

Ж. П. Дусанюк¹
О. В. Дерібо¹
С. В. Репінський¹

ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «ВИЛКА»

¹Вінницький національний технічний університет

Об'єкт дослідження – технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Вилка».

Мета роботи – аналіз ефективності використання верстатів з ручним керуванням та верстатів з числовим програмним керуванням для механічної обробки заготовки деталі типу «Вилка» на основі порівняння техніко-економічних показників.

Виконано порівняння двох варіантів технологічних процесів механічної обробки заготовки деталі типу «Вилка». Один з них побудовано з використанням верстатів з ручним керуванням, другий – верстатів з числовим програмним керуванням. В першому варіанті, який прийнято за базовий (заводський) технологічний процес, обробка, виконується на шести верстатах, в другому (удосконаленому) – на двох.

Режими різання та норми часу (основного, штучно-калькуляційного) для базового варіанта технологічного процесу прийнято відповідно до заводських операційних карт згідно з нормативами для верстатів з ручним керуванням. Для удосконаленого варіанта технологічного процесу режими різання прийняті згідно з нормативними даними для верстатів з числовим програмним керуванням і вони є вищими за значеннями (подача, швидкість різання, частота обертання), що дозволило скоротити основний час і штучно-калькуляційний час.

Зменшення кількості операцій, часу їх виконання відповідно вплинуло на технологічну собівартість механічної обробки, забезпечило її зниження.

Скорочення часу обробки поверхонь заготовки деталі типу «Вилка» на верстатах з числовим програмним керуванням, зменшення їх кількості знизило енерговитрати в запропонованому варіанті технологічного процесу.

Проведено розрахунок продуктивності обробки заготовки деталі типу «Вилка» для аналізованих варіантів технологічних процесів, який підтвердив доцільність застосування верстатів з числовим програмним керуванням (підвищення в 2 рази).

Зменшення кількості верстатів в запропонованому варіанті технологічного процесу до двох одиниць дозволяє скоротити кількість основних робітників (верстатників). Враховуючи величину штучно-калькуляційного часу на двох операціях при використанні верстатів з числовим програмним керуванням однієї моделі спрощує обслуговування їх одним робітником. Зменшення кількості верстатів до двох дозволяє суттєво скоротити витрати на заробітну плату верстатників, виробничу площу, собівартість продукції.

Вказані техніко-економічні показники підтверджують ефективність використання запропонованого варіанта технологічного процесу, побудованого за принципом концентрації операцій на верстатах з числовим програмним керуванням.

Матеріали виконаних досліджень можуть бути використані в реальних умовах виробництва, а також в навчальному процесі під час вивчення дисципліни «Технологія машинобудування» та виконання курсових проектів і дипломних робіт.

Ключові слова: технологічний процес, верстати з ручним керуванням, верстати з числовим програмним керуванням, трудомісткість, енерговитрати, технологічна собівартість, продуктивність праці.

Вступ

Створення нових та вдосконалення наявних технологічних процесів завжди вартісне. Завдання розробника – спроектувати такий варіант технологічного процесу (ТП), який забезпечив би найвищі техніко-економічні показники в конкретних умовах виробництва, тобто запропонувати оптимальний варіант.

Найпростішим і широко використовуваним методом є порівняльний аналіз, при якому за показниками (трудомісткість, собівартість, металомісткість тощо) порівнюються декілька

варіантів [1–3].

На діючих машинобудівних підприємствах і до сьогодні використовують верстати з ручним керуванням, що не дозволяє забезпечити достатню ефективність механічної обробки. В роботі розглядається виготовлення деталі «Вилка» на реальному машинобудівному підприємстві. Деякі попередні результати досліджень наведені в [4].

Мета роботи – виявлення техніко-економічних показників, що найсуттєвіше впливають на підвищення ефективності процесів механічної обробки із застосуванням верстатів з числовим програмним керуванням.

Для досягнення поставленої мети розв'язувалися такі завдання:

- аналіз базового технологічного процесу, виявлення недоліків;
- розробка удосконаленого варіанта технологічного процесу;
- встановлення режимів різання для обробки заготовки деталі за базовим та запропонованим варіантами технологічного процесу;
- визначення норм часу виконання операцій для варіантів технологічного процесу;
- розрахунок собівартості виконання операцій по варіантах технологічного процесу та сумарної собівартості;
- визначення величини енерговитрат на технологічних операціях;
- визначення продуктивності аналізованих технологічних процесів;
- вибір оптимального варіанта технологічного процесу за техніко-економічними показниками;
- порівняльний аналіз отриманих результатів.

