

**Коломиєць В. В.,**  
**Мазоренко Д. І.,**  
**Антощенко Р. В.,**  
**Богданович О. А.,**  
**Богданович С. А.,**  
*Харківський національний  
технічний університет сільськогосподарського  
хозяйства імені Петра Василенка*  
**E-mail:** kolomietsvlad1@ukr.net  
**Клименко С. А.,**  
**Копейкіна М. Ю.**  
*Інститут сверхтвёрдых материалов  
імені В. Н. Бакуля*  
**E-mail:** atmu@ism.kiev.ua

**ФИНАНСОВЫЕ ЗАТРАТЫ НА ВНЕДРЕНИЕ РЕЗЦОВ  
ИЗ ГЕКСАНИТА-Р ПРИ ТОЧЕНИИ ПОКРЫТИЙ  
НАПЛАВЛЕННЫХ ПОРОШКОВЫМИ  
ПРОВОЛОКАМИ**

УДК 621.902

DOI 10.37700/ts.2020.21.164-174

*Коломиєць В. В., Мазоренко Д. І., Антощенко Р. В., Богданович О. А., Богданович С. А., Клименко С. А., Копейкіна М. Ю. «Фінансові витрати на впровадження різців з гексаніта-р при точінні покриттів наплавлених порошковими дротами».*

*В роботі наведено методіку та приклад розрахунку фінансових витрат при впровадженні різців з надтвердого матеріалу на основі нітриду бору типу гексаном-Р при чистовому точінні матеріалів, наплавлених порошковими дротами. Встановлено залежність основних витрат від швидкості різання і матеріалу наплавленого шару. Показано, що витрати на заробітну плату робітника, обладнання, електроенергію і інструмент в основному залежать від технологічних параметрів процесу обробки, властивостей і неоднорідності зрізаного шару покриття. Технологічна собівартість обробки наплавлених матеріалів може точніше служити оцінкою працездатності інструментів з надтвердих матеріалів при їх впровадженні в ремонтне виробництво.*

*В результаті проведеного розрахунку обробки ряду покриттів з різним хімічним складом і різним ступенем неоднорідності отримано вплив швидкості різання на технологічну собівартість обробки, по якій можна судити про вплив фінансових витрат на працездатність різців з гексаніта-Р. Встановлено, що збільшенням швидкості різання технологічна собівартість зменшується різко до швидкості різання 1,5...2,0 м/с. Подальше збільшення швидкості різання мало впливає на зменшення технологічної собівартості обробки. При цьому для кожного наплавленого матеріалу виден свій інтервал швидкостей різання, який можна і при такій оцінці працездатності приймати за оптимальний. Визначено, що характер впливу швидкості різання, тобто продуктивності обробки, на фінансові витрати приблизно однаковий, але величини технологічної собівартості залежать від властивостей і неоднорідності покриття. З збільшенням твердості і неоднорідності покриття технологічна собівартість обробки зменшується, але екстремума, такою як при зміні стійкості або шляху різання, на кривих не спостерігається. Встановлено, що оцінка працездатності інструментів з сверхтвёрдых матеріалів при чистовому точінні покриттів фінансовими витратами на обробку може більш точно забезпечити їх раціональне застосування. При обробці покриттів різцями з гексаніта-Р слід визначити більші швидкості різання, ніж вони визначені в залежності від максимальної стійкості при прийнятій критерію зносу.*

**Ключевые слова:** працездатність, покриття, порошок, провіолока, швидкість різання, витрати.

*Коломиєць В. В., Мазоренко Д. І., Антощенко Р. В., Богданович О. А., Богданович С. А., Клименко С. А., Копейкіна М. Ю. «Фінансові витрати на впровадження різців з гексаніта-р при точінні покриттів наплавлених порошковими дротами».*

*В роботі наведено методіку та приклад розрахунку фінансових витрат при впровадженні різців з надтвердого матеріалу на основі нітриду бору типу гексаном-Р при чистовому точінні матеріалів, наплавлених порошковими дротами. Встановлено залежність основних витрат від швидкості різання і матеріалу наплавленого шару. Показано, що витрати на заробітну плату робітника, обладнання, електроенергію і інструмент в основному залежать від технологічних параметрів процесу обробки, властивостей і неоднорідності зрізаного шару покриття. Технологічна собівартість обробки наплавлених матеріалів може точніше служити оцінкою працездатності інструментів з надтвердих матеріалів при їх впровадженні в ремонтне виробництво.*

*В результаті проведеного розрахунку обробки ряду покриттів з різним хімічним складом і різним ступенем неоднорідності отримано вплив швидкості різання на технологічну собівартість обробки, по якій можна судити про вплив фінансових витрат на працездатність різців з гексаніта-Р. Встановлено, що збільшенням швидкості різання технологічна собівартість зменшується різко до швидкості різання 1,5...2,0 м/с. Подальше збільшення швидкості різання мало впливає на зменшення технологічної собівартості обробки.*

