

УДК 621.9.02

Иванов Е. И., Литвиненко А. С.

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ДОРОГОСТОЯЩЕГО РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ СТАНКОВ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

В данной статье изложена методика выбора режущего инструмента на основании анализа суммарных затрат при изготовлении (одной) детали различными инструментами, на станке с числовым программным управлением. Выполнен экономический анализ выбора режущего инструмента, на основании снижения расходов механической обработки.

Ключевые слова: механическая обработка, режущий инструмент, Sandvik Coromant, экономический анализ, снижения расходов, стойкость, производительность, эффективность.

Постановка проблемы.

Современные инструменты для работы на станках с числовым программным управлением (ЧПУ), имеют разную стоимость и разные свойства. В связи с этим возникает вопрос что выгоднее - использовать дорогостоящий режущий инструмент с высокой стойкостью и производительностью или дешевый с меньшей стойкостью. Решая этот вопрос нужно учитывать стоимость инструмента, стоимость изготовления детали и взаимное отношение этих величин. Перед предприятием стоит вопрос минимизации этих затрат. Методов снижения затрат механической обработки может быть несколько. Возможно, снизить стоимость инструмента. Можно взять более качественные инструмент с увеличенной стойкостью, при этом увеличится срок эксплуатации, что приведет к уменьшению его количества. Можно заменить его на более дорогой инструмент, с более высокими режущими характеристиками.

Вариантов снижения затрат механической обработки несколько, поэтому важно выяснить какой режущий инструмент экономически выгоднее использовать для станков с ЧПУ. Для этого нужно разработать методику выбора режущего инструмента на основании расчета суммарных затрат при изготовлении детали.

Анализ последних исследований и публикаций.

Большой вклад в решение задачи подбора режущего инструмента для станков с ЧПУ на основе экономического анализа внесли ученые: Ф. В. Новиков, В. А. Жовтобрюх, Г. В. Новиков в своей работе: «Оптимальные решения в металлообработке» [1]. Данный вопрос недостаточно раскрыт в литературе, т.к. актуальность этого вопроса возникла в последние несколько лет.

Цель (задачи) исследования.

Разработка методики выбора режущего инструмента с различными режущими характеристиками на основании анализа суммарных затрат при изготовлении детали.

Основной материал исследования.

Первоначально сравниваем два инструмента: стандартный инструмент, в дальнейшем именуемый – базовым, и импортный инструмент, который обеспечивает более высокие режимы резанья.

Для дальнейших расчетов принимаем операцию фрезерования детали из материала СЧ15 с твердостью НВ $10^{-1} = 130-241$ МПа. Имеет следующие размеры: 350x600x100мм.

Машинобудування і зварювальне виробництво

Сравниваются два варианта фрезерования: базовый торцевой фрезой 2214-0388 ГОСТ 26595-85 с механическим креплением четырехгранной пластины SBUN-150403 BK6 ГОСТ 19043-80, Ø100 с количеством зубьев – $z_1 = 8$ и торцевой фрезой CoroMill 745-100Q32-21M [2], оснащенной пластинами 745R-2109E-H50 4340 [2] с покрытием CVD Ti(C,N)+Al₂O₃+TiN, Ø100 с количеством зубьев – $z_2 = 7$, производства фирмы Sandvik Coromant.

Глубиной резанья $t = 3$ мм, ширина фрезерования – 70 мм, количество проходов на детали – $i = 5$. Суммарное линейное перемещение инструмента на рабочей подачи при обработке одной детали 3165 мм.

Обработка по первому варианту (базовой фрезой), производится с подачей на зуб $S_{Z1} = 0,09$ мм/зуб [3], скоростью резанья $V_1 = 84$ м/мин [3]. Стойкость инструмента 120 мин [3]. Частота вращения шпинделя равна 267 об/мин, минутная подача - 192 мм/мин, подача на оборот 0,72 мм/об.

Обработка по второму варианту (торцевой фрезой CoroMill 745-100Q32-21M), производится с подачей на зуб $S_{Z2} = 0,3$ мм/зуб [4], скоростью резанья $V_2 = 334$ м/мин [4]. Стойкость инструмента 315 мин [4]. Частота вращения шпинделя равна 1064 об/мин, минутная подача – 2234 мм/мин, подача на оборот 2,1 мм/об.

В таблице 1 представлены исходные данные для дальнейшего экономического анализа.

