

УДК 621.91:001.891.5

UDC 621.91:001.891.5

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ПРОЦЕССА РАСКАТЫВАНИЯ ПРИ
ОБРАБОТКЕ КОРПУСОВ
ГИДРОЦИЛИНДРОВ**

**EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE
TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF THE
PROCESSES AT OF THE HYDRO CYLINDER
FRAME PROCESSING OF THE ROLLER**

Твердохлебов Сергей Анатольевич
К.т.н., доцент кафедры «Технология металлов»

Tverdokhlebov Sergey Anatolyevna
Cand.Tech.Sci., assistant Professor of the metals technology department

Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия

Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Федосеев Наталья Игоревна
соискатель, старший преподаватель
ФГОУ ВПО НФ БГТУ им. В.Г. Шухова, Россия

Fedoseenko Natalya Igorevna
Competitor for degree, senior lecturer
STU of V.G.Shukhov, Russia

Данная работа посвящена исследованию зависимости шероховатости поверхности тонкостенных цилиндров от технологических режимов обработки роликовой раскатной головкой. Исследование проводилось на станке 1К62, предварительная обработка – растачивание и развертывание

This work is devoted to the research of the thin-walled cylinders' surface roughness dependence upon the modes of processing by the roller head. The research was made on the machine 1K62, preliminary treatment – boring and unfolding

Ключевые слова: ПЛАСТИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ, ВНУТРЕННЕЕ НАПРЯЖЕНИЕ, ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА, ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ, ФАКТОР, ИНТЕРВАЛ ВАРЬИРОВАНИЯ

Keywords: PLASTIC DEFORMATION, INSIDE PRESSURE, EXPERIMENT PLANNING, SURFACE ROUGHNESS, FACTOR, VARIATION INTERVAL

Процессы поверхностного пластического деформирования (ППД), обеспечивают высокую точность размеров и чистоту поверхности, обладают рядом преимуществ перед различными методами абразивной обработки. Они значительно повышают твердость поверхностного слоя металла, создают в нем благоприятные напряжения сжатия и текстуру, при этом отсутствует шаржирование поверхности абразивными зернами [1,2].

Современная сельскохозяйственная и строительная техника оснащена большим количеством гидравлических цилиндров. Одной из главных деталей в них является корпус.

Для определения значимости факторов и их оптимального интервала исследования были проведены поисковые однофакторные эксперименты, в которых изучалось влияние режимов на получаемую шероховатость поверхности R_a , микротвердость поверхности H_{50} и изменение размера отверстия.

В результате проведенных экспериментов было установлено, что наилучшие показатели качества получаются в выбранных интервалах технологических параметров, таблица 1.

В связи с тем, что при эксплуатации гидроцилиндров износ корпуса практически отсутствует, наиболее важным параметром является шероховатость поверхности, которая влияет на износ манжеты. Поэтому в качестве параметра оптимизации принята величина R_a .

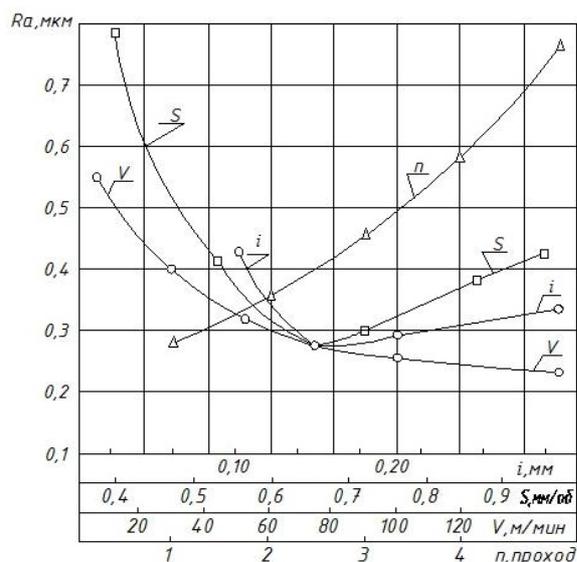
На основании поисковых экспериментов и технической характеристики станка 1К62 для дальнейших исследований были приняты следующие значения параметров технологического процесса:

- натяг 0,1, 0,15 и 0,2 мм;
- подача 0,52, 0,64 (самоподача) и 0,78 мм\об;
- скорость раскатывания 50, 75 и 100 м\мин;
- число проходов-1.