обробки. При цьому для кожного наплавленого матеріалу видно свій інтервал швидкостей різання, який можна і при такій оцінці працездатності приймати за оптимальний. Визначено, що характер впливу швидкості різання, тобто продуктивності обробки, на фінансові витрати приблизно однаковий, але величини технологічної собівартості залежать від властивостей і неоднорідності покриття. Зі збільшенням твердості і неоднорідності покриття технологічна собівартість обробки зменшується, але екстремуму, такого як при зміні стійкості або шляху різання, на кривих не спостерігається. Встановлено, що оцінка працездатності інструментів з надтвердих матеріалів при чистовому точінні покриттів фінансовими витратами на обробку може більш точно забезпечити їх раціональне застосування. При обробці покриттів різцями з гексаніта-Р слід призначати великі швидкості різання, ніж вони визначені в залежності від максимальної стійкості при прийнятному критерії зносу.

**Ключові слова:** працездатність, покриття, порошок, дрiт, швидкість різання, витрати.

V. Kolomiets, D. Mazorenko, R. Antoshchenkov, O. Bogdanovich, S. Bogdanovich, S. Klimenko, M. Kopeykina. "Financial costs for the introduction of cutters from hexanit-P when turning coatings deposited with flux-cored wires"

The paper presents a methodology and an example of calculating financial costs when introducing cutters made of a superhard material based on boron nitride of the hexanit-P type during finishing turning of materials deposited with flux-cored wires. The dependence of the main costs on the cutting speed and the material of the deposited layer is established. It is shown that the costs of wages for a worker, equipment, electricity and tools mainly depend on the technological parameters of the processing process, the properties and heterogeneity of the cut layer of the coating. The technological cost of processing the deposited materials can more accurately serve as an assessment of the performance of tools made of super hard materials when they are introduced into repair production.

As a result of the calculation of the processing of a number of coatings with different chemical composition and varying degrees of inhomogeneity, the effect of cutting speed on the technological cost of processing was obtained, by which one can judge the effect of financial costs on the performance of cutters made of hexanit-P. It has been established that with an increase in cutting speed, the technological cost decreases sharply to a cutting speed of 1.5...2.0 m/s. A further increase in cutting speed has little effect on reducing the technological cost of processing. In this case, for each deposited material, its own range of cutting speeds is visible, which can be taken as optimal even with such an assessment of performance. It has been determined that the nature of the effect of cutting speed, that is, processing productivity, on financial costs is approximately the same, but the value of the technological cost depends on the properties and heterogeneity of the coating. With an increase in the hardness and heterogeneity of the coating, the technological cost of processing decreases, but an extremum, such as when changing the resistance or cutting path, is not observed on the curves. It has been established that the assessment of the performance of tools made of super hard materials during finishing turning of coatings by financial costs of processing can more accurately ensure their rational use. When processing coatings with cutters made of hexanit-P, higher cutting speeds should be assigned than they are determined depending on the maximum resistance for the accepted wear criterion.

**Keywords:** efficiency, coating, powder, wire, cutting speed, costs.

## Введение

Сверхтвердые материалы на основе нитрида бора находят все новые области применения, одной из которых является чистовая обработка неоднородных наплавленных материалов высокой твердости. Высокие цены на этот материал сдерживают его широкое внедрение, несмотря на то, что он позволяет повысить производительность труда, обеспечить получение требуемого качества обработки.

## Актуальность проблемы

При внедрении в производство этого инструментального материала необходимо проводить расчеты финансовых затрат, которые могут обосновать его преимущество перед применяемым на той или иной операции [1]. За основу методики расчета финансовых затрат от внедрения операции чистовой обработки наплавленного материала резцами на основе нитрида бора может быть принята «Методика определения экономической эффективности внедрения синтетических алмазов» [2].

## Анализ последних исследований

Элементы режима резания выбираются на основе проведенных испытаний нового инструментального материала непосредственно в производственных условиях данного

предприятия при обработке конкретных деталей, для которых проводится расчет финансовых затрат для обоснования нового технологического процесса [3–6]. При внедрении нового инструментального материала из ПСТМ необходимо учитывать, что наряду с повышением производительности труда они приводят к повышению квалификации рабочих и выработке у них бережного отношения к новому виду инструмента. Опытным установлено, что финансовое обоснование применения резцов из гексанида-Р при обработке восстановленных наплавкой деталей машин является высоким стимулом при их первичном внедрении. Теоретическое определение зависимости технологической себестоимости обработки только от затрат на зарплату рабочему и стоимость израсходованного инструмента без учета затрат на эксплуатацию оборудования и фактический расход на электроэнергию является очень неточным, так как в наше время эти затраты стали весьма великими [7]. В этой работе учитываются лишь изменяющиеся статьи затрат и укрупненный расчет себестоимости обработки ( $C$ ) производится по зависимости:

$$C = N \cdot t_o \cdot S_u \cdot k + N_o \cdot Ц, \text{ грн.}, \quad (1)$$

где  $N$  и  $N_o$  – соответственно количество изготавливаемых изделий и потребляемых инструментов;

$t_o$  – основное технологическое время обработки;

$S_u$  – тарифная ставка рабочего;

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

$Ц$  – цена инструмента.

