

# ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЯМОТОЧНОЙ ВОЛОЧИЛЬНОЙ МАШИНЫ

*Иванова Вера Павловна*

*Доктор философии (PhD), старший преподаватель,  
Ташкентский Государственный Технический университет, г. Ташкент*

*Кахрамонов Шахбоз Кахрамон угли,*

*магистрант*

*Ташкентский Государственный Технический университет, г. Ташкент*

## EXPERIMENTAL STUDY OF THE DIRECT-FLOW STELLING MACHINE

*Ivanova Vera Pavlovna,*

*PhD, Senior Lector*

*Tashkent state technical university, Tashkent*

*Kahramonov Shahboz Kahramon ugli,*

*Master student*

*Tashkent state technical university, Tashkent*

### Аннотация

В статье рассматриваются вопросы повышения энергоэффективности процесса волочения. Предложена методика пересчета маршрута волочения, которая позволила уменьшить электрическое сопротивление жилы счет сокращения проходов волочения. Результаты математического моделирования позволил провести эксперимент и подтвердили правильность предлагаемой методики с обеспечением хороших результатов повышения энергоэффективности процесса волочения.

### Abstract

The article discusses the issues of improving the energy efficiency of the drawing process. The proposed method of recalculating the route of drawing, which allowed to reduce the electrical resistance of the veins by reducing the passage of drawing. The results of mathematical modeling allowed us to conduct an experiment and confirmed the correctness of the proposed methodology with ensuring good results in improving the energy efficiency of the drawing process.

**Ключевые слова:** оптимизация; технология волочения; волочильная машина; волочильный стан; токопроводящая жила.

**Keywords:** optimization; drawing technology; drawing machine; drawing mill; conductive core.

Волочение проволоки по маршруту оказывает влияние на дробность деформации на микроструктуры отволоченного изделия, выполненного из меди, алюминия или алюминиевого сплава [1, с.16-17; 3, с.448]. Решить вопрос уменьшения электрического сопротивления токопроводящей жилы (ТПЖ) можно снизить дробность деформации уменьшив проходы маршрута волочения, изменив количество в рабочих зон пластической, где происходит структурные изменения в металле.

Для исследования процесса волочения были выбраны заготовки из меди, алюминия и алюминиевого сплава диаметром 8 мм, которые отволочили на прямоточных многопроходных ВМ: типов ВПЦ

3-4-550 и «НИЕНОFF» - MSM-85 установленных на кабельном предприятии ООО «NAVOI CABLE CONNECTOR» (г. Навои, Республика Узбекистан).

Волочильный стан (ВС) ВПЦ 3-4-550 по конструктивному исполнению относится к модульным, т.к. состоит из унифицированных волочильных блоков, установленных последовательно и схожих по своему внешнему виду. Благодаря своей конструктивной особенности имеется возможность при минимальном вмешательстве в конструкцию стана, модернизировать его как в однократный, так и в многократный вариант с необходимым числом тянущих барабанов.

