

База типових схем середовища «MathCad» постійно поповнюється новими схемами затискних пристосувань, що дозволяє швидше вийти на схему, яка найбільше задовольняє умові задачі.

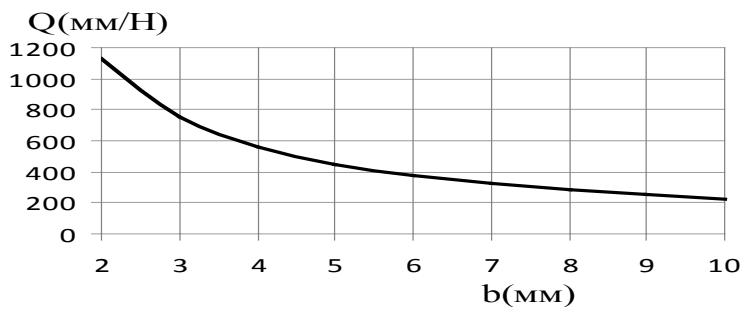


Рис. 6 – Графік залежності сили закріплення Q від ширини губок b

Висновки. Проведені дослідження виділили типові схеми затискних пристосувань, які введені в базу даних середовища «MathCad», розглянули способи затискання деталей та їх розрахунок, а також навели графіки залежностей, які допомагають швидко визначити силу закріплення заготовки.

Список літератури: 1. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений / В.С. Корсаков. – М.: Машиностроение, 1983. – 277 с. 2. Гусев А.А. Технология машиностроения / А.А. Гусев, Е.Р. Ковальчук, И.М. Колесов. – М.: Машиностроение, 1986. – 480 с. 3. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков / М.А. Ансеров. – М.: Машиностроение, 1978. – 638 с. 4. Косилова А.Г. Справочник технолога-машиностроителя / А.Г. Косилова, Р.К. Мещеряков. – М.: Машиностроение, 1985 – . – Т.2. – 1985. – 495 с.

Bibliography (transliterated): 1. Korsakov V. (1983). Basics fixtures design. M: Machine-building, 277 p. 2. Gusev A. (1986). Mechanical engineering technology. M: Machine-building, 480 p. 3. Anserov M. (1978). Metal-cutting machines devices. M.: Machine-building, 638 p. 4. Kosilova A. (1985). Reference engineer-machine builder. Vol.2. . M: Machine-building, 495 p.

Надійшла (received) 05.04.2014

УДК 621.9.019

В. М. БУРДЕЙНА, асистент, УІПА, Харків,

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ КООРДИНОВАНИХ РОЗМІРІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ОПЕРАЦІЇ КЕРНІННЯ

В статті розглянуті проблеми забезпечення точності координованих отворів за допомогою використання емпіричних залежностей для полів розсіювання отворів, що оброблюються операцією кернінням. Запропоновані математичні моделі для розрахунку полів розсіювання розмірів від бази та позиційного відхилення осей отворів, з урахуванням вильоту ріжучого інструменту та кута при вершині керна. Визначена питома вага факторів при розрахунку полів розсіювання.

Ключові слова: точність, отвір, розсіювання, керніння, свердління, обробка, лунка, твердість, зусилля, модель.

Вступ. Завдання більш повного використання метало ріжучого обладнання і в першу чергу багатоопераційних верстатів, передбачає не тільки посилення вимог до окремих елементів верстатів, але і застосування таких способів обробки, які б при гарантованому забезпеченні заданої точності були економічно вигідні.

© В. М. БУРДЕЙНА, 2014

При обробці отворів діаметром від 1 мм до 6 мм мірним інструментом є тенденція до максимального скорочення наладок, містять напрямні кондукторні плити при забезпеченні заданої точності за рахунок безкондукторної обробки.

Однією з найважливіших проблем верстатобудування [1] є проблема забезпечення заданої точності обробки та прогнозування її на стадії проектування металорізального обладнання.

При обробці отворів на агрегатних верстатах та автоматичних лініях значні труднощі полягають у досягненні необхідної точності координат розташування цих отворів. У цьому випадку конструктор, як правило, передбачає спрямування ріжучого інструменту по кондукторних втулках, що пов'язано з додатковими витратами як при конструюванні, так і при виготовленні верстата.