Таблица 1 – Сводная таблица исходных данных

Сравниваемые показатели	Единица измерения	Вариант 1 Базовый	Вариант 2 Sandvik Coromant
Обрабатываемый материал		СЧ15 ГОСТ 1412-85	
Диаметр фрезы, D	мм	100	100
Количество зубьев, z	шт	8	7
Глубина резанья, t	мм	3	3
Ширина фрезерования, B	мм	70	70
Количество проходов, i	шт	5	5
Скорость резанья, V	м/мин	84	334
Обороты шпинделя, n	об/мин	267	1064
Подача на зуб, S _Z	мм/зуб	0,09	0,3
Минутная подача, S _м	мм/мин	192	2234
Подача на оборот, S	мм/об	0,72	2,1
Суммарное линейное перемещение инструмента, L _Σ	мм	3165	3165
Основное время, T _о	мин	16,45	1,41
Время на смену детали и инструмента, T _{дет}	мин	7,1	7,1
Стойкость инструмента	мин	120	390
Стойкость инструмента, T	дет	5	46
Время обработки, T _ч	час	0,393	0,142

Как видим из табл. 1 при использовании фрезы, фирмы Sandvik Coromant, получим уменьшение времени обработки на 63 %.

Определим затраты на выполнение фрезерной операции. Торцевая фреза с механическим креплением четырехгранной пластины, состоит из корпуса стоимостью C_{крп1} = 1179 грн, пластин BK6 количеством 8 штук по цене C_{пл1} = 36грн/шт. Пластины имеют

Машинобудування і зварювальне виробництво

квадратную форму, количество режущих кромок в пластине – $K_1 = 4$ шт стоимость одной режущей кромки – 9 грн. Суммарная стоимость инструмента будет составлять $C_{инстр1} = 1467$ грн. Ресурс корпуса инструмента (количество циклов замены кромок) $\rho_1 = 200$ [1]. Количество деталей, обработанных одним инструментом $D_1 = 20$ дет.

За один инструмент принимается торцевая фреза, с заданной стойкостью инструмента, при использовании всех режущих кромок пластины. Относительные расходы на инструмент 1 деталь:

$$P_{дет_i} = \frac{C_{пл_i} \cdot K_i}{D_i} + \frac{C_{кр_i}}{T_i \cdot \rho_i} \quad (1)$$

где $C_{пл_i}$ – цена пластины;

K_i – количество режущих кромок в пластине;

D_i – количество деталей, обработанных одним инструментом;

$C_{кр_i}$ – стоимость корпуса инструмента;

T_i – стойкость инструмента;

ρ_i – ресурс корпуса инструмента.

$$P_{дет_i} = \frac{36 \cdot 8}{20} + \frac{1179}{5 \cdot 200} = 15,58 \text{ грн}$$

Торцевая фреза CoroMill 745-100Q32-21M, производства фирмы Sandvik Coromant, состоит из корпуса стоимостью $C_{кр2} = 20100$ грн. и 7 режущих пластин стоимостью $C_{пл2} = 640$ грн./шт. В каждой пластине имеется $K_2 = 14$ шт. режущих кромок, определим стоимость одной режущей кромки – 45,71 грн. Суммарная стоимость инструмента будет составлять $C_{инстр2} = 24580$ грн. Ресурс корпуса инструмента (количество циклов замены кромок) $\rho_2 = 700$ [1]. Количество деталей, обработанных одним инструментом $D_2 = 644$ дет.

Относительные расходы на инструмент 1 деталь определяются по формуле (1):

$$P_{дет_i} = \frac{640 \cdot 7}{644} + \frac{20100}{46 \cdot 700} = 7,56 \text{ грн}$$

Затраты на дополнительную оснастку (патроны, цанги, переходники, оправки и тд.) составляют 1000 грн, ресурс оснастки равен 3 года. Действительный годовой фонд времени работы металлорежущего оборудования, при 2-х сменном графике, $\Phi_{до} = 4015$ часов. Максимальное количество деталей обработанных в ресурсный срок D_{max} :

$$D_{max_i} = \frac{\Phi_{до} \cdot 3}{T_{ч_i}} \quad (2)$$

где $\Phi_{до}$ – действительный годовой фонд времени работы металлорежущего оборудования;

$T_{ч}$ – время обработки детали.

$$D_{max_1} = \frac{4015 \cdot 3}{0,393} = 30688 \text{ шт}; \quad D_{max_2} = \frac{4015 \cdot 3}{0,142} = 84924 \text{ шт.}$$

В результате получаем сводную таблицу расчета затрат на инструмент на одну деталь таблица 2.

