

## ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ НАКОПИТЕЛЯ НИТИ

*М.П. РУДОВСКИЙ*

(Московский государственный текстильный университет им. А. Н. Косыгина)

Пряжа, уложенная в бункер накопителя в виде столба, подвергается обработке паром или горячим воздухом [1]. При этом время обработки является одним из важнейших технологических факторов. Для обеспечения однородности свойств пряжи по ее длине оно должно оставаться постоянным. Выполнить это требование можно за счет поддержания наполнения бункера в определенных пределах. Очевидно, что должно выполняться условие

$$dM_{\text{изв}} = dM_{\text{укл}}, \quad (1)$$

где  $dM_{\text{изв}}$  – масса нити, извлекаемая из бункера за период времени  $dt$ ;  $dM_{\text{укл}}$  – масса нити, укладываемая в бункер за этот же период времени.

Величины, входящие в условие (1), можно рассчитать по формулам

$$dM_{\text{изв}} = \frac{T V_{\text{изв}}(t)[1 - \varepsilon_{\text{изв}}(t)]}{10^6} dt, \quad (2)$$

$$dM_{\text{укл}} = \frac{T V_{\text{укл}}(1 - \varepsilon_{\text{укл}})}{10^6} dt, \quad (3)$$

где  $T$  – линейная плотность пряжи, текс;  $V_{\text{изв}}$  и  $V_{\text{укл}}$  – скорости извлекаемой из бункера нити и укладываемой в него нити, м/с;  $\varepsilon_{\text{изв}}$  и  $\varepsilon_{\text{укл}}$  – относительная деформация пряжи при извлечении и укладке;  $t$  – время.

Очевидно, что при невыполнении условия (1) будет происходить либо постоянное накопление нити, либо опорожнение бункера, которое через некоторый промежуток времени приведет к нарушению технологического процесса термообработки пряжи. Обеспечить точное выполнение условия (1) на практике достаточно сложно, так как массы нити, поступающая в бункер и извлекаемая из него, зависят от ряда факторов, которые трудно поддерживать на постоянном уровне.

Для поддержания требуемого уровня наполнения бункера в [2] предложено установить на выходе из него управляемый натяжитель нити. Как следует из (2), изме-

няя натяжение нити в зависимости от наполнения бункера, можно соответствующим образом изменять ее деформацию при извлечении  $\varepsilon_{\text{изв}}$ , а следовательно, и массу извлекаемой нити. Таким образом, бункер представляет собой систему автоматического регулирования, анализ которой позволит сформулировать технологические и конструктивные требования к ней. Анализ удобно проводить в два этапа. На первом этапе проводится анализ параметров системы, не зависящих от свойств нити, что позволяет использовать детерминированную модель. На втором этапе исследуются параметры системы, зависящие от свойств нити. Для этого используется статистическая модель, которая учитывает стохастический характер деформационных параметров нити, как текстильного продукта.

Соответствующие модели реализованы с помощью средств пакета моделирования Simulink, входящего в систему MATLAB.

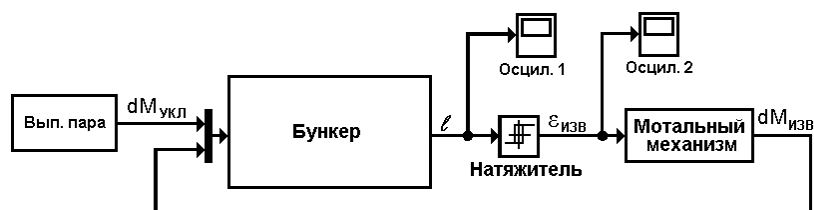


Рис. 1

Графическое представление детерминированной модели исследуемой системы представлено на рис. 1.

Модель состоит из блока выпускной пары, выходом которой является элементарная масса нити, подаваемой в бункер для укладки. Блок, моделирующий бункер, имеет два входа, на которые подаются укладываемая и извлекаемая массы. Выходом является  $l$  – положение дна (то есть степень наполнения бункера). Расчет положения дна бункера в зависимости от количества нити в нем производится по формулам, полученным в [1]. Физико-механические параметры нити [3] и ее массы, а также конструктивные параметры бункера являются константами и могут устанавливаться при просчете очередного варианта.

Деформация нити на выходе из бункера может принимать два значения в зависимости от положения его дна. Поэтому положение дна является входной величиной для этого блока, а деформация нити – выходной. Значения положений дна, при которых производится изменение деформации нити, и величина изменения деформации являются константами.

Последним блоком является блок, моделирующий мотальный механизм. Входной величиной для него является деформация нити  $\varepsilon_{\text{изв}}$ , а выходной – масса нити, извлекаемая из бункера. Кроме деформации на величину массы, извлекаемой из бункера, влияют параметры наладки мотального механизма: частота движения нитеводителя, профиль прорезного барабан-

чика, которые характеризуются соответствующими константами.

Для наблюдения за соответствующими величинами в интересующих исследователя точках можно подключать осциллографы, которые отражают изменения соответствующих величин за время наблюдения за поведением системы.

