

Режим доступа: <http://www.atmel.com/Images/doc8161.pdf>, свободный.
– Загл. с экрана.

4. **Радионов А.А.** Электрооборудование и электроавтоматика — М.: Магнитогорск, 2011. — 126 с.

УДК 621.771.25-83

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ НАСТРОЙКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ СТАНА ISF5 НА КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ

И.Р. Сафин, С.И. Лукьянов, Е.Э. Бодров

*ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова», институт ЭиАС, кафедра ЭиМЭ
ildar_safin@mail.ru, fortheartist@mail.ru*

Аннотация

В данной статье рассмотрено влияние параметров настройки электроприводов стана ISF5 на качество профиля проката для армирования железобетонных конструкций. Определена значимость влияния факторов на глубину профиля по критерию Фишера. Выявлена необходимость построения системы управления размоточным аппаратом для повышения точности глубины профиля.

Ключевые слова: арматурный прокат, дисперсионный анализ, глубина профиля

INVESTIGATION OF SETTINGS ELECTRIC OF DRIVE ISF5 MILL INFLUENCE ON PRODUCT QUALITY

I.R. Safin, S.I. Lukiyanov, E.E. Bodrov

*Nosov Magnitogorsk State Technical University
Institute of Power Engineering and Automated Systems, Chair of
Electronics and Microelectronics ildar_safin@mail.ru,
fortheartist@mail.ru*

Abstract

In this article the influence of the electric drive mill ISF5 settings on the quality of profile of the steel which is used for reinforced concrete structures is considered. The significance of the factors influencing on the profile's depth by Fisher's method is determined. And identified the necessity to build a control system for unwinding apparatus for improving the accuracy of the profile's depth.

Key words: rebar, analysis of variance, the profile's depth.

Прокат периодического профиля для армирования железобетонных конструкций является одним из основных видов продукции сталепроволочно-канатного цеха (СКЦ) ОАО «ММК-МЕТИЗ». Производительность стана ISF5 итальянской фирмы Mario Frigerio составляет 10 800 т/год ($D=3,0-10,0$ мм) [1].

В процессе эксплуатации стана техническими службами периодически выявляется несоответствие продукции требованиям по размерам профиля и механическим свойствам арматурного проката. Основные причины несоответствия продукции требованиям по размерам профиля: неудовлетворительная настройка роликов клетки профилирования; неправильная установка роликов в клетки; неточность изготовления роликов; износ зубьев ролика; нестабильность обратного натяжения (натяжения между клетью профилирования и размоточным аппаратом), что также иногда вызывает обрыв проволоки-заготовки на выходе из клетки.

В связи с этим на стане ISF5 были проведены экспериментальные замеры глубины насечки прутков, полученных из проволоки-заготовки диаметром 5 (-0,02...+0,05) мм марки стали 80 (содержание углерода 0,79-0,80 %) на скорости линии 200 м/с, на выходе стана для различных значений натяжения размоточного аппарата, натяжения между кабестанами, заполнения катушки [2].

Согласно плану эксперимента: глубина профиля Y – функция цели; натяжение между кабестанами X_1 и заданное значение натяжения размоточного аппарата X_2 - варьируемые факторы; диаметр проволоки-заготовки Z_1 , марка стали Z_2 , скорость протяжки Z_3 - неизменные факторы [3].

На стане были проведены следующие эксперименты: варьировалось заданное значение натяжения размоточного аппарата $F_{обр}$ (204–1025 Н) при постоянном значении натяжения между кабестанами $F_{каб}$; варьировалось $F_{каб}$ (400 кг, 1 170 кг) при постоянном значении $F_{обр}$; варьировались $F_{каб}$ и $F_{обр}$.

Полученные измерения приведены в табл. 1.

На полученных образцах было измерено 40 значений глубины насечки h в трех плоскостях трехстороннего профиля. Для каждого образца рассчитано среднее арифметическое значение h по формуле [3]:

$$\bar{y}_i = \frac{\sum_{j=1}^n y_j}{n}, \quad (1)$$

где \bar{y}_i - математическое ожидание глубины профиля; y_j - измеренное значение глубины профиля; n - количество измеренных значений.

Для оценки влияния варьируемых факторов на функцию цели проводился дисперсионный анализ, в котором влияние факторов оценивалось по критерию Фишера [4].