Результати дослідження

Проведення порівняльного аналізу ефективності механічної обробки за техніко-економічними показниками для двох варіантів ТП проводилося для умов серійного виробництва. Ескіз деталі показано на рис. 1. Матеріал деталі – сталь 45Л. Спосіб виготовлення заготовки – лиття за виплавними моделями (клас розмірної точності 11т).

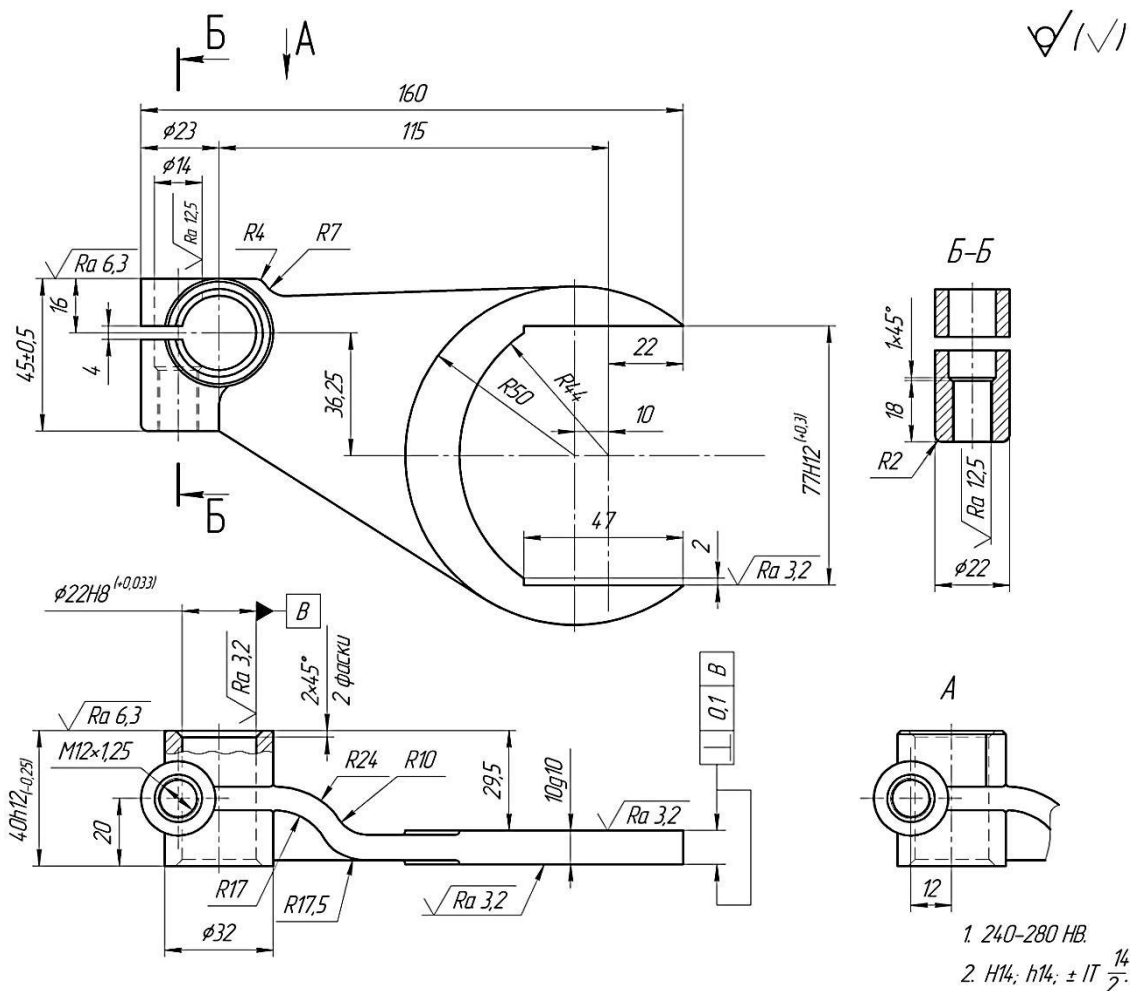


Рис. 1. Креслення деталі типу «Вилка»

Проаналізовано два варіанти маршруту механічної обробки: перший варіант – з використанням верстатів з ручним керуванням (РК); другий варіант – з використанням верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК).

