

УДК:621.9.019.3

Э.А. Пашенко, Г.М. Трищ

Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА КООРДИНИРОВАННЫХ РАЗМЕРОВ ОТВЕРСТИЙ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

*Проведено планирование эксперимента для поиска оптимальных условий при изготовлении отверстий в различных материалах. Получены зависимости для практических полей рассеяния размеров от базы и позиционных отклонений осей отверстий.*

**Ключевые слова:** координированные размеры отверстий, механическая обработка.

### Введение

Наиболее эффективным направлением в решении задач значительного повышения эксплуатационных показателей машиностроительной продукции является широкое внедрение в практику конструирования и производства изделий расчетных методов, обоснования их качественных показателей.

Исследованиями, выполненными для многопозиционных станков [1], было установлено, что точность координированных размеров между обрабатываемыми отверстиями с учетом позиционного отклонения их осей обеспечивается не всегда. Кроме того, другими исследователями [2] констатируется, что, несмотря на значительный опыт, накопленный в результате исследований технологических процессов автоматизированного производства, вопросы технологического обеспечения, качества их работы изучены еще не в полной мере. Отсутствует также у проектировщиков нормативно – техническая документация, устанавливающая взаимосвязь между точностными характеристиками обрабатываемых заготовок и точностными параметрами элементов оснастки станков, обеспечивающих эти характеристики. Поэтому с повышением требований к точности координат и позиционных допусков осей отверстий в обрабатываемых заготовках возникает необходимость уже на стадии проектирования металлорежущего оборудования обоснованно применять различные конструкции многошпиндельных насадок (коробок), кондукторов и приспособлений.

Особую значимость проблема научно обоснованной регламентации точностных параметров элементов технологического оснащения приобретает при создании переналаживаемого оборудования, поскольку, в основном, в точностных параметрах технологического оснащения трансформируются погрешности всей технологической системы.

На основании вышеизложенного целью настоящей работы являлось установление оптимальных значений точности координированных размеров (размеров от базы и позиционных отклонений осей

отверстий) при сверлении отверстий без направления режущего инструмента.

### Оптимизация координированных размеров

Для проведения полного факторного эксперимента проанализированы и приняты основные факторы, влияющие на точность координированных размеров:  $d_n$  – диаметр обрабатываемого отверстия, мм; НВ – твердость обрабатываемого материала, МПа;  $l_n$  – вылет инструмента за торец шпинделя, мм. Точность обработки оценивалась полями рассеяния размеров от базы ( $\omega_b$ ) и позиционных отклонений осей отверстий ( $\omega_o$ ).

В общем виде была принята следующая функциональная зависимость для определения практических полей рассеяния размеров от базы и позиционных отклонений

$$\omega_{b;o} = f(d_n, НВ, l_n).$$

Обрабатывались заготовки из стали 45, Сч 15 и алюминиевого сплава АЛ 9, режущим инструментом служили сверла 1 мм, 2 мм и 3 мм короткой и средней серии длин. Толщина заготовки (длина обрабатываемого отверстия) принималась такой, что бы выполнялось условие  $l \geq 3d$  (где  $l$  и  $d$  соответственно длина и диаметр отверстия). Результаты измерений позиционных отклонений приводились к базовой длине  $l = 10$  мм.

В каждой точке плана эксперимента типа  $2^3$  объем испытаний принимался равным  $N = 50$  шт. Для оценки достоверности и адекватности полученных математических зависимостей была проведена дополнительная серия опытов ( $n_o=3$ ) в нулевой точке плана эксперимента (обработка заготовок из серого чугуна сч15).

После сверления заготовок и измерений координированных размеров по специально разработанной методике были рассчитаны статистические характеристики распределений:  $\bar{x}$  – среднее арифметическое отклонение исследуемого фактора;  $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение;  $\omega$  – размах;

$\lambda$  и  $\alpha$  – соответственно коэффициент относительно рассеяния и коэффициент относительной асимметрии.

Оценка согласия экспериментальных данных с теоретическими по каждому из 11 опытов проводилась путем вычисления критериев Колмогорова и Пирсона. Установлено, что рассеяние размеров от базы подчиняется нормальному закону, а позиционного отклонения – закону эксцентриситета. Проверка гипотезы однородности дисперсий практических полей рассеяния в каждой точке плана эксперимента производилась по критерию Кохрена [3].