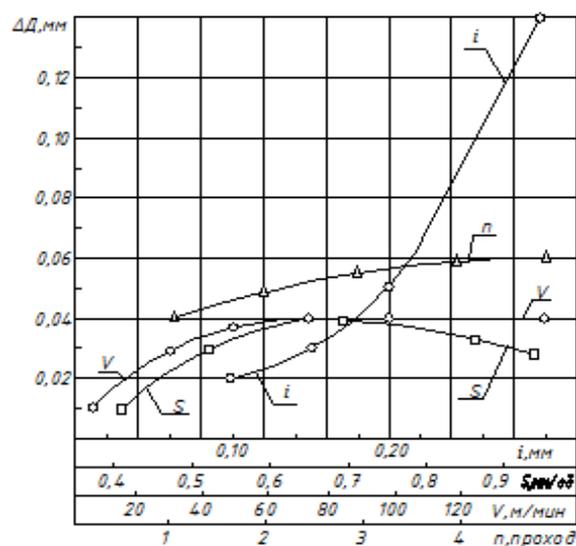
При рассмотрении факторов влияющих на изменение шероховатости поверхности, учитывали их влияние попарно, на параметр оптимизации

Результаты поисковых экспериментов представлены на рисунке 1.

а)



б)



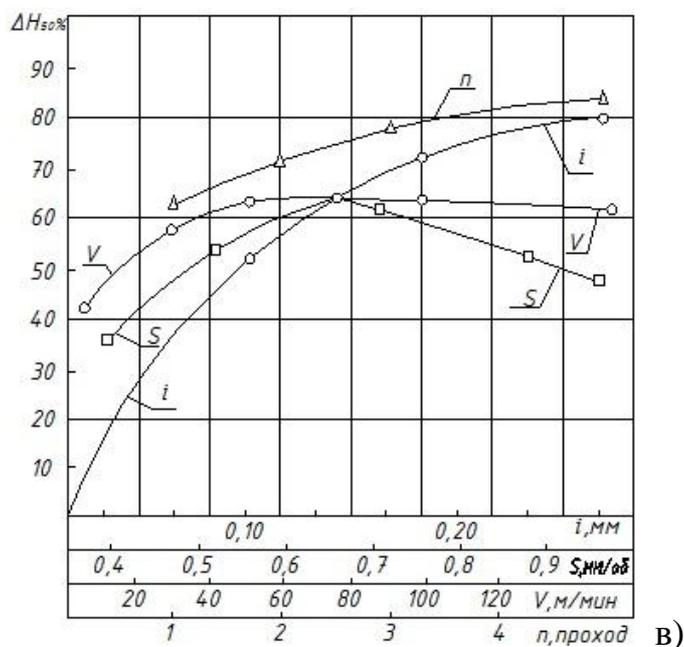


Рисунок 1 – Влияние технологических параметров на шероховатость обработанной поверхности R_a , (а), припуск под раскатывание ΔD_1 (б) и приращение поверхностной твердости ΔH_{50} при обработке цилиндров роликовой раскаткой ($V=100$ м\мин, $S=0,7$ мм, $i=0,15$ мм)

Анализ непрерывных, симметричных планов второго порядка показал, что максимальное значение определителя информационной матрицы достигается в том случае, когда моменты плана соответственно равны [3,4].