Очевидно, что условия наполнения и опорожнения бункера имеют вид:

$$dM_{\text{укл}} > dM_{\text{изв}}, \quad (4)$$

$$dM_{\text{укл}} < dM_{\text{изв}}. \quad (5)$$

Подставив соответствующие выражения из (2) и (3) в (4), получим

$$V_{\text{укл}}(1 - \varepsilon_{\text{укл}}) > V_{\text{изв}}(t)(1 - \varepsilon_{\text{изв}}(t)). \quad (6)$$

Откуда

$$\varepsilon_{\text{изв}}(t) > 1 - \frac{V_{\text{укл}}}{V_{\text{изв}}(t)}(1 - \varepsilon_{\text{укл}}). \quad (7)$$

Рассматривая работу бункера за достаточно продолжительный отрезок времени, в (7) мгновенную скорость  $V_{\text{изв}}(t)$  можно заменить средней скоростью  $V_{\text{изв ср}}$ . Тогда относительная деформация при извлечении нити не будет зависеть от времени и можно записать:

$$\varepsilon_{\text{изв}} > 1 - \frac{V_{\text{укл}}}{V_{\text{изв ср}}}(1 - \varepsilon_{\text{укл}}). \quad (8)$$

Для опорожнения бункера соответствующее выражение будет иметь вид:

$$\varepsilon_{\text{изв}} < 1 - \frac{V_{\text{укл}}}{V_{\text{изв ср}}}(1 - \varepsilon_{\text{укл}}). \quad (9)$$

Полагая  $V_{\text{изв ср}} = V_{\text{укл}}$ , получим

$\varepsilon_{\text{изв}} > \varepsilon_{\text{укл}}$  и  $\varepsilon_{\text{изв}} < \varepsilon_{\text{укл}}$  для извлечения и укладки соответственно. Полученные формулы можно переписать в виде

$$\varepsilon_{\text{изв}} = \varepsilon_{\text{укл}} + \Delta\varepsilon \text{ и } \varepsilon_{\text{изв}} = \varepsilon_{\text{укл}} - \Delta\varepsilon. \quad (10)$$

Отсюда следует, что в качестве  $\varepsilon_{\text{укл}}$  должна использоваться средняя деформация нити из возможного диапазона ее изменения. Эта величина зависит от деформационной характеристики нитей и должна меняться при смене ассортимента вырабатываемых нитей. Величина амплитуды изменения деформации  $\Delta\varepsilon$  должна выбираться возможно меньшей, потому что от нее зависит изменение натяжения на выходе из накопителя, однако такой, чтобы обеспечить смещение дна в требуемом направлении.

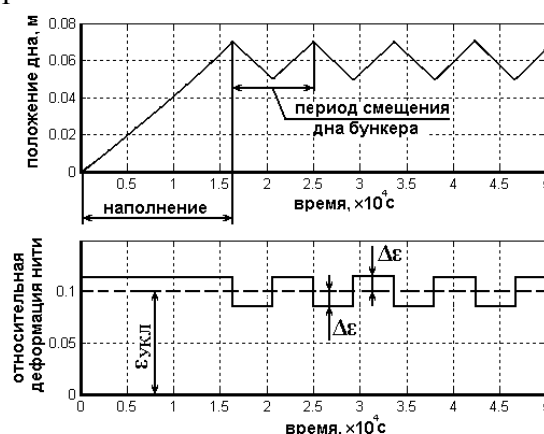


Рис. 2

На рис. 2 показана зависимость деформации нити и смещения дна бункера от времени при наполнении бункера в установившемся режиме. Для детерминированной модели эта зависимость имеет вид, характерный для двухпозиционного регулирования.

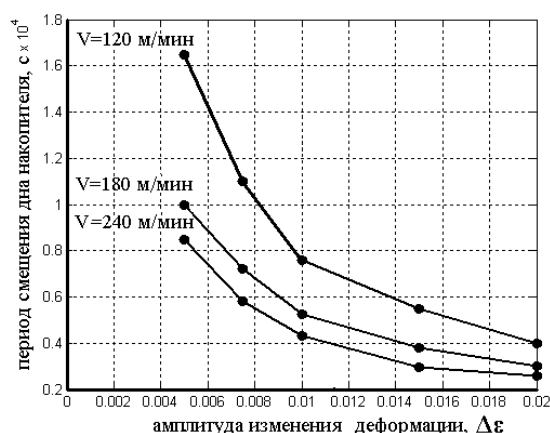


Рис. 3

Требуемую величину  $\Delta \epsilon$  можно получить в результате машинного эксперимента на модели (рис.1). Результаты такого эксперимента приведены на рис. 3, где показана зависимость периода смещения бункера от амплитуды изменения деформации  $\Delta \epsilon$  при разных скоростях наматывания. Расчет проводился для  $\epsilon_{\text{укл}}=0,1$  трех уровнях скорости наматывания.