Базовий варіант технологічного процесу (табл. 1) передбачає виконання шести технологічних операцій. Оскільки верстати з ЧПК дозволяють застосування операцій з більшою кількістю переходів, то запропонований технологічний процес (табл. 2) передбачає виконання всієї обробки за дві технологічні операції.

Таблиця 1

Базовий технологічний процес

Операції	Зміст операції	Обладнання
005 Горизонтально-фрезерна	Фрезерувати 2 бокові поверхні в розмір $77H12^{(+0,12)}$ мм	Горизонтально-фрезерний 6P82Г
010 Плоскошліфувальна	Шліфувати плоску поверхню вилки (розмір 10g10 мм), поверхню бобишки (розмір $\varnothing 32$ мм).	Плоскошліфувальний 3E756
015 Агрегатна	Свердлити отвір $\varnothing 14$ мм на довжину 26 мм. Свердлити отвір (розмір $\varnothing 22H8^{(+0,033)}$ мм) в розмір $\varnothing 18$ мм на прохід. Свердлити отвір (під різь M12 \times 1,25 мм) в розмір $\varnothing 10,75$ мм на прохід. Зенкерувати отвір (розмір $\varnothing 22H8^{(+0,033)}$ мм) в розмір $\varnothing 21$ мм попередньо. Нарізати різь в отворі M12 \times 1,25 мм. Зенкерувати отвір (розмір $\varnothing 22H8^{(+0,033)}$ мм) в розмір $\varnothing 21,5$ мм остаточно. Розвернути отвір $\varnothing 22H8^{(+0,033)}$ мм	Спеціальний свердлильний агрегатний 4A446
020 Плоскошліфувальна	Шліфувати плоску поверхню важеля розміром 10g10 мм однократно.	Плоскошліфувальний 3E756
025 Вертикально-свердлильна	Зенкувати 2 фаски 1 \times 45° мм на бобишці	Вертикально-свердлильний 2A135
030 Горизонтально-фрезерна	Фрезерувати паз розміром 4 мм і поверхню бобишки (розмір $\varnothing 32$ мм)	Горизонтально-фрезерний 6P82Г

Таблиця 2

Удосконалений технологічний процес

Операції	Зміст операції	Обладнання
005 Комбінована	Фрезерувати плоску поверхню (розмір 10g10 мм) попередньо, поверхню бобишки (розмір $\varnothing 32$ мм) однократно. Фрезерувати 2 бокові поверхні в розмір $77H12^{(+0,3)}$ мм однократно. Фрезерувати плоску поверхню (розмір 10g10 мм) остаточно. Розточити отвір (розмір $\varnothing 22H8^{(+0,033)}$ мм) попередньо в розмір $\varnothing 20$ мм. Розточити отвір (розмір $\varnothing 22H8^{(+0,033)}$ мм) остаточно в розмір $\varnothing 21,5$ мм. Зенкувати фаску в отворі $\varnothing 22H8^{(+0,033)}$ мм. Розвернути отвір $\varnothing 22H8^{(+0,033)}$ мм	Вертикальний свердлильно-фрезерно-розточувальний ЛТ260МФ3
010 Комбінована	Фрезерувати плоску поверхню (розмір 10g10 мм) попередньо, поверхню бобишки (розмір $\varnothing 32$ мм) однократно. Фрезерувати плоску поверхню 10g10 мм остаточно. Зенкувати фаску в отворі $\varnothing 22H8^{(+0,033)}$ мм. Повернути деталь на 90°. Центрувати отвір (під різь M12 \times 1,25 мм), витримуючи розміри $\varnothing 5$ мм; $l = 6$ мм. Свердлити отвір (під різьбу M12 \times 1,25 мм) в розмір $\varnothing 10,75$ мм на прохід. Розсвердлити отвір до розміру $\varnothing 14$ мм. Нарізати різь в отворі M12 \times 1,25 мм. Фрезерувати паз розміром 4 мм	Вертикальний свердлильно-фрезерно-розточувальний ЛТ260МФ3 (з поворотним столом)

На базовому підприємстві (Харківський тракторний завод) використовується перший варіант ТП механічної обробки заготовки деталі «Вилка». Запропоновано ТП, в якому використовуються багатоцільові верстати з ЧПК моделі ЛТ260МФ3 (дві операції).

Режими різання для базового технологічного процесу вибрані згідно із заводськими технологічними операційними картами, для запропонованого – за рекомендаціями [5, 7].