Режим доступа: <http://sap.pstu.edu>

Машинобудування і зварювальне виробництво

Таблица 2 – Расчет затрат на инструмент на одну деталь

Сравниваемые показатели	Единица измерения	Вариант 1 Базовый	Вариант 2 Sandvik Coromant
1	2	3	4
Тип инструмента		Торцевая фреза	Торцевая фреза
Обозначение инструмента		Фреза 2214-0388 ГОСТ 26595-85	745-100Q32-21M
Обозначение пластины		SBUN-150403 BK6 ГОСТ 19043-80	745R-2109E-H50 4340
Материал режущей части		BK6	CVD Ti(C,N)+ +Al ₂ O ₃ + +TiN
Стоимость корпуса сборного инструмента, С _{кр}	грн.	1179	20100
Стоимость пластины, С _{пл}	грн.	36	640
Количество пластин в корпусе, К	шт.	8	7
Стоимость инструмента, С _{инстр}	грн.	1467	24580
Количество режущих кромок в пластине	шт.	4	14
Ресурс корпуса инструмента (количество циклов замены кромок), ρ	шт.	200	700
Стоимость одной режущей кромки	грн.	9	45,71
Стойкость инструмента, Т	дет.	5	46
Количество деталей, обработанных одним инструментом, Д	дет.	20	644
Относительные расходы на инструмент на 1 деталь, Р _{дет}	грн.	15,58	7,56
Затраты на дополнительную оснастку (патроны, цанги, переходники, оправки)	грн.	1000	
Ресурс дополнительной оснастки	лет	3	
Расчетный фонд работы оборудования в год, Ф _{до}	час	4015	
Время обработки детали, Т _ч	час	0,393	0,142
Максимальное количество деталей обработанных в ресурсный срок, Д _{мах}	шт.	30688	84924
Затраты на дополнительную оснастку на 1 деталь	грн.	0,03	0,01
Относительные расходы на инструмент и дополнительную оснастку на 1 деталь	грн.	15,61	7,57

В результате получили сокращение расходов на инструмент и дополнительную оснастку на 51 %.

Режим доступа: <http://sap.pstu.edu>

Машинобудування і зварювальне виробництво

Рассчитаем затраты на содержание оборудования. Для выполнения данной фрезерной операции выбираем вертикальный консольно-фрезерный станок модели FSS-400. Средняя стоимость станка, бывшего в употреблении, равна 100000 грн. Период амортизации составляет $T_n = 6$ лет. Для подсчета амортизационных отчислений определим норму амортизации $H_a = 16,67\%$ [5]. С учетом установленной нормой амортизации годовая сумма амортизационных отчислений составляет $A_g = 16670$ грн. [5].

Для размещения оборудования требуется 10 м^2 , со стоимостью аренды в размере 112 грн./м^2 . В год арендная плата за производственные площади составит 13440 грн. Затраты на содержания оборудования в год определяются как сумма амортизационных отчислений и арендной платы в год, и составляют 30110 грн. Если принять во внимание, что расчетный фонд работы оборудования в год составляет 4015 часов, то стоимость станко-часа на содержание оборудования будет равна $30110/4015 = 7,50 \text{ грн./час}$.

Рассчитаем затраты при эксплуатации оборудования. Станок в год при двухсменном графике работает 4015 часов, при этом потребляемая мощность станка составляет 14,5 кВт. Согласно действующим тарифам на электроэнергию, для предприятий, стоимость 1 кВт/часа равна 2,27 грн. вместе с НДС. Суммарные расходы на электроэнергию в год составят 132153,73 грн. Затраты на инженерно-техническое обслуживание в год составляют 1500 грн., 3000 грн. расходные материалы, такие как масло, СОЖ и др. Затраты на станочную оснастку – 9500 грн. Затраты при эксплуатации оборудования в год будут составлять 146153,73 грн., следовательно стоимость станко-часа равна 36,40 грн./час. Суммарная стоимость станко-часа составит $7,50 + 36,40 = 43,90$ грн.

