

**ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТРЕПАНИЯ<sup>1</sup>***С.М. ВИХАРЕВ, Н.М. ФЕДОСОВА***(Костромской государственный технологический университет)**

Одной из актуальных задач современной отрасли первичной обработки льна, направленной на повышение выхода основного продукта, и, как следствие, на улучшение конкурентоспособности отечественных предприятий, является автоматизация процессов получения длинного волокна [1]. Для решения этой задачи проведен ряд исследований [2...5], в результате которых были разработаны модели процессов переработки и предложены решения по управлению этими процессами. Недостатком большинства из них является

Построение модели динамики трепальной машины подразумевает на первом этапе моделирования определение перечня параметров, которые будут использоваться в расчетах. В качестве выходных параметров принято рассматривать те из них, которые отвечают за качественные и количественные показатели получаемого длинного волокна: его выход, недоработку и массовую долю костры. В качестве параметров управления обычно выбирают частоту вращения трепальных барабанов секции, скорость движения транспортера, либо количество воздействий, получаемых материалом в секции, как обобщающий первые две величины. Остальные параметры рассматриваются как возмущающие.

Выбор скорости транспортера в качестве управляющего параметра имеет серьезные минусы. При изменении этой величины появляется необходимость изменения скорости передачи материала во всех остальных машинах технологической цепочки, что неудобно и затратно. Кроме того, изменение времени обработки возможно в довольно небольших пределах в конце участка обработки [3], так как существенное снижение этого времени приводит к

отсутствию моделей поведения объекта управления в переходных режимах при изменении управляющих технологических настроек. Подходы к решению этой проблемы были предложены в [6], уточнены и использованы для моделирования в [4]. Стоит отметить, что в данном случае для получения динамических характеристик использована аппроксимация по предполагаемой кривой переходного процесса и не была изложена методика полного определения динамической модели трепальной машины.

недостаточному выделению костры из льносырца. Однако на конечном этапе трепания отношение изменения выхода к изменению времени обработки очень невелико [7], то есть не может быть достигнут достаточный диапазон регулирования, что критично для создания системы автоматизированного управления. Таким образом, удобнее изменять интенсивность обработки и количество воздействий на материал путем изменения частоты вращения трепальных барабанов.

Рассмотрим динамическую зависимость между изменением выхода длинного волокна и изменением частоты вращения трепальных барабанов, то есть проведем идентификацию объекта управления теоретико-экспериментальным путем.

В начале подобной процедуры необходимо рассмотреть статическую зависимость между двумя указанными величинами [8].

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №09-08-97500 р\_центр\_а.

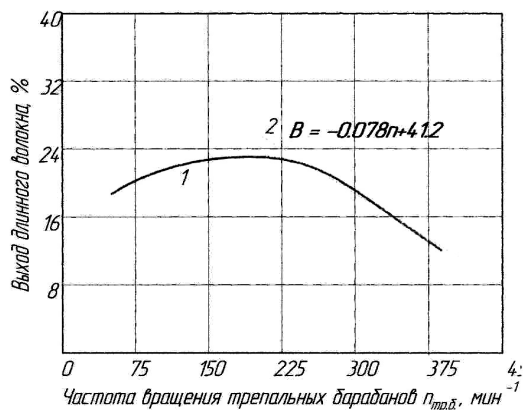


Рис. 1

На рис.1 по данным [3] представлено изменение выхода длинного волокна от частоты вращения трепальных барабанов, полученное экспериментальным путем (кривая 1); 2 – аппроксимация зависимости на рабочем участке. Кривая может быть разбита на два участка, на первом из которых наблюдается прямая зависимость между выходом и частотой, а на втором – обратная. Каждый из участков может быть с достаточной точностью аппроксимирован прямой, тангенс угла наклона которой к оси абсцисс будет соответствовать коэффициенту передачи математической модели.

Следует отметить, что рабочим участком будет являться участок, соответствующий большим частотам барабанов, так как на другом участке не достигается необходимая очистка длинного волокна от костры и примесей. Значение коэффициента передачи по выходу длинного волокна в представленном случае будет равно  $K = -0,078$  (%·мин).