В качестве независимых переменных  $x_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) были приняты логарифмы  $d_{и}$ , HB,  $\ell_{и}$

Уровни и интервалы изменения данных переменных факторов приведены в табл. 1. Кодирование факторов, например по диаметру, осуществлялось в такой последовательности:

– нулевой уровень варьирования  $x_{1,0} = \lg 2,0 = 0,301$ ;

– интервал рассчитывался по формуле:

$$\Delta x_{1,0} = \lg \frac{\lg 3,0 - \lg 1,0}{2} = 0,2386;$$

– тогда кодированное значение диаметра режущего инструмента ( $d_{и}$ ) вычисляем по формуле:

$$z_1 = \frac{\lg d_{и} - 0,301}{0,2386}.$$

Аналогично были определены значения  $z_2$  и  $z_3$ , которые приведены в табл. 2.

По результатам эксперимента рассчитаны коэффициенты регрессии и получены исходные математические модели полей рассеяния размеров от базы и позиционных отклонений.

В результате статистического анализа полученных уравнений установлено, что гипотезу об адекватности представления результатов исследования точности обработки заготовок без направления режущего инструмента можно считать правильной т.к. проверки по критерию Фишера (F) и критерию Стьюдента (t) показали, что значение этих критериев меньше табличных (табл. 3).

Таблица 1

Область изменения независимых факторов при сверлении отверстий силовой головкой без направления режущего инструмента

Уровень варьирования	Независимые факторы и их алгоритмы					
	Диаметр инструмента		Твердость обрабатываемого материала		Вылет режущего инструмента	
	$\bar{x}_1$	$x_1$	$\bar{x}_2$	$x_2$	$\bar{x}_3$	$x_3$
	$d_{и}$ , мм	$\lg d_{и}$	HB, Мпа	$\lg$ HB	$\ell_{и}$ , мм	$\lg \ell_{и}$
Верхний (+1)	3,0	0,4771	1930	3,2856	30	1,4771
Нулевой (0)	2,0	0,301	1240	3,0934	23	1,3617
Нижний (-1)	1,0	0	550	2,7404	16	1,2041
Интервал варьирования	–	0,2386	–	0,2726	–	0,1365

Таблица 2

Кодированное значение факторов при сверлении отверстий силовой головкой без направления режущего инструмента

Наименование фактора	Код	Кодированное значение факторов
Диаметр инструмента	$z_1$	$(\lg d_{и} - 0,301) / 0,2386$
Твердость обрабатываемого материала	$z_2$	$(\lg \text{HB} - 3,0934) / 0,2726$
Вылет режущего инструмента	$z_3$	$(\lg \ell_{и} - 1,3617) / 0,1365$

Таблица 3

Параметры статистического анализа математических моделей при сверлении отверстий без направления режущего инструмента

№ п/п	Параметры статистического анализа	Обозначение параметра	Значение параметров для моделей	
			$y_b$	$y_o$
1	Дисперсия ошибки опыта	$S_{оп}^2$	0,000259	0,000094
2	Дисперсия ошибки определения коэффициентов регрессии	$S_{вн}^2$	0,000031	0,000012
3	Доверительный интервал для коэффициентов регрессии	$\Delta v_i$	0,0239	0,034
4	Дисперсия, характеризующая неадекватность математической модели	$S_{на}^2$	0,00101	0,00246
5	Критерий Фишера (F табл.=99,0 при 3% уровне значимости)	F	4,11	26,12
6	Критерий Стьюдента (t табл.=9,925 при 1% уровне значимости)	t	9,49	6,626

После преобразования кодовых значений уравнений в логарифмические и после потенцирования получены зависимости для практических полей рассеяния размеров от базы:

$$\omega_B = 19,6 \frac{HB^{0,36} \cdot \ell_{и}^{0,46}}{d_{и}^{0,45} \cdot \lg HB - 1,289}$$

и позиционных отклонений осей отверстий

$$\omega_0 = 0,863 \frac{HB^{1,06} \cdot \ell_{и}^{0,72}}{d_{и}^{0,91} \cdot \lg HB - 2,63}$$

Получение зависимости можно использовать при следующих пределах исследуемых факторов: твердость обрабатываемого материала  $HB = (500 \div 2500)$  МПа, диаметр режущего инструмента  $d_{и} = (0,8 \div 3,5)$  мм, вылет инструмента  $\ell_{и} = (8 \div 40)$  мм.

