

Скоростные возможности барабанных сновальных машин

Кандидат технических наук доцент В. К. ГОРЬКОВ
(Ивановский текстильный институт)

В современных барабанных сновальных машинах значительным препятствием к повышению скорости сновки является останов машины. Нечетко проведенный, затянутый во времени, он приводит к появлению брака в виде неразысканных концов оборвавшихся нитей, задиров и других пороков, обнаруживаемых при размотке сновальных валиков на шлихтовальных машинах.

С другой стороны, резкий останов ведущего органа машины — барабана приводит к проскальзыванию сновального валика по поверхности барабана, что может вызвать порчу пряжи.

Устранение механических повреждений пряжи возможно только при недопущении проскальзывания сновального валика по барабану, что может быть достигнуто только за счет увеличения времени останова барабана. Однако увеличение времени останова машины влечет за собой появление брака в виде неразысканных концов оборвавшихся нитей.

Таким образом для барабанных сновальных машин нужно найти такой скоростной режим, при котором могут быть удовлетворены оба эти условия. Рассмотрим это положение.

Время данного останова можно разделить на два периода. Первый, с момента падения крючка самоостанова и до затяжки тормоза, характерен тем, что он протекает при постоянной скорости. Время, затрачиваемое на останов машины, будем называть t_0 (рис. 1).

Второй период, выбег машины на тормозах, характерен изменением рабочей скорости до нуля.

Рассмотрение останова машины целесообразнее начать с этого периода.

Движущим усилием для сновального валика является сила трения, возникающая в результате прижима его к барабану. В момент выбега барабана на тормозах эта сила является тормозящим усилием для валика и должна быть такой, чтобы затормозить валик одновременно с остановом барабана. Другими слова-

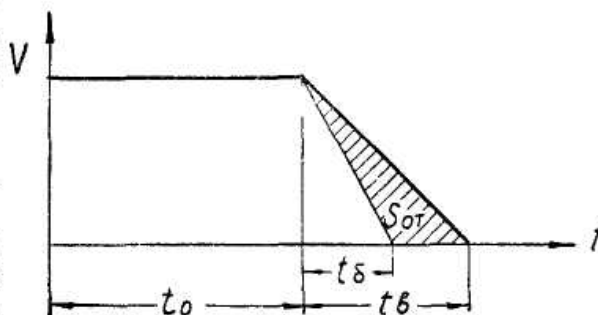


Рис 1

ми, наиболее желательным является с'учай, когда время останова сновального валика $t_{c\sigma}$ равно времени останова барабана t_{σ} .

В практике возможны случаи проскальзывания сновального валика по барабану, т. е. неравенство времени останова барабана и валика $t_{\sigma} < t_{c\sigma}$ (рис. 1). Это возможно при большой рабочей скорости и резком торможении барабана, когда силы трения недостаточно для останова валика на угле поворота барабана.

В самом деле, кинетическая энергия валика в момент останова поглощается работой поверхностных сил трения и работой натяжения основных нитей после мерильного валика. Если суммы их недостаточно для поглощения всей кинетической энергии валика, то остаточная энергия вызовет проскальзывание валика по барабану и в конечном счете погасится в момент проскальзывания.

Таким образом общее уравнение сил, действующих на сновальный валик при выбеге, может быть записано:

$$E_v = FR_v \varphi_v + P_o R_v \varphi_v + M_{от} \varphi_v$$

В этом и в следующих уравнениях

E_v — кинетическая энергия валика;

F — сила трения пряжи по барабану, равная fN ;

P_o — натяжение основных нитей между мерильным и сновальным валиками при подвижном мерильном валике;

R_{σ} — радиус барабана;

φ_{σ} — угол поворота барабана в момент выбега;

$S_{отн}$ — дуга относительного проскальзывания валика по неподвижному барабану;

$M_{от}$ — момент опорного трения в опорах сновального валика;

φ_v — угол поворота валика за время останова.