Для этого использовали симметричный композиционный план типа B_k (звездные точки которого равны ± 1). Изучали влияние трех факторов и фиксировали их значения на оптимальных уровнях. Факторы, интервалы и уровни варьирования представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Факторы и интервалы их варьирования при обработке корпуса гидроцилиндра роликовой раскаткой

Факторы	Кодированные обозначения	Шаг варьирования	Уровни факторов		
			-1	0	+1
Натяг i , мм	x_1	0,05	0,1	0,15	0,2
Подача S , м/об	x_2	0,13	0,52	0,64	0,78
Скорость резания V , м/мин	x_3	25	50	75	100

Изменение параметров технологического процесса проводилось по разработанному плану случайных чисел и паспортным данным токарно-винторезного станка 1К62. Величину шероховатости определяли цеховым профилометром-профилографом «Абрис-ПМ7». Результаты экспериментальных исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2 – План эксперимента

п/н опыта	Натяг, i	Подача, S	Скорость резания, V	Отклик Ra, мкм
	x1	x2	x3	
1	2	3	4	5
15	0	0	0	0,28
3	+	+	-	0,45
16	0	0	0	0,28
12	0	0	-	0,32
7	-	+	-	0,55
13	0	+	0	0,38
9	+	0	0	0,3
2	+	-	+	0,41
11	0	0	+	0,26
14	0	-	0	0,54
8	-	-	-	0,63
5	-	+	+	0,43
10	-	0	0	0,38
6	-	-	+	0,49
4	+	-	-	0,59
1	+	+	+	0,35

Планирование второго порядка заканчивается отысканием адекватного квадратичного уравнения типа [1, 2]

$$y = b_0 + \sum_{1 \leq i \leq k} b_i x_i + \sum_{1 \leq i \leq j \leq k} b_{ij} x_i x_j + \sum_{1 \leq i \leq k} b_{ii} x_i^2 \quad (1)$$

Часть членов, признанных статистически незначимыми, может в этом уравнении отсутствовать. Наша задача проанализировать полученную модель, т. е. определить характер изменения отклика в изучаемой области в зависимости от влияния факторов.

В нашем случае результатом математической обработки экспериментальных исследований, является уравнение регрессии второго порядка в кодированном виде

$$Y = 0,278 - 0,038x_1 - 0,05x_2 - 0,006x_3 - 0,007x_1x_2 - 0,0025x_1x_3 + 0,0125x_2x_3 + 0,0425x_1^2 + 0,1627x_2^2 - 0,075x_3^2 \quad (2)$$

Для удобства изучения влияния факторов на параметр оптимизации представим уравнение (2) в каноническом виде.

$$Y_s = 0,278 + 0,0425X_1^2 + 0,1627X_2^2 - 0,0752X_3^2 \quad (3)$$

или:

$$\frac{(X_1)^2}{\frac{Y - 0,278}{0,0425}} + \frac{(X_2)^2}{\frac{Y - 0,278}{0,1627}} + \frac{(X_3)^2}{\frac{Y - 0,278}{-0,0725}} = 1, \quad (4)$$

Для этого продифференцировали уравнение по каждой из переменных, приравняли производные к нулю, получили систему линейных уравнений, состоящую из трех уравнений.

Решением системы линейных уравнений являются новые координаты центра поверхности отклика $x_1 = 0,46$, $x_2 = 0,16$, $x_3 = -0,03$ или в натуральном виде середины интервалов варьирования факторов, т.е. их оптимальные значения: величина натяга $X_{10} = 0,17$ мм, подача $X_{20} = 0,66$ м/об, скорость резания $X_{30} = 74,1$ м/мин.

Подставили в исходное уравнение (2) значения x_1 , x_2 , x_3 , и определили значение параметра оптимизации в центре поверхности отклика, при этом получили его величину, $Y_s = 0,28$ мкм, и угол поворота осей $\alpha = 1,5^\circ$.

