

УДК 621.923

Ф. В. НОВИКОВ, О. С. КЛЕНОВ, Д. Ф. НОВИКОВ**ЭФФЕКТИВНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ**

У роботі обґрунтовано основні переваги застосування збірних лезових твердосплавних інструментів зі зносостійкими покриттями зарубіжного виробництва. Наведено експериментальні дані трудомісткості обробки і сумарних витрат на операціях точіння, фрезерування і свердління інструментами фірми *Tungaloy* і показано їх переваги порівняно з традиційно застосовуваними на підприємствах твердосплавними інструментами. Встановлено, що відношення витрат на заробітну плату і на інструмент на операції точіння приймає значно більші значення, ніж на операції фрезерування. Це вказує на те, що на операції фрезерування фактично максимально використовуються ріжучі можливості інструментів.

Ключові слова: механічна обробка, твердосплавний інструмент, зносостійке покриття, операція точіння, операція фрезерування, витрати на заробітну плату, витрати на інструмент, продуктивність обробки, собівартість обробки.

В работе обоснованы основные преимущества применения сборных лезвийных твердосплавных инструментов с износостойкими покрытиями зарубежного производства. Приведены экспериментальные данные трудоемкости обработки и суммарных затрат на операциях точения, фрезерования и сверления инструментами фирмы *Tungaloy* и показано их преимущество по сравнению с традиционно применяемыми на предприятиях твердосплавными инструментами. Установлено, что отношение затрат на заработную плату и на инструмент на операции точения принимает значительно большие значения, чем на операции фрезерования. Это указывает на то, что на операции фрезерования фактически максимально используются режущие возможности инструментов.

Ключевые слова: механическая обработка, твердосплавный инструмент, износостойкое покрытие, операция точения, операция фрезерования, затраты на заработную плату, затраты на инструмент, производительность обработки, себестоимость обработки.

The work proved the main advantages of using modular blade carbide tools with wear-resistant coatings of foreign production. Experimental data processing and the complexity of the total cost of operations of turning, milling and drilling tools *Tungaloy* company and show their advantages over traditionally used at the enterprises of carbide tools. It was found that the ratio of the cost of wages and tool sharpening operations takes much greater value than the milling operation. This indicates that the milling operation for cutting tools actually used by the maximum possible.

Keywords: machining, carbide tools, wear-resistant coating, turning operation, milling operation, wage costs, tooling costs, processing performance, processing costs.

Постановка проблеми. Важним фактором підвищення ефективності технологій механічної обробки деталей машин стало застосування сучасних металорежущих станків з ЧПУ і прогресивних режущих інструментів, в особливості зарубіжного виробництва, які забезпечують підвищення якості та продуктивності обробки, зниження трудомісткості. Значительний досвід застосування таких інструментів накоплено в Фірмі «Ди-Мерус Інженеринг» ООО (г. Харків), де спеціалісти за каталогами можуть виробити вибір оптимальної за формою твердосплавної пластини і оправки інструмента для кожного конкретного випадку обробки на підприємстві. Пропонуються також нові режими різання, які забезпечують підвищення технологічних показників обробки. У зв'язі з цим, у поточній роботі проведено аналіз результатів досліджень і впровадження цих інструментів у виробництво і обґрунтовано умови їх ефективного використання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботах [1- 4] показано, що сучасні технології механічної обробки, засновані на застосуванні збірних твердосплавних режущих інструментів з зносостійкими покриттями зарубіжного виробництва, характеризуються високими показниками якості та продуктивності обробки, однак вимагають значительних витрат на їх придбання, що підвищує собівартість обробки і відповідно передопределяє пошук шляхів її зменшення. У зв'язі з цим у роботі обґрунтовано умови обробки, при яких собівартість обробки новими інструментами менше, а продуктивність більше, ніж при обробці традиційними

напайними твердосплавними інструментами, застосовуваними на підприємствах України.

Цель работы – визначення умов підвищення ефективності застосування технологій механічної обробки лезвийними твердосплавними інструментами з зносостійкими покриттями зарубіжного виробництва.