Согласно рис. 1 площадь под прямой выбега валика в некотором масштабе представляет собой длину дуги или нити, намотанной во время выбега валика, т. е.

$$S_{полн} = R_v \varphi_v \frac{v_{сн} t_{\sigma}}{2} S_1 + S_{отн} = R_{\sigma} \varphi_{\sigma} + S_{отн}$$

Следовательно:

$$E_v = FR_{\sigma} \varphi_{\sigma} + FS_{отн} P_o R_{\sigma} \varphi_{\sigma} + P_o S_{отн} + M_{отн} \varphi_v$$

Уместно заметить, что сила натяжения основных нитей между мерильным и сновальным валиками при вращающемся мерильном валике P в некоторый момент времени останова его может перейти в силу P , вследствие останова мерильного валика раньше останова сновального валика. Это обстоятельство вызовет проскальзывание основы по неподвижному мерильному валику, т. е. будет излишне навитая длина основы, не учтенная счетчиком. На фабриках обратили на это внимание как на причину увеличения угаров при шлихтовании в виде мягких концов. Тормоз мерильного валика в таких случаях или совсем удалялся или настраивался на останов мерильного валика одновременно со сновальным. Исходя из этих замечаний, мы не будем учитывать силу P натяжения нитей в момент проскальзывания.

Таким образом

$$E_v = (F + P_o) R_{\sigma} \dot{\omega}_{\sigma} + (F + P_o) S_{отн} + M_{от} \varphi_v \dots \dots \dots 1$$

Найдя из уравнения 1 дугу относительного проскальзывания сновального валика по барабану и заменяя E_v через $I_v \frac{\omega_v^2}{2}$ найдем:

$$S_{отн} = \frac{I_v \omega_v^2}{2(F + P_o)} - R_{\sigma} \varphi_{\sigma} - \frac{M_{от} \omega_v}{F + P_o} \dots \dots \dots 2$$

где I_a — момент инерции сновального валика

ω_a — угловая скорость сновального валика

Определим значения входящих в уравнение величин.

1) Момент опорного трения определен экспериментально и оказался равным 3,98 кг/см. Ввиду незначительности момента трения в дальнейшем его можно не учитывать.

2) Натяжение нитей основы до мерильного валика определялось экспериментально. Натяжение ведущего конца увеличивалось на величину $\frac{M_{mp}}{R_{mv}} = 0,6$ кг, где M_{mp} — момент трения в опорах мерильного валика плюс момент сопротивления счетчика,

R_{mv} — радиус мерильного валика.

За мерильным валиком натяжение подсчитывалось как среднее из рабочего натяжения и статического при неподвижном валике.

Натяжение нитей в нерабочем состоянии определено в 7,25 г на нить.

Таким образом расчетное натяжение нити для различных скоростей сновки оказалось равным:

Таблица 1.

V скорость сновки м/сек.	3	4	5	6	7	8	9	10
P_0 натяжение одиночной нити в граммах	6,85	7,4	9,0	11	13	14,5	16,2	18

3) Приведенный коэффициент трения по деревянному барабану для пряжи № 40 определен экспериментально и оказался равным 0,3.

4) Нормальное усилие валика на барабан определялось из уравнения моментов всех действующих на валик сил относительно оси приклона (рис. 2):

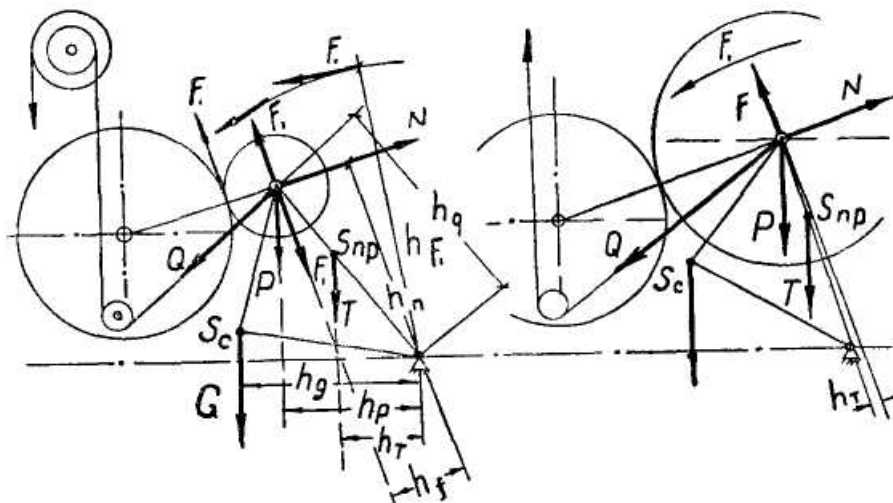


Рис. 2.

