемлемы для разрешения проблемы неравномерности слоя льняного короткого волокна и очеса по линейной плотности.

Выходом из такого положения является моделирование процессов происходящих в питателях и их функционирования в целом. Причина, по которой сейчас этого сделать невозможно, заключается в отсутствии достаточной информации как о свойствах волокнистых материалов в массе, так и об их взаимодействиях с рабочими органами перерабатывающих машин. Наиболее характерным оборудованием является агрегат ленточно-смешивающий марки АС-600-Л1, который предназначен для использования на первом переходе в технологической цепочке при переработке ленты из чесаного льна взамен машин РП-500-Л (РПП-460-Л) и ЛП-500-Л.

Рассмотрим схему автоматизации процесса вытягивания ленты в вытяжном приборе машины.

В процессе вытягивания пара выпускных роликов вытяжного прибора вращается с постоянной частотой, обеспечивая постоянную линейную скорость V_1 м/с, ленты. Пара выпускных валиков в номинальном режиме обеспечивает линейную скорость ленты V_{20} м/с, чем создается вытяжка $E = V_{20}/V_1$.

Система регулирования предназначена для стабилизации линейной плотности $y(t)$, ктекс, в случае отклонений режима работы от номинального. Основной причиной этих отклонений является изменение линейной плотности $x(t)$ ктекс, ленты на входе.

Система состоит из вытяжного прибора (объекта регулирования), датчика линейной плотности, регулятора и исполнительного механизма. Датчик преобразует отклонения выходной линейной плотности от номинала в электрический сигнал, который подвергается дальнейшим преобразованиям в регуляторе и после усиления поступает на исполнительный механизм. Исполнительный механизм увеличивает частоту вращения валиков и линейную скорость ленты на выходе при положительных, и уменьшает при отрицательных отклонениях линейной плотности от номинала.

Математическая модель системы регулирования. Рассмотрим уравнения элементов системы регулирования. Исходя из условия баланса массы чесальной ленты на входе и выходе в вытяжной прибор, получим

$$x(t)V_1 = y(t)V_2(t), \quad (1)$$

где $V_2(t)$ – переменная линейная скорость ленты, обеспечиваемая выпускной парой валиков в процессе регулирования м/с.

В левой части уравнения – масса ленты, поступающей в вытяжной прибор, в правой – выходящей из него в единицу времени. Следует отметить, что это уравнение описывает процесс вытягивания лишь в самых общих чертах, игнорируя, в частности, возможные кратковременные «сгущения» и «разрежения» линейной плотности внутри вытяжного прибора, не учитывая волокнистую структуру прибора и т.п.

Преобразуя (1), запишем уравнение объекта (вытяжного прибора) в форме

$$y(t) = x(t) \frac{1}{V_2(t)}. \quad (2)$$

Датчик линейной плотности представляет собой преобразователь текущего значения толщины проходящей через него ленты в электрический сигнал. В силу конструктивных особенностей чесальной машины датчик не может быть размещен непосредственно за вытяжным прибором и всегда располагается на некотором расстоянии l м, от него отчитываемом вдоль ленты.

Таким образом, если считать регулируемой величиной $y(t)$, то датчик измеряет значение $y(t-\theta)$, где θ – время прохождения ленты от выпускной пары валиков вытяжного прибора до датчика. Это время в процессе работы может несколько меняться вследствие изменения скорости $V_2(t)$, составляя в среднем значение:

$$\Theta = \frac{l}{V_{20}}. \quad (3)$$

В дальнейшем будем считать запаздывание датчика постоянным, равным 0,6 с.

Датчик может быть построен в соответствии с различными принципами (фотоэлектрическим, емкостным и др.), но независимо от этого в системе его можно считать практически безинерционными (по сравнению с другими элементами) звеном, описываемым линейным уравнением

$$U_d(t) = K_d y(t - \Theta) - y_0 \pm U_0, \quad (4)$$

где $U_d(t)$ – выходной сигнал датчика, В;

K_d – коэффициент усиления датчика, В/ ктекс;

y_0 – номинальное (заданное) значение линейной плотности на выходе вытяжного прибора, ктекс;

U_0 – напряжение на выходе датчика при нормальной линейной плотности, В.

Подставим данные:

$$U_d(t) = y(t - 0.6) - 4 \pm U_0.$$

Регулятор состоит из преобразователя на основе операционного усилителя с резистором и конденсатором в цепи обратной связи и усилителя мощности. Преобразователь является аperiодическим звеном первого порядка с постоянной времени T_p и коэффициентом усиления $K_1 = R/R_1$, на выходе которого фигурирует сигнал $(U_d - U_0)$.

Преобразователь является самым инерционным звеном в системе, а усилитель мощности по сравнению с ним можно считать безынерционным звеном с коэффициентом усиления K_2

$$U_p = -K_2 U_1. \quad (5)$$

Уравнение регулятора в целом имеет вид

$$\frac{dU_p}{dt} = -\frac{1}{T_p} U_p + \frac{K_p}{T_p} (U_d - U_0), \quad (6)$$

где $K_p = K_1 K_2$ – коэффициент усиления регулятора.

Подставив заданные значения получим:

В состав исполнительного механизма входят двигатель постоянного тока, на якорную обмотку которого подается сигнал U_p , и дифференциал. Двигатель является апериодическим звеном первого порядка и описывается уравнением

$$T_u \frac{d\omega_1}{dt} + \omega_1 = K_3 U_p, \quad (7)$$

где ω_1 – частота вращения ротора двигателя, c^{-1} ;

T_u – постоянная времени двигателя (и исполнительного механизма в целом), с;

K_3 – коэффициент усиления двигателя, 1/Вс.

Дифференциал представляет собой механическое устройство, в котором частота вращения выходного вала является суммой частот вращения двух его входных валов. Выходной вал приводит в движение выпускную пару валиков вытяжного прибора. Один из входных валов вращается с постоянной частотой от главного привода чесальной машины, несет основную нагрузку по перемещению ленты и обеспечивает ее линейную скорость V_{20} на выходе вытяжного прибора. Второй вал вращается от двигателя с частотой ω_1 , чем обеспечивается изменение линейной скорости ленты на выходе на величину $K_4 \omega_1$, в которой коэффициент K_4 , м, определяется диаметром ведущего валика выпускной пары и передаточными числами в цепи двигатель – валики.

Таким образом, линейная скорость ленты $V_2(t)$ на выходе вытяжного прибора равна

$$V_2(t) = V_{20} + K_4 \omega_1(t). \quad (8)$$

Считая выходной координатой исполнительного механизма V_2 , а входной – U_p , получим его уравнение на основе 7 и 8.

$$\frac{dV_2}{dt} = -\frac{1}{T_u} (V_2 - V_{20}) + \frac{K_u}{T_u} U_p, \quad (9)$$

где $K_u = K_3 K_4$.

Подставим значения:

$$\frac{dV_2}{dt} = -\frac{1}{0.5} (V_2 - 1.5) + \frac{K_u}{T_u} U_p.$$