Удобство формы (4) для анализа и оптимизации определяется тем, что все X в квадратах а, следовательно, и изменение значений отклика зависят только от знака коэффициента и не зависит от направления движения по оси x от центра s . В частности, отклик (критерий оптимизации) будет возрастать всегда, когда изменяется X , имеющий при себе коэффици-

ент $B_i > 0$ и уменьшаться, когда у X стоит коэффициент $B_i < 0$.

В нашем случае при изучении влияния факторов X_1 и X_2 на критерий оптимизации (рисунок 2), каноническое уравнение регрессии имеет вид,

$$Y - 0,27 = 0,042 x_1^2 + 0,16 x_2^2, \quad (5)$$

Поверхность отклика является эллиптическим параболоидом. Оба коэффициента B_{11} и B_{22} имеют одинаковые знаки. Центр эллипсов является минимумом, т.к. коэффициенты положительные и эллипсы вытянуты по оси x_2 .

В этом случае величина фактора x_1 принятого интервала варьирования фактора сместится на 0,46 шага варьирования от центра плана и составит в натуральном виде 0,17 мм, а фактор x_2 на 0,16 или 0,66 мм/об, при этом $Y_s=0,28$ мкм., угол поворота осей координат от начального положения составляет $\alpha=1,7^\circ$.

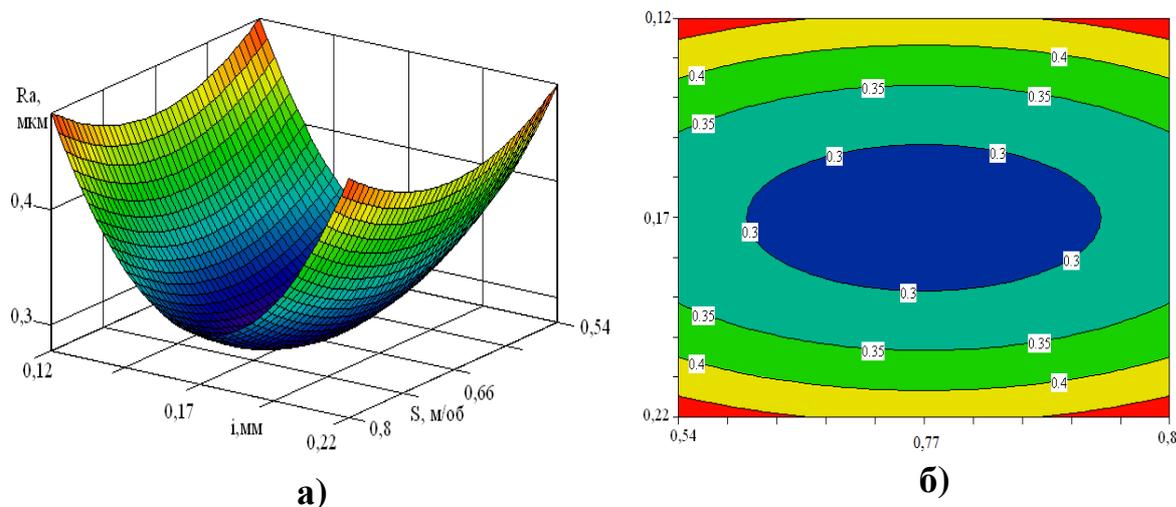


Рисунок 2 – Поверхность отклика влияния факторов $X_1 X_2$ – а) и двумерное сечение – б)

Анализируя поверхность отклика можно сказать, что при изменении величины натяга вправо и влево от центра поверхности отклика, приводит к увеличению высоты шероховатости поверхности (0,27-0,47 мкм, что составляет 42,5%) на большую величину, чем при изменении подачи (0,41-

0,47мкм – 12,7%). Следовательно, натяг (x_1) оказывает наибольшее влияние на образование шероховатости поверхности чем величина подачи (x_2).