$$Nh_n + Fh_f - Qh_q - Ph_p - Gh_g - Th_r - F_1R = 0$$

Натяжением основы и трением в оси приклона пренебрегаем. В этом уравнении N — нормальное усилие;

Q — натяжение цепи, прижимающее сновальный валик к барабану, равное 78 кг;

P — вес сновального валика (величина переменная);

G — вес зубчатого сектора, равный 46 кг;

F_1 — сила трения, вызываемого амортизатором на внутренней поверхности зубчатого сектора, равная 17,4 кг;

T — вес приклонов, равный 37 кг;

$F = fN$ — сила трения на поверхности барабана;
 h — плечи сил, берутся из рис. 2.

Тогда

$$N = Q \frac{h_q}{h_n + fh_f} + P \frac{h_p}{h_n + fh_f} + G \frac{h_g}{h_n + fh_f} + T \frac{h_t}{h_n + fh_f} + F_1 \frac{R}{h_n + fh_f}$$

Значение нормального усилия для различных диаметров намотки дано в таблице 2.

Таблица 2

D_0 мм	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
N кг	198,5	194,6	191	190,9	189,2	187,0	180,8	175,1	166,2	155,8

5) Момент инерции пустого сновального валика определялся экспериментально на бифиляре. Момент инерции пряжи подсчитывался расчетным способом. Результаты подсчетов приведены в таблице 3.

Таблица 3

Диаметр валика мм	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
I_b кг/см/сек	214,6	16,24	18,78	23,05	30,5	39,7	53,6	72,1	96,8	128,1

6) Угол поворота барабана за время выбега. Тахограммы выбега барабана и валика, заснятые на нескольких машинах при различных скоростях сновки, показывают, что выбег барабана вполне можно принять совершающимся по линейному закону. На этом основании на рис. 1 выбег барабана и валика взят по закону прямой линии. Поэтому можно написать, что

$$\varphi_0 = \frac{\omega_0 t_0}{2}$$

Таким образом уравнение 2 переписывается:

$$S_{отн} = \frac{I_0 \omega_0^2}{2(F + P_0)} - R_0 \frac{\omega_0 t_0}{2} \dots \dots \dots [3]$$

Если заменим $\omega_0 = \frac{v_{сн}}{R_0}$; $\omega_0 = \frac{v_{сн}}{R_0}$;

$$\text{то } S_{отн} = \frac{I_0 v_{сн}^2}{2(F + P_0)R_0^2} - \frac{v_{сн} t_0}{2} \dots \dots \dots 4$$

Уместно поставить вопрос о том, как должно измениться время останова барабана, чтобы избежать скольжения.

Для нас наиболее желательным является случай, когда

$$S_{отн} = 0,$$

т. е. когда $t_0 = t_s$,

$$\text{или } t_0 = \frac{I_0 v_{сн}}{(F + P_0)R_0^2} \dots \dots \dots 5$$

Это необходимое для останова барабана время при отсутствии проскальзывания валика по барабану. Характерно, что в течение работы одного валика это время не остается величиной постоянной, а меняется с изменением диаметра валика. Это видно из таблицы 4, в которой необ-

ходимое время останова барабана и валика определено для скорости сновки $v_{cn} = \text{м/сек}$

Таблица 4

D—диаметр валика мм	200	250	350	450	555	650
t сек	1,62	1,17	0,865	0,92	1,18	1,9

С изменением скорости это время меняется почти по линейному закону. Очень малые отклонения от этого закона дает P_o , зависящее от скорости.