Основной материал. Сучасні режущі інструменти представляють собою збірні конструкції, в яких використовуються режущі пластини з твердих сплавів з зносостійкими покриттями виробництва провідних інструментальних фірм європейських держав, Ізраїля, Японії, Південної Кореї і т.д. Ці інструменти відрізняються високою зносостійкістю та продуктивністю, забезпечують високоякісну обробку деталей, виготовлених з матеріалів з підвищеними фізико-механічними властивостями (різні сталі та чугуни, високотверді наплавочні матеріали, кольорові метали, високотверді труднооброблювані неметалічні матеріали і т.д.). Висока твердість і зносостійкість інструментів дозволяє ефективно їх використовувати в умовах високоскоростного різання зі швидкістю 1000 м/хв і більше, а це призводить до суттєвого збільшення продуктивності обробки при забезпеченні високого якості оброблюваних поверхонь деталей [5, 6].

Особливо ефективно застосування цих інструментів на сучасних високооборотних металорежущих станках з ЧПУ типу «оброблювальний центр», які виконують високоскоростне різання для різних видів механічної обробки: точіння, різання, свердління, зенкування і розвертання отворів, фрезерування, шліфування і т.д.

© Ф. В. Новиков, О. С. Кленов, Д. Ф. Новиков, 2016

В этом случае обработка сложных по геометрической форме деталей производится фактически с одного станова, что резко повышает точность и качество обрабатываемых поверхностей. При этом многократно снижается трудоемкость обработки, так как не приходится обрабатывать деталь на разных станках при выполнении различных операций различными инструментами, что типично для традиционного машиностроения.

Благодаря концентрации операций также резко сокращается их количество и количество применяемых инструментов. Так, установлено, что в результате внедрения современных металлорежущих станков с ЧПУ и сборных твердосплавных режущих инструментов, работающих в условиях высокоскоростного резания, удалось при обработке сложнопрофильных агрегатов авиационной техники сократить количество технологических операций с 200 до 100, а режущих инструментов с 50 до 20 позиций. В связи с этим, в настоящее время значительная часть ответственных высокоточных деталей, обработка которых характеризовалась высокой трудоемкостью и себестоимостью, обрабатываются по новым технологиям высокоскоростного резания на современных высокооборотных металлорежущих станках с ЧПУ типа «обрабатывающий центр». Эффект обработки достигается еще и за счет того, что на твердосплавные пластины нанесены многослойные покрытия, характеризующиеся высокой износостойкостью и низким коэффициентом трения. Это снижает силы и температуру резания, и соответственно повышает показатели точности, качества и производительности обработки. Кроме того, применяемые твердые сплавы выдерживают более высокие температуры без снижения режущих свойств, что на порядок и более повышает стойкость инструментов по сравнению с традиционно применяемыми инструментами, изготовленными из отечественных твердых сплавов. Таким образом, переход в область высокоскоростной обработки открывает новые технологические возможности высококачественного изготовления деталей машин и систем.

В фирме «ДиМерус Инженеринг» ООО (г. Харьков) произведены обобщенные расчеты экономической эффективности внедрения режущих инструментов зарубежного производства. Установлено, что в среднем 22 % себестоимости изготовленного изделия составляет стоимость сырья и материалов, 3 % - затраты на инструмент, 75 % - затраты на оборудование, заработную плату и накладные расходы. Если же цену инструмента, закупаемого предприятием, уменьшить на 20 %, то суммарная экономия составит лишь 0,6 %. При увеличении срока службы инструмента на 50 % суммарная экономия составит 1,5 %, а если с помощью этого инструмента увеличить производительность на 20 %, то затраты на оборудование, заработную плату и накладные расходы в себестоимости изделия уменьшатся на 15 %. Поэтому при увеличении стоимости инструмента на 50 % произойдет увеличение производительности и суммарная экономия производства составит 13,5 %. Из этого можно заключить, что, например, снижение на 10 % трудо-

емкости обработки экономически выгоднее, чем экономия на 10 % стоимости инструмента.

На рис. 1 и в табл. 1 приведены суммарные затраты $Z = Z_{инстр} + Z_{оборуд} + Z_{з/n} + P_{расх}$ на обработку 1 детали (где $Z_{инстр}$ - затраты на инструмент; $Z_{оборуд}$ - затраты на оборудование; $Z_{з/n}$ - затраты на заработную плату; $P_{расх}$ - прочие расходы) при выполнении операции точения деталей из стали 45 традиционным инструментом (предприятие) и инструментом фирмы *Tungaloy* с применением оптимальных режимов резания. Диаметр детали D : максимальный 55 мм и минимальный 25 мм; скорость резания $V = 431,8$ м/мин; обороты шпинделя $n = 2500$ об/мин; подача на оборот $S_{\sigma} = 0,25$ мм/об.; подача $S_{мин} = 625$ мм/мин; глубина резания $t = 3$ мм; количество проходов - 1; суммарное линейное перемещение инструмента - 60 мм.

