

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИСКРЕТНОГО ИЗМЕНЕНИЯ ПЛОТНОСТИ
ВОЛОКНИСТОГО ХОЛСТИКА В ЗОНЕ ПИТАНИЯ ЛЕНТОЧНОЙ МАШИНЫ**

**METHOD OF MODELING OF DISCRETE MANAGEMENT PRESENTING
SUPPLYING TAPES IN TECHNOLOGICAL MACHINE**

В.В. ВОЛКОВ, В.С. НИКОЛАЕВ, Г.Д. ЛУЗГИН, С.В. ВОЛКОВ
V. V. VOLKOV, V. S. NIKOLAEV, G. D LUZGIN, S. V. VOLKOV

(Пензенский государственный технологический университет)
(Penza State Technological University)
E-mail: mycolo @ rambler.ru

В статье, в необходимом объеме, рассмотрен подход к моделированию процесса дискретного изменения плотности волокнистого холста, состоящего из нескольких лент, в зоне питания ленточной машины.

In article, in necessary volume, is considered approach to modeling of the process of the discrete change to density of stringy canvas, consisting of several tapes, in zone of the feeding the band machine.

Ключевые слова: моделирование, технологическая машина, линейная плотность волокнистой ленты.

Keywords: modeling, technological machine, linear density of the stringy tape.

Моделирование процессов стабилизации линейной плотности ленты подробно рассмотрено в работах [1...3]. Задача поддержания заданного значения линейной плотности ленты (развеса) является актуальной.

На практике задача регулирования осуществляется посредством автоматических регуляторов линейной плотности. Различные принципы регулирования, используемые в регуляторах, позволяют достичь стабилизации плотности ленты на отрезках до 5 м и несколько более, на отрезках свыше 10 м точность регулирования таких систем значительно снижается. Для достижения необходимой точности регулирования плотности ленты на отрезках длиной до 25 м и более необходимы теоретические изыскания в решении по-

ставленной задачи, которые могут быть обоснованы посредством математического приема исследования логистических систем – *аналитического моделирования*, позволяющего получить точные решения.

В технологическом процессе переработки волокнистой ленты обеспечивается подача исходного однородного материала в ленточную машину по нескольким потокам (каналам) одновременно. В каждом потоке обеспечивается одинаковая линейная плотность ленты T_L и скорость ее движения $U_{\text{вх}}$. Условием выхода переработанного материала (продукта) из технологической машины принимается линейная плотность продукта T_L , которая равна значна плотности материала одного питающего потока, а скорость продукта $U_{\text{вых}}$

равна сумме скоростей всех потоков. Изменение линейной плотности материала в любом питающем канале такой системы вызовет изменение параметра линейной плотности продукта, что нарушит закон равенства масс на входе и выходе технической системы или изменит параметры производительности машины по объему или массе продукции. Здесь возникает задача управления (регулирования) линейной плотностью материала в зоне питания машины. Решение этой задачи может быть получено посредством методов математического моделирования. Основываясь на принципах моделирования функционирования ленточной машины [3...5], возможно провести моделирование дискретного управления подачей питающей ленты.

Одним из способов регулирования массы продукта является введение или устранение дополнительного потока исходной массы на питании машины [6]. Дискретное включение и выключение потока позволяет: – поддерживать постоянное число питающих потоков, в случае прекращения питания на одном из потоков; – достичь значения линейной плотности ленты близкого к нормативу, на отрезках свыше 10 м, в случае значительных изменений линейной плотности материала в зоне питания. Отсюда следует, что оптимизацию необходимого числа потоков можно провести, смоделировав процесс дискретного управления подачи питающего материала в технологическую машину по параметру линейной плотности продукта.

При использовании данного способа следует принять следующие факторы, ограничивающие его применение в модели:

- сложение не обеспечивает получения продукта заданной линейной плотности, если линейная плотность складываемых продуктов отклоняется от заданной в одну сторону;

- выравнивание продукта продольным сложением лент сопровождается его утолщением, что вызывает применение дополнительного утонения продукта во столько раз, во сколько осуществлено сложений.

Для упрощения регулирующей системы используем обстоятельство того, что на пи-

тании подается установленное производственным регламентом число сложений питающих лент $m=6$ первого ленточного перехода с величиной линейной плотности каждой ленты T_{Li} . Тогда значение линейной плотности всех лент на питании составит

$$\sum_{i=1}^m T_{Li} = T_{L1} + T_{L2} + T_{L3} + T_{L4} + T_{L5} + T_{L6}. \quad (1)$$

При условии заданной производственным регламентом величины вытяжки вытяжного прибора $E=6$ рассчитываем величину линейной плотности T_L вырабатываемой ленты на выпуске вытяжного прибора:

$$T_L = \frac{1}{E} \sum_{i=1}^m T_{Li} \quad (i = \overline{1, m}; \quad m = 6; \quad E = 6). \quad (2)$$

При $T_{Li} = T_{L1} = T_{L2} = T_{L3} = T_{L4} = T_{L5} = T_{L6}$ имеем $T_L = T_{Li}$, или $T_{Li} = \text{const}$.