Таким образом мы решили вопрос о необходимом времени останова. Теперь необходимо выяснить, какое время останова мы можем практически допустить. Для этого вернемся к рис. 1. При этом будем иметь в виду требование, чтобы $t_o = t_{cb}$. Следовательно, площадь под ломаной линией в некотором масштабе изображает длину нити, навитой за полное время останова машины. Эта длина может быть выражена следующей зависимостью:

$$S_1 = v_{cn} t_o + \frac{v_{cn} t_o^2}{2} \dots \dots \dots 6$$

Приведенная формула состоит из длины нити, намотанной за время действия элементов самоостанова, и длины нити, намотанной за время выбега.

Общее время действия элементов самоостанова складывается из следующих элементов:

- t_1 — время падения крючка электросамоостанова,
- t_2 — время действия реле,
- t_3 — время падения планки на зубья храповика,
- t_4 — время сдвига шпаги с полки,
- t_5 — время затяжки тормоза.

Все эти данные определены теоретически и проверены экспериментально. Таким образом, полное время действия элементов самоостанова будет: $t_o = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 = 0,4 + 0,03 + 0,07 + 0,05 + 0,2 = 0,75$ сек.¹⁾.

Пользуясь уравнениями 5 и 6, напомним:

$$S_1 = v_{cn} t_o + \frac{v_{cn} t_o^2}{2} = v_{cn} t_o + \frac{I_b v_{cn}^2}{2(F + P_o) R^2_b} \dots \dots \dots 7$$

На основании этого уравнения при $D_b = 200$ мм построен график (рис. 3), изображающий зависимость длины нитей основы, навиваемой за

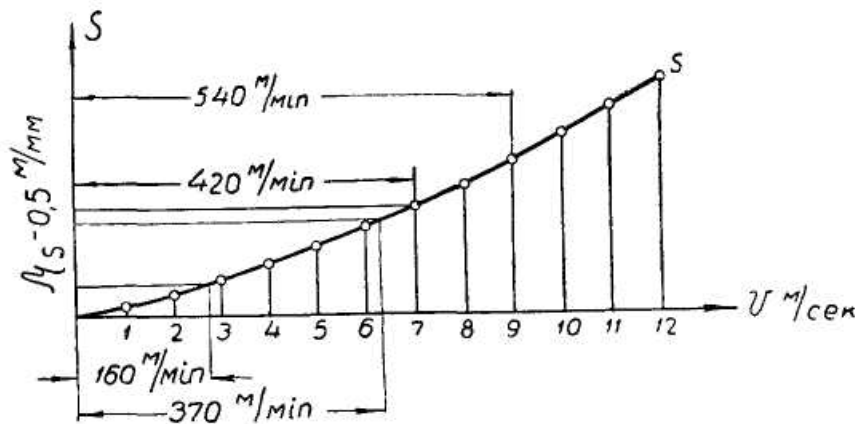


Рис. 3.

¹ Время t_1 определено В. Д. Кузнецовым для крючков старой конструкции на машине С-2, но оно действительно и для современных машин, имеющих те же крючки самоостанова.

время полного останова, от скорости сновки. Из уравнения и из графика следует, что скорость сновки зависит от длины. Какова же длина нитей и от чего она зависит?

В технической литературе, посвященной вопросам эксплуатации сновальных машин, встречаются иногда требования останавливать машину и сновальный валик, когда конец оборванной нити придет на поверхность сновального валика. Или требуют, чтобы валик повернулся с оборванным концом на такой угол, чтобы следующий слой основы не закрыл этот конец. При этом предполагается, что если валик сделает с оборванным концом один или два оборота, то получится задир нити при сходе ее с валика или хомут.

Правильны ли эти предположения? Если правильны, то мы должны останавливать машину в то время, когда оборванный конец нити проходит расстояние от места обрыва до валика. Наиболее неблагоприятным местом обрыва является передний ряд бобин, расположенный непосредственно у сигнальной рамки.

Расстояние от этого ряда до валика равно примерно трем метрам. Пользуясь графиком рис. 3, мы можем найти для этого случая допустимую скорость сновки. Откладывая $S_1=3$ м по оси ординат в масштабе кривой, найдем, что $v_{сн}=2,65$ м/сек. или 160 м/мин. Наиболее благоприятным обрыв будет у последнего ряда бобин. В этом случае, при условии действия крючка самоостанова одновременно с обрывом, длина нити до валика будет равна 16 метрам, а допустимая скорость сновки — 9 м/сек.

