

О скорости сматывания пряжи при перемотке

Ассистент *Е. Д. ЕФРЕМОВ.*
(Ивановский текстильный институт)

При рассмотрении вопросов натяжения пряжи при перемотке, условий прохождения пряжи через контрольно-натяжное устройство, об обрывности и т. п., а также в практике конструирования мотальных машин скорость сматывания пряжи с прядильной паковки обычно отождествляется со скоростью наматывания пряжи на бобину, которая определяется выражением:

$$v = \sqrt{v_o^2 + v_n^2}, \quad \dots \dots \dots 1$$

где v_o — окружная скорость в слое бобины,

v_n — скорость нитераскладчика,

что является следствием представления: сколько пряжи наматывается, столько и сматывается. Такое представление соответствия между скоростью сматывания и скоростью наматывания в качестве характеристики процесса перемотки обладает тем недостатком, что является средней характеристикой и затушевывает действительное положение вещей в течении процесса, в любой интересующий нас момент времени.

Рассмотрим кинематику намотки двух слоев цилиндрической бобины (рис. 1). Выберем систему координат так, чтобы начало координат совпало с левой крайней точкой A_1 рабочего участка $A_1 A_2$ линии наматывания, а ось O_x направим по линии наматывания от A_1 к A_2 . Затем выберем параметры:

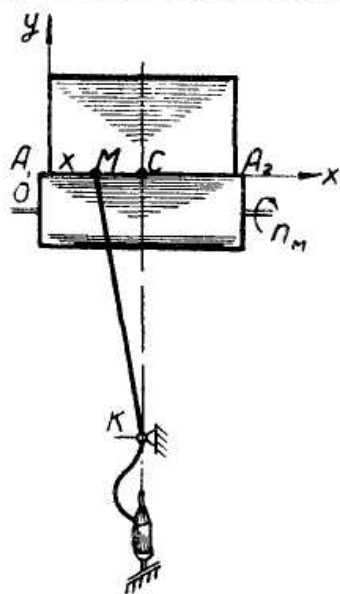


рис. 1.

L — половина хода точки наматывания ($L = A_1 C = C A_2$);

l — расстояние KC от контрольно-натяжного устройства K до линии наматывания;

n_n — скорость вращения мотального вала.

Пусть окружная скорость на поверхности бобины $v_o = \text{пост.}$, скорость раскладки нити вдоль образующей бобины $v_n = \text{пост.}$, тогда и скорость наматывания $v = \text{пост.}$

Теперь заметим, что, участвуя в движении нитераскладчика, нить на участке от контрольно-натяжного устройства до бобины совершает колебательное движение и при этом свободная длина нити изменяется, так, например, длина нити в крайних положениях KA_1 и KA_2 будет больше, чем в среднем положении KC .

Свободная длина нити от контрольно-натяжного устройства до точки наматывания меняется с какой-то скоростью ω , назовем ее „дополнительной“ скоростью, которая, не участвуя в скорости наматывания влияет непосредственно на скорость сматывания пряжи с разматываемой паковки.

Скорость ω , возникновение и изменение которой обусловлено наличием плоского баллона раскладки, зависит от характера движения нитераскладчика. Движение последнего имеет циклический характер, следовательно, скорость ω изменяется циклически, а, значит, и зависящая от нее скорость сматывания пряжи является циклически переменной относительно скорости наматывания и только в некоторые моменты времени совпадает по величине со скоростью наматывания.

Скорость сматывания была равна скорости наматывания $v = \sqrt{v_o^2 + v_n^2}$ при отсутствии скорости ω , если бы, например, пачок и контрольно-натяжное устройство двигались вместе с нитераскладчиком вдоль отрезка A_1A_2 линии наматывания, или если бы линия наматывания располагалась по окружности радиуса KC .

Найдем аналитическое выражение для скорости ω и проанализируем его.

Пусть в какой-то момент времени t точка наматывания M , двигаясь от A_1 к A_2 , находится от A_1 на расстоянии x . Из $\triangle KMC$ определим длину нити KM :

$$l_x = \sqrt{(L-x)^2 + l^2} \dots \dots \dots 2$$

Абсцисса точки наматывания является функцией от времени и, в нашем случае,

$$x = v_n t.$$

Дифференцируя уравнение 2 по времени, получаем скорость изменения длины l_x

$$\omega = - \frac{(Lv_n - x)}{\sqrt{(L-x)^2 + l^2}} \dots \dots \dots$$

При обратном движении от A_2 к A_1 скорость ω из аналогичных рассуждений получит выражение:

$$\omega = \frac{v_n(L-x)}{\sqrt{(L-x)^2 + l^2}}$$

Таким образом, в начальном положении точки наматывания при $x=0$ имеем:

$$\omega_{min} = - \frac{v_n L}{\sqrt{L^2 + l^2}}$$

Затем ω увеличивается и в среднем положении C , когда $x=L$, имеем $\omega=0$. При дальнейшем увеличении x скорость ω увеличивается. Закон увеличения:

$$\omega = v_n \frac{(x-L)}{\sqrt{(x-L)^2 + l^2}},$$

где $\frac{(x-L)}{\sqrt{(x-L)^2 + l^2}} = \sin \varphi$ — синус угла прямоугольного треугольника с увеличивающимся катетом CM и с постоянным другим катетом KC . При $x \rightarrow \infty \sin \varphi \rightarrow 1, \omega \rightarrow v_n$.

В нашем случае ω достигает наибольшей величины при $x=2L$, т.е.

$$\omega_{max} = \frac{v_n L}{\sqrt{L^2 + l^2}}$$

При обратном движении точки наматывания картина изменения w является зеркальным отражением первого случая относительно линии наматывания. Цикл изменения w —один ход нитераскладчика в одну сторону.

Минимальное и максимальное значения скорости w равны по абсолютной величине.

Если предположить, что на торцах бобин скорость нитераскладчика, оставаясь неизменной по величине, мгновенно меняет свое направление на обратное, то здесь скорость w будет иметь мгновенный перепад на $2w_{max}$ с w_{max} до w_{min} .

Этому условию и соответствует наше аналитическое выражение скорости w . Функция $w = w(t)$, заданная двумя уравнениями 3 и 4 имеет точки разрыва при t , соответствующим моментам смены направления движения точки наматывания. В действительных условиях скорость v_n с какого-то момента приближения точки наматывания к торцу бобины начинает уменьшаться от величины v_n до нуля в крайнем торцовом положении, уменьшая до нуля и скорость w , а при обратном движении скорость v_n стабилизируется также не сразу и скорость w по абсолютной величине сначала увеличивается, а затем уже начинает уменьшаться до нуля в точке С.

Задача о скорости w на торце бобины была рассмотрена для случая цилиндрической бобины в предположении, что ветви мотальной канавки в развертке на плоскость сопрягаются на торце дугой окружности радиуса r . Произведя соответствующие расчеты, которые здесь вследствие их громоздкости опускаются, можно уточнить поведение всех кинематических объектов на торце бобины и тогда дополнительную скорость w за цикл нитераскладки можно представить в виде графика (рис. 2).

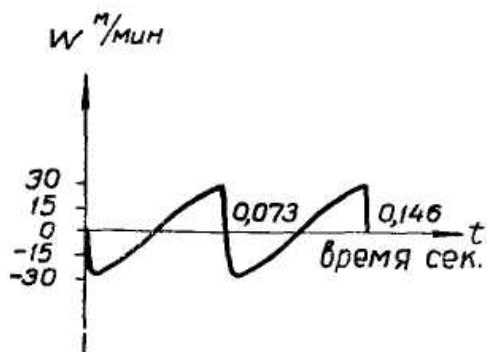


Рис. 2.

Так как w в самой скорости наматывания $v = \sqrt{v_o^2 + v_n^2}$, не участвует, а выражает только скорость изменения длины l_x — свободной длины нити от контрольно-натяжного устройства до точки наматывания по мере изменения положения точки наматывания, и является поэтому дополнительной скоростью нити при сматывании, то имеем для скорости сматывания, другими словами, для скорости поступательного движения нити в баллоне сматывания.

$$v_c = \sqrt{v_o^2 + v_n^2} + w \dots \dots \dots 5$$

Формула 5 выражает скорость прохождения нити через контрольно-натяжное устройство.

В силу зависимости от w скорость v_c изменяется циклически: возрастает при движении точки наматывания от одного торца бобины к другому от величины:

$$v_{cmin} = \sqrt{v_o^2 + v_n^2} - w_{max}$$

до

$$v_{cmax} = \sqrt{v_o^2 + v_n^2} + w_{max},$$

делая при перемене направления движения точки наматывания на торцах бобины скачок с v_{cmax} до v_{cmin} .

За цикл нитераскладки скорость сматывания v_c можно представить в виде графика (рис. 3) или в виде годографа с полюсом в точке К (рис. 4)

Как велика амплитуда изменения скорости сматывания?

Из выражения: $\omega_{max} = \frac{L}{\sqrt{L^2 + l^2}} v_n$

видим, что при выбранном v_n скорость ω_{max} зависит от L и l .