При обробці отворів мірним інструментом на агрегатних верстатах є тенденція до максимального скорочення наладок, що містять направляючі кондукторні плити при забезпеченні необхідної точності за рахунок безкондукторної обробки [2]. Крім того, практика показала, що в процесі розробки якої конструкції необхідно в обов'язковому порядку проводити розмірний аналіз всіх конструкторних рішень. У агрегатобудуванні це перш за все відноситься до розрахунку вихідних параметрів координованих розмірів отворів.

Проблема прогнозування точності координованих розмірів ускладнюється при багатоперехідній обробці отворів мірним інструментом з використанням безкондукторної схеми. Зведений з цього питання в літературних джерелах немає. Основними факторами [3,4], що впливають на точність координованих розмірів (розмір від бази і позиційне відхилення осей оброблюваних отворів) є: механічні властивості оброблюваного матеріалу, жорсткість різального інструмента за торець шпинделя, вихідна точність розташування оброблюваної поверхні заготовки по відношенню до осі свердла, геометричні параметри ріжучої частини інструменту та ін.

При конструюванні металорізального обладнання, окремі позиції якого призначені для обробки в суцільному матеріалі отворів $d = (1-6)$ мм, деякі іноземні фірми (Olivetti, Kinsburi) перед свердлінням ввели такий перехід як керніння, припускаючи, що отримана при цьому лунка дасть більш точний напрямок ріжучого інструменту при подальшому свердлінні.

Мета роботи. Метою наших досліджень було визначення оптимальних параметрів обробки координованих отворів при кернінні і кернінні з наступним свердлінням.

Методика дослідження. Експериментальні дослідження керніння лунок проводилося трьома способами:

- керніння з ударом в кінці робочого ходу пінолі (посилення удару становило 100 Н);

- нанесення лунок з використанням пневмоциліндру (посилення деформування становило 1500 Н - 2000 Н);

- керніння лунок ненаголошених деформуванням за допомогою електромеханічного приводу пінолі (зусилля деформації - 1000 Н).

Матеріалом в експериментах використовувалися заготовки зі сталі 45 (HB =

2000МПа - 22000 МПа) сірого чавуну СЧ 15 (НВ = 1000 МПа - 1200 МПа) і алюміній сплаву АКЧ (НВ = 500 МПа - 550 МПа).

Дослідженню піддавалися наступні фактори: кут при вершині керна $\alpha = 60^\circ$ і $\alpha = 90^\circ$, а також твердість оброблюваного матеріалу (НВ). Величина зазору між керном і отвором втулки, що виправляє, $T_s = (5 \div 10)$ мкм, довжина втулки, що спрямовує, прийнята була максимальною $l_{вт} = 50$ мм, виліт керна за торець втулки $l_x = (10 \div 12)$ мм.

Математичні моделі при використанні операції керніння. В експериментальних дослідженнях з використанням методики планування експерименту [5] необхідно перевірити вплив геометричних, жорсткісних факторів на точність механічної обробки. За вихідний параметр прийнято поле розсіювання координованих розмірів, яке складається з поля розсіювання розміру від базової поверхні або осі (ω_B) і позиційного відхилення осей оброблюваних отворів (ω_O).

У результаті проведення повного факторного експерименту [6,7] і математичної обробки даних експериментів отримані наступні рівняння оптимізації для визначення діаметру відбитка d_{opt} і глибини його l_{opt} :

$$d_{opt} = 1387 \frac{P^{0,2} \cdot \alpha^{0,426}}{HB^{0,32}} \quad (1)$$

$$l_{opt} = 1057,3 \frac{P^{0,205}}{\alpha^{1,21} \cdot HB^{0,32}} \quad (2)$$

де P - зусилля деформування матеріалу при кернінні.

Питома вага факторів в рівнянні (1) зусилля деформації $P = 22\%$, а кут керна $\alpha = 32\%$, твердість оброблюваного матеріалу $HB = 46\%$. У рівнянні (2) відповідно: $P \approx 14\%$, $\alpha \approx 58\%$, $HB \approx 28\%$.

Дослідження показали, що зусилля керніння P надає менш істотний вплив як на величину відбитка (d_{opt}) так і на глибину його (l_{opt}) і складає відповідно від 22% до 14%. Кут керна α прямопропорційно впливає на d_{opt} і його питома вага становить 32%, а на глибину - оберненопропорційно впливає і дуже суттєво - до 58%.

Твердість матеріалу надає більш істотний вплив на d_{opt} (46%), ніж на його глибину l_{opt} (28%).