Такой расчет в современных условиях является очень неточным. Если же учитывать при этом и другие прямые затраты на вспомогательные материалы и производственные площади и общепроизводственные расходы, то в этих больших расходах будет незначима технологическая себестоимость обработки [8]. В этой работе обращено внимание на введение в Украине национальных стандартов, которое предусматривает определение только производственной себестоимости. При этом производственная себестоимость продукции определяется по формуле:

$$ПСП = МРn + РОТn + ДРn + ОР, \text{ грн.}, \quad (2)$$

где  $ПСП$  – производственная себестоимость продукции, грн.;

$МРn$  – прямые материальные расходы;

$РОТn$  – прямые расходы на оплату труда;

$ДРn$  – другие прямые расходы;

$ОР$  – общепроизводственные расходы.

Под материальными расходами понимаются расходы на инструмент. Другие же прямые и общепроизводственные расходы зависят от организаций этого предприятия, и они не влияют на истинную величину технологической себестоимости обработки новым дорогим инструментом. Еще более сложными расчетами технологической себестоимости обработки резанием являются расчеты, включающие организационные системы использования современного оборудования с автоматизацией производственных процессов [9]. В этой работе для определения производственных затрат на изготовление продукции вводится коэффициент организационно-технического использования производственных технологических систем (ПТС), характеризующий степень использования технологического оборудования, т.е.:

$$K_{o.t.u} = 1/B \rightarrow \max,$$

где  $B$  – потери времени работы оборудования.

Суммарные производственные затраты на оборудование рассчитываются по такой зависимости:

$$З_{\Sigma} = 1/a \cdot \ln \cdot ((b \cdot K_{omu} - a) / K_{omu}) + БР/\Phi \cdot K_{omu} + E \cdot Б, \text{ грн.}, \quad (3)$$

где  $a$  – коэффициент пропорциональности;

$$b = a/K_{np},$$

где  $K_{np}$  – предельный уровень значения  $K_{omu}$ ;

*B* – балансовая стоимость станка;  
*P* – коэффициент реновации;  
*Φ* – фонд рабочего времени станка;  
*E* – нормативный коэффициент окупаемости капиталовложений.

Приведенная зависимость может быть использована для расчета экономического обоснования внедрения нового оборудования и срока его окупаемости. Проведенный анализ расчетов технологической себестоимости обработки на дорогом зарубежном оборудовании с многопозиционным инструментом из сверхтвердых материалов и оценкой в долларах или другой валюте также не дает представления о преимуществах отечественного инструмента [10]. В этой работе приводится рассчитанная себестоимость обработки деталей зарубежным инструментом на зарубежном оборудовании с учетом курса доллара США по таким затратам: затраты на заработную плату основных рабочих, затраты на социальные отчисления основных рабочих, затраты на многопозиционную державку, затраты на сменную металлорежущую пластинку. Технологическая себестоимость продукции снова не учитывает балансовой стоимости дорогостоящего оборудования и его амортизацию и не учитывается также расход электроэнергии при работе оборудования.

### **Формирование цели исследования**

Цель данного исследования – обоснование расчета финансовых затрат при внедрении резцов из гексанита-Р. Для расчёта необходимо привести набор исходных данных и последовательность расчета чистового точения ряда наплавленных материалов порошковыми проволоками. Расчёт выполнен с использованием пакета прикладных программ для решения задач технических вычислений MatLab.

### **Результаты исследования**

Для проведения расчета необходимо на конкретном производстве подготовить все исходные данные для обработки каждой детали в отдельности и, используя эти данные, провести расчет. Ниже приведены исходные данные и пример укрупненного расчета финансовых затрат от замены операции шлифования восстановленных деталей обработкой резцами из гексанита-Р в условиях ремонтного предприятия. Для расчета финансовых затрат выбраны наплавочные материалы, которые уже обрабатывали резцами из гексанита-Р. Обрабатывали наплавленные образцы диаметром 50 на 60 мм из стали 40Х на токарном станке типа 16К20 без применения СОЖ. Параметры образцов были приняты специально такими, какие имеют шейки под подшипники у входных валов и коренные шейки под вкладыши коленчатых валов двигателей трактора ХТЗ-Т150К.