Згідно з прийнятими режимами різання визначено штучно-калькуляційний час ($T_{шт-к}$) виконання операцій для двох варіантів ТП (табл. 3) і побудовано діаграми (рис. 2 і рис. 3).

Таблиця 3

Норми часу на обробку заготовки деталі типу «Вилка»

№ операції	Базовий варіант ТП		Удосконалений варіант ТП	
	T_o , хв	$T_{шт-к}$, хв	T_o , хв	$T_{шт-к}$, хв
005	0,79	1,32	0,818	1,68
010	0,186	0,335	2,87	5,9
015	7,77	11,66	–	–
020	0,168	0,3	–	–
025	0,3	0,45	–	–
030	0,92	1,54	–	–
		$\Sigma T_{шт-к} = 15,6$		$\Sigma T_{шт-к} = 7,58$

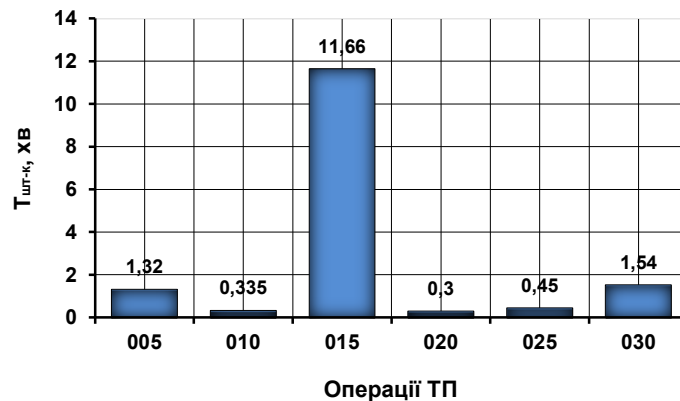


Рис. 2. Штучно-калькуляційний час виконання операцій механічної обробки (базовий ТП)

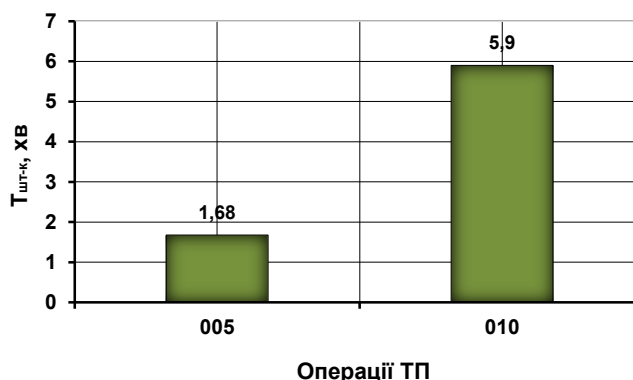


Рис. 3. Штучно-калькуляційний час виконання операцій механічної обробки (удосконалений ТП)

На основі визначеного $T_{шт-к}$ розраховано технологічну собівартість механічної обробки на операціях обох варіантів маршруту (табл. 4) і побудовано відповідні діаграми (рис. 4–6). Розрахунки технологічної собівартості операцій виконувалися за формулою [8, 9]

$$C_O = \frac{C_{n-в} \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot k_в} \text{ [грн]}, \quad (1)$$

де $C_{n-г}$ – цехові приведені годинні витрати, грн/год; $k_г$ – коефіцієнт виконання норм (в машинобудуванні $k_г = 1,3$).

Таблиця 4

Технологічна собівартість виконання операцій

№ операцій	$T_{шт-к}$, хв	Верстат	Цехові приведені годинні витрати $C_{n-г}$, грн/год	Собівартість виконання операцій C_0 , грн
Базовий варіант ТП				
005	1,32	6P82Г	47	0,8
010	0,335	3Б71Н	40,3	0,17
015	11,66	4A446	62,6	9,36
020	0,3	3E756	40,3	0,16
025	0,45	2A135	42,3	0,24
030	1,54	6P82Г	47	0,93
Загальна технологічна собівартість				$\sum C_0 = 12,92$
Удосконалений варіант ТП				
005	1,68	ЛТ260МФ3	80,7	1,74
010	5,9	ЛТ260МФ3	80,7	6,1
Загальна технологічна собівартість				$\sum C_0 = 7,84$