Таблица 1

Результаты протяжки

		№ образцов	Уровни фактора X_1	
			1170 кг	400 кг
Уровни фактора X_2	204 Н	1	0,09	0,087
		2	0,086	0,078
		3	0,1	0,092
		4	0,094	0,09
		5	0,085	0,083
	600 Н	1	0,077	0,065
		2	0,058	0,085
		3	0,070	0,069
		4	0,072	0,09
		5	0,07	0,081
	938 Н	1	0,06	0,07
		2	0,068	0,055
		3	0,066	0,06
		4	0,07	0,083
		5	0,07	0,085

Для проведения дисперсионного анализа необходимо соблюдать следующие условия:

- результаты наблюдения должны быть независимыми случайными величинами, имеющими нормальное распределение;
- дисперсия единичного наблюдения, обусловленного случайными ошибками, должна быть постоянной во всех опытах и не зависеть от уровня фактора, т.е. должно выполняться условие воспроизводимости опытов [5].

Редкий эксперимент обходится без того, чтобы не появилось хотя бы одно резко выделяющееся значение или отклоняющаяся точка, ко-

торая сразу же воспринимается как ошибочная. Поэтому дальнейший анализ без отбраковки грубых ошибок может привести к неверным оценкам [3].

Воспользуемся τ - критерием для исключения грубых ошибок из выборки наблюдений [6]. Квантили распределения случайной величины:

$$\tau = \frac{|y_{\text{под}} - \bar{y}|}{S}, \quad (2)$$

где $y_{\text{под}}$ - подозреваемое значение; \bar{y} - среднее значение выборки;

S - среднее квадратичное отклонение.

Проверка на ошибочность наблюдений проводится по τ - критерию для значений $y_{\text{под}} = 0,058$ и $y_{\text{под}} = 0,055$.

В результате расчета квантилей распределения случайной величины получили:

$$\tau_{0,058} = 1,63; \quad \tau_{0,055} = 1,16;$$

табличное значение $\tau_{1-q} = 1,87$.

$\tau_{0,058} < \tau_{1-q}$ и $\tau_{0,055} < \tau_{1-q}$, следовательно, с вероятностью $p=0,95$ можно утверждать, что наблюдения $y = 0,058$ и $y = 0,055$ не являются ошибочными.

Расчет дисперсий выполнен по исходной табл. 1 без изменений.

Расчет дисперсий проводился по следующей методике.

Рассчитывается среднее арифметическое $\bar{y}_{j,i}$ серии из N повторных наблюдений для каждого сочетания j и i факторов X_1 и X_2 :

$$\bar{y}_{j,i} = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N y_{jiu}, \quad (3)$$

среднее арифметическое \bar{y}_j из Nm параллельных наблюдений для

каждого j -го уровня фактора X_1 :

$$\bar{y}_j = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \bar{y}_{ji}, \quad (4)$$

среднее арифметическое \bar{y}_i из Nk параллельных наблюдений для каждого i -го уровня фактора X_2 :

$$\bar{y}_i = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \bar{y}_{ji}, \quad (5)$$

и общее среднее арифметическое \bar{y} для всех Nkm наблюдений:

$$\bar{y} = \frac{1}{Nmk} \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^m \sum_{u=1}^N y_{jiu} = \frac{1}{mk} \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^m \bar{y}_{ji} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \bar{y}_j = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \bar{y}_i, \quad (6)$$

Результаты расчетов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Обработка результатов протяжки

		Показатель	Уровни фактора X_1		\bar{y}_i
			1170 кг	400 кг	
Уровни фактора X_2	204 Н	\bar{y}_{ji}	0,091	0,086	0,089
		S_{ji}^2	0,00004	0,00003	
	600 Н	\bar{y}_{ji}	0,069	0,078	0,074
		S_{ji}^2	0,00005	0,00011	
	938 Н	\bar{y}_{ji}	0,067	0,071	0,069
		S_{ji}^2	0,00002	0,00018	
\bar{y}_j			0,076	0,078	
\bar{y}		0,077			

При двухфакторном дисперсионном анализе необходимо не только выяснить значимость влияния факторов X_1 и X_2 на рассеивание Y , но и выяснить значимость влияния взаимодействия $X_1 X_2$ на Y [4]. Для проведения такого анализа следует рассчитать следующие дисперсии:

1. Выборочную дисперсию рассеивания по всем сериям наблюде-

ний

$$S_y^2 = \frac{1}{km} \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^m S_{ji}^2; \quad (7)$$

с числом степеней свободы

$$f_y = mk(N-1), \quad (8)$$

где $S_{ji}^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{u=1}^N (y_{jiu} - \bar{y}_{ji})^2$ - дисперсия в ji ячейке.

