

МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МАТЕРІАЛООБРОБКА

УДК 621.01(75)

ФАКТОРИ ЗМЕНШЕННЯ ТРУДОМІСТКОСТІ, ЕНЕРГОВИТРАТ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СОБІВАРТОСТІ ОБРОБКИ НА ВЕРСТАТАХ З ЧПК

Дерібо Олександр Володимирович к.т.н., доцент

Дусанюк Жанна Павлівна к.т.н., доцент

Ангельський Дмитро Анатолійович студент

Вінницький національний технічний університет

Deribo O.

Dusanyuk G.

Angelskiy D.

Vinnitsia National Technical University

Анотація: проведено аналіз ефективності механічної обробки на верстатах з ЧПК у порівнянні з верстатами з ручним керуванням на прикладі технологічного процесу виготовлення деталі «Кришка циліндра». Виявлені фактори, які найсуттєвіше впливають на зменшення трудомісткості обробки, енерговитрат, технологічної собівартості, підвищення продуктивності праці.

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

Вступ

В умовах сьогодення машинобудівні підприємства перебувають в непростих умовах постійно змінюваного попиту на їх продукцію. Співвідношення «ціна/якість» виходить на перший план конкурентної боротьби. Це вимагає від підприємств гнучкості виробничих потужностей, найкоротших термінів технічної підготовки виробництва і ефективного використання оборотних засобів [1]. З інтенсивним розвитком електроніки, інформаційних технологій з'явилися широкі можливості у виборі моделей обладнання з числовим програмним керуванням (ЧПК) і виробників такого обладнання. Застосування сучасних різальних інструментів з надтвердих матеріалів дозволяє суттєво підвищити режими різання.

Серед критеріїв оцінки варіантів технологічних процесів на перший план висувуються економічні критерії. В умовах ринкової економіки вимоги до прийнятих рішень є досить високими. З урахуванням цього виявлення факторів, які дозволяють підвищити ефективність використання верстатів з ЧПК видається