Теперь рассмотрим динамические свойства трепальной машины. Как было показано в [6], переходный процесс происходит вследствие разной интенсивности и количества воздействий, полученных пряжами льносyrца на длине слоя  $s$ , которая находилась в барабане на момент переключения скорости. Время переходного процесса будет равно  $T = s / v$ , где  $v$  – скорость транспортера.

Поскольку интенсивность обработки в принятых нами условиях будет зависеть только от частоты вращения трепальных барабанов, то для описания неравномерной

интенсивности обработки может быть использовано понятие эквивалентной частоты. Так как в нашей задаче эквивалентная частота является мерой интенсивности, то для ее расчета можно использовать известную из [9] зависимость для подсчета эквивалентной интенсивности (2):

$$\sqrt{n_{\text{y\acute{e}a}}} = \frac{1}{T} \sum_k n_i t_i, \quad (1)$$

где  $n_i$ ,  $t_i$  –  $i$ -я частота и время обработки при  $i$ -й частоте;  $T$  – общее время обработки.

В интегральной форме с учетом времени переходного процесса по [4], [6] выражение (1) примет вид:

$$n_{\text{y\acute{e}a}} = \frac{1}{T} \int_{t-T}^t n(t) dt. \quad (2)$$

Исходя из принимаемой на рабочем участке линейной зависимости между выходом длинного волокна и эквивалентной частотой вращения трепальных барабанов имеем следующее выражение:

$$\hat{A} = \frac{\hat{E}}{T} \int_{t-T}^t n(t) dt. \quad (3)$$

После преобразования (3) по Лапласу получаем:

$$\hat{A}(p) = \frac{n(p)}{Tp} (1 - e^{-Tp}). \quad (4)$$

Передаточная функция, характеризующая изменение выхода длинного волокна в функции изменения частоты вращения в переходных процессах, примет вид:

$$W_n(p) = \frac{(1 - e^{-Tp})}{Tp}. \quad (5)$$

Для упрощения дальнейшего анализа и моделирования разложим звено запаздывания в ряд Паде 1-го порядка:

$$e^{-Tp} \approx \frac{1 - Tp/2}{1 + Tp/2}. \quad (6)$$

Тогда передаточная функция (5) может быть выражена зависимостью

$$W_n(p) = \frac{K}{1 + Tp/2}. \quad (7)$$

с амплитудно-частотной характеристикой вида

$$\dot{A}(\omega) = \sqrt{1 + \frac{(\omega T)^2}{4}}. \quad (8)$$

Следует заметить, что зависимости, подобные (5) и (7), рассматривались в работах [10], [11] при моделировании процессов прядения и сгущения волокнистых материалов.

В работе [12] предлагалось для упрощения модели, подобной (5), использовать

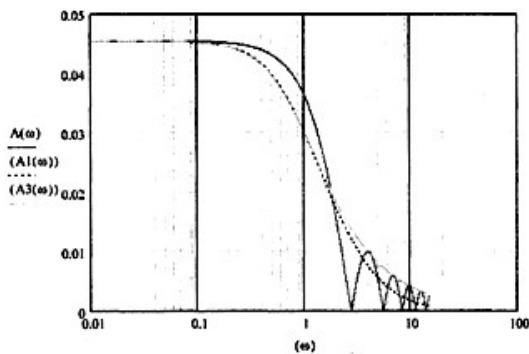


Рис. 2

Как видно, в исследуемой области упрощенные модели довольно близки к аналитической и рациональнее использовать разложение по Паде как более простую методику.