Однако это действительно в предположении, что обрыв нити и начало падения крючка совпадают по времени. Но не исключен случай начала падения крючка после того, как оборванный конец нити пройдет последнюю направляющую гребенку (считая по направлению движения нити). Значит, мы будем иметь случай, аналогичный обрыву нити на переднем ряду бобин.

Следовательно, нельзя не считаться с худшими условиями останова машины. Учитывая их, мы должны установить скорость сновки в 160 м/мин. Такая скорость дает возможность останавливать валик в момент прихода конца оборванной нити на его поверхность. При нормальных же условиях этот конец в момент останова валика находился бы где-то на гребенках шпулярника. Однако известно, что ни одна фабрика, оборудованная машинами С-140 и даже С-2, не держит скорость сновки в 160 м/мин: она всегда значительно выше и достигает 300—350 м/мин.

В практике вопрос о положении конца оборванной нити разрешается иначе, чем мы его себе представляем. Отсюда необходимо выяснить: как трудно разыскивается конец оборванной нити после нескольких оборотов валика без нити и как выводится он на линию схода.

Для этой цели было проведено большое число наблюдений в лабораторных и в производственных условиях. Наблюдения показали, что время розыска конца оборванной нити и вывода его на линию схода различно. Обычно оно колеблется от 3 до 37 сек. Это время зависит как от числа оборотов валика без нити, так и от расположения этого конца на поверхности валика. Если он располагается вдоль нитей на линии схода или зигзагообразно, то даже при десяти оборотах валика без нити время подготовки конца к ликвидации обрыва составляет 5,8—8,5 сек.

Такой разрыв во времени объясняется различным положением валика с оборванным концом по отношению к работнице. Если конец находится на поверхности, обращенной к работнице, то на розыск его тратится меньше времени, если же он находится на противоположной стороне, — больше.

Оборванный конец может не оставлять зигзагов и располагаться перпендикулярно нитям на валике. В этом случае он не обнаруживается и на его розыск затрачивается большее время. Всего чаще это наблю-

дается при большом числе оборотов валика без нити. Подсчитано, что при числе оборотов от 1 до 10 таких случаев было 3 из 30.

Время на розыск конца оборванной нити при этом составляло 24—37 сек. Но при числе оборотов валика от 13 до 39 оборотов время розыска конца нити не было ниже 16 сек.— 20 процентов всех случаев. В остальных 80 процентах случаев время розыска конца оборванной нити колебалось от 23 до 37,7 сек.

Наблюдения за сходом валиков в шлихтовке, навитых в 10—12 оборотов без нити, при числе обрывов 65—70 на валик показали, что среднее число хомутов не превышает 0,24 на валик, а задиров — 0,5.

Из этого следует, что требования быстрого останова валика и барабана ни откуда не вытекают и не являются обязательным условием для нормальной работы сновальной машины. Надо признать, что возможность увеличить время выбега барабана за счет прокатывания конца оборванной нити благоприятно отразится на самой машине и не будет причиной повышения количества брака. При этом, конечно, должен четко и надежно работать механизм самоостанова, и в первую очередь его электрическая часть.

Какое же число оборотов валика без нити можно допустить? Исходя, из вышесказанного, можно остановиться на максимальном числе оборотов, т. е. 10, но надо заметить, что на ряде фабрик прокатывание конца при начале работы валика имеет место и на 6—7 оборотов. При большем диаметре число оборотов уменьшается.

Таким образом мы считаем возможным остановиться на 10 оборотах валика без нити при его минимальном диаметре.

Тогда

$$S_1 = 10\pi D_s + 3 = 10\pi \cdot 0,2 + 3 = 9,28$$

(В этой формуле 3 — расстояние в метрах от сигнальной рамки до поверхности валика при малом диаметре).