Химический состав, твердость, оптимальная скорость резания и коэффициенты неоднородности обрабатываемых наплавленных материалов приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Химический состав и неоднородность наплавочных покрытий**

Марка материала, твердость и оптимальная скорость резания, V, м/с	Химический состав, mass %								*Неоднородность
	C	Cr	Mn	Si	Ti	V	Mo	Nb	K <sub>H</sub>
ПП-Нп-25Х5ФМС HRC 46-52, 2,0	0,2... 0,31	4,7... 5,9	0,4... 0,9	0,8... 1,3	–	0,3... 0,6	0,9... 1,4	–	3,6
ПП-Нп-10Х14Т HRC 46-52, 1,8	0,12... 0,2	12,5... 14,5	0,3... 0,8	0,2... 0,6	0,12... 0,25	–	–	–	4,8
ПП-Нп-30Х5Г2СМ HRC 52-56, 1,5	0,3... 0,5	4,4... 6,5	1,4... 2,2	0,5... 1,0	0,15... 0,6	–	0,6... 1,0	–	5,6
ПП-Нп-250Х10В8С2Т HRC 58, 1,3	2,3... 2,7	8,5... 11,5	–	1,5... 2,5	0,5... 1,2	–	–	6,5... 9,0	5,5

Для расчёта введем постоянные и переменные исходные данные.

**Постоянные исходные данные**

- $C_i$  – усреднённая тарифная ставка рабочего, 75 грн/час.
- $N_T$  – годовая программа обработки деталей, 1000 шт.
- $K_o$  – коэффициент доплат рабочему, 1,25.
- $B_{об}$  – остаточная балансовая стоимость оборудования, 44000 грн.
- $A$  – норма амортизационных отчислений, 33%.
- $F_d$  – годовой фонд времени работы оборудования, 4000 часов.
- $N_y$  – установившаяся мощность электродвигателей, 7 кВт/час.
- $S_{э}$  – усреднённая стоимость 1кВт·ч электроэнергии, 2 грн/кВт.
- $C_{II}$  – примерная цена единицы инструмента с учётом его переточек, 150 грн.
- $K_{II}$  – коэффициент использования инструмента, 1,25.
- $n_{II}$  – количество переточек инструмента, шт. 5.

**Переменные исходные данные**

- $V_m$  – принятая скорость резания, м/с;
- $T$  – стойкость инструмента на принятой скорости резания, мин;
- $t_{шт}$  – штучное время на операцию чистового точения, мин;
- $t_M$  – машинное время работы оборудования на операцию, мин.

На величины переменных исходных данных приняты следующие ограничения: на скорость резания  $V = 1,0 \dots 2,5$  м/с, так как минимальная скорость резания ограничивается минимальной производительностью процесса, а максимальная – быстрым изнашиванием инструмента; стойкость ( $T$ ) является максимальной при принятом критерии износа  $h_3 = 0,6$  мм и ограничивается скоростью резания;  $t_{шт}$  – штучное время зависит от настройки оборудования и является большим машинного времени на 1...2 мин;  $t_M$  – машинное время обработки ограничивается длиной образца при резании, которая ограничивается величиной частоты вращения и принятой величиной подачи  $S = 0,1$  мм/об, которые обеспечивают длину пути резания при данном диаметре образца.

Переменные величины исходных данных приведены в табл. 2, рис. 1 и табл. 3 для принятых условий обработки и геометрии инструмента.

Таблица 2

**Изменения стойкости инструмента (Т) в зависимости от скорости резания (V) и материала покрытия**

Материал покрытия	*Скорость резания, м/с			
	1,0	1,5	2,0	2,5
ПП-Нп-25X5ФМС	80	85	80	65
ПП-Нп-10X14Т	65	70	65	45
ПП-Нп-30X5Г2СМ	45	48	40	30
ПП-Нп-250X10Б8С2Т	38	38	30	25

Примечание: геометрические параметры резцов из гексанита-Р были приняты с учетом свойств материала:  $\gamma = -10^\circ$ ;  $\alpha = \alpha_1 = 10^\circ$ ;  $\varphi = 40^\circ$ ;  $\varphi_1 = 20^\circ$ ;  $\lambda = 0^\circ$ ;  $\ell_f = 0,2 \dots 0,4$  мм; или  $r = 0,6 \dots 1,2$  мм.

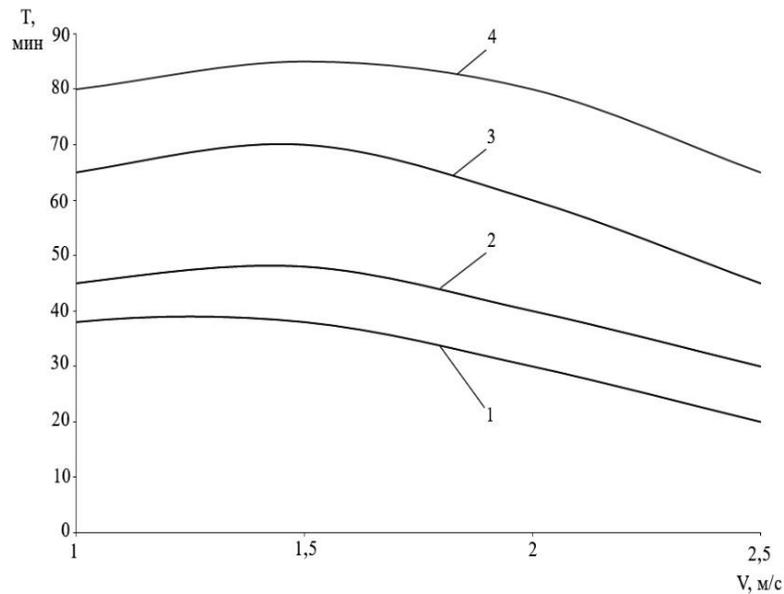


Рис. 1. Влияние скорости резания на стойкость резцов при чистовом точении наплавленных материалов резцами из гексанита-Р:

1 – ПП-Нп-250X10Б8С2Т; 2 – ПП-Нп-30X5Г2СМ; 3 – ПП-Нп-10X14Т; 4 - ПП-Н-25X5ФМС; при:  $t = 0,2$  мм;  $S = 0,1$  мм/об;  $h_3 = 0,6$  мм.

Таблица 3

Изменение штучного ( $t_{шт}$ ) и машинного ( $t_m$ ) времени обработки в зависимости от скорости резания ( $V$ ) и материала покрытия

Скорость резания, $V$ , м/с	Материал покрытия							
	ПП-Нп-250X10Б8С2Т		ПП-Нп-30X5Г2СМ		ПП-Нп-10X14Т		ПП-Нп-25X5ФМС	
	$t_m$	$t_{ум}$	$t_m$	$t_{ум}$	$t_m$	$t_{ум}$	$t_m$	$t_{ум}$
1,0	16	18	14	16	12,5	14,5	10,8	13,2
1,5	11	13	9	11	7,8	9,9	7	8,8
2,0	8,5	10,5	6,5	8,5	5,8	7,2	5	6,4
2,5	7,2	9,0	5,2	7,2	4,6	5,9	4,2	5,0

### Пример расчета технологической себестоимости

Расчетные формулы основных показателей затрат на обработку годовой программы восстановления деталей преобразованы путем подстановки постоянных исходных данных.

Основная и дополнительная зарплата на обработку:

$$З = C_i \cdot t_{ум} \cdot N_T \cdot K_{\phi} / 60 = 75 \cdot 1000 \cdot 1,25 \cdot t_{ум} / 60, \text{ грн.} \quad (4)$$

Основные затраты на оборудование и его амортизацию:

$$З_{об} = \frac{B_{об} \cdot N_r \cdot t_{шт} \cdot A\%}{60 \cdot F_d} = 44000 \cdot 1000 \cdot 1,33 \cdot t_{шт} / 60 \cdot 4000, \text{ грн.} \quad (5)$$

Затраты на электроэнергию при выполнении годовой программы восстановления деталей:

$$З_э = (0,25t_{шт} + 0,45t_m) \frac{N_r \cdot N_y \cdot S_э}{60} = 1000 \cdot 7 \cdot 2 \cdot (0,25t_{шт} + 0,45t_m) / 60, \text{ грн.} \quad (6)$$

Затраты на инструмент из ПСТМ:

$$Z_{ин} = \frac{(\Pi_{ин} + \Pi_{пер}) N_{г} \cdot t_{м} \cdot K_{ин}}{(n_{нд} - 1) \cdot T} = 150 \cdot 1000 \cdot 1,25 \cdot t_{м} / 4 \cdot T, \text{ грн.} \quad (7)$$

Технологическая себестоимость обработки годовой программы восстановления деталей:

$$T_c = \sum_1^4 = Z + Z_{об} + Z_3 + Z_{ин}, \text{ грн.} \quad (8)$$

После подстановки в расчетные формулы (4)–(8) переменных исходных данных, приведенных в табл. 2 и табл. 3, получим расчетные величины затрат на обработку годовой программы покрытий, наплавленных порошковыми проволоками в зависимости от изменения скорости резания (табл. 4).

Таблица 4

**Расчетные величины затрат на обработку покрытий в зависимости от изменения скорости резания и материала покрытия**

Скорость резания, V, м/с	Расчетные затраты на обработку			
	Материал покрытия			
	ПП-Нп-250X10Б8С2Т	ПП-Нп-30X5Г2СМ	ПП-Нп-10X14Т	ПП-Нп-25X5ФМС
	Зарплата рабочего, грн.			
1	28125	25000	22656,25	20625
1,5	20312,5	17187,5	15468,75	12187,5
2	16406,25	13281,25	11250	10000
2,5	14062,5	11250	9218,75	7812,5
	Затраты на оборудование, грн.			
1	4389	3901,333	3535,583	3218,6
1,5	3169,833	2682,167	2413,95	1901,9
2	2560,25	2072,583	1755,6	1560,533
2,5	2194,5	1755,6	1438,617	1219,167
	Затраты на электроэнергию, грн.			
1	2730	2403,333	2158,333	1904
1,5	1913,333	1586,667	1396,5	1190
2	1505	1178,333	1029	898,3333
2,5	1281	966	827,1667	732,6667
	Затраты на инструмент из гексанита-Р, грн.			
1	19736,8	14583,3	9014,42	6328,1
1,5	13569,1	8789,1	5223,2	3860,3
2	13281,25	7617,2	4531,2	2929,7
2,5	16875,0	8125,0	4791,7	3028,8

По полученным расчетным величинам затрат на обработку годовой программы восстановления деталей с помощью разработанной программы построены графические зависимости затрат (рис. 2) в зависимости от изменения скорости резания и материала покрытия.