## В Ы В О Д Ы

1. Рассмотрена методика построения динамической модели процесса трепания при управлении выходом длинного волокна путем изменения частоты вращения трепальных барабанов. Аналитически получена передаточная

методику из [8]. В этом случае передаточная функция принимала вид:

$$W1(\omega) := \frac{K}{(T1\omega j + 1)(T2\omega j + 1)}, \quad (9)$$

где T1 и T2 вычисляются на основе данных по номограммам и связаны с временем прохождения материала через секцию следующими зависимостями:

$$T1 = 0,7T2^*T, \quad T1 = 0,7T1^*T, \quad (10)$$

где T2\*, T1\* – значения по номограммам, равные 0,68 и 0,15 соответственно.

Для сравнения полученных моделей построим их амплитудночастотные (АЧХ) и фазочастотные (ФЧХ) характеристики (рис. 2 и 3 соответственно) в области низких частот – рабочей области регулирования.

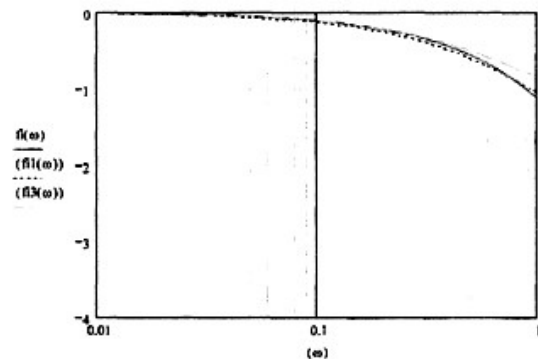


Рис. 3

функция, связывающая изменение выхода длинного волокна с изменением частоты вращения в переходных режимах.

2. Проведено построение амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик теоретической и упрощенных динамических моделей трепания и их сравнительный анализ. Упрощенные модели достаточно точно описывают динамику, заданную теоретической моделью; наиболее простой для использования является модель первого порядка по Паде.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Круглий И.И., Пашин Е.Л.* Направления повышения эффективности работы предприятий по переработке льна в АПК / Состояние и перспективы производства льна-долгунца в России // Междунар. научн.-практ. конф.: Наука, сельское хозяйство и промышленность – пути развития и ожидаемые результаты. – Вологда, 2008. С.13...14.
2. *Дроздов Ю.В.* Разработка автоматической системы контроля и управления положением слоя стеблей при получении трепаного льна: Дис.... канд. техн. наук. – Кострома: КГТУ, 2004.
3. *Петров С.С.* Управление режимом работы мяльно-трепального агрегата по показателю отделяемости льнотресты: Дис. ... канд. техн. наук. – Кострома: КГТУ, 2007.
4. *Катков А.А.* Управление режимом работы мяльно-трепального агрегата в зависимости от влажности льнотресты: Дис. ... канд. техн. наук. – Кострома: КГТУ, 2008.
5. *Ефремов А.С.* Оптимизация процесса трепания при обработке льнотресты в зависимости от ее влажности и отделяемости: Дис. ... канд. техн. наук. – Кострома: КГТУ, 2008.
6. *Вихарев С.М.* Проблемы автоматизации получения длинного льняного волокна / С.М. Вихарев. – Депон. в ВИНТИ, 26.03.2007, №311 – В2007.
7. *Ипатов А.М.* Теоретические основы механической обработки стеблей лубяных культур. – М.: Легпромбытиздат, 1989.
8. *Налладка средств автоматизации и автоматических систем регулирования: справочное пособие / Под ред. А.С. Ключева.* – М.: Энергоатомиздат, 1989.
9. *Острейковский В.А.* Теория надежности. – М.: Высшая школа, 2003.
10. *Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А.* Моделирование технологических процессов. – М.: Легпищепром, 1984.
11. *Привалов С.Ф., Могильный А.Н., Гусаков А.В.* Методы количественной оценки качества текстильных материалов и изменение их свойств под действием внешних факторов. – С-Пб.: Недра, 2000.
12. *Фролов А.И., Катков А.А., Вихарев С.М.* Исследование частотных характеристик модели мяльно-трепального агрегата // Сб. тр. молод. ученых КГТУ. – Кострома: КГТУ, 2008, №9.

Рекомендована кафедрой автоматизации и микропроцессорной техники. Поступила 05.06.09.