Данні результати вказують на те, що глибина від печатка збільшується більш істотно зі збільшенням зусилля керніння і зменшенням кута керна. Мінімальні кути α , рекомендовані для відносно м'яких матеріалів (сірого чавуну і алюмінієвого сплаву) $\alpha_{min} = 60^\circ$, а для сталі $\alpha_{min} = (70 \div 75)^\circ$.

Однак технологічно більш важливо забезпечувати певний діаметр відбитка для подальшого переходу свердління отворів. Для виявлення впливу похибки позиціонування (переходу з однієї позиції на іншу) був введений ще один фактор T_s . Тоді вихідне рівняння оптимізації повного факторного експерименту типу 2^5 буде мати наступний вигляд:

$$w_{B,O} = f(\alpha, HB, T_s, d_H, j) \quad (3)$$

де ω_B - практичне поле розсіювання розмірів від бази; ω_O - практичне поле розсіювання позиційних відхилень; d_H - діаметр ріжучого інструменту, мм.

Після математичної обробки результатів експериментальних досліджень отримані наступні рівняння оптимізації для розрахунку практичних полів розсіювання:

- розмірів від бази:

$$w_B = 505,47 \frac{\alpha^{0,127} \cdot HB^{0,061} \cdot T_C^{0,1199}}{d_H^{0,295} \cdot j^{0,25}} \quad (4)$$

- Позиційних відхилень осей отворів:

$$w_O = 22,4 \frac{\alpha^{0,47} \cdot T_C^{0,079}}{d_H^{0,194} \cdot HB^{0,01} \cdot j^{0,026}} \quad (5)$$

Нижче в табл. 1 представлені питома вага факторів у залежностях (4) і (5).

Таблиця 1 – питома вага факторів

Поле розсіювання	Питома вага, %				
	α	d_H	HB	j	T_C
ω_B	14	33	7	32	14
ω_O	60	25	1	4	10

Математичні моделі точності координованих розмірів при кернінні - свердлінні – розгортанні. Експериментальні дослідження виконані для трьохперехідної обробки: 1 період - керніння лунки ; 2 перехід - свердління отвору ; 3 перехід - одноразове розгортання .

Статистичні характеристики розсіювання координованих [7] розмірів представлені: для розміру від бази - (табл. 2), для міжосьових розмірів - (табл. 3) для позиційних відхилень - (табл. 4).

Для кожної залежності використовуємо повний факторний експеримент типу ПФЕ. Кожна точка плану експерименту являє собою розсіювання розмірів ω_R , ω_B , або позиційних відхилень ω_O на базовій довжині 10 мм. Поля розсіювання розмірів визначалися на підставі обробки експериментальних заготовок на агрегатних верстатах або багатоцільових розточувальних верстатах з наступним виміром точностних параметрів і обробкою результатів, що отримані на основі математичної статистики та теорії ймовірностей.

Основними статистичними характеристиками [7] є середні арифметичні відхилення розмірів: середньоквадратичні відхилення розмірів :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (X_i - \bar{X})^2 f_i}{n}} \quad (6)$$

де f_i - емпірична частота потрапляння відхилень розмірів в заданий інтервал; X_i - значення і-го розміру; n - обсяг вибірки.

На підставі досліджень встановлено, що точність координованих розмірів підпорядковується закону нормального розподілу, а поле розсіювання визначається за формулою (7):

$$w_{R,B} = 2l_H \cdot S \quad (7)$$

де S - середньоквадратичне відхилення досліджуваного параметра

Статистичні характеристики при кернінні, свердління і розгортанні для розмірів представлені в табл. 2

Таблиця 2 – статистичні характеристики при кернінні, свердління і розгортанні для розмірів

Номер ПФЕ	Фактори				Характеристики розподілення, мкм			Закон розсіювання	Поле розсіювання
	$I_{и}$	$d_{и}$	НВ	j	$\square X$	S	W		
1	-	-	-	-	46,0	17,5	80	Нормальний	147
2	+	-	-	-	40,0	21,3	100	Нормальний	179
3	-	+	-	-	29,0	18,9	90	Нормальний	159
4	+	+	-	-	26,0	20,7	90	Нормальний	174
5	-	-	+	-	68,0	22,26	120	Нормальний	187
6	+	-	+	-	50,0	22,6	120	Нормальний	190
7	-	+	+	-	44,0	22,0	120	Нормальний	185
8	+	+	+	-	98,0	22,26	120	Нормальний	187
9	-	-	-	+	43,0	13,0	50	Нормальний	109
10	+	-	-	+	63,0	23,8	10	Нормальний	200
11	-	+	-	+	55,0	16,1	80	Нормальний	135
12	+	+	-	+	82,0	16,4	80	Нормальний	138
13	-	-	+	+	56,0	14,0	60	Нормальний	118
14	+	-	+	-	50,0	23,6	100	Нормальний	198
15	-	+	+	+	41,0	17,1	70	Нормальний	144
16	+	+	+	+	44,0	19,3	90	Нормальний	162