Если принять во внимание трудоемкость детали, в часах, и умножить ее на стоимость станко-часа, то получим затраты на оборудование на 1 деталь. При использовании базовой фрезы 2214-0388 ГОСТ 26595-85 затраты составят 17,23 грн, а при использовании фрезы фирмы Sandvik Coromant 745-100Q32-21M затраты составят 6,23. В результате получили сокращение затрат на оборудование на 64 %.

В итоге получаем сводную таблицу расчета затрат на оборудование на одну деталь табл. 3.

Затраты на основную заработную плату рабочего на одну деталь рассчитывается как произведение часовой тарифной ставки, трудоемкости детали в часах и коэффициента повышения зарплаты рабочего за снижение трудоемкости [6]. Коэффициент повышения зарплаты рабочего за снижение трудоемкости при использовании базового инструмента $K_1 = 1$, при использовании инструмента Sandvik Coromant $K_1 = 1,4$ [1]. Часовая тарифная ставка рабочего составляет 31,72 грн./час. При использовании отечественного инструмента составляет 12,45 грн., а при использовании инструмента Sandvik Coromant 6,30 грн.

Дополнительная заработная плата рассчитывается в процентах от основной [6]. Процент дополнительной заработной платы – 18 %. При использовании базового инструмента составляет 2,24 грн., а при использовании инструмента Sandvik Coromant 1,13 грн.

Отчисления на социальное страхование рассчитывается в процентах от суммы основной и дополнительной заработных плат [6]. Процент отчислений на социальное страхование – 37,5 %. При использовании базового инструмента составляет 5,51 грн., а при использовании инструмента Sandvik Coromant 2,79 грн.

Затраты на зарплату в расчете на одну деталь рассчитывается как сумма основной, дополнительной заработной платы и отчислений на социальное страхование [6]. При использовании базового инструмента составляет 20,20 грн., а при использовании инструмента Sandvik Coromant 10,22 грн.

Прочие накладные расходы на одну деталь, без учета расходов на оборудование и инструмент, рассчитываются как процент от затрат на заработную плату. Процент

Режим доступа: <http://sap.pstu.edu>

Машинобудування і зварювальне виробництво

накладных расходов –150 % [1]. При использовании базового инструмента составляет 30,30 грн, а при использовании инструмента Sandvik Coromant 15,33 грн.

Таблица 3 –Расчет затрат на оборудование на одну деталь

Сравниваемые показатели	Единица измерения	Вариант 1 Базовый	Вариант 2 Sandvik Coromant
1	2	3	4
Затраты на содержание оборудования			
Оборудование		FSS 400 (б/у)	
Средняя стоимость оборудования, S_n	грн.	100000	
Период амортизации, T_n	лет	6	
Норма амортизации, N_a	%	16,67	
Амортизационные отчисления в год, A_g	грн.	16670	
Площадь под оборудование	м ²	10	
Стоимость аренды м ² площади в месяц	грн.	112	
Арендная плата за год	грн.	13440	
Расчетный фонд работы оборудования в год, $\Phi_{до}$	час	4015	
Затраты на содержание оборудования в год	грн.	30110	
Стоимость станко-часа на содержание оборудования	грн./час	7,50	
Затраты при эксплуатации оборудования			
Время эксплуатации оборудования в год	час	4015	
Потребляемая мощность станка	кВт	15	
Стоимость 1 кВт/часа электроэнергии	грн	2,27	
Расходы на электроэнергию	грн	132153,73	
Затраты на инженерно-техническое обслуживание в год	грн.	1500	
Расходные материалы (СОЖ, масло и тд.)	грн.	3000	
Затраты на станочную оснастку	грн.	9500	
Затраты при эксплуатации оборудования в год	грн.	146153,73	
Стоимость станко-часа при эксплуатации оборудования	грн./час	36,40	
Стоимость станко-часа	грн./час	43,90	
Время обработки детали, $T_ч$	час	0,393	0,142
Затраты на оборудование на 1 деталь	грн.	17,23	6,23

Машинобудування і зварювальне виробництво

В итоге получаем сводную таблицу расчета трудозатрат и прочих расходов на одну деталь табл. 4.