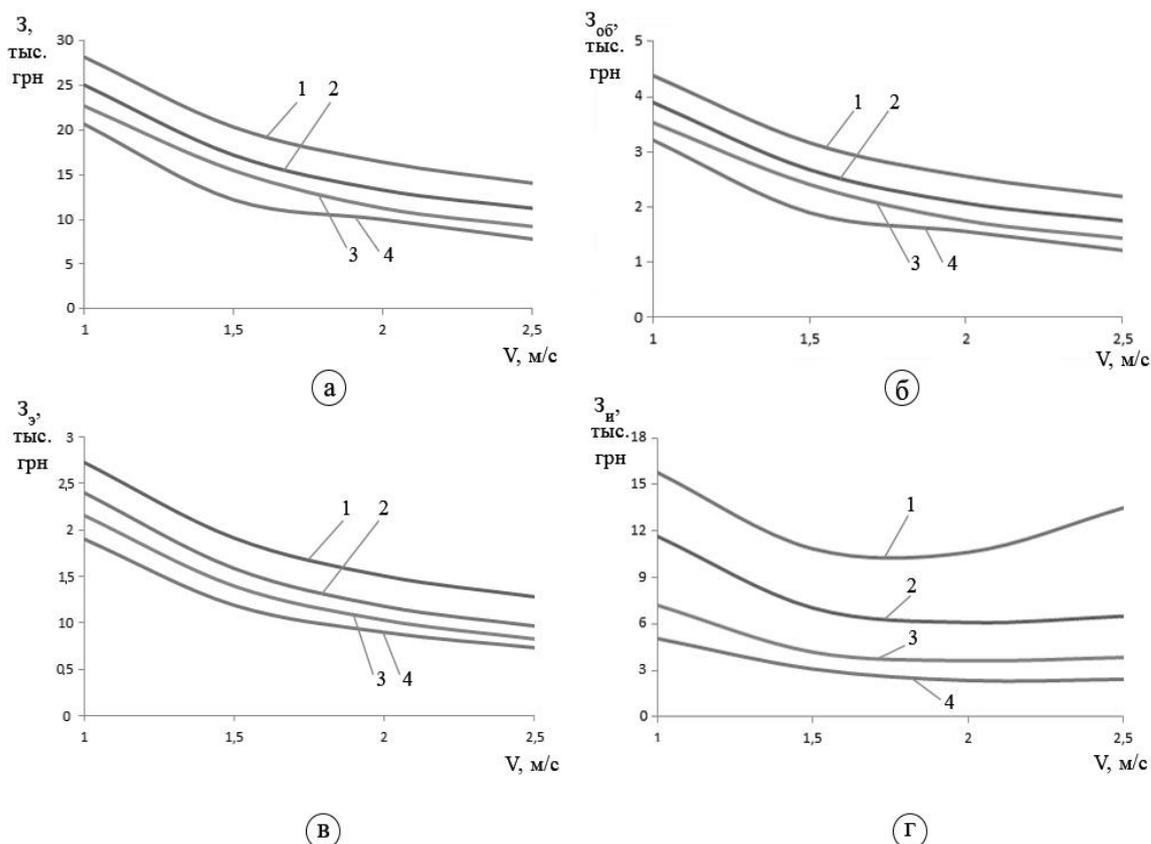


Рис. 2. Влияние скорости резания на затраты зарплату рабочего (а), оборудование (б), электроэнергию (в) и инструмент при точении покрытий, наплавленных порошковыми проволоками (г): 1 – ПП-Нп-250X10Б8С2Т; 2 – ППНп-30X5Г2СМ; 3 – ПП-Нп-10X14Т; 4 – ПП-Нп-25X5ФМС; при  $K_{и} = 1,25$

По полученным величинам затрат по формуле (8) проведены расчеты технологической себестоимости обработки покрытий в зависимости от изменения скорости резания (табл. 5).

Таблица 5

Расчетные величины изменения технологической себестоимости обработки покрытий резцами из гексаниа-Р

Скорость резания, V, м/с	Материал покрытия			
	ПП-Нп-250X10Б8С2Т	ПП-Нп-30X5Г2СМ	ПП-Нп-10X14Т	ПП-Нп-25X5ФМС
Технологическая себестоимость обработки, грн				
1,0	51033,47	42971,33	35561,71	30810,1
1,5	36250,93	28487,58	23457,77	18367,64
2,0	31096,5	22625,92	17659,6	14802,62
2,5	31038,0	20471,6	15317,87	12187,41

По приведенным величинам изменения технологической себестоимости обработки покрытий резцами из гексаниа-Р построены графические зависимости от изменения скорости резания (рис. 3), по которым можно судить о работоспособности резцов в зависимости от финансовых затрат на обработку. Все расчеты затрат и построение графических зависимостей от различных величин и материала покрытия выполнены в соответствии с разработанной программой на компьютере в программной среде MatLab.