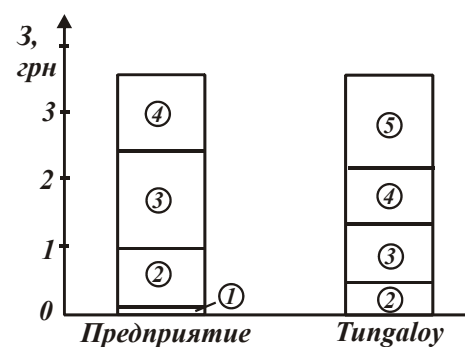


Рис. 1 – Суммарные затраты Z на выполнения операций точения традиционным инструментом (предприятие) и инструментом фирмы *Tungaloy*: 1 – $Z_{инстр}$; 2 – $Z_{оборуд}$; 3 – $Z_{з/n}$; 4 – $P_{расх}$; 5 – экономия Э

Как следует из табл. 1, трудоемкость обработки инструментом фирмы *Tungaloy* приблизительно в 2 раза меньше трудоемкости обработки традиционно применяемым на предприятии инструментом. Поэтому и суммарные затраты Z на выполнение операции точения (приходящиеся на одну деталь) инструментом фирмы *Tungaloy* меньше.

Затраты на инструмент $Z_{инстр}$ и на оборудование $Z_{оборуд}$ при обработке инструментом фирмы *Tungaloy* соответственно в 3,5 раза и в 1,87 раза меньше аналогичных затрат при обработке традиционно применяемым на предприятии инструментом.

Экономия затрат на 1 деталь в размере 1,32 грн (или 40 %) достигнута за счет применения инструментов фирмы *Tungaloy*, изготовленных из более износостойких твердых сплавов с покрытием.

Согласно табл. 1 наибольшими затратами являются затраты на заработную плату рабочего $Z_{з/n}$, составляющие соответственно 36,36 % и 38,38 % для обработки традиционным инструментом и инструментом фирмы *Tungaloy*. Поэтому уменьшить суммарные затраты на обработку одной детали Z можно прежде всего за счет уменьшения этой статьи затрат, которая прямо пропорционально связана с временем обработки детали.

Таблица 1 – Расчет суммарных затрат Z на выполнение операции точения

Статьи расходов (показатели) на 1 деталь	Ед. изм.	Вариант 1 (базовый)	Вариант 2 (внедряемый)	Доля статей расходов, %	
		Предприятие	Tungaloy	Предприятие	Tungaloy
Трудоемкость обработки T	час.	0,0175	0,009		
Затраты на инструмент $Z_{инстр}$	грн.	0,07	0,02	2,12	1,01
Затраты на оборудование $Z_{оборуд}$	грн.	0,86	0,46	26,07	23,24
Затраты на заработную плату $Z_{з/н}$	грн.	1,20	0,76	36,36	38,38
Прочие расходы $P_{расх}$	грн.	1,17	0,74	35,45	37,37
Суммарные затраты Z	грн.	3,30	1,98	100	100
Экономия затрат на 1 деталь	грн.		1,32		

Таблица 2 – Расчет суммарных затрат Z на выполнение операции фрезерования

Статьи расходов (показатели) на 1 деталь	Ед. изм.	Вариант 1 (базовый)	Вариант 2 (внедряемый)	Доля статей расходов, %	
		Предприятие	Tungaloy	Предприятие	Tungaloy
Трудоемкость обработки T	час.	0,37	0,16		
Затраты на инструмент $Z_{инстр}$	грн.	5,64	2,24	5,69	4,0
Затраты на оборудование $Z_{оборуд}$	грн.	27,18	13,26	27,44	23,73
Затраты на заработную плату $Z_{з/н}$	грн.	29,18	17,81	29,46	31,85
Прочие расходы $P_{расх}$	грн.	37,05	22,6	37,41	40,42
Суммарные затраты Z	грн.	99,05	55,91	100	100
Экономия затрат на 1 деталь	Грн.		43,14		