Таблица 4 – Расчет трудозатрат и прочих расходов на одну деталь

Статьи расходов на заработную плату	Единица измерения	Вариант 1 Базовый	Вариант 2 Sandvik Coromant
1	2	3	4
Трудозатраты			
Трудоемкость детали, Тч	час	0,393	0,142
Тарифная ставка рабочего, Ст	грн./час	31,72	31,72
Коэффициент повышения зарплаты рабочего за снижение трудоемкости, К1		1	1,4
Основная зарплата рабочего на 1 деталь, ЗПосн	грн.	12,45	6,30
Дополнительная зарплата рабочего, ЗПдоп	%	18	18
	грн.	2,24	1,13
Отчисления на социальное страхование, Ссоц	%	37,5	37,5
	грн.	5,51	2,79
Затраты на зарплату в расчете на 1 деталь, ЗП	грн.	20,20	10,22
Прочие расходы			
Процент накладных расходов, hпр	%	150	150
Прочие расходы на 1 деталь	грн.	30,30	15,33

Для более полного анализа экономической эффективности применения современных инструментов, определим суммарные затраты на изготовление одной детали. Суммарные затраты включают в себя: затраты на инструмент и дополнительную оснастку, затраты на оборудование, затраты на заработную плату и прочие расходы (накладные расходы, без учета расходов на оборудование и инструмент) в расчете на одну деталь.

В табл.2- табл.4 показаны результаты расчетов статей затрат, при изготовлении одной детали. При фрезеровании базовой торцевой фрезой 2214-0388 ГОСТ 26595-85 затраты составляют: на инструмент и дополнительную оснастку – 15,61 грн., на оборудование – 17,23 грн., на заработную плату – 20,20 грн. прочие расходы – 30,30 грн. Следовательно, себестоимость обработки составит – 83,34 грн. А при использовании фрезы фирмы Sandvik Coromant 745-100Q32-21M затраты составляют: на инструмент и дополнительную оснастку – 7,57 грн., на оборудование – 6,23 грн., на заработную плату – 10,22 грн., прочие расходы – 15,33 грн. Следовательно, себестоимость обработки составит – 39,35 грн. В итоге получим экономию затрат от применения современного инструмента, при расчете на одну деталь, на 43,99 грн. (рис. 2). Себестоимость обработки уменьшилась в 2,1 раза, несмотря на то, что цена современно фрезы в разы больше отечественной. Расчет суммарных затрат при изготовлении одной детали представлен в табл. 5.

Таблица 5 – Расчет суммарных затрат при изготовлении одной детали

Статьи расходов	Единица измерения	Вариант 1 Базовый	Вариант 2 Sandvik Coromant
Затраты на инструмент и дополнительную оснастку	грн.	15,61	7,57
Затраты на оборудование	грн.	17,23	6,23
Затраты на зарплату рабочего	грн.	20,20	10,22
Прочие расходы	грн.	30,30	15,33
Суммарные затраты на 1 деталь	грн.	83,34	39,35
Экономия затрат на 1 деталь	%	53,30	
	грн.	44,00	

В результате получили сокращение затрат в 2,1 раза, сокращение трудоемкости изготовления в 2,8 раза. При программе в 5000 деталей в год, за счет экономии затрат мы окупим стоимость инструмента за 559 деталей. Эффективность применения инструмента Sandvik Coromant представлена в табл.6.



Рисунок 1 – Суммарные затраты на изготовление одной детали по варианту 1

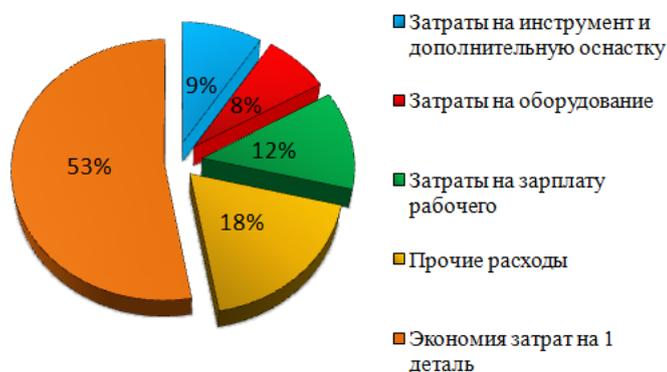


Рисунок 2 – Суммарные затраты на изготовление одной детали по варианту 2

Таблица 6 – Эффективность применения инструмента Sandvik Coromant

Показатели	при программе 5000 деталей в год.			
	Сокращение затрат в	2,1	раза на	219988,45
Сокращение трудоемкости в	2,8	раза на	1253,33	н/ч в год
Окупаемость инструмента	559	деталей		

Если в результате торга с поставщиком инструментов, снизить стоимость базового инструмента на 20 %, то стоимость корпуса инструмента в табл. 2 составит 1173,6 грн., а расходы на инструмент и дополнительную оснастку на 1 деталь равны 12,46 грн. Суммарные затраты на одну деталь в табл. 5 составят 80,19 грн., что на 3,76 % меньше чем было. Даже с учетом снижения стоимости инструмента на 20 %, это не дает выгоды в сравнении с более производительным инструментом.