Отложив длину S_1 в масштабе по оси ординат графика рис. 3, найдем, что скорость сновки в этом случае будет 6,2 м/сек, или 370 м/мин. Это — скорость, которую мы можем допустить, не вызывая скольжения сновального валика по барабану. Дальнейшее увеличение скорости сновки вызовет увеличение необходимого времени останова валика, что повлечет за собой увеличение длины основы, наматываемой за время останова машины.

Допускать увеличение этой длины не желательно. Следовательно, мы должны в этом случае уменьшить время выбега барабана.

Пользуясь выражением $S_1 = v_{cn} t_o + \frac{v_{cn} t_{\sigma}}{2}$

найдем, что $t_{\sigma} = \frac{2S_1 - 2t_o v_{cn}}{v_{cn}} \dots \dots \dots 8$

Это допустимое время останова относится прежде всего к сновальному валику, но так как он ведется барабаном, а время выбега барабана регулируется, то можно считать, что это время также регулируется, но уже барабаном и до определенного предела. Предел устанавливается силами поверхностного трения между валиком и барабаном. Отсюда мы можем установить такую скорость сновки, при которой будет недостаточно поверхностных сил трения для останова валика одновременно с остановом барабана, и тогда наступит проскальзывание валика относительно барабана и возможность регулировки времени останова валика исключается.

Из вышеизложенного следует, что регулирование останова валика возможно только в случае, когда время для его останова меньше допускаемого, т. е. когда $t_o \leq t_{\sigma}$. Пользуясь выражениями 5 и 8, напишем:

$$\frac{I_B v_{сн}}{2(F + P_0) R^2} < \frac{2S_1 - 2t_0 v_{сн}}{v_{сн}} \dots \dots \dots 9$$

Предельное значение скорости, при которой отсутствует скольжение, может быть определено из условия:

$$\frac{I_B v_{сн}}{2(F + P_0) R^2} = \frac{2S_1 - 2t_0 v_{сн}}{v_{сн}} \dots \dots \dots 10$$

Дальнейшее повышение скорости вызовет относительное проскальзывание валика по барабану, т. е. будет иметь место неравенство:

$$\frac{I_B v_{сн}}{2(F + P_0) R^2} > \frac{2S_1 - 2t_0 v_{сн}}{v_{сн}} \dots \dots \dots 11$$

Дадим графическое решение этого неравенства. Для левой части зависимость изменения времени от скорости при различных радиусах валика с некоторым приближением можно принять в виде прямых линий. Ошибка не превысит 1,5%. Правая часть неравенства представлена кривой. Точки пересечения кривой с прямыми соответствуют равенству 10.

Например, для скорости сновки в 7 м/сек допустимое время останова барабана меньше необходимого времени останова сновального валика при любом значении радиуса намотки. В этом случае мы будем иметь относительное проскальзывание валика по барабану, при этом

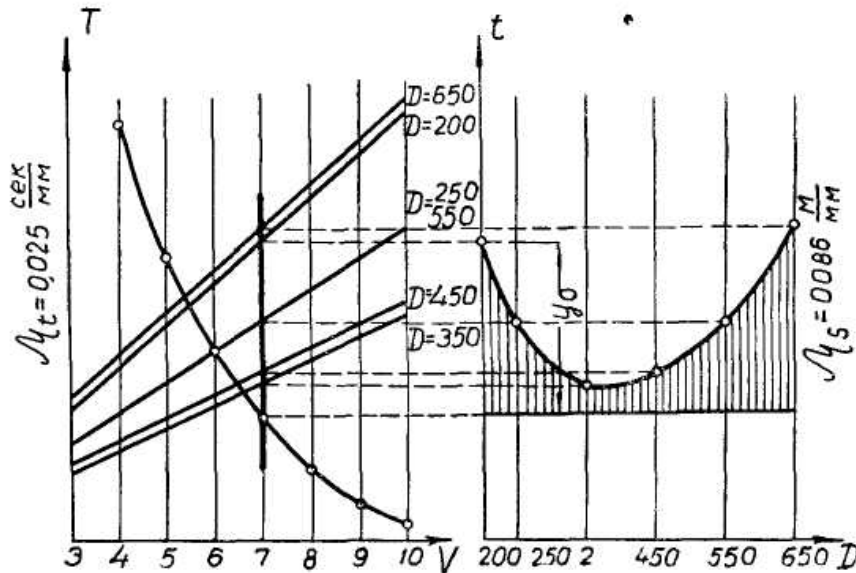


Рис. 4.

