

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ДИАМЕТРА РОЛИКА ДЕФОРМАЦИИ МЕТАЛЛОКОРДА ПЕРЕД НАМОТОМ НА ПРЯМОЛИНЕЙНОСТЬ МЕТАЛЛОКОРДА ПОСЛЕ НАМОТА

Бобарикин Ю. Л.<sup>1)</sup> /к. т. н./, Мартыанов Ю. В.<sup>1)</sup>, Веденеев А. В.<sup>2)</sup> /к. т. н./

<sup>1)</sup>УО "Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого"

<sup>2)</sup>ОАО "БМЗУКХ "Белорусский металлургический комбинат"

*Additional deforming device (deformers) are used to reduce deviations from the straightness of steel cord during its exposure to the receiver coils are installed in the cable cars to the lapping of steel cord on the spool. The simplest warp consists of one guide roller and the deforming roller, which is called reverse deformation roller. To be effective, the deformer is necessary to determine the optimum diameter of the deforming rollers ensure minimal deviation from straightness of steel cord after the stranding.*

*Objective: To determine the effect of the reverse deformation roller diameter (ROD) of steel cord before lapping on the straightness of the steel cord.*

*As a result of research developed a method of determining the optimal diameter of the deforming roller. It has been determined that the use of the recommended diameter of the deforming rollers reduces the deviation from straightness of steel cord 2x0,30HT an average of 30.6%.*

**Key words:** steel cord, straightness, deforming device, roll, diameter, computer simulation.

*Для снижения отклонения от прямолинейности металлокорда в процессе его выдержки на приемных катушках используются дополнительные деформирующие устройства (деформаторы), устанавливаемые в канатных машинах перед намотом металлокорда на приемную катушку. Простейший деформатор состоит из одного направляющего ролика и деформирующего ролика, который называют роликом обратной деформации. Для эффективной работы деформатора необходимо определить оптимальный диаметр деформирующего ролика, обеспечивающие минимальное отклонение от прямолинейности металлокорда после свивки.*

*Цель: определить влияние диаметра ролика обратной деформации (РОД) металлокорда перед намотом на прямолинейность металлокорда.*

*В результате исследований разработана методика определения оптимального диаметра деформирующего ролика. Определено, что использование деформирующего ролика рекомендуемого диаметра снижает отклонение от прямолинейности металлокорда 2x0,30HT в среднем на 30,6%.*

**Ключевые слова:** металлокорд, прямолинейность, деформирующее устройство, ролик, диаметр, компьютерное моделирование.

236

Для снижения отклонения от прямолинейности металлокорда в процессе его выдержки на приемных катушках используются дополнительные деформирующие устройства (деформаторы), устанавливаемые в канатных машинах перед намотом металлокорда на приемную катушку [1].

Цель: определить влияние диаметра ролика обратной деформации (РОД) металлокорда перед намотом на прямолинейность металлокорда.

Прямолинейность металлокорда представляет собой отклонение металлокорда в свитом состоянии от формы прямой после выдержки на катушке. В производственных условиях регламентируется величина отклонения от прямолинейности. Испытания проводятся по установленной методике в соответствии с техническими условиями [2].

Простейший деформатор состоит из одного направляющего ролика и деформирующего ролика, который называют роликом обратной деформации (РОД). Схема простейшего деформатора представлена на рис. 1.

Для достижения поставленной цели был использован способ компьютерного моделирования процесса изгиба металлокорда на деформирующем ролике.

Модель представляет собой металлокорд 2x0,30HT, который изгибается на деформирующем ролике. В модели учтено натяжение металлокорда и степень деформации проволок при свивке в соответствии с технологической картой. Построение модели на примере металлокорда 2x0,30HT представлено в работе [3]. Численная модель в графическом виде представлена на рис. 2.

Численная модель строится со следующими входными данными:

- 1) свитый металлокорд движется перпендикулярно глобальной плоскости XOY;
- 2) на металлокорд дополнительно в направлении Z действует растягивающее усилие  $17H$ ;
- 3) деформирующий ролик диаметром  $D=10, 20...80$  мм движется в поперечном направлении OX в сторону металлокорда до полного огибания шагом металлокорда ролика.

Оптимальный диаметр деформирующего ролика обеспечивает минимальное отклонение от прямолинейности металлокорда после свивки [4].