Приняв отношение $l:L = k$ и $L = \frac{l}{k}$, подставив в выражение ω_{max} , получаем

$$\omega_{max} = \frac{v_n}{\sqrt{k^2 + 1}}$$

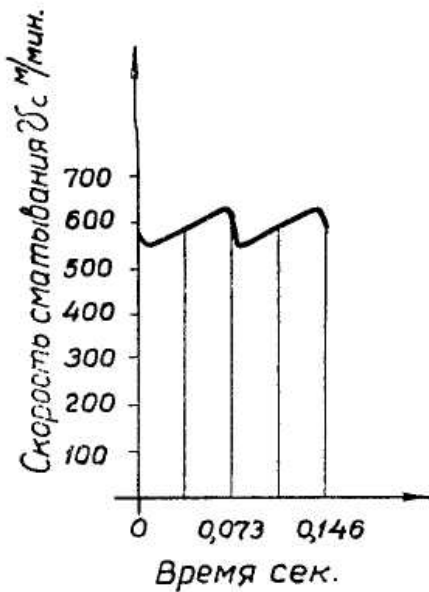


Рис. 3.

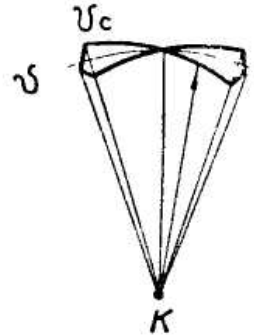


Рис. 4.

Можно сделать вывод, что скорость ω_{max} будет тем меньше, а значит, и тем меньше неравномерность скорости сматывания. Чем больше будет k , т. е. чем больше будет отношение $l:L$. Если, например, v_n принять равным 100 м/мин, то при отношении $(l:L) \rightarrow \infty$ скорость сматывания постоянна и равна скорости наматывания, при $\infty > (l:L) > 10$ ω_{max} имеет порядок единиц м/мин, при $(l:L) < 10$ ω_{max} получает порядок десятков м/мин и в предельном случае при $(l:L) \rightarrow 0$ скорость ω_{max} стремится к значению скорости v_n . Амплитуда колебаний v_c соответственно выразится через $2 \omega_{max}$.

Так, при $l:L = 4$

$$\omega_{max} \approx 0,25 v_n,$$

а амплитуда колебаний v_c выразится в $2 \omega_{max} \approx 0,5 v_n$.

При заданных параметрах l и L скорость ω_{max} пропорциональна v_n .

Итак, неравномерность скорости сматывания обратно пропорциональна отношению $l:L$ расстояния от контрольно-натяжного устройства до линии наматывания к половине длины образующей бобины и пропорциональна скорости нитераскладчика.

Ускорение сматывания получим дифференцированием скорости ω по времени.

При мотке тела бобины

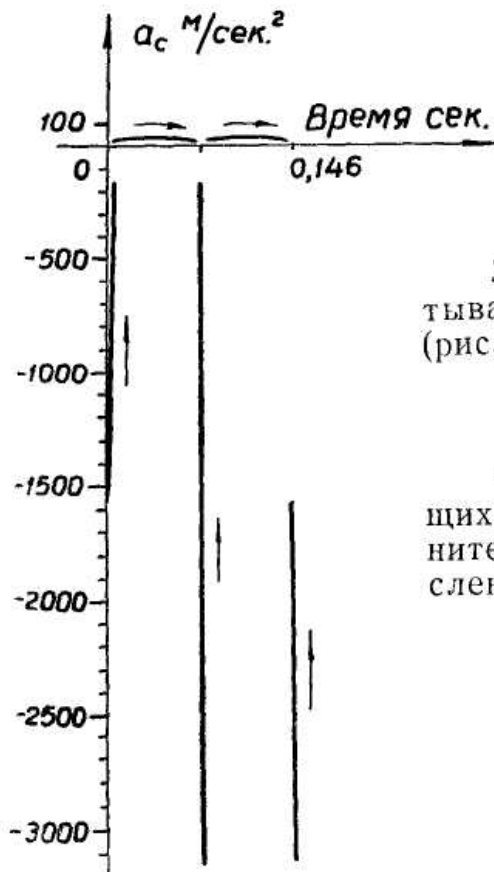
$$a_c = a_\omega = v_n^2 \frac{l^2}{[(L-x)^2 + l^2]^{3/2}} \dots \dots \dots 6$$

Наибольшее значение ускорение a_c имеет в центральном положении C , где $x=L$ и $a_{c\ max} = v_n^2 \frac{1}{l}$.

При заданном параметре l ускорение скорости сматывания при мотке тела бобины пропорционально квадрату скорости нитераскладчика. При увеличении l ускорение a_c уменьшается.

Ускорение сматывания всюду при намотке тела бобины положительно.