Таблица 3 – Расчет суммарных затрат Z на выполнение операции сверления

Статьи расходов (показатели) на 1 деталь	Ед. изм.	Вариант 1 (базовый)	Вариант 2 (внедряемый)	Доля статей расходов, %	
		Предприятие	Tungaloy	Предприятие	Tungaloy
Трудоемкость обработки T	час.	0,18	0,18		
Затраты на инструмент $Z_{инстр}$	грн.	0,98	4,16	0,87	3,44
Затраты на оборудование $Z_{оборуд}$	грн.	7,38	7,73	6,57	6,4
Затраты на заработную плату $Z_{з/н}$	грн.	18,20	19,05	16,19	15,77
Прочие расходы $P_{расх}$	грн.	85,85	89,86	76,37	74,39
Суммарные затраты Z	грн.	112,41	120,80	100	100
Экономия затрат на 1 деталь	грн.		8,39		7,46

Следовательно, чем меньше время обработки детали и соответственно больше производительность обработки, тем меньше затраты на заработную плату рабочего $Z_{з/н}$. Исходя из этого, производительность обработки необходимо увеличивать до максимально возможного значения, определяемого режущими свойствами инструмента. В работе [7] приведена аналитическая зависимость для определения себестоимости обработки с учетом двух статей затрат: на заработную плату рабочего $Z_{з/н}$ и инструмент $Z_{инстр}$:

$$C = \frac{1}{1 - \frac{p}{m_1} - \frac{q}{m_1 \cdot t}} \cdot \left[\frac{\alpha_2 \cdot (m_1 - 1)}{\alpha_1} \right]^{m_1} \cdot \alpha_1 \cdot \left[\frac{1}{z} + \frac{z^{m_1 - 1}}{(m_1 - 1)} \right], \quad (1)$$

где $\alpha_1 = N \cdot g \cdot S_{час} \cdot k$;

$$\alpha_2 = N \cdot \frac{g \cdot C}{C_4};$$

N – количество обрабатываемых деталей;
 g – объем металла, снимаемого с одной детали, m^3 ;

$S_{час}$ – тарифная ставка рабочего, грн;

k – коэффициент, учитывающий всевозможные начисления на тарифную ставку рабочего;

C – цена режущего инструмента, грн;

S – подача, м/об;

t – глубина резания, м;

C_4, m_1, q, p – постоянные, характеризующие

стойкость инструмента, для определенных условий обработки ($m_1 > p > q; m_1 > 1$);

$z = Q / Q_{экстр}$;

$Q = V \cdot t \cdot S$ – производительность обработки (при продольном точении), m^3/c ;

V – скорость резания, м/мин;

$Q_{экстр}$ – производительность обработки, соответствующая точке минимума себестоимости обработки C .

Установлено, что с увеличением производительности обработки Q (или $z = Q/Q_{экстр}$) относительная себестоимость обработки $\bar{C} = C/C_{min}$ изменяется по экстремальной зависимости, проходя точку минимума (рис. 2), где C_{min} – минимальное значение себестоимости обработки.

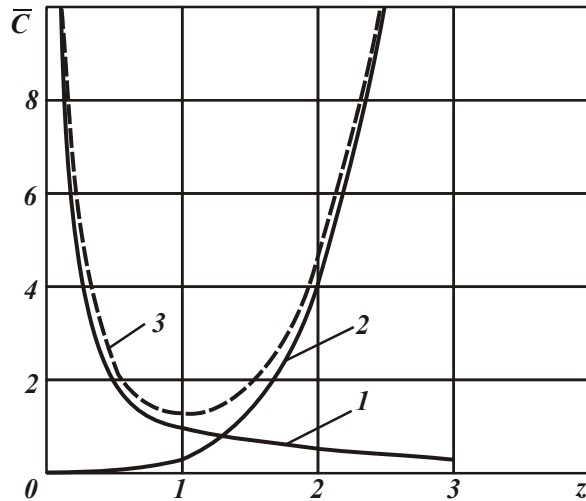


Рис. 2 – Характер изменения относительных затрат на заработную плату рабочего (1), относительных затрат на инструмент (2) и относительной себестоимости обработки \bar{C} (3) для $m_1 = 5$.