2. Выборочную дисперсию рассеивания между средними по столбцам (по фактору X_1)

$$S_{x1}^2 = \frac{mN}{k-1} \sum_{j=1}^k (\bar{y}_j - \bar{y})^2 \quad (9)$$

с числом степеней свободы

$$f_{x1} = k-1. \quad (10)$$

3. Выборочную дисперсию рассеивания между средними по строкам (по фактору X_2)

$$S_{x2}^2 = \frac{kN}{m-1} \sum_{i=1}^m (\bar{y}_i - \bar{y})^2 \quad (11)$$

с числом степеней свободы

$$f_{x2} = m-1. \quad (12)$$

4. Выборочную дисперсию рассеивания взаимодействия

$$S_{12}^2 = \frac{N}{mk-m-k+1} \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^m (\bar{y}_{ji} - \bar{y}_i - \bar{y}_j + \bar{y})^2, \quad (13)$$

с числом степеней свободы

$$f_{12} = (m-1)(k-1). \quad (14)$$

Результаты расчета дисперсий и числа степеней свободы пред-

ставлены в табл. 3 и табл. 4 соответственно.

Таблица 3

Результаты расчета оценок дисперсий

Рассчитанные дисперсии			
S_y^2	S_{x1}^2	S_{x2}^2	S_{12}^2
0,000071	0,000046	0,001060	0,000022

Таблица 4

Рассчитанные степени свободы

f_y	f_{x1}	f_{x2}	f_{12}
24	4	2	8

Анализ значимости влияния факторов X_1 , X_2 и их взаимодействия $X_1 X_2$ проводится по критерию Фишера при выбранном уровне значимости q в следующей последовательности:

1. Влияние факторов X_1 и X_2 признается значимым, если выполняются следующие неравенства:

$$F_1 = \frac{S_{x1}^2}{S_{12}^2} > F_{1-q} \text{ при } f_1 = f_2 \text{ и } f_2 = f_{12};$$

$$F_2 = \frac{S_{x2}^2}{S_{12}^2} > F_{1-q} \text{ при } f_1 = f_2 \text{ и } f_2 = f_{12}.$$

2. Влияние взаимодействия $X_1 X_2$ признается значимым, если отличие S_{12}^2 от S_y^2 окажется значимым т.е.:

$$F = \frac{S_{12}^2}{S_y^2} > F_{1-q} \text{ при } f_1 = f_2 \text{ и } f_2 = f_y.$$

Результаты расчетов критерия Фишера и табличные значения критерия Фишера на уровне значимости $q=0,05$ представлены в табл. 5.

Таблица 5

Результаты дисперсионного анализа

Факторы	Расчетное F	F_{1-q}
X_1	2,11	3,84
X_2	49,03	4,46
X_1X_2	0,30	2,36

В результате дисперсионного анализа установлено, что фактор X_2 на уровне значимости $q=0,05$ значимо влияет на функцию цели. Влияние фактора X_1 и взаимодействия $X_1 X_2$ на уровне значимости $q=0,95$ признается незначимым.

Таким образом, чтобы повысить точность глубины профиля, необходимо построение системы регулирования натяжения размоточного аппарата.

Список литературы

1. МеталлИнвест Северо-Запад «ММК-МЕТИЗ» увеличивает выпуск арматуры нового поколения. URL: <http://www.metal-in.ru/news/mmk-metiz-uvlichivaet-vypusk-armatury-novogo-pokoleniya/> (дата обращения 30.09.2013)

2. ТИ ММК-МЕТИЗ-К.ПР-28-2008. Производство проволоки и проката из углеродистой стали для армирования предварительно напряженных железобетонных конструкций на линии стабилизации – Магнитогорск: ОАО «ММК-МЕТИЗ», 2008. - 33с.

3. Лукьянов С.И., Панов А.Н, Васильев А.Е. Основы инженерного эксперимента: учеб. пособие. - Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова», 2006. – 94 с.

4. Радионов А.А., Пермякова О.В., Шохин В.В. Повышение точности прокатки при стабилизации момента прокатного двигателя // Электротехнические системы и комплексы: Межвузовский сб. науч. тр. Вып 18. - Магнитогорск : МГТУ, 2010. – с.116-123.

5. Горяинов В.Б., Павлов И.В, Цветкова Г.М и др Математическая статистика: учеб. для вузов; под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001.-424с.

6. Иванова В.М., Калинина В.Н., Нешумова Л.А. и др. Математическая статистика: учеб. для вузов. – М.; Высш. шк., 1981. - 371 с.