ВЫВОДЫ

В данной статье были рассмотрены вопросы выбора режущего инструмента, для станков с ЧПУ, с различными режущими характеристиками на основании анализа суммарных затрат при изготовлении детали.

При использовании режущего инструмента фирмы Sandvik Coromant, в сравнении со стандартным, получили экономию суммарных затрат на 55 %, в расчете на одну деталь. Сокращения затрат получили за счет экономии: расходов на инструмент и дополнительную оснастку, затрат на оборудование т.к. деталь обрабатывается быстрее, на оплате труда и накладных расходов.

На основе проведенного исследования можно увидеть тенденцию снижения себестоимости обработки, за счет применения более дорогостоящего инструмента. Это обусловлено повышенными физико-механическими свойствами инструментального материала фрезы Sandvik Coromant, ее более высокой режущей способностью и стойкостью.

Была предложена методика расчета суммарных затрат в расчете на одну деталь.

Список использованных источников:

1. Новиков, Ф. В. Оптимальные решения в металлообработке: монография / Ф. В. Новиков, В. А. Жовтобрюх, Г. В. Новиков. – Днепр : ЛИРА, 2017. – 476 с.
2. Основной каталог продукции / АВ SandvikCoromant. – 2010. – 216 с.
3. Общемашиностроительные нормативы режимов резанья: О-28 : справочник : в 2 т. Т. 1 / А. Д. Локтев [и др.]. – М. : Машиностроение, 1991. – 640 с.
4. SandvikCoromant [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/products/pages/tools.aspx>
5. Потапова, Н. Н. Экономика и финансы предприятий [Электронный ресурс] : конспект лекций по дисциплине «Экономика и финансы предприятий» для студентов специальности 6.030601 «Менеджмент» всех форм обучения / Н. Н. Потапова. – Мариуполь : ПГТУ, 2017. – 180 с. – Режим доступа: <http://umm.pstu.edu/handle/123456789/12054>
6. Економіка підприємства [Електронний ресурс] : методичні вказівки з самостійного вивчення дисципліни «Економіка підприємства» для студентів напрямів підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» та 6.050503 «Машинобудування» всіх форм навчання / уклад. Н. М. Потапова, В. В. Тюріна. – Маріуполь : ПДТУ, 2014. – 23 с. – Режим доступу: <http://umm.pstu.edu/handle/123456789/1170>

Іванов Є. І., Литвиненко А. С.

ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ДОРОГИХ РІЖУЧИХ ІНСТРУМЕНТІВ ДЛЯ ВЕРСТАТІВ ІЗ ЧИСЛОВИМ ПРОГРАМНИМ УПРАВЛІННЯМ

У даній статті виконано економічний аналіз вибору ріжучого інструменту, на підставі зниження витрат механічної обробки. Сучасні інструменти для роботи на верстатах з числовим програмним управлінням (ЧПУ), мають різну вартість і різні властивості. У зв'язку з цим постає питання що вигідніше - використовувати дорогий інструмент з високою стійкістю або дешевший з меншою. Вирішуючи це питання потрібно враховувати вартість інструменту, вартість виробництва деталі і взаємне відношення цих величин. Перед підприємством стоїть питання мінімізації цих витрат. Методів зниження витрат механічної обробки може бути декілька. Можливо знизити вартість інструменту, як витратного матеріалу. Можна взяти більш якісний інструмент зі збільшеною стійкістю, при цьому збільшиться термін експлуатації, що призведе до зменшення кількості його закупівель. Або можна замінити інструмент на більш продуктивний, з можливістю збільшення швидкості механічної обробки і стійкості різання. У цій статті представлений порівняльний аналіз цих методів зниження витрат, при фрезеруванні деталі виконаної з матеріалу СЧ15 ГОСТ 1412-85, торцевою фрезою діаметром 100. Показаний розрахунок сумарних витрат при виготовленні однієї деталі, на верстаті з ЧПУ, при використанні інструментів різних виробників, різної вартості. Розрахована економія витрат на одну деталь, на партію деталей при використанні більш продуктивного інструменту. Показана ефективність застосування більш продуктивного інструменту, зі збільшеними показниками режимів різання, нехай навіть він і дорогий. Ефективність застосування обумовлено підвищеними фізико-механічними властивостями інструментального матеріалу, її вищою продуктивністю різання та стійкістю.