Экстремальность зависимости $C - z$ обусловлена тем, что первое слагаемое (определяющее $Z_{3/n}$) уменьшается с увеличением z , а второе (определяющее $Z_{инстр}$), наоборот, увеличивается (рис. 2). Минимальное значение C_{min} определяется из условия $z = 1$ зависимостью:

$$C = \frac{1}{\frac{1-p}{S} \cdot \frac{1-q}{m_1 \cdot t} \cdot \frac{1}{m_1}} \cdot \left[\frac{\alpha_2 \cdot (m_1 - 1)}{\alpha_1} \right]^{m_1} \cdot \alpha_1 \cdot \left[1 + \frac{1}{(m_1 - 1)} \right]. \quad (2)$$

В точке минимума себестоимости обработки отношение затрат $Z_{3/n} / Z_{инстр} = (m_1 - 1)$.

Согласно экспериментальным данным, при обработке традиционными твердосплавными и быстрорежущими инструментами $m_1 = 5 \dots 8$, а при обработке твердосплавными инструментами с износостойкими покрытиями зарубежного производства $1 < m_1 < 4$. Следовательно, в точке минимума себестоимости обработки отношение затрат $Z_{3/n} / Z_{инстр}$ соответственно равно $4 \dots 7$ и $0 < Z_{3/n} / Z_{инстр} < 3$.

Исходя из табл. 1, отношение затрат $Z_{3/n} / Z_{инстр}$ для варианта 1 (базового) равно 17, а для варианта 2 (внедряемого - инструментом фирмы *Tungaloy*) равно 38. Это указывает на то, что имеет место значительное недоиспользование возможностей

инструментов с точки зрения производительности обработки, т.к. себестоимость обработки значительно больше минимального значения. В связи с этим, производительность обработки необходимо увеличивать за счет увеличения скорости резания V до значения, при котором себестоимость обработки уменьшится до точки минимума, т.е. когда отношение затрат $Z_{3/n} / Z_{инстр}$ примет указанные выше значения.

Подтверждением правильности сделанного вывода могут служить экспериментальные данные, полученные при исследовании операции фрезерования деталей из стали Х2ГСНВМ-ВД [7], согласно которым отношение затрат $Z_{3/n} / Z_{инстр}$ равно 4,5 (при обработке монолитной фрезой $\varnothing 40$ мм из быстрорежущей стали Р18) и 3,5 (при обработке сборной фрезой $\varnothing 42$ мм с пластинами из твердого сплава ТТ9030 с износостойким покрытием производства Южно-Корейской фирмы *TaeguTec*). В этом случае обработка производится с режимами резания, приближающимися к оптимальным, полученным из условия минимума себестоимости обработки. Таким образом, в работе предложен новый достаточно простой подход к определению оптимальных условий лезвийной обработки на основе заданного отношения затрат $Z_{3/n} / Z_{инстр}$.

Для сравнения в табл. 2 приведены суммарные затраты $Z = Z_{инстр} + Z_{оборуд} + Z_{3/n} + P_{расх}$ на обработку одной детали при выполнении операции фрезерования деталей из стали 45 традиционным инструментом (предприятие) и инструментом фирмы *Tungaloy* с применением оптимальных режимов резания. Соответственно, скорость резания V : 100,48 и 200,96 м/мин; обороты шпинделя n : 1000 и 2000 об/мин; количество зубьев фрезы: 4 и 3; подача на зуб S_z : 0,1 и 0,3 мм/зуб; подача на оборот S_ρ : 0,4 и 0,9 мм/об.; подача $S_{мин}$: 400 и 1800 мм/мин; глубина резания t : 4 и 6 мм; ширина резания B : 60 мм; количество проходов: 3 и 2; диаметр фрезы $D = 32$ мм.

В отличие от операции точения (табл. 1), на операции фрезерования трудоемкость обработки T и суммарные затраты Z значительно больше. Однако, как и на операции точения, на операции фрезерования применение инструмента фирмы *Tungaloy* приводит к уменьшению трудоемкости обработки T (в 2 раза) и суммарных затрат Z (в 1,77 раз) по сравнению с традиционно применяемым фрезерным инструментом.