Для поиска оптимальных параметров модели был выбран метод локальной оптимизации результирующей функции [5].

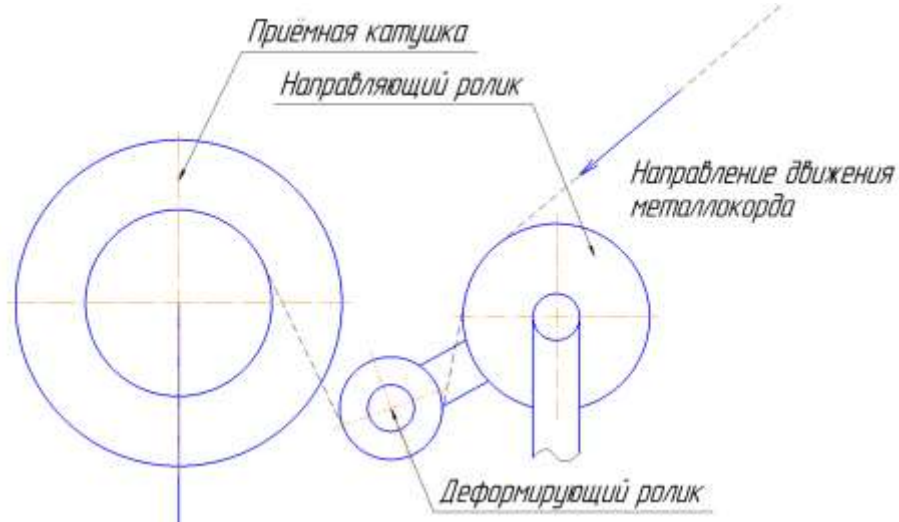


Рис. 1. Принципиальная схема простейшего деформатора



Рис. 2. Численная модель изгиба металлокорда 2x0,30НТ на ролике

В качестве параметра для поиска оптимального диаметра деформирующего ролика принято положение: оптимальный диаметр деформирующего ролика должен обеспечивать максимальную стабильность осевых смещений проволок совместно с максимальной стабильностью упругих напряжений в проволоках конструкции металлокорда при изгибе на РОД. Под стабильностью понимается явление, при котором значение осевых сдвигов и напряжений сохраняется с изменением диаметра РОД. Стабильность осевых смещений

проволок обеспечит максимальную равномерность контактных взаимодействий между проволоками в металлокорде. Высокая равномерность контактных взаимодействий в металлокорде способствует снижению уровня релаксации остаточных напряжений и остаточных деформаций, которые и вызывают отклонения металлокорда от прямолинейности. Поэтому обеспечение равномерности контактных взаимодействий между проволоками в металлокорде снижает величину отклонения от прямолинейности металлокорда [3].

После выполнения моделирования снимаются данные по напряжениям при изгибе и по осевому смещению проволок в металлокорде. Вычисляется относительная разница по значениям напряжений и осевому сдвигу между текущим значением и предыдущим по формулам:

$$\varepsilon\sigma_i = \frac{\sigma_i - \sigma_{i-1}}{\sigma_{i-1}} \cdot 100\% ; \quad (1)$$

$$\varepsilon\Delta_i = \frac{\Delta_i - \Delta_{i-1}}{\Delta_{i-1}} \cdot 100\% , \quad (2)$$

где  $\sigma_i$  – напряжения изгиба, МПа;  $\Delta_i$  – осевой сдвиг, мм.

Критерием выбора оптимального ролика является условие:

$$\begin{cases} \varepsilon\sigma_i \rightarrow 0 \\ \varepsilon\Delta_i \rightarrow 0 \end{cases} \quad (3)$$

Выражение (3) в векторном представлении имеет вид:

$$\begin{cases} \varepsilon\bar{\sigma}_i \rightarrow 0 \\ \varepsilon\bar{\Delta}_i \rightarrow 0 \end{cases} \quad (4)$$

Сумма конечного числа малых величин равна малой величине:

$$\varepsilon\bar{\sigma}_i + \varepsilon\bar{\Delta}_i \rightarrow 0 \cdot \quad (5)$$

Скалярное значение суммы (5) равно:

$$Sg_i = \sqrt{\varepsilon\sigma_i^2 + \varepsilon\Delta_i^2} \rightarrow 0, \quad (6)$$

где  $Sg_i$  – скалярное значение суммы относительных изменений напряжений и перемещений.