Статистичні характеристики при кернінннн, свердління і розгортанні для міжосьових розмірів представлені в табл. 3.

Таблиця 3 – статистичні характеристики при керніннн, свердління і розгортанні для міжосьових розмірів (ω_B)

Номер ПФЕ	Фактори				Характеристики розподілення, мкм			Закон розсіювання	Поле розсіювання
	$I_{и}$	$d_{и}$	НВ	j	$\square X$	S	W		
1	-	-	-	-	44,4	22,0	100	Нормальний	185
2	+	-	-	-	35,0	22,6	100	Нормальний	190
3	-	+	-	-	62,5	21,9	90	Нормальний	184
4	+	+	-	-	51,1	25,0	100	Нормальний	210
5	-	-	+	-	37,0	25,2	100	Нормальний	212
6	+	-	+	-	65,0	26,5	115	Нормальний	223
7	-	+	+	-	46,0	23,3	100	Нормальний	196
8	+	+	+	-	58,9	23,6	90	Нормальний	198
9	-	-	-	+	52,7	15,5	70	Нормальний	130
10	+	-	-	+	41,3	14,64	100	Нормальний	207
11	-	+	-	+	73,8	16,66	70	Нормальний	140
12	+	+	-	+	82,3	19,0	75	Нормальний	160
13	-	-	+	+	95,0	15,8	65	Нормальний	133
14	+	-	+	-	56,8	26,8	125	Нормальний	225
15	-	+	+	+	65,8	21,0	80	Нормальний	169
16	+	+	+	+	85,9	23,2	95	Нормальний	195

Статистичні характеристики при кернінні, свердління і розгортанні для позиційних відхилень осей отворів (ω_0) на довжині 10 мм представлені в табл. 4.

Таблиця 4 – статистичні характеристики при кернінні, свердління і розгортанні для позиційних відхилень осей отворів (ω_0) на довжині 10 мм

Номер ПФЕ	Фактори				Характеристики розподілення, мкм			Закон розсіювання	Поле розсіювання
	$l_{и}$	$d_{и}$	HВ	j	\bar{X}	S	W		
1	-	-	-	-	53,0	8,5	40	Ексцентриситету	62
2	+	-	-	-	66,5	8,6	40	Ексцентриситету	63
3	-	+	-	-	35,6	5,75	25	Ексцентриситету	42
4	+	+	-	-	100,8	13,15	70	Ексцентриситету	96
5	-	-	+	-	84,4	8,9	35	Ексцентриситету	65
6	+	-	+	-	76,6	13,7	65	Ексцентриситету	100
7	-	+	+	-	82,0	10,96	45	Ексцентриситету	80
8	+	+	+	-	50,0	12,3	50	Ексцентриситету	90
9	-	-	-	+	93,0	4,8	20	Ексцентриситету	35
10	+	-	-	+	35,0	7,3	25	Ексцентриситету	53
11	-	+	-	+	11,8	7,1	25	Ексцентриситету	52
12	+	+	-	+	21,1	7,45	30	Ексцентриситету	54
13	-	-	+	+	75,0	11,8	50	Ексцентриситету	86
14	+	-	+	-	83,0	13,15	55	Ексцентриситету	96
15	-	+	+	+	74,0	10,96	50	Ексцентриситету	80
16	+	+	+	+	99,2	13,15	50	Ексцентриситету	96

Побудуємо графіки полів розсіювання. Графік залежності полів розсіювання від бази після операції керніння представлений на рис. 1

Результати залежності міжосьових розмірів представлені на рис. 2.

Результати залежності полів розсіювання міжосьових розмірів після операції кернування – свердління представлені на рис. 3.