Затраты на инструмент $Z_{инстр}$ и на оборудование $Z_{оборуд}$ при обработке инструментом фирмы *Tungaloy* также меньше, чем при обработке традиционным фрезерным инструментом. В результате достигнута экономия затрат на 1 деталь в размере 43,14 грн, что составляет 43,55 %. Как и на операции точения, основной эффект фрезерования – уменьшение суммарных затрат Z – достигается за счет уменьшения затрат на заработную плату рабочего $Z_{3/n}$, т.е. за счет увеличения производительности обработки на основе применения инструментов, обладающих высокой режущей способностью.

Исходя из табл. 2, отношение затрат $Z_{3/n} / Z_{инстр}$ для варианта 1 (базового) равно 5,17, а для варианта 2 (внедряемого - инструментом фирмы *Tungaloy*) равно 7,95. Следовательно, в отличие от операции точения (табл. 1), на операции фрезерования отношение затрат $Z_{3/n} / Z_{инстр}$ значительно меньше и приближается к значениям, соответствующим минимуму себестоимости обработки (рис. 2). Поэтому в этом случае максимально используются режущие возможности инструментов.

Для сравнения в табл. 3 также приведены суммарные затраты $Z = Z_{инстр} + Z_{оборуд} + Z_{3/n} + P_{расх}$ на обработку одной детали при выполнении операции сверления отверстий в деталях из стали 45 традиционным инструментом (предприятие) и инструментом фирмы *Tungaloy* с применением оптимальных режимов резания. Диаметр сверла $D = 16,5$ мм; $V = 181,34$ м/мин; $n = 3500$ об/мин; $S_{\phi} = 0,14$ мм/об.; $S_{мин} = 500$ мм/мин; количество проходов – 1; суммарное линейное перемещение инструмента – 30 мм.

Как и на операциях точения и фрезерования, на операции сверления трудоемкость обработки T меньше при использовании инструмента фирмы *Tungaloy*. Однако снижение трудоемкости и соответственно повышение производительности обработки незначительно, тогда как суммарные затраты значительно больше, чем на операциях точения и фрезерования. Это связано, прежде всего, со значительным увеличением прочих расходов $P_{расх}$.

Из переменных статей затрат наибольшими являются затраты на заработную плату рабочего $Z_{3/n}$.

Отношение затрат $Z_{3/n} / Z_{инстр}$ в данном случае для варианта 1 (базового) равно 18,6, а для варианта 2 (внедряемого - инструментом фирмы *Tungaloy*) равно 4,58. Это указывает на то, что применение инструмента фирмы *Tungaloy* позволяет максимально использовать его режущие свойства, в результате чего себестоимость обработки приближается к минимальному значению (рис. 2). Уменьшение отношения затрат $Z_{3/n} / Z_{инстр}$ при обработке инструментом фирмы *Tungaloy* предопределяет более высокие значения затрат на инструмент $Z_{инстр}$, которые согласно табл. 3, составляют 4,16 грн или 3,44 %. Вместе с тем, на операции сверления экономия затрат на 1 деталь меньше, чем на операциях точения и фрезерования и составляет всего 8,39 грн или 7,46 %.

Выводы. В работе обоснованы основные преимущества применения сборных лезвийных твердосплавных инструментов с износостойкими покрытиями зарубежного производства. Приведены экспериментальные данные трудоемкости обработки и суммарных затрат на операциях точения, фрезерования и сверления инструментами фирмы *Tungaloy* и показано их преимущество по сравнению с традиционно применяемыми на предприятиях твердосплавными инструментами. Установлено, что отношение затрат на заработную плату и на инструмент на операции точения принимает значительно большие значения, чем на операции фрезерования. Это указывает на то, что на

операции фрезерования максимально используются режущие возможности инструментов.