На торцевых участках линии наматывания, где v_n переменна, имеет место и ускорение раскладки $a_n = a_n(t)$, а, следовательно, и ускорение наматывания, которое определяется здесь как



$$a_v = \frac{a_n v_n}{v} \dots \dots \dots 7$$

Поэтому здесь ускорение сматывания получается суммированием

$$a_c = a_v + a_w \dots \dots \dots 8$$

За цикл нитераскладки ускорение сматывания можно представить графически (рис. 5).

ПРИМЕРНЫЙ РАСЧЕТ

Числовые характеристики интересующих нас кинематических величин за ход нитераскладчика в одну сторону, вычисленные при

$n_m = 2465$ об/мин, диаметре мотального валика

$D_m = 77$ мм, коэффициенте проскальзывания

$\eta = 0,96$, шаге мотальной канавки $h = 50$ мм,

$l = 300$ мм, $L = 75$ мм, $r = 15$ мм, сведены в таблицу.

Рис. 5.

	Левый торец		Тело бобины		Правый торец	
	от	до	от	до	от	до
v_n м/мин	0	123	123	123	123	0
a_n м/сек ²	6550	7000	0	0	-7000	-6550
v_o м/мин	572	572	572	572	572	572
v м/мин	572	586	586	586	586	572
a_v м/сек ²	0	1475	0	0	-1475	0
w м/мин	0	-30	-30	30	30	0
a_w м/сек ²	-1590	-1650	12,8	12,8	-1650	-1590
v_c м/мин	572	556	556	616	616	572
a_c м/сек ²	-1590	-175	12,8	12,8	-3125	-1590

Скорость сматывания в данном случае изменяется на величину $\Delta v_c = 60$ м/мин, что составляет около 10% к скорости наматывания.

ВЫВОДЫ

1. В результате проделанной работы в кинематику нити при перемотке вводится „дополнительная“ скорость, существование и изменение которой обусловлено наличием колебательного движения раскладки нити на участке между контрольно-натяжным устройством и бобиной.

Введение этой скорости в круг кинематических вопросов перемотки пряжи уточняет представление о скорости сматывания,

которая оказывается циклически изменяющейся. Периодом изменения v_c и a_c является время одного хода в одну сторону нитераскладчика.

2. Скорость сматывания определяется формулой:

$$v_c = \sqrt{v_o^2 + v_n^2} + \omega,$$

где v_o — окружная скорость в слое;
 v_n — скорость раскладки нити;
 ω = дополнительная скорость.

Неравномерность скорости сматывания пропорциональна скорости мотального вала n_m и обратно-пропорциональна отношению $l:L$ — расстояния от контрольно-натяжного устройства до линии наматывания к длине половины образующей бобины. Перемотка пряжи в бобины с длиной образующей в 150 мм ничем не обосновывается. Укорочение длины образующей бобины наряду с другими технологическими преимуществами снижает неравномерность скорости сматывания. Той же цели мы достигаем увеличением расстояния l .

3. Ускорение сматывания определяется формулой:

$$a_c = a_v + a_w,$$

где a_v — ускорение наматывания,
 a_w — дополнительное ускорение.

Влияние a_w на a_c заключается в том, что a_w пропорционально квадрату v_n , стало быть и квадрату n_m — скорости мотального вала. В то же время $a_w \max$ обратно пропорционально величине l .

4. Фактом переменности скорости сматывания в зависимости от ω устанавливается с динамической точки зрения дополнительный источник натяжения нити при перемотке, непосредственно влияющий на два других: баллон и контрольно-натяжное устройство.

5. Как известно, скорость нити влияет на натяжение, на условия контроля слабых мест в контрольно-натяжном устройстве и т. п. Из анализа известных формул для вычисления натяжения нити, которые, между прочим, получены в предположении v_c -пост., установлено, что натяжение, являясь функцией многих переменных, наиболее значительно зависит от линейной скорости нити при сматывании. При постоянной скорости сматывания ее влияние на натяжение должно быть стабильным. Переменная скорость сматывания вызывает переменность натяжения. Изменение натяжения нити в зависимости от скорости происходит пропорционально изменению скорости в степени большей единицы. Таким образом, мы приходим к выводу, что найденная нами цикличность изменения скорости сматывания v_c , происходящего с ускорением a_c , должна вызвать циклическое изменение натяжения нити в баллоне сматывания, должна влиять на условия прохождения нити через контрольно-натяжное устройство, создавая циклическую неравномерность этих условий, должна вызвать неравномерность натяжения за контрольно-натяжным устройством, усугубленную динамической составляющей натяжения, появляющейся в натяжном устройстве.

Опечатки

133	18 снизу	$\omega = -\frac{(Lv_n - x)}{\sqrt{(L-x)^2 + l^2}}$	$\omega = -\frac{v_n (L-x)}{\sqrt{(L-x)^2 + l^2}}$
-----	----------	---	--