В условиях реального производства линейная плотность T_{Li} , получаемая на переходе, предшествующем ленточному, может иметь отклонения, достигающие порой $\pm 25\%$. Такое отклонение от заданных регламентов требует переналадки величины вытяжки E в вытяжном приборе ленточной машины, поскольку система регулирования имеет ограниченные режимы изменения величины вытяжки. Для повышения функциональных возможностей ленточного оборудования, обеспечения его бесперебойной работы рационален принцип добавления или удаления одной и более лент на питании ленточной машины.

Изменение линейной плотности волокнистого материала на питании вытяжного прибора, посредством добавления или удаления ленты, основывается на цели поддержания постоянной линейной плотности на выходе вытяжного прибора. Рассмотрим принцип построения процесса регулирования посредством изменения числа лент. Для этого примем процентное изменение линейной плотности в виде долевого, так - 25% отклонения развеса будет соответство-

вать доле, равной $a_i = 0,75$ от T_{Li} , а +25% – соответствовать $a_i = 1,25$ от T_{Li} .

Очевидно, *целевую функцию модели* можно выразить зависимостью линейной

$$T_L = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m a_i T_{Li} = \frac{1}{m} (a_1 T_{L1} + a_2 T_{L2} + \dots + a_i T_{Li} + \dots + a_m T_{Lm}). \quad (3)$$

Примем $a=a_i=\text{const}$, тогда уравнение примет вид:

$$T_L = \frac{a}{m} \sum_{i=1}^m T_{Li} = \frac{a}{m} (T_{L1} + T_{L2} + \dots + T_{Li} + \dots + T_{Lm}), \quad (4)$$

где a – доля отклонения линейной плотности ленты в зоне питания от заданного значения; m – число питающих лент.

Из уравнения (4) выразим число лент в холстике в зоне питания машины

$m = a \sum_{i=1}^m T_{Li} / T_L$. Подставив долю $a=0,75$ и

приняв четному числу соотношение

$\sum_{i=1}^m T_{Li} / T_L = 6$, получим нарушения услов-

ного числа лент равное $m=0,75 \cdot 6=4,5$ лент.

К нарушенному числу лент в холстике

прибавим дополнительную ленту, при иде-

альном условии линейной плотности рав-

ной T_L , которое составит $4,5+1=5,5$ лент.

Тогда будем иметь долю отклонения ли-

нейной плотности $0,91$, что составит $8,3\%$

от заданного номинала плотности ленты.

Приведенное обоснование решения задачи

добавления или прекращения подачи ре-

зервной ленты существенно меняет карти-

ну процесса регулирования линейной

плотности ленты на ленточной машине.

Условием ограничений такой системы

будет значение вытяжки, которое числен-

но соответствует числу лент. Тогда при

значении $T_{Li} = \text{const}$ величина вытяжки

примет вид:

$$E = m \frac{T_{Li}}{T_L}. \quad (5)$$

Решая задачу изменения величины вы-

тяжки, при изменении линейной плотности

плотности ленты T_L на выходе машины от

линейной плотности лент T_{Li} на питании в

виде

на долю a_i , имеем $E = \frac{m T_{Li}}{a_i T_L}$, иначе при

$T_L = T_{Li}$, имеем $E = \frac{m}{a_i}$.

В общем виде в качестве ограничений

можно принять геометрические и кинема-

тические параметры вытяжного прибора

машины. Выразим величину вытяжки че-

рез линейные скорости движения волокни-

стого материала в вытяжном приборе и его

кинематические параметры:

$$E = \frac{v_{\text{ВЫХ}}}{v_{\text{ВХ}}} = \frac{\pi d_{\text{ВЫХ}} n_{\text{ВЫХ}}}{\pi d_{\text{ВХ}} n_{\text{ВХ}}}, \quad (6)$$

где $d_{\text{ВХ}}$, $d_{\text{ВЫХ}}$ – диаметры входной и выход-

ной пар валиков; $n_{\text{ВХ}}$, $n_{\text{ВЫХ}}$ – частоты вра-

щения входной и выходной пар валиков;

$v_{\text{ВХ}}$, $v_{\text{ВЫХ}}$ – линейные скорости волокнистой

ленты на входе и выходе вытяжного при-

бора.