Список литературы

1. Обработка резанием деталей с покрытиями : монография / Клименко С.А., Коломиец В.В., Хейфец М.Л. и др.; под общ. ред. Клименко С.А. – К. : ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2011. – 353 с.
2. Жовтобрюх В.А. Повышение эффективности механической обработки деталей гидравлических систем путем выбора рациональных параметров операций по критерию себестоимости: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.02.08 “Технология машиностроения” / В.А. Жовтобрюх. – Мариуполь, 2012. – 21 с.
3. Жовтобрюх В.А. Разработка и внедрение эффективных технологических процессов механической обработки / В.А. Жовтобрюх // Сучасні системи технологій у машинобудуванні. Збірник наукових праць, присвячений 90-річчю з дня народження професора Одеського національного політехнічного університету (ОНПУ) Якимова О.В. – Д.: ЛІРА. – 2015. – С. 92-105.
4. Линчевский П.А. Обработка деталей на отделочно-расточных станках / П. А. Линчевский, Т. Г. Джугурян, А. А. Оргян. – К. : Техніка, 2001. – 300 с.
5. Кленов О.С. Повышение производительности и качества механической обработки на основе применения прогрессивных режущих инструментов / О.С. Кленов, Ф.В. Новиков, А.Г. Крюк // Вісник НТУ “ХПІ”. Збірник наукових праць. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х.: НТУ “ХПІ”. – 2013. – № 42 (1015). – С. 90-95.
6. Новиков Ф.В. Теоретическое обоснование условий повышения эффективности высокоскоростной обработки / Ф.В. Новиков, О.С. Кленов // Вісник НТУ “ХПІ”. Серія: Технології в машинобудуванні. – Х.: НТУ “ХПІ”. – 2014. – №42 (1085). – С. 106-111.
7. Жовтобрюх В.А. Определение оптимальных условий механической обработки по наименьшим затратам на операцию / В.А. Жовтобрюх, Ф.В. Новиков, Е.Ю. Бенин // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Машинобудування і машинознавство. Випуск 9 (205). – Донецьк: ДонНТУ, 2012. – С. 142-146.

References (transliterated)

1. Obrabotka rezaniem detaley s pokrytuyami : monografiya / Klimenko S.A., Kolomiets V.V., Khejfec M.L. i dr. ; pod obsh. red. Klimenko S.A. – K.: ISM im. V.N. Bakulya NAN Ukrainy, 2011. – 353 s.
2. Zhovtobriukh V.A. Povyshenie effektivnosti mekhanicheskoy obrabotki detaley gidravlicheskih sistem putem vybora ratsionalnykh parametrov operatsiy po kriteriyu sebestoimosti: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk: spets. 05.02.08 “Tekhnologiya mashinostroeniya” / V.A. Zhovtobriukh. – Mariupol, 2012. – 21 s.
3. Zhovtobriukh V.A. Razrabotka i vnedrenie effektivnykh tekhnologicheskikh protsessov mekhanicheskoy obrabotki / V.A. Zhovtobriukh // Suthasni sistemi tekhnologiy u mashinobuduvanni. Zbirnyk naukovykh prats, prisvyatheniy 90-riththiu z dnya narodzhennya profesora Odeckogo natsionalnogo politekhnichnogo universitetu (ONPU) Yakimova O.V. – Dnipropetrovck: LIRA. – 2015. – S. 92-105.
4. Linthevskiy P. A. Obrabotka detaley na otdelothno-rastothnykh stankakh / P. A. Linthevskiy, T. G. Dzhuguryan, A. A. Orgyan. – Kiev: Tekhnika, 2001. – 300 s.
5. Klenov O.S. Povyshenie proizvoditelnosti i kathestva mekhanicheskoy obrabotki na osnove primeneniya progressivnykh rezhushikh instrumentov / O.S. Klenov, F.V. Novikov, A.G. Kriuk // Visnyk NTU “KhPI”. Zbirnyk naukovykh prats. Seriya: Novi rishennya v suthasnykh tekhnologiyakh. – Kharkiv: NTU “KhPI”. – 2013. – № 42 (1015). – S. 90-95.
6. Novikov F.V. Teoreticheskoe obosnovanie usloviy povysheniya effektivnosti vysokoskorostnoy obrabotki / F.V. Novikov, O.S. Klenov // Visnyk NTU “KhPI”. Seriya: Tekhnologiy v mashinobuduvanni. – Kharkiv: NTU “KhPI”. 2014. – №42 (1085). – S. 106-111.
7. Zhovtobriukh V.A. Opredelenie optimalnykh usloviy mekhanicheskoy obrabotki po naimenshim zhatratam na operatsiyu / V.A. Zhovtobriukh, F.V. Novikov, E.Yu. Benin // Naukovi pratsi Donetskogo natsionalnogo tekhnichnogo universitetu. Seriya: Mashinobuduvannya i mashinoznavstvo. Vypusk 9 (205). – Donetsk: DonNTU, 2012. – S. 142-146.

Поступила (received) 07.10.2016