Из графика видно, что при максимальной для машины ПСК-225-ШГ скорости выпуска  $V = 240$  м/мин период смещения дна, а значит и период смены натяжения может составлять около четверти часа. Такое редкое изменение натяжения не должно оказывать существенного влияния на качество формируемой нити и качество намотки. Амплитуда изменения деформации при этом составляла 5% от  $\epsilon_{\text{укл}}$ . Полученное значение нельзя считать окончательным, так как необходимо оценить его влияние на натяжение нити при выходе из накопителя с учетом случайного характера коэффициентов в деформационных характеристиках комплексных нитей с эластомером [3].

Модель, приведенная на рис. 1, позволяет оценить влияние скорости извлечения нити из бункера, которая совпадает со скоростью наматывания и колеблется при формировании конических бобин в широких пределах, на положение дна бункера. Это необходимо сделать в связи с тем, что натяжение, создаваемое управляемым натяжителем, зависит от положения дна. Поэтому важно знать, как повлияют конструктивные параметры бункера, а также частота и амплитуда изменения скорости наматывания на изменение натяжения извлекаемой из него нити.

Можно показать, что при наматывании конических бобин на машине ПСК-225ШГ с помощью прорезного барабанчика с канавкой, имеющей 2,5 витка, максимальная частота поперечного движения нити не превышает 3-х двойных ходов в минуту. Амплитуда изменения скорости наматывания при укладке нити на меньший и больший диаметры конической бобины составляет 26,5% от среднего значения. С использованием описанной модели устрой-

ства накопления проводился машинный эксперимент. В качестве регулируемых параметров в этом эксперименте использовались: частота изменения скорости наматывания, которая варьировалась на четырех уровнях 1, 2, 3 и 4 Гц, и диаметр дна бункера, который варьировался на трех уровнях  $D = 0,01$ ;  $D = 0,03$  и  $D = 0,07$  м.

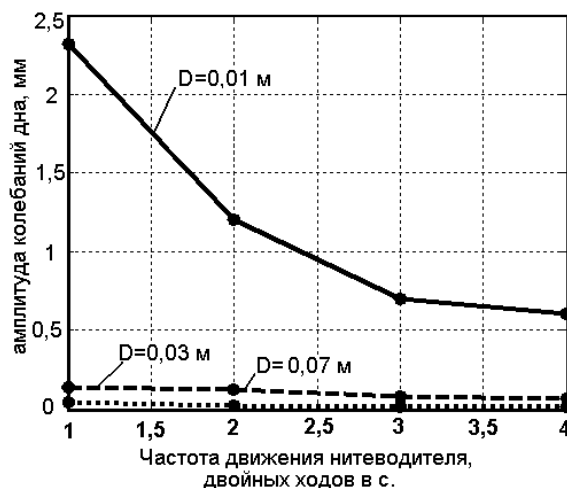


Рис. 4

Результаты расчетов по модели для указанных выше уровней регулируемых параметров представлены на рис. 4. Они показывают, что влияние диаметра дна бункера на амплитуду колебаний быстро падает с ростом его диаметра и при  $D > 0,03$  м становится незначительным. Это условие можно рекомендовать как ограничение при выборе диаметра дна бункера при проектировании накопителей подобного типа.

С ростом частоты колебаний скорости наматывания ее влияние на амплитуду колебаний дна уменьшается. Однако даже при наименьшем из практически возможных ее значений амплитуда колебаний дна пренебрежимо мала и положение дна за непродолжительное время практически не изменяется. А поскольку натяжение, создаваемое управляемым натяжителем зависит только от положения дна, то можно считать, что бункер позволяет выравнивать натяжения и обеспечивать формирование паковок с постоянным натяжением даже конических бобин.

## ВЫВОДЫ

1. Поддержание наполнения бункера в требуемых пределах можно обеспечить за счет изменения натяжения нити на выходе из накопителя в зависимости от уровня накопления. При этом дно будет совершать периодическое смещение относительно среднего положения.

2. При уменьшении диапазона изменения натяжения нити на выходе из накопителя период смещения дна бункера увеличивается. Это позволяет выбрать изменение натяжения таким образом, чтобы исключить его вредное влияние на качество намотки.

3. Диаметр бункера существенным образом влияет на амплитуду колебаний дна бункера, вызванных движением нитеводителя. Амплитуда становится пренебрежимо малой при диаметре бункера более 30 мм, в результате чего натяжение извлекае-

мой из него нити остается постоянным при намотке как цилиндрических, так и конических бобин.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Палочкин С.В., Рудовский М.П.* Анализ напряжений, действующих на массу нити в процессе накопления // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, №6.

2. *Рудовский М.П., Телицын А.А., Палочкин С.В.* Устройство для наматывания высокоэластичной нити в конические бобины. Патент на изобретение РФ № 2262477 В 65 Н 51/00. – Опубл. 20.10.2005. Бюл. №29.

3. *Палочкин С.В., Рудовский М.П.* Деформационные характеристики комбинированных нитей с эластомерами, формируемых самокруточным способом // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2005, №6.

Рекомендована кафедрой деталей машин и подъемно-транспортных устройств. Поступила 01.12.06.