Для исследования влияния факторов X_1 и X_3 на критерий оптимизации, выполнили аналогичные преобразования получили уравнение регрессии (6) и поверхность зависимости отклика (рисунок 3), при этом $x_1 = 0,44$; $x_3 = - 0,04$; $Y_s = 0,28$ мкм; а гол поворота осей $\alpha = - 0,6^\circ$.

$$Y - 0,28 = 0,04 x_1^2 - 0,075 x_3^2 \quad (5)$$

В этом случае коэффициенты B_{11} и B_{33} имеют разные знаки. Гиперболы вытянуты по оси B_{11} , которой соответствует меньшее по абсолютной величине значение коэффициента в каноническом уравнении. В этом случае значение отклика увеличивается от центра фигуры по этой оси и уменьшается – по оси коэффициента B_{33} . Центр поверхности отклика называется седлом или минимаксом, поверхность отклика – гиперболическим параболоидом.

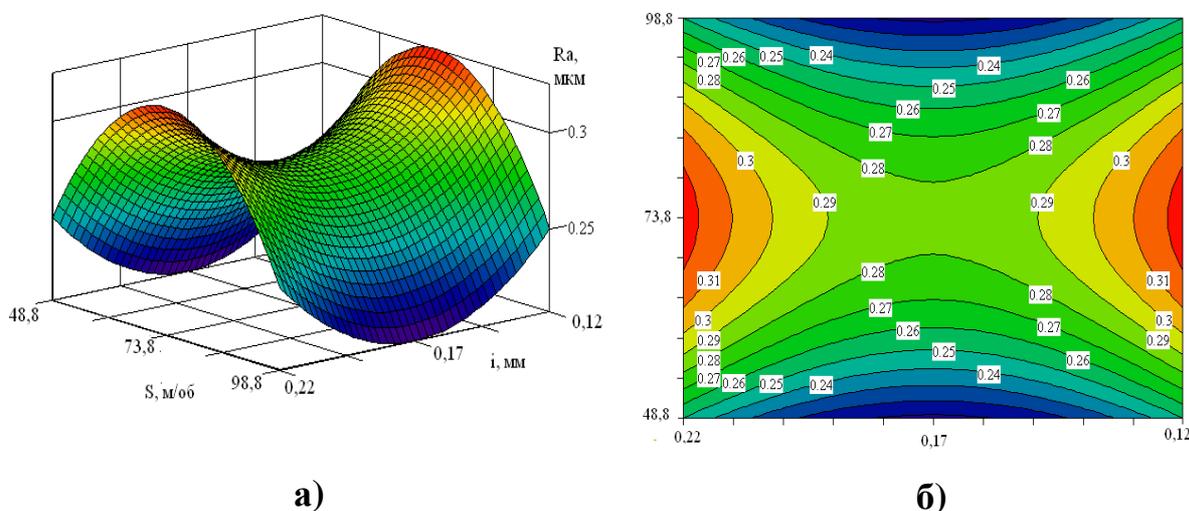


Рисунок 3 – Поверхность отклика X_1X_3 и её двухмерное сечение

Анализ поверхности дает наглядное представление о том, что при изменении величины натяга вправо и влево от центра поверхности отклика, приводит к увеличению высоты шероховатости поверхности (0,15-0,25 мкм, что составляет 40%) на большую величину, чем при изменении скорости резания (0,25-0,33 мкм – 24,2%). Следовательно натяг (x_1) оказывает

наибольшее влияние на образование шероховатости поверхности чем скорость резания (x_3).