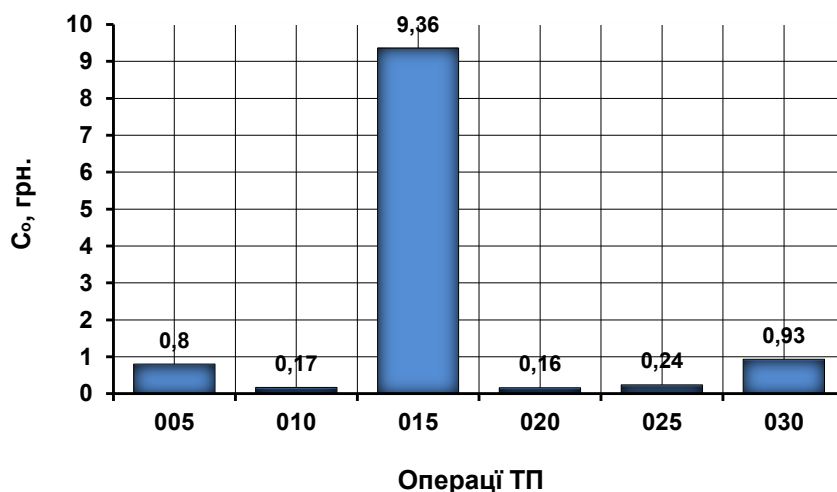


Рис. 4. Технологічна собівартість виконання операцій механічної обробки (базовий ТП)

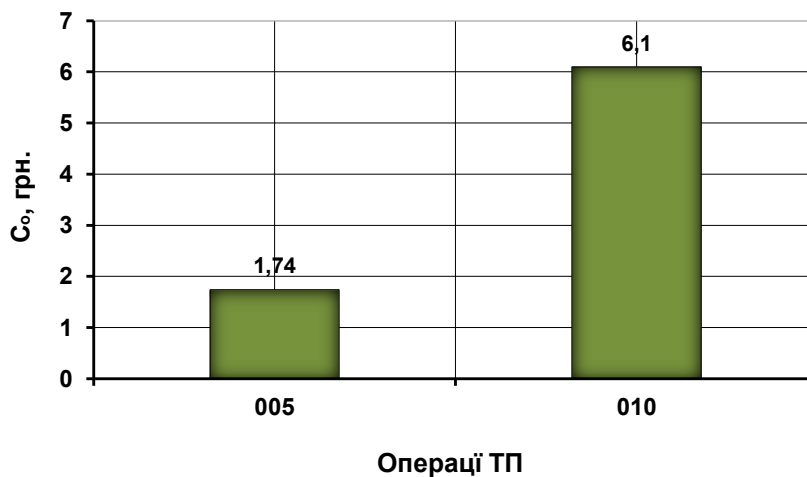


Рис. 5. Технологічна собівартість виконання операцій механічної обробки (удосконалений ТП)

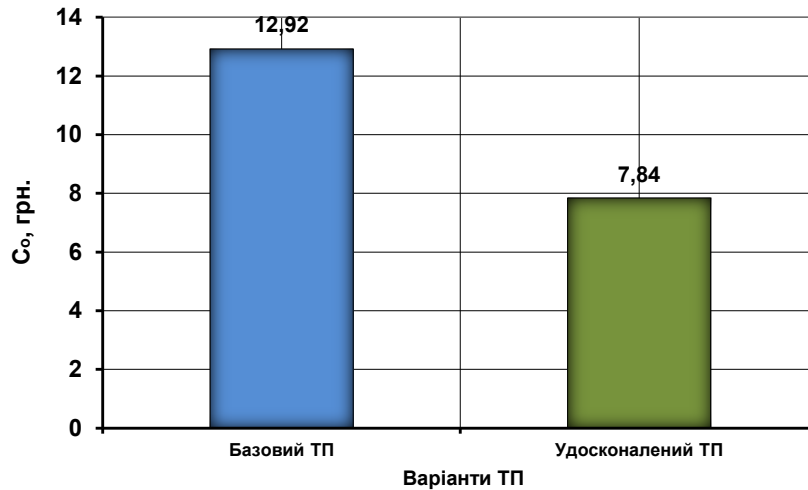


Рис. 6. Діаграма загальної технологічної собівартості механічної обробки

Витрати на оплату силової електроенергії, що витрачається при виконанні операцій, розраховувались за формулою [1]

$$E = S_K \cdot W = S_K \cdot \frac{N_y \cdot \eta_m \cdot T_o}{60 \cdot \eta_c \cdot \eta} \text{ [грн]}, \quad (2)$$

де S_K – ціна за 1 кВт-год силової електроенергії, грн [10];

W – потреба в електроенергії на дану операцію, кВт-год;

N_y – встановлена потужність електродвигуна приводу головного руху верстата, кВт;

η – ККД електродвигуна приводу головного руху верстата, $\eta \approx 0,9$;

$\eta_m = N_{piz} / N_y$ – коефіцієнт завантаження за потужністю електродвигуна приводу головного руху;

η_c – коефіцієнт, що враховує втрати в мережі, $\eta_c = 0,96$;

T_o – основний час на дану операцію, хв.