Тогда при постоянной скорости выпус-

ка задача будет сведена к определению и

корректировке частоты вращения питаю-

щего цилиндра, обеспечивающего развес

ленты из решения двух уравнений при

$a_i = \text{const}$, то есть ($a_1 = a_2 = a_3 = \dots$) и ($T_{L1} =$

$= T_{L2} = T_{L3} = \dots$), тогда $ma_i = \frac{d_{\text{ВЫХ}} n_{\text{ВЫХ}}}{d_{\text{ВХ}} n_{\text{ВХ}}}$.

Откуда частота вращения цилиндра на

питании вытяжного прибора:

$$n_{\text{ВХ}} = \frac{d_{\text{ВЫХ}} n_{\text{ВЫХ}}}{ma_i d_{\text{ВХ}}} = K_d a_i^{-1} \frac{n_{\text{ВЫХ}}}{m}, \quad (7)$$

где $K_d = \frac{d_{\text{ВЫХ}}}{d_{\text{ВХ}}} = \text{const}$ – геометрический па-

раметр вытяжного прибора как соотноше-

ние диаметров валов выпускного к вход-

ному.

Очевидно, уравнение (7) моделирует частоту вращения цилиндра на питании. Ранее показано, что линейная плотность T_L на выпуске вытяжного прибора находится во взаимосвязи с развесом лент T_{Li} на питании, тогда из уравнения (3), имеем:

$$T_L = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m T_{Li}. \quad (8)$$

Это позволяет определиться с числом сложений лент на питании и соответственно величиной вытяжки:

$$m = \frac{\sum T_{Li}}{T_L} \quad \text{и} \quad E = \frac{\sum T_{Li}}{T_L}. \quad (9)$$

Подставляя в уравнение (6) уравнение (9), имеем:

$$\frac{\sum_{i=1}^m T_{Li}}{T_L} = \frac{\pi d_{\text{ВЫХ}} n_{\text{ВЫХ}}}{\pi d_{\text{ВХ}} n_{\text{ВХ}}} = K_d \frac{n_{\text{ВЫХ}}}{n_{\text{ВХ}}},$$

откуда получаем:

$$n_{\text{ВХ}} = K_d \frac{n_{\text{ВЫХ}} T_L}{\sum T_{Li}}. \quad (10)$$

Заданными условиями ограничений такой модели являются параметры производительности $Q_{\text{ВЫХ}}$ машины и линейной плотности выпускаемого продукта T_L , откуда назначается технологический режим машины по скорости выпуска продукта уравнением вида:

$$v_{\text{ВЫХ}} = Q_{\text{ВЫХ}} / T_L. \quad (11)$$

Уравнение (6), отношения скоростей движения волокнистой ленты на входе и на выходе технологической машины, показывает, что уменьшение (увеличение) доли линейной плотности компенсируется соответственно увеличением (уменьшением) числа сложений (9). Увеличение или уменьшение числа потоков питающего материала при постоянной скорости выпускаемого продукта позволит снизить пере-

ходные инерционные нагрузки в системе плавного регулирования питания технологической машины, поскольку на практике линейная плотность материала на питании будет обуславливаться значительным расхождением долей каждого питающего потока. С практической точки зрения решение задачи можно осуществить измерением величины линейной плотности каждого потока.

ВЫВОДЫ

Моделирование дискретной подачи резервной волокнистой ленты в технологическую машину показало возможность использования данного принципа в системе автоматического регулирования плотности волокнистой ленты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хавкин В.П., Ильин Э.Р. и др. Автоматический контроль и регулирование развеса текстильных материалов. – М.: Легкая индустрия, 1975.
2. Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А. Моделирование технологических процессов (в текстильной промышленности). – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.
3. Волков В.В., Семенов А.Д., Николаев В.С. Система автоматического регулирования линейной плотности волокнистого материала // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2013, №2. С. 68...71.
4. Николаев В.С., В.В. Волков др. Моделирование технологической машины по информационным функциональным параметрам // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего. Серия: Технические науки. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. акад., 2013. Вып. 12 (16). С. 88...94.
5. Николаев В.С. Моделирование условий функционирования ленточной машины // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего. Серия: Технические науки. Пищевые производства. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. акад., 2013. Вып. 6 (10). С. 94...98.
6. Авторское свидетельство №1721134 (СССР), МКИ D 01 H 5/38, Способ регулирования линейной плотности волокнистого холстика/ Николаев В.С., Лузгин Г.Д. и др. № 4767472/12. Оpub. 23.03.1992. Б.И. № 11.

Рекомендована кафедрой технологии машиностроения. Поступила 03.02.15.