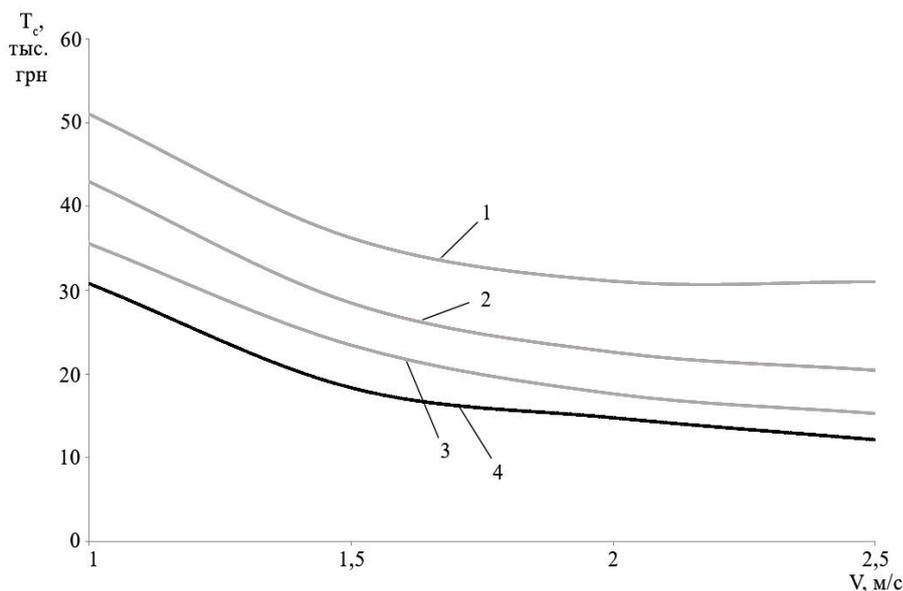


Рис. 3. Влияние скорости резания на технологическую себестоимость при обработке покрытий резцами из гексанита-Р:

1 – ПП-Нп-250X10B8C2T; 2 – 30X5Г2СМ; 3 – ПП-Нп-10X14Т; 4 – ПП-Нп-25X5ФМС

В результате проведенного расчета обработки ряда покрытий с различным химическим составом и различной степенью неоднородности получено влияние скорости резания на технологическую себестоимость обработки, по которой можно судить об влиянии финансовых затрат на работоспособность резцов из гексанита-Р. Из приведенных зависимостей на рис. 3 видно, что с увеличением скорости резания технологическая себестоимость уменьшается резко до скорости резания 1,5...2,0 м/с. Дальнейшее увеличение скорости резания мало влияет на уменьшение технологической себестоимости обработки. При этом для каждого наплавленного материала виден свой интервал скоростей резания, который можно и при такой оценке работоспособности принимать за оптимальный. Из расположения графиков видно, что характер влияния скорости резания, то есть производительности обработки, на финансовые затраты примерно одинаков, но величины технологической себестоимости зависят от свойств и неоднородности покрытия. Из зависимостей также видно, что они расположены в зависимости от изменения твердости и неоднородности покрытия. С увеличением твердости и неоднородности покрытия технологическая себестоимость обработки уменьшается, но экстремума, такого как при изменении стойкости или пути резания, на кривых не наблюдается. Таким образом, оценка работоспособности инструментов из сверхтвердых материалов при чистовом точении покрытий финансовыми затратами на обработку может более точно обеспечить их рациональное применение. При обработке покрытий резцами из гексанита-Р следует назначать большие скорости резания, чем они определены в зависимости от максимальной стойкости при принятом критерии износа (формула 1). Для покрытий 1, 2 и 3 оптимальная скорость резания может быть в пределах 2,0... 2,5 м/с, а для наплавки 4, которая является с наибольшей неоднородностью и при большой твердости с большим содержанием углерода, оптимальна скорость резания может быть в пределах 1,5...1,75 м/с.

### Выводы

1. Проведенные расчеты зависимости технологической себестоимости обработки ряда покрытий от скорости резания, то есть производительности процесса обработки резцами из ПСТМ типа гексанит-Р, показали положительные отличия в оценке работоспособности этих инструментов при их внедрении в ремонтное производство.
2. Применение для расчетов разработанной компьютерной программы в среде MatLab, в

которую вводятся постоянные и переменные исходные данные, и в результате проводится мгновенный расчет и построение графических зависимостей, что резко сокращает процесс и точность расчетов. 3. Данная методика финансовой оценки процесса может быть применена и для выполнения других аналогичных расчетов и оценок.