Таблиця 5

Розрахунок витрат на силову електроенергію

№ операції	T_o , хв	S_K , грн	N_y , кВт	η	η_m	η_c	E , грн
Базовий варіант ТП							
005	0,79	2,99	7,5	0,9	0,46	0,96	0,16
010	0,186	2,99	30	0,9	0,6	0,96	0,193
015	7,77	2,99	8	0,9	0,3	0,96	1,08
020	0,168	2,99	30	0,9	0,5	0,96	0,145
025	0,3	2,99	4	0,9	0,35	0,96	0,024
030	0,92	2,99	7,5	0,9	0,4	0,96	0,16
Загальні витрати на силову електроенергію							$\Sigma E = 1,76$
Удосконалений варіант ТП							
005	0,818	2,99	6,0	0,9	0,65	0,96	0,194
010	2,87	2,99	6,0	0,9	0,65	0,96	0,65
Загальні витрати на силову електроенергію							$\Sigma E = 0,83$

Таблиця 6

Загальна продуктивність праці технологічних процесів механічної обробки заготовки деталі типу «Вилка»

Варіант ТП	$T_{шт-к}$	Продуктивність праці		
		$\Pi_{зм}$, шт./зм	$\Pi_{міс}$, шт./міс	$\Pi_{рік}$, шт./рік
Базовий ТП	15,6	31	1354	15630
Удосконалений ТП	7,58	63	2786	32169

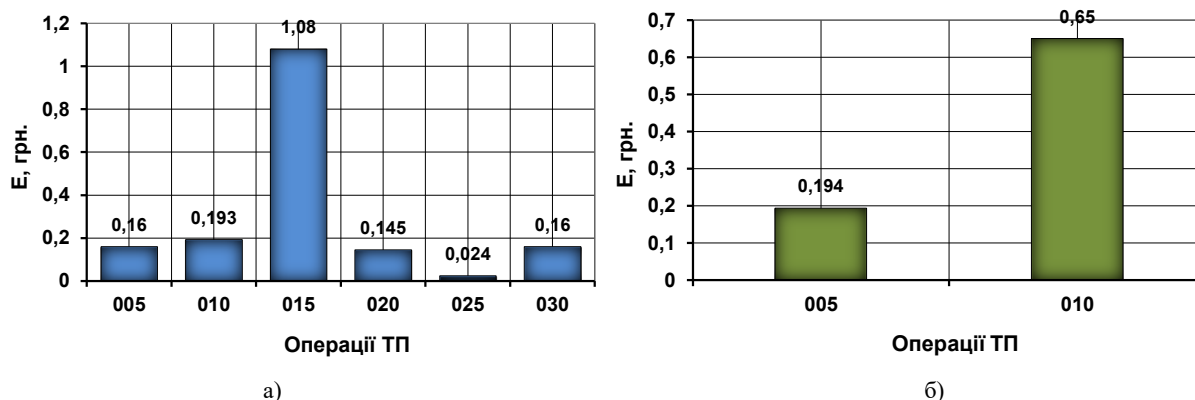


Рис. 7. Діаграма витрат на силову електроенергію по операціях варіантів ТП:
а – базовий варіант ТП; б – удосконалений варіант ТП

Висновки

В результаті дослідження встановлено, що:

- 1) кількість операцій механічної обробки заготовки деталі «Вилка» в результаті запропонованого удосконалення зменшилася з шести до двох, а отже зменшилася кількість верстатів, працівників, виробнича площа, витрати на заробітну плату основних робітників, собівартість обробки;
- 2) трудомісткість механічної обробки базового ТП склала 15,6 хв., в удосконаленому 7,58 хв., тобто вона зменшилася в два рази;
- 3) технологічна собівартість виконання операцій механічної обробки базового ТП 12,92 грн, в удосконаленому – 7,84 грн, тобто вона зменшилася в 1,65 рази;
- 4) витрати на електроенергію при виконанні операцій механічної обробки деталі «Вилка» в базовому ТП склали 1,76 грн, в удосконаленому відповідно 0,83 грн, що в 2 рази менше;
- 5) продуктивність процесу обробки (за рік) в базовому ТП 15630 деталей, в удосконаленому відповідно 32169 деталей, тобто вона збільшилася в 2 рази;
- 6) підвищення техніко-економічних показників механічної обробки заготовки деталі типу «Вилка» стало можливим в результаті заміни верстатів з РК на верстати з ЧПК та використання принципу концентрації операцій при побудові ТП механічної обробки;
- 7) результати роботи можуть бути використані як в реальному виробництві, так і у навчальному процесі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] П. О. Руденко, *Проектування технологічних процесів у машинобудуванні*. Київ: Вища школа, 1993, 414 с.
- [2] О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, та Д. А. Ангельський, «Фактори зменшення трудомісткості, енерговитрат та технологічної собівартості обробки на верстатах з ЧПК,» *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія "Технічні науки"*, вип. 1(89), т. 1, с. 10–16. 2015.
- [3] Ж. П. Дусанюк, О. В. Дерібо, С. В. Репінський, О. В. Паславська, та Р. Р. Пархомчук, «Підвищення ефективності механічної обробки заготовки деталі типу "Корпус мультиплікатора",» *Вісник машинобудування та транспорту*, № 1(5), с. 28–38. 2017.
- [4] Ж. П. Дусанюк, О. В. Дерібо, Д. О. Діхтяренко, та В. В. Кошовий, «Підвищення техніко-економічних показників механічної обробки заготовки деталі типу "Вилка",» на *XLVI наук.-техн. конф. підрозділів ВНТУ*, Вінниця, 2017. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2017/paper/view/2909>.
- [5] И. А. Каштальян, и В. И. Клевзович, *Обработка на станках с числовым программным управлением: справочное пособие*. Минск: Вышэйшая школа, 1989, 271 с.
- [6] *Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с программным управлением. Часть I. Нормативы времени*. Москва: Экономика, 1990, 206 с.
- [7] *Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с программным управлением. Часть II. Нормативы режимов резания*. – Москва: Экономика, 1990, 473 с.
- [8] А. Ф. Горбачевич, и В. А. Шкред, *Курсовое проектирование по технологии машиностроения*. Минск: Вышэйшая школа, 1983, 256 с.
- [9] О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, та В. П. Пурдик, *Технологія машинобудування. Курсове проектування: навчальний посібник*. Вінниця, Україна: ВНТУ, 2013, 123 с.
- [10] *Тарифи. ПАТ Вінницяобленерго* [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.voe.com.ua/consumers/legal_entities/fees?year=2018&month=12. Дата звернення: Груд. 25, 2018.

Дусанюк Жанна Павлівна – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри технологій та автоматизації машинобудування;

Дерібо Олександр Володимирович – канд. техн. наук, доцент, професор кафедри технологій та автоматизації машинобудування, e-mail: deriboov@ukr.net;

Репінський Сергій Володимирович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри технологій та автоматизації машинобудування, e-mail: repinskyisv@gmail.com;

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Zh. Dusaniuk¹

O. Deribo¹

S. Repinskyi¹

Improving the technical and economic indicators of the technological process of machining the workpiece parts such as «Fork»

¹Vinnitsia National Technical University

The object of study is the technological process of machining the workpiece parts such as «Fork».

The aim of the work is to analyze the efficiency of using machine tools with manual control and machine tools with numerical control for machining workpieces of the «Fork» type of parts based on a comparison of technical and economic indicators.

Comparison of two variants of technological processes of mechanical processing of the workpiece parts such as «Fork». One of them was built using hand-operated machines, the second – machine tools with numerical control. In the first variant, adopted according to the basic (factory) technological process, the processing is carried out on six machines, in the second (advanced) – on two.

Cutting conditions and time norms (main, piece-calculation) for the basic variant of the technological process are taken in accordance with the factory operating cards according to the standards for hand-operated machines. For an improved version of the process, cutting conditions are taken according to regulatory data for numerically controlled machine tools and they are higher in value (feed, cutting speed, rotational speed), which reduced the cutting time, as well as the piece-calculation processing time.

The reduction in the number of operations, the time for their execution, respectively, affected the technological cost of machining, which led to its decrease.

Reducing the time of processing the surface of the workpiece parts such as «Fork» on machine tools with numerical control, reducing the number of machines has reduced the cost of electricity in this variant of the process.