Удельный вес влияния исследуемых факторов на точность координированных размеров при нулевом уровне варьирования представлен в табл. 4

Таблица 4

Удельный вес факторов влияющих на рассеяние координированных размеров

Факторы	Удельный вес факторов, в %	
	$\omega_B$	$\omega_0$
$d_{и}$	13,35	11,0
HB	34,5	33,0
$\ell_{и}$	35	39,0

Из таблицы видно, что наибольшее влияние оказывает вылет режущего инструмента (35÷39)%. Влияние диаметра режущего инструмента сказывается в меньшей степени и составляет от 11 до 13%. Механические свойства обрабатываемого материала оказывают также существенное влияние (от 33 до 34,5%). Графики изменения полей рассеяния  $\omega_B$  и  $\omega_0$  в зависимости от диаметра сверл представлены на рис. 1.

### Вывод

Получены зависимости для практических полей рассеяния размеров от базы и позиционных отклонений осей отверстий, которые можно использовать при следующих пределах исследуемых факторов: твердость обрабатываемого материала  $HB = (500 \div 2500)$  МПа, диаметр режущего инструмента

$d_{и} = (0,8 \div 3,5)$  мм, вылет инструмента  $\ell_{и} = (8 \div 40)$  мм. Результаты эксперимента показали, что наибольшее влияние оказывает вылет режущего инструмента. Влияние диаметра режущего инструмента сказывается в меньшей степени и механические свойства обрабатываемого материала оказывают также существенное влияние.

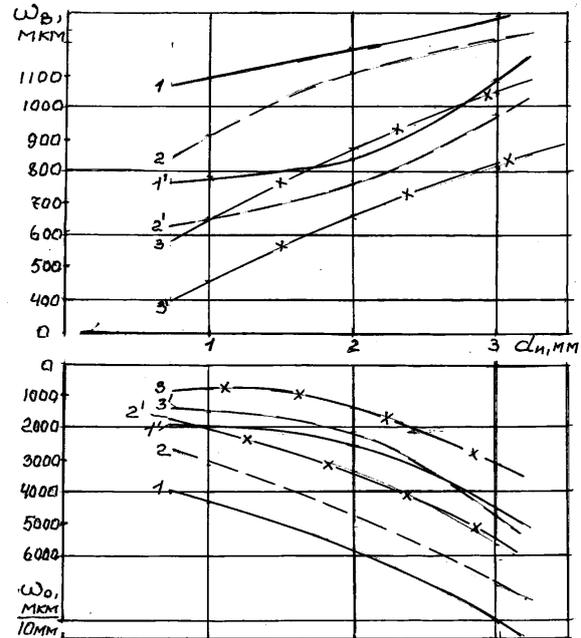


Рис. 1. Графики изменения полей рассеяния  $\omega_B$  и  $\omega_0$  в зависимости от диаметра сверл

### Список литературы

1. Исследования точности обработки деталей на агрегатных станках с применением различных технологических схем: отчет по НИР / Э.А.Пашенко, В.А. Чепела. – Х.: УЗПИ, 1980. – 132 с. – Инв. № Б979436.1
2. Справочник технолога по автоматическим линиям / Под ред. А.Г. Косиловой. – М.: Машиностроение, 1982. – 320 с.
3. Душинский В.В. Оптимизация технологических процессов в машиностроении / В.В. Душинский, Е.С. Пуховский, С.Г. Радченко; под. ред. Г.Э. Туурита. – К.: Техника, 1977. – 176 с.

Поступила в редколлегию 1.03.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.Я. Мовшович, Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков.

### ОПТИМІЗАЦІЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ КООРДИНОВАНИХ РОЗМІРІВ ОТВОРІВ ПРИ МЕХАНІЧНІЙ ОБРОБЦІ

Е.А. Пашенко, Г.М. Триш

Проведено планування експерименту для пошуку оптимальних умов при виготовленні отворів в різних матеріалах. Отримані залежності для практичних полів розсіяння розмірів від бази і позиційних відхилень осей отворів.

**Ключові слова:** координовані розміри отворів, механічна обробка.

### OPTIMIZATION OF INDEXES OF QUALITY OF COORDINATED SIZES OF OPENINGS AT TOOLING

E.A. Paschenko, G.M. Trisch

Planning of experiment for the search of optimum terms is conducted at making of openings in different materials. Dependences are got for the practical fields of dispersion of sizes on a base and rejections of positions of axes of openings.

**Keywords:** coordinated sizes of openings, tooling.