#### Список использованных источников

1. Смолоник Р. Ф., Коломиец В. В. Экономическая эффективность применения резцов из эльбора-Р / Вестник Харьковского политехнического института. «Экономика промышленности». Харьков. 1979. – № 160. Вып. 7. – С. 59–61.
2. Методические указания по определению экономической эффективности использования сверхтвердых материалов / Б. И. Гинзбург, М. С. Зисман, Т. В. Триканова. К.: УкрНИИТИ, 1979. – 48 с.
3. Захаренко И. П. Эффективность обработки инструмента сверхтвердыми материалами. – М.: Машиностроение, 1982. – 224 с.
4. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения / Под общей ред. Ф. В. Новикова и А. В. Якимова. В десяти томах. – Т. 3. «Резание материалов лезвийными инструментами». Одесса: ОНПУ. 2003. – 550 с.
5. Клименко С. А., Коломиец В. В., Хейфец М. Л., Пилипенко А. М., Мельничук Ю. А., Бурькин В. В. Обработка резанием деталей с покрытиями / монография. Под общей редакцией С. А. Клименко. К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2011. – 353 с.
6. Коломиец В. В., Антощенко Р. В., Ридный Р. В., Рыбалко И. Н., Гончаренко А. А. Расчет экономической эффективности внедрения инструментов из ПСТМ в ремонтных предприятиях АПК / Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Оптимізації техніки та технологічних систем агровиробництва». ХНТУСГ ім. П. Василенка, Харків, 2019. – С. 229–233.
7. Якимов А. В., Новиков Ф. В. Оптимизация процесса резания по критериям себестоимости и производительности обработки / Вісник інженерної академії України. Київ, 2001. – №3. Ч. 1. – С. 11–16.
8. Фадеева А. Н. Об учете производственной себестоимости и рентабельности производства продукции. Определение цены продажи / Вісник інженерної академії України. Київ, 2001. – №3. Ч. 2. – С. 267–272.
9. Макурин Н. С., Королева Я. Ю. Критерии эффективности производственных технологических систем / Труды 11-й Международной научно-технической конференции «Физические и компьютерные технологии». Харьков, 2005. – С. 115–119.
10. Оспищева А. К., Новиков Д. Ф. Обоснование условий управления технологической себестоимостью промышленной продукции / Труды 21-й Международной научно-практической конференции «Физические и компьютерные технологии». Харьков, 24-25 декабря 2015. – С. 258–260.

#### References

1. Smolovik R. F., Kolomiets V. V. Economic efficiency of using cutters from Elbor-P / Bulletin of the Kharkov Polytechnic Institute. "Industrial Economics". Kharkov. 1979. – No. 160. Issue. 7. – P. 59–61.
2. Guidelines for determining the economic efficiency of using superhard materials / B. I. Ginzburg, M. S. Zisman, T. V. Trikanova. K.: UkrNIINTI, 1979. – 48 p.
3. Zakharenko I. P. Efficiency of tool processing with superhard materials. – M.: Mechanical Engineering, 1982. – 224 p.
4. Physical and mathematical theory of materials processing and mechanical engineering technology / Ed. F. V. Novikov and A. V. Yakimova. In ten volumes. – T. 3. "Cutting materials with blade tools." Odessa: ONPU, 2003. – 550 p.
5. Klimenko S. A., Kolomiets V. V., Kheifets M. L., Pilipenko A. M., Melniychuk Yu. A.,

Burykin V. V. Processing by cutting parts with coatings / monograph. Edited by S. A. Klimenko. K.: ISM them. V.N. Bakul National Academy of Sciences of Ukraine, 2011. – 353 p.

6. Kolomiets V. V., Antoshchenkov R. V., Ridnyy R. V., Rybalko I. N., Goncharenko A. A. Calculation of the economic efficiency of the introduction of tools from PSTM in the repair enterprises of the agro-industrial complex / Materials of the All-Ukrainian Science and Practice Conference " Optimization of technology and technological systems of agricultural production". KhNTUSG im. P. Vasilenka, Kharkiv, 2019. – PP. 229–233.

7. Yakimov A. V., Novikov F. V. Optimization of the cutting process according to the criteria of prime cost and processing productivity / Bulletin of the Engineering Academy of Ukraine. Kiev, 2001. – №3. Part 1. – P. 11–16.

8. Fadeeva A. N. About the accounting of production cost and profitability of production. Determination of the sale price / Bulletin of the Engineering Academy of Ukraine. Kiev, 2001. – №3. Part 2. – P. 267–272.

9. Makurin N. S., Koroleva Ya. Yu. Efficiency criteria of production technological systems / Proceedings of the 11th International Scientific and Technical Conference "Physical and Computer Technologies". Kharkov, 2005. – P. 115–119.

10. Ospishcheva A. K., Novikov D. F. Substantiation of the conditions for managing the technological cost of industrial production / Proceedings of the 21st International Scientific and Practical Conference "Physical and Computer Technologies". Kharkov, December 24-25, 2015. – P. 258–260.