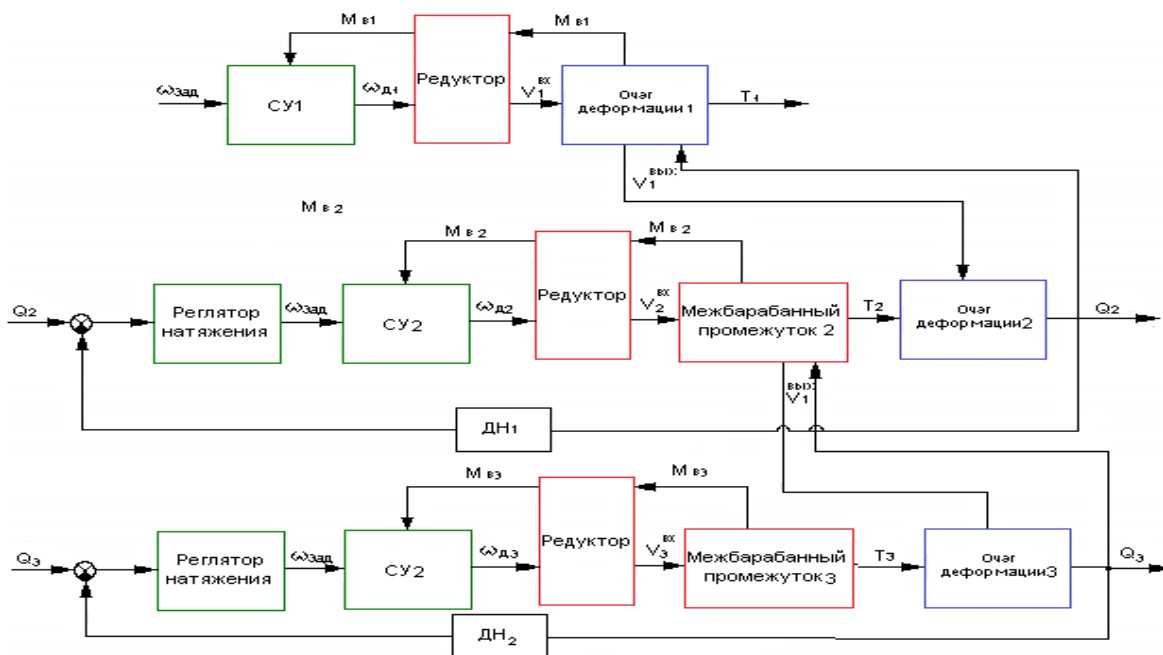


Рисунок 1. Предлагаемая структурная схема системы управления n-кратным прямоточным ВС

$$\begin{aligned}
 M_{дин i}(p) &= M_{дв i}(p) - P_i(p) \frac{R_i^{BX}}{j_{ред i}} + Q_{(i+1)}(p) \frac{R_i^{ВВХ}}{j_{ред i}} - M_{хх i}(p) \\
 \omega_{дв i}(p) &= M_{дин i}(p) \frac{1}{J_{\Sigma i} p} \\
 v_{б i}^{BX}(p) &= \omega_{дв i}(p) \frac{R_{б i}^{BX}}{j_{ред i}} \\
 v_{б i}^{ВВХ}(p) &= \omega_{дв i}(p) \frac{R_{б i}^{ВВХ}}{j_{ред i}} \\
 P_i(p) &= (v_i^{BX} - v_i^{ВВХ}) \frac{E F_i}{L p_i p} \\
 v_{в i}^{ВВХ} &= v_{в i}^{BX} \mu \\
 v_i^{BX} &= Q_i(p) \frac{L Q_i p}{E F_{(i-1)}} + v_{б(i-1)}^{ВВХ} \\
 Q_i(p) &= P_i(p) - N_i(p);
 \end{aligned}$$

Разработанная обобщенная методика пере-счета маршрута волочения позволила уменьшить кратность волочения по 6 и 5 проходам. Моделирование процесса волочения медной проволоки и определение оптимальной кратности маршрута волочения проводилось с помощью структурной схемы (рис.1) и обобщенной математической модели (1) для участка волочения (рис. 2) [2, с. 48, 106-

179.]. Экспериментально сокращение проходов во-лочения с 7 до 6 дало положительные результаты по энергоэффективности процесса (таблица-1). Од-нако, при отключении еще одного двигателя (крат-ность 5 проходов) был зафиксирован перегруз ра-ботающих двигателей и наблюдались неоднократ-ные обрывы проволоки в процессе волочения.

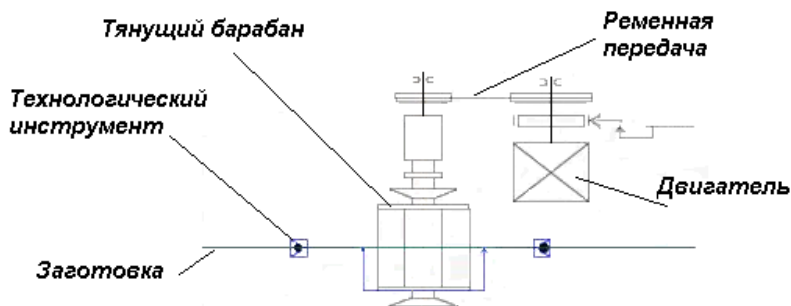


Рисунок 2. Схема межбарабанного промежутка –волок и тянущий блок

Таблица 1

**Результаты экспериментальных исследований работы прямоточной ВМ ВПЦ-3-4-550 при 7 кратном и 6 кратном маршрутах волочения**