Ключові слова: механічна обробка, різальний інструмент, Sandvik Coromant, економічний аналіз, зниження витрат, стійкість, продуктивність, ефективність.

Ivanov E. I., Lytvynenko A. S.

ECONOMIC JUSTIFICATION OF THE SELECTION OF EXPENSIVE CUTTING TOOL FOR MACHINES WITH NUMERICAL PROGRAMMING MANAGEMENT

In this article an economic analysis of the choice of a cutting tool is made, based on a reduction in the cost of machining. Modern tools for work on CNC machines have different cost and different properties. In this regard, the question is more profitable - use an expensive tool with high resistance or cheaper with less. In solving this issue it is necessary to take into account the cost of the instrument, the cost of production of the item and the relationship between these quantities. Before the enterprise there is a question of minimization of these expenses. Methods for reducing the cost of mechanical processing can be several. It is possible to reduce the cost of the tool as a consumable material. It is possible to take a better quality instrument with increased stability, thus increasing the life of the operation, which will reduce the number of its purchases. Or you can replace the tool for more productive, with the possibility of increasing the speed of machining and the stability of the cutting. In this article a comparative analysis of these methods of reducing costs, when milling the part made of material CM15 GOST 1412-85, end mill with a diameter of 100. The calculation of total costs in the manufacture of one component, on a machine with a CNC, using tools from different manufacturers, different cost. The cost savings for one part are calculated for a

Режим доступу: <http://sap.pstu.edu>

batch of parts using a more productive tool. The efficiency of using a more productive tool, with increased indicators of cutting modes, is shown, even if it is expensive. The effectiveness of the application is due to the increased physical and mechanical properties of the tool material, its superior cutting performance and resistance.

Keywords: machining, cutting tools, Sandvik Coromant, economic analysis, cost reduction, stability, performance, efficiency.

Рецензент: проф., д-р техн. наук Хавин Г. Л.

Статья поступила 27.02.2019 г.

УДК 621.924.56

Полянский В. И.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБРАБОТКИ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

В работе определены условия уменьшения основного времени обработки на операции круглого врезного шлифования с учетом ограничения по точности обрабатываемой поверхности детали, определяемой упругими перемещениями, возникающими в технологической системе, за счет увеличения количества технологических переходов. Теоретически показано, что существует экстремум (минимум) основного времени обработки в зависимости от величины упругого перемещения на каждом из технологических переходов. На этой основе получены аналитические зависимости для определения скорости радиальной подачи на каждом переходе. Расчетами установлено, что наименьшее основное время обработки достигается при осуществлении операции круглого врезного шлифования в два перехода. Установлено также, что при выхаживании при заданной точности обрабатываемой поверхности основное время обработки значительно меньше, чем при дискретном характере уменьшения во времени скорости радиальной подачи.

Ключевые слова: круглое врезное шлифование, технологические переходы, основное время обработки, упругое перемещение, скорость радиальной подачи, выхаживание.

Постановка проблемы. Важным фактором повышения точности и производительности механической обработки является уменьшение упругих перемещений, возникающих в технологической системе. Поэтому знание закономерностей их изменения позволяет научно обоснованно подходить к определению условий повышения точности и производительности обработки и в целом эффективности осуществления процесса резания. Наиболее важно располагать закономерностями изменения упругих перемещений в процессе шлифования, где окончательно формируются параметры качества и точности обрабатываемых поверхностей. Однако, на практике эти закономерности устанавливаются, как правило, на основе результатов экспериментальных исследований, полученных для частных условий обработки. В научно – технической литературе фактически отсутствуют результаты аналитических исследований закономерностей формирования параметров точности и производительности обработки с учетом упругих перемещений, возникающих в технологической системе при шлифовании. Это ограничивает возможности установления обобщенных закономерностей, справедливых в широких диапазонах изменения параметров шлифования. В связи с этим в работе решается актуальная задача теоретического определения условий повышения точности и производительности обработки на операции