величину его в некотором масштабе будет представлять расстояние от кривой времени останова барабана по ординате 7 до прямых соответствующего диаметра.

Это наиболее показательно на боковом графике, представленном для $v_{сн} = 7$ м/сек в координатах: время останова — диаметр сновального валика. Величина проскальзывания может быть вычислена по выражению 4.

$$S_{отн} = \frac{v_{сн}}{2} \left[\frac{I_B \cdot v_{сн}}{(F + P_0) R^2} - t_0 \right] \dots \dots \dots 12$$

Пользуясь выражением 8, окончательно напишем:

$$S_{отн} = \frac{v_{сн}}{2} \left[\frac{I_B \cdot v_{сн}}{(F + P_0) R^2} - \left(\frac{2S_1 - 2t_0 v_{сн}}{v_{сн}} \right) \right] \dots \dots \dots 13$$

Необходимые данные возьмем из таблиц 1, 2, 3 для $D = 200$ мм.

$$\text{Тогда } S_{\text{отн}} = \frac{7}{2} \left[\frac{0,146 \cdot 7}{(59,5 + 3,7) \cdot 0,01} - \frac{2 \cdot 9,28 - 1,5 \cdot 7}{7} \right] = 1,61 \text{ м}$$

Масштаб кривой скольжения будет

$$M_{\varphi} = \frac{S_{\text{отн}}}{y}$$

Принято, что масштаб кривой скольжения для различной скорости будет различным.

Полная длина основы, намотанной за время останова валика, будет:

$$S_{\text{полн}} = S_1 + S_{\text{отн}} = 9,28 + 1,61 = 10,09$$

Пользуясь выражением 8, написанным для времени останова валика,

$$\text{найдем: } t_s = \frac{2S_n - 2t_0 v_{\text{сн}}}{v_{\text{сн}}} = \frac{2 \cdot 10,09 - 2 \cdot 0,75 \cdot 7}{7} = 1,618 \text{ сек}$$

Мы получим время останова валика всего на 0,002 сек (см. таблицу 4) меньше времени необходимого для полного останова валика. Это значит, что скольжение валика по барабану не уменьшает времени, необходимого для его останова.

Таким образом можно сказать, что время выбега его остается одним и тем же: в случае выбега валика без скольжения по барабану вместе с заторможенным барабаном и в случае выбега его при полном скольжении валика по неподвижному барабану.

Отсюда следует, что тормоз барабана надо настраивать таким образом, чтобы время выбега последнего равнялось максимально необходимому времени для останова валика. Время это не будет одинаковым для различных диаметров барабана.

Анализируя полученный результат, необходимо отметить, что дальнейшее увеличение скорости сновки при безбрачной работе (при отсутствии проскальзывания) возможно за счет во-первых, уменьшения времени останова валика и, во-вторых, уменьшения времени действия элементов самоостанова t_0 .

В первом случае необходимо компенсировать недостаток сил поверхностного трения, чтобы добиться останова валика в допустимое время. Увеличение этих сил возможно как за счет увеличения силы трения между валиком и барабаном, так и за счет постановки дополнительного тормоза на сновальный валик. Оба случая не дают должного результата, следовательно рекомендованы быть не могут. Наиболее надежным методом повышения скорости сновки барабанных машин является уменьшение времени действия элементов самоостанова: уменьшение времени падения крючка при установлении надежного контакта, уменьшение времени затяжки тормоза, объединение нескольких операций при останове машины в одну с меньшим временем действия.

Опечатки

95	1 снизу	$M_{\text{отн}} \omega_{\delta}$	$M_{\text{отн}} \varphi_{\delta}$
96	4 снизу	$R_{\delta} \omega_{\delta}$	$R_{\delta} \varphi_{\delta}$
99	2 сверху	$v_{\text{сн}} = \text{м/сек}$	$v_{\text{сн}} = 7 \text{ м/сек}$