Кодовані значення чинників, що змінюються, визначаються [8] з наступних залежностей:

$$Z_1 = \frac{(\lg l - 1,954)}{0,15} \quad (8)$$

$$Z_2 = \frac{(\lg l_{и} - 1,653)}{0,15} \quad (9)$$

$$Z_3 = \frac{(\lg d_{и} - 0,778)}{0,3495} \quad (10)$$

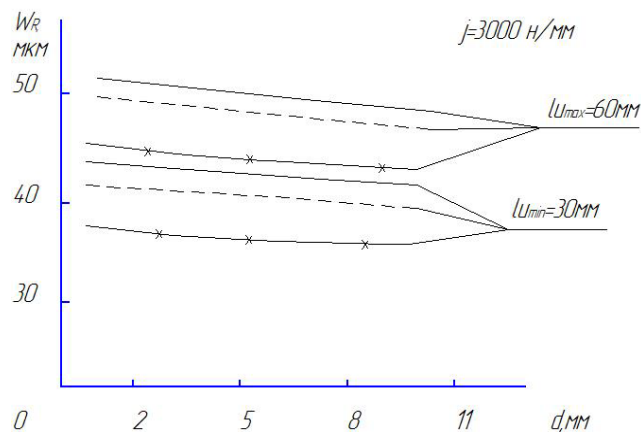


Рис. 1 – Залежність полів розсіювання від бази після керніння на агрегатних верстатах

$$Z_4 = \frac{(\lg HB - 3,243)}{0,389} \quad (11)$$

$$Z_5 = \frac{(\lg j - 3,462)}{0,398} \quad (12)$$

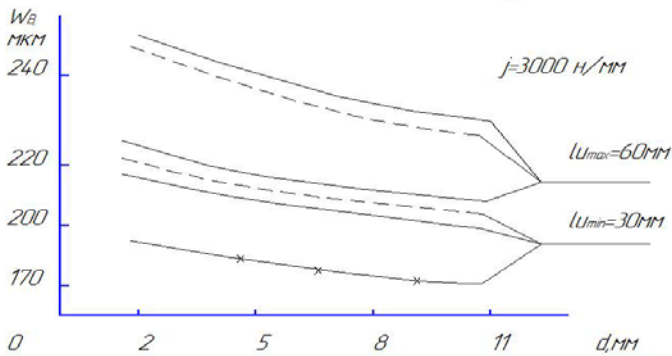


Рис. 2 – Графіки полів розсіювання міжосьових розмірів після керніння на агрегатних верстатах

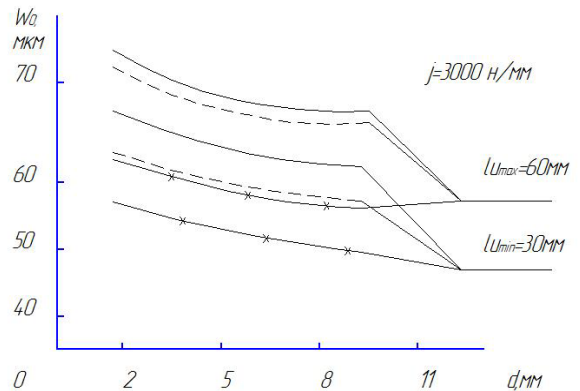


Рис. 3 – Графік полів розсіювання розмірів після кернування – свердління

Після математичної обробки результатів експериментальних досліджень отримані наступні рівняння оптимізації для розрахунку практичних полів розсіювання координованих розмірів:

з урахуванням кута при вершині керна:

$$w_R = 103,8 \frac{\alpha^{0,27} \cdot HB^{0,056}}{d_H^{0,016} \cdot j^{0,096}} \quad (13)$$

$$w_B = 81,3 \frac{\alpha^{0,29} \cdot HB^{0,051}}{d_H^{0,0125} \cdot j^{0,098}} \quad (14)$$

$$w_O = 3,45 \frac{\alpha^{0,25} \cdot HB^{0,307}}{d_H \cdot j^{0,051}} \quad (15)$$

з урахуванням вильоту ріжучого інструменту:

$$w_R = 96,6 \frac{l_H^{0,27} \cdot HB^{0,056}}{d_H^{0,016} \cdot j^{0,096}} \quad (16)$$

$$w_B = 76,3 \frac{l_H^{0,29} \cdot HB^{0,051}}{d_H^{0,0125} \cdot j^{0,098}} \quad (17)$$

$$w_O = 4,12 \frac{l_H^{0,25} \cdot HB^{0,307}}{d_H \cdot j^{0,051}} \quad (18)$$

Нижче в табл. 5 представлені питома вага факторів у залежностях (13-18).