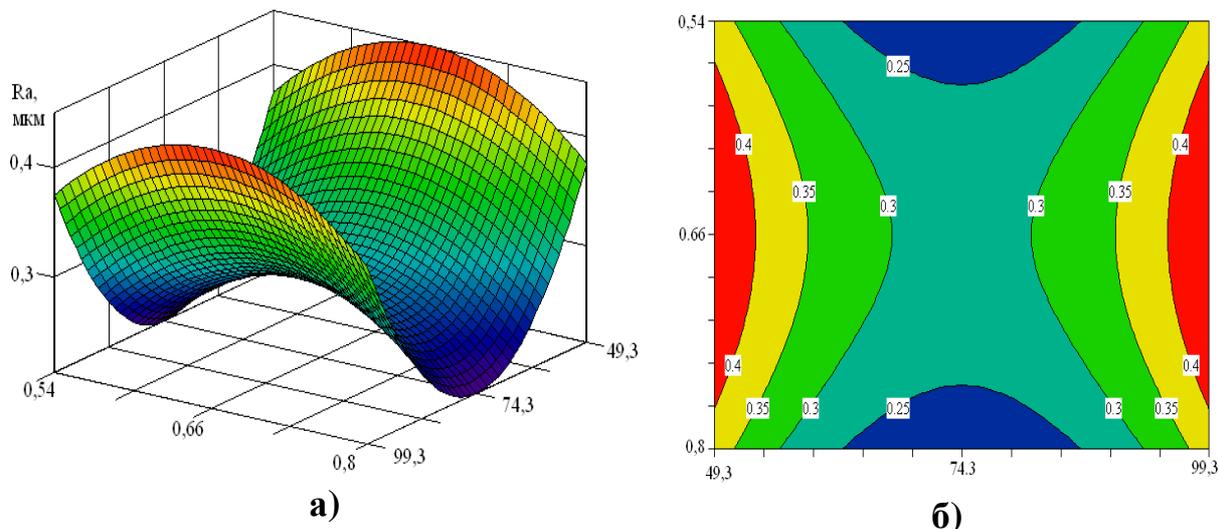


Рисунок 4 – Поверхность отклика X_2X_3 и её двумерное сечение

Изучение влияния скорости резания и подачи на критерий оптимизации проведен аналогично, получили уравнение регрессии (6) и поверхность отклика рисунок 4, центр интервалов варьирования факторов сместился, получили в кодированном виде $x_2=0,15$; $x_3=-0,02$; $Y_s=0,28$, угол поворота осей координат $\alpha=-0,6$, коэффициенты регрессии $B_{22} = 0,16$ и $B_{33} = -0,07$.

$$Y - 0,28 = 0,16 x_1^2 - 0,075 x_3^2, \quad (6)$$

В этом случае скорость резания оказывает наибольшее влияние на образование высоты неровностей профиля, чем подача.

Каноническое преобразование экспериментальной модели полученной применением симметричного композиционного плана типа B_k [3, 4] показало, что середины интервалов варьирования исследуемых факторов имеют новые значения в кодированном виде $x_1 = 0,46$, $x_2 = 0,16$, $x_3 = -0,075$, при этом высота неровности поверхности по $Ra = 0,28$ мкм. В натуральном виде величины параметров оптимизации следующие:

- оптимальный натяг $i = 0,17$ мм;

- оптимальная подача $S = 0,66$ м/об;
- оптимальная скорость резания $V = 74,1$ м/мин.

На основании проведенных экспериментов можно сделать следующие выводы:

- 1) Наибольшее влияние на шероховатость поверхности в исследуемом диапазоне имеет величина натяга
- 2) Для получения наилучшей шероховатости целесообразно работать с самоподачей роликовой раскатки
- 3) Скорость раскатывания на шероховатость поверхности оказывает наименьшее влияние.

Литература

1. Одинцов, Л.Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием: Справочник. [Текст] / Л. Г. Одинцов – М.: Машиностроение, 1987. – 328 с.
2. Папшев, Д.Д. Отделочно-упрочняющая обработка поверхностным пластическим деформированием [Текст] / Д.Д. Папшев – М.: Машиностроение, 1978. – 152 с.
3. Адлер, В.А. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий [Текст] / В.А. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – М.: Наука, 1971. – 221 с.
4. Цыбулевский, В.В. Оптимизация параметров и режимов работы машин методами планирования эксперимента [Текст] / Г.Г. Маслов, О.Н. Дидманидзе, В.В. Цыбулевский. – М.: ООО УМЦ «Триада», 2007. – 291 с.