Параметры ВМ	$P_{н,}$ кВт	$P_{шт.р.,}$ кВт	$P_{шт.р.,}$ кВт для 7 проходов	$\cos\phi$	$P_{пр.,}$ кВт	$P_{шт.р.,}$ кВт для 6 проходов	$\cos\phi$	$P_{пр.,}$ кВт
Время	315	75	266	0,8444	64	260,	0,8267	62
10=00	315	75	265	0,84127	63	260	0,8254	62
10=30	315	75	265	0,84127	63	261	0,82857	62
11=00	315	75	263	0,83492	62	260	0,8254	61
11=30	315	75	261	0,82857	62	260	0,8254	61
12=00	315	75	263	0,83492	62	260	0,8254	62
12=30	315	75	261	0,82857	62	259	0,82222	61
13=00	315	75	261	0,82857	63	260	0,8254	61
13=30	315	75	264	0,8381	63	259	0,82222	60
14=00	315	75	262	0,83175	63	259	0,82222	60
14=30	315	75	261	0,82857	62	258	0,81905	62
15=00	315	75	106	0,33651	64	104	0,33016	62
15=30	315	75	263	0,83492	63	258	0,81905	60
16=00	315	75	264	0,8381	63	259	0,82222	61
16=30	315	75	264	0,8381	62	261	0,82857	61
17=00	315	75	264	0,8381	62	260	0,8254	60
<b>Снижение мощности</b>			<b>49</b>			<b>5,6</b>		

ВС «NIEHOFF» - MSM-85 в своем составе имеет 13 тянущих блоков, из которых 12 являются промежуточными и работают на подтяжку, а 13 блок является тяговым. Экспериментальная часть строилась на волочении катанки из алюминиевого сплава марки Alu-Alloy 6101/6201 диаметром 9,5 мм, которая направлялась по маршруту волочения компании «NIEHOFF», и расчетному маршруту волочения по предложенной методике расчета (уменьшена кратность волочения 12 и 11 проходов) -это дало положительные результаты по энергоэффективности процесса (таблица-2).

Таблица 2

**Результаты экспериментальных исследований работы прямоточной ВМ NIEHOFF» - MSM-85 по маршрутам волочения 13 кратном и 12 кратном**

Параметры ВМ	$P_{н,}$ кВт	$P_{шт.р.,}$ кВт	$I,$ кА	$\cos\phi$	$P_{1-12,}$ кВт	$I,$ кА	$\cos\phi$	$P_{1-11,}$ кВт	$I,$ кА	$\cos\phi$
Время	496	436	1,13	0,879	437	1,15	0,881	422	1,11	0,850
10=00		437	1,14	0,881	436	1,14	0,879	422	1,11	0,850
10=30		436	1,15	0,879	435	1,14	0,877	420	1,10	0,846
11=00		437	1,14	0,879	435	1,14	0,877	421	1,10	0,848
11=30		436	1,12	0,879	435	1,14	0,877	422	1,11	0,850
12=00		437	1,1	0,881	435	1,14	0,877	421	1,10	0,848
12=30		437	1,1	0,881	436	1,14	0,879	420	1,10	0,846
13=00		436	1,14	0,879	436	1,14	0,879	422	1,11	0,850
13=30		436	1,13	0,879	436	1,14	0,879	422	1,11	0,850
14=00		432	1,14	0,870	436	1,14	0,879	421	1,10	0,848
14=30		427	1,12	0,860	436	1,14	0,879	420	1,10	0,846
15=00		158	0,42	0,860	157	0,41	0,316	153	0,40	0,308
15=30		430	1,13	0,866	437	1,15	0,881	420	1,10	0,846
16=00		436	1,14	0,879	437	1,15	0,881	422	1,11	0,850
16=30		435	1,14	0,877	437	1,15	0,881	423	1,11	0,852
17=00		436	1,14	0,879	436	1,14	0,879	422	1,11	0,850
<b>Снижение мощности</b>					<b>нет</b>			<b>14 кВт</b>		

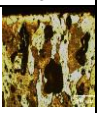
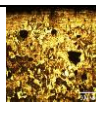
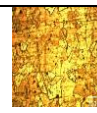
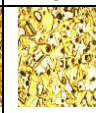
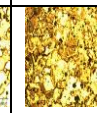
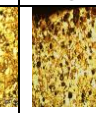
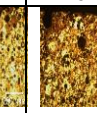
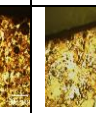

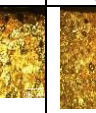
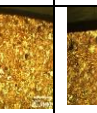
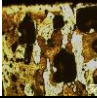

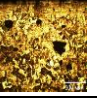


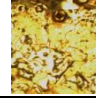
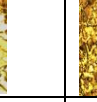
Предлагаемая методика пересчета маршрута волочения и его оптимизация под различный тип волочильного оборудования позволила уменьшить влияние дробности деформации в протягиваемом металле и улучшить микроструктуру проволоки при одновременном увеличении качественно-эксплуатационных показателей токоведущей жилы.