Следовательно, можно принять, что полином аппроксимирующей функции  $Sg(R)$  в точке оптимального диаметра РОД должен принимать экстремальные минимальные значения:

$$Sg(R) \rightarrow \min \cdot \quad (7)$$

Выполнение условия (7) обеспечивает устойчивый режим макроперемещений в конструкции металлокорда, равномерное смещение точек контакта. Повышается стабильность процесса изменения контактного взаимодействия между проволоками и изменения напряжений, возникающих при изгибе. Смещение точек контакта и изменение контактного взаимодействия зависит от осевого сдвига проволок в металлокорде при изгибе.

Полученные из компьютерной модели, значения напряжений и осевого сдвига при изгибе на различных диаметрах ролика на примере металлокорда 2x0,30НТ представлены в табл. 1.

Таблица 1. Изгибающие напряжения и осевое смещение для металлокорда 2x0,30НТ

Диаметр Деформирующего ролика, мм	Напряжения $\sigma$ , МПа	Осевой сдвиг $\Delta$ , мм	$\varepsilon\sigma$ , %	$\varepsilon\Delta$ , %	$Sg$
10	284,5	0,989	-	-	
20	267	0,859	6,15	13,14	14,51
30	272	0,701	1,87	18,39	18,49
40	299	0,676	9,93	3,57	10,55
42,5	304	0,658	1,67	2,66	3,14
45	302	0,63	0,66	4,26	4,31
47,5	267	0,585	11,59	7,14	13,61
50	254	0,533	4,87	8,89	10,14
60	230	0,45	9,45	15,57	18,21

Полученные значения напряжений находятся в упругой области деформации, т. е. отсутствует пластическая деформация металла и, следовательно, механические свойства металла проволок не изменяются.

Значения  $Sg$  для металлокорда 2x0,30НТ в зависимости от диаметра РОД в графическом виде представлены на рис. 2.

Таким образом, рекомендуемый диаметр деформирующего ролика равен 43...44 мм.

После теоретических исследований были проведены лабораторные испытания на отклонение от прямолинейности металлокорда конструкции 2x0,30НТ с использованием деформатора с рекомендуемым диаметром РОД.

Полученные значения отклонения от прямолинейности металлокорда с использованием деформатора представлены в табл. 2.

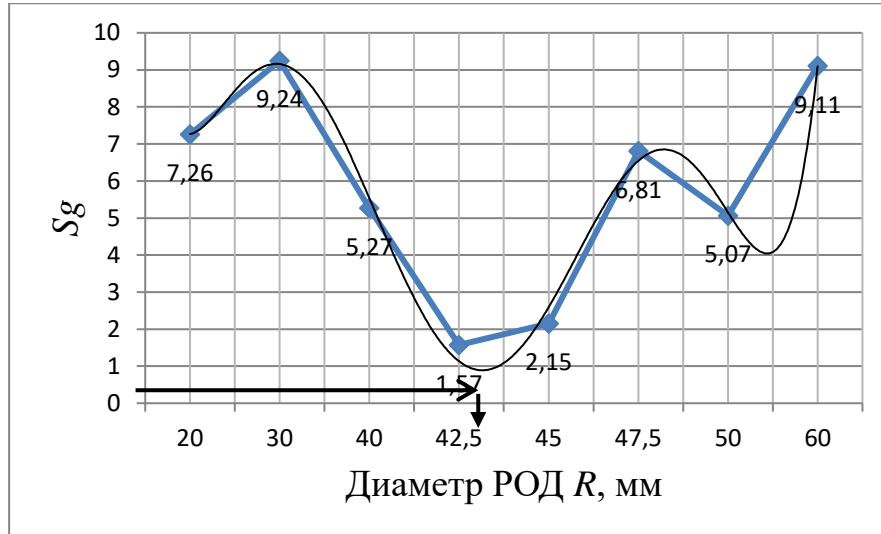


Рис. 2. График зависимости значения  $Sg$  от диаметра деформирующего ролика (РОД)

Таблица 2. Результаты отклонения от прямолинейности металлокорда 2х0,30НТ с использованием деформатора с диаметром РОД 44 мм

Время после опыта	№ Образца	Отклонение от прямолинейности металлокорда, мм	
		без деформатора	с деформатором
0 суток	1	85	50
	2	105	45
	3	95	60
	средн	95,0	51,7
1 сутки	1	100	60
	2	120	65
	3	110	65
	средн	110,0	63,3
3 суток	1	90	60
	2	85	65
	3	95	65
	средн	90,0	63,3
6 суток	1	90	60
	2	85	65
	3	90	65
	средн	88,3	63,3
10 суток	1	85	65
	2	85	65
	3	90	60
	средн	86,7	63,3
14 суток	1	95	65
	2	95	65
	3	90	65
	средн	93,3	65,0

С увеличением времени выдержки металлокорда на катушке вследствие релаксации остаточные напряжения вызывают увеличение отклонения от прямолинейности металлокорда. Остаточные напряжения металлокорда складываются из напряжений, имеющих в проволоке после волочения, а также напряжений, возникающих в ней при свивке металлокорда. Изменение свойств высокопрочной проволоки и витого изделия в целом не заканчивается после свивки металлокорда. Различное воздействие в процессе свивки металлокорда дополнительной деформации знакопеременного изгиба с растяжением и скручиванием на поверхностные и центральные слои служит причиной возникновения в холоднодеформированной проволоке остаточных напряжений, обусловленных наличием областей с отличающимися по знаку напряжениями. После окончания свивки и снятия нагрузки развиваются процессы релаксации напряжений [6].

Использование деформаторов позволяет уменьшить уровень остаточных напряжений в металлокорде и увеличить прямолинейность металлокорда.

Использование деформирующего ролика рекомендуемого диаметра 44 мм снижает отклонение от прямолинейности металлокорда 2x0,30НТ в среднем на 30,6% по сравнению с вариантом производства металлокорда без использования деформаторов.

Согласно данным, полученным в результате моделирования изгиба металлокорда на деформирующем ролике разного диаметра, а также в результате лабораторных и промышленных испытаний можно сделать вывод о том, что на прямолинейность металлокорда после свивки оказывает влияние диаметр деформирующего ролика (РОД). Подтверждено, что значение диаметра деформирующего ролика влияет на уровень напряжений в проволоках в конструкции металлокорда при изгибе и на величину осевых сдвигов проволоки в конструкции металлокорда. Для уменьшения отклонения от прямолинейности металлокорда необходимо обеспечить устойчивый режим осевых макроперемещений в конструкции металлокорда, равномерное смещение точек контакта проволоки в конструкции, стабильность изменения напряжений, возникающих при изгибе.

#### ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. Бобарикин Ю. Л., Авсейков С. В., Мартянов Ю. В., Веденеев А. В. Определение диаметра ролика обратной деформации для канатной машины в узле намота металлокорда, ISSN 2076-2151. Обработка материалов давлением. – 2015. – № 1 (40).
2. Методика определения дуги прогиба и отклонения от прямолинейности металлокорда МВИ 840-ТУ-615-2012.
3. Бобарикин, Ю. Л. Влияние диаметра деформирующего ролика на макроперемещения в металлокорде / Ю. Л. Бобарикин, Ю. В. Мартянов / Современные проблемы машиноведения: тез. Докл. XI Междунар. Науч.-техн. Конф. (науч чтения, посвящ. П. О. Сухому), Гомель, 20-21 окт. 2016г. /М-во образования Респ. Беларусь, ГГТУ им. П. О. Сухого, филиал ПАО "Компания "Сухой" ОКБ "Сухого"; под общ. Ред. С. И. Тимошина. – Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2016. – С. 117-118.
4. Бобарикин Ю. Л., Авсейков С. В., Мартянов Ю. В. Определение диаметра ролика обратной деформации для канатной машины в узле намота металлокорда, Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления: материалы XV Междунар. Науч.-техн. Конф. Студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 23-24 апр. 2015 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. Гос. Техн. Ун-т им. П. О. Сухого: под общ. Ред. А. А. Бойко. - Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого. 2015. - 531 с.
5. Абакаров А. Ш., Сушков Ю. А. Статистическое исследование одного алгоритма глобальной оптимизации. – Труды ФОРА, 2004 №9 – С. 8-19.
6. Веденеев А.В., Музыченко В.С Релаксационные явления при изготовлении металлокорда // Сталь, М., ОООИнтермет Инжиниринг, №5, 2016 г., с. 41-46.