The calculation of the productivity of processing workpieces of the «Fork» type parts for the considered variants of technological processes was carried out, which confirmed the expediency of using machine tools with numerical program control (a twofold increase).

Reducing the number of machines in the proposed version of the process to two units reduces the number of main workers (machine operators). Taking into account the value of the piece-time for two operations when using machines with numerical control of one model, they can be serviced by one worker. Reducing the number of machines to two can significantly reduce the cost of wages for machine operators, production area, production costs.

These technical and economic indicators confirm the effectiveness of the use of the proposed variant of the technological process, built on the principle of concentration of operations on machines with numerical program control.

The materials of the research can be used in real conditions of production, as well as in the educational process in the study of the discipline «Engineering Technology» and in the implementation of course projects, final works.

Keywords: technological process, manually controlled machine-tools, NC machine-tools, labor intensity, energy consumption, technological cost, labor productivity.

Dusaniuk Zhanna – Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor, Assistant Professor of the Department of Technology and Automation of Mechanical Engineer;

Deribo Oleksandr – Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor, Professor of the Department of Technology and Automation of Mechanical Engineer, e-mail: deriboov@ukr.net;

Repinskyi Serhii – Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor, Assistant Professor of the Department of Technology and Automation of Mechanical Engineer, e-mail: repinskyisv@gmail.com.

Ж. П. Дусанюк¹

А. В. Дерібо¹

С. В. Репинский¹

Повышение технико-экономических показателей технологического процесса механической обработки заготовки детали типа «Вилка»

¹Вінницький національний технічний університет

Объект исследования – технологический процесс механической обработки заготовки детали типа «Вилка».

Цель работы – анализ эффективности использования станков с ручным управлением и станков с числовым программным управлением для механической обработки заготовки детали типа «Вилка» на основе сравнения

технико-экономических показателей.

Выполнено сравнение двух вариантов технологических процессов механической обработки заготовки детали типа «Вилка». Один из них построен с использованием станков с ручным управлением, второй – станков с числовым программным управлением. В первом варианте, принятом согласно базового (заводского) технологического процесса, обработка выполняется на шести станках, во втором (усовершенствованном) – на двух.

Режимы резания и нормы времени (основного, штучно-калькуляционного) для базового варианта технологического процесса принято в соответствии с заводскими операционными картами согласно нормативам для станков с ручным управлением. Для усовершенствованного варианта технологического процесса режимы резания приняты согласно нормативных данных для станков с числовым программным управлением и они выше по величине (подача, скорость резания, частота вращения), что позволило сократить время резания, а также штучно-калькуляционное время обработки.

Уменьшение количества операций, времени их выполнения соответственно повлияло на технологическую себестоимость механической обработки, привело к ее снижению.

Сокращение времени обработки поверхностей заготовки детали типа «Вилка» на станках с числовым программным управлением, уменьшение количества станков обеспечило снижение затрат электроэнергии в данном варианте технологического процесса.

Выполнен расчет производительности обработки заготовки детали типа «Вилка» для рассматриваемых вариантов технологических процессов, который подтвердил целесообразность применения станков с числовым программным управлением (повышение в 2 раза).

Уменьшение количества станков в предложенном варианте технологического процесса до двух единиц позволяет сократить количество основных рабочих (станочников). С учетом величины штучно-калькуляционного времени на двух операциях при использовании станков с числовым программным управлением одной модели может быть введено обслуживание их одним рабочим. Уменьшение количества станков до двух позволяет существенно сократить расходы на заработную плату станочников, производственную площадь, себестоимость продукции.

Указанные технико-экономические показатели подтверждают эффективность использования предложенного варианта технологического процесса, построенного по принципу концентрации операций на станках с числовым программным управлением.

Материалы выполненных исследований могут быть использованы в реальных условиях производства, а также в учебном процессе при изучении дисциплины «Технология машиностроения» и при выполнении курсовых проектов, выпускных работ.

Ключевые слова: технологический процесс, станки с ручным управлением, станки с числовым программным управлением, трудоемкость, энергозатраты, технологическая себестоимость, производительность труда.

Дусанюк Жанна Павловна – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологий и автоматизации машиностроения;

Дерибо Александр Владимирович – канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры технологий и автоматизации машиностроения, e-mail: deriboov@ukr.net;

Репинский Сергей Владимирович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологий и автоматизации машиностроения, e-mail: repinskyisv@gmail.com.