Промышленный эксперимент также был проведен на ВМ ВСК-13, имеющей главный электропривод. Однако положительные результаты были получены только по улучшению качественных параметров медной проволоки - уменьшение омического сопротивления (таблица-3), а энергоэффективность процесса

осталась без изменения, т.к. ВМ имеет один главный привод, который кинематически связан с тянущими барабанами, а значит не влияет на усилия и количество запрограммированных тянущих шайб.

Таблица 3

**Изменение структуры отволооченной круглой проволоки на ВСК-13 до пересчета маршрута волочения**

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
										
8,00 мм	6,8 мм	5,9 мм	5,2 мм	4,6мм	4,0 мм	3,5 мм	3,05 мм	2,75 мм	2,43 мм	2,14 мм
Омическое сопротивление 1 м при 20°C,									0,0051 Ом	
после пересчета маршрута волочения										
0	1	2	3	4	5	6				
										
8,00 мм	6,8 мм	5,1 мм	4,8 мм	3,25мм	3.50 мм	2.14 мм				
Омическое сопротивление 1 м при 20°C,					0,004947Ом					

Проведенное экспериментальное исследование с применением предлагаемой методики для ВС ВПЦ-3-4-550, ВСК-13М, MSM-85 позволили достигнуть улучшения качественных показателей образцов медной проволоки на 5% (таблица 4), алюминиевой проволоки и проволоки из алюмо-сплава в среднем на 2-2,5% за счет снижения влияния дробности деформации и улучшения микроструктуры меди. Пересчет маршрута волочения на меньшее количество проходов дал основание к исключению из технологии тянущих блоков, а соответственно и фильер, что позволило с экономить их использование. Для ВС с индивидуальным ЭП для каждого тянущего блока (ВПЦ-3-4-550, MSM-85) помимо улучшения качества полученной проволоки получен энергоэкономический эффект.

Таблица 4

**Сопоставительный анализ параметров процесса волочения**

Параметры процесса волочения	Общий ЭП для ВС		Индивидуальный ЭП для каждого ТБ	
	Действующий	Расчетный	Действующий	Расчетный
1	2	3	4	5
Количество проходов, шт.	10	6	7	5
Количество электродвигателей	1		7	5
Потребляемая мощность, кВт	252		45	33,2
Материал	Медь			
Отволооченное изделие	Круглая проволока		Круглая проволока	

Проведенная исследовательская работа также позволила наглядно показать наличие изменения внутренней структуры меди и ее уплотнение по зернам:

1. Получены маршруты волочения, обеспечивающие стабилизацию статических натяжений проволоки между блоками стана независимо от изменения режима и усилий волочения на 7-10%.

2. Рассчитанный маршрут волочения в рабочих режимах позволяет поддерживать заданные значения натяжения. Показано, что стабилизация натяжения проволоки в расчетном маршруте обеспечивает поддержание натяжения проволоки во всех режимах работы стана при уменьшении мощности электропривода и электропотребления.

3. Увеличение количества волок для каждого размера проволоки вызывает увеличение дробно-

сти деформации, следовательно, переход на меньшее количество проходов уменьшает дробность деформации, что приводит к повышению качественных показателей токоведущей жилы до 5%.

**Литература:**

1. Берин И.Ш., Днестровский Н.З. Производство медной и алюминиевой проволоки, Издательство "Металлургия". Москва, 1974г с. 16-17, 19-22, 22-26.
2. Бульхин А.К., Кидяев В.Ф., Кижяев С.А. «Электропривод и автоматизация волочильного оборудования», Часть 1, Самара, 2002, с.13, 48, 106-179.
3. Перлин И.Л., Ерманок М.З. Теория волочения - М.: Металлургия, 1971, с.448.