Таблица 5 – Питома вага факторів

Поле розсіювання	Питома вага, %			
	l_H	d_H	HB	j
w_B	41	4	19	36
w_O	20	4	64	12
w_R	38	5	20	97

Висновок. На підставі виконаних досліджень можна зробити наступні висновки:

-подібні порівняльні дослідження в практиці конструювання металорізального обладнання виконані вперше ;

-отримані емпіричні залежності для розрахунку практичних полів розсіювання розмірів від бази і позиційних відхилень осей оброблюваних отворів ;

-точність розташування лунок при ударному кернінні вище, ніж при безударному від пневмоприводу. Це пояснюється наявністю вихідних геометричних погрешностей в технологічній системі ;

-ударне керніння забезпечує розсіювання розмірів у межах від 0,05 мм до 0,075 мм, цілком може бути використано як перший перехід перед подальшому свердлінні отворів від 1 мм до 6 мм.

Емпіричні залежності для розрахунку координованих розмірів виведені для технологічних систем, що містять головки булані, силові столи та бабки, а також розточувальні головки, тому що кожна з перерахованих систем має різну жорсткість. Досліджений вплив кожного з істотних факторів на точність координованих розмірів: способу керніння (ударний або безударний), величини кута при вершині керна, твердості матеріалу, діаметра свердла та ін.

Список літератури: 1. Исследование актов определяющих точность обработки деталей на агрегатных станках ХПО. Раздел 1: Отчет о НИР (промежуточ.) [Текст] / УЗПИ -№ ГР 0182802662 // Инв. №02840041668. – Харьков, 1983. **2.** Исследование надежности технологических систем агрегатных станков: Отчет о НИР (промежуточ.) [Текст] / УЗПИ - № ГР 01860121817 // Инв. №02890018571. – Харьков, 1988. **3.** Бирюков, В. Д. Методы обработки резанием круглых отверстий [Текст] / под ред. В. Д. Бирюкова. – Машиностроение, 1989. – С. 124–155. **4.** Душинский, В. В. Оптимизация технологических процессов в машиностроении [Текст] / В. В. Душинский; под. ред. Г.Э. Таурита. – Киев, Техніка, 1977. – С. 85–90. . Карцев, П. Г. Статистические методы исследования режущего инструмента [Текст] / П. Г. Карцев. – М.: Машиностроение, 1974. – С. 192–230. **6.** Колкер, Я. Д. Математический анализ точности механической обработки деталей [Текст] / Я. Д. Колкер. – К.: Техніка, 1976. – 200 с. **7.** Солонин, И. С. Математическая статистика в технологии машиностроения [Текст] / И. С. Солонин. – М.: Машиностроение, 1972. – С 150–185. **8.** Odom, P. R. Nomographs for computer simulation [Text] / P. R. Odom, R. E. Shannon // Industrial Engineering. – 1973. – Vol. 5, № 11. – P. 603–614.

Bibliography (transliterated): 1. Issledovanie aktov opredel'ajushhih tochnost' obrabotki detalej na agregatnyh stankah НРО. Razdel 1: Otchet o NIR (promezhutoch.) (1983). UZPI -№ GR 0182802662. Inv. №02840041668. Kharkov. **2.** Isledovanie nadezhnosti tehnologicheskikh sistem agregatnih stankov: Otchet o NIR (promezhutoch.) (1988). UZPI - № GR 01860121817. Inv. №02890018571. Kharkov. **3.** Birjukov, V. D. (1989). Metody obrabotki rezaniem kruglyh otverstij. Mashinostroenie, 124–155. **4.** Dushinskij, V. V. (1977). Optimizacija tehnologicheskikh processov v mashinostroenii. Kiev, Tehnika, 85–90. **5.** Karcev, P. G. (1974). Statisticheskie metody issledovanija rezhushhego instrumenta. Mashinostroenie, 192–230. **6.** Kolker, Ja. D. (1976). Matematicheskij analiz tochnosti mehanicheskoy obrabotki detalej. Tehnika, 200. **7.** Solonin, I. S. (1972). Matematicheskaja statistika v tehnologii mashinostroenija. Mashinostroenie, 150–185. **8.** Odom, P. R., Shannon, R. E. (1973). Nomographs for computer simulation. Industrial Engineering, Vol. 5, № 11, 603–614.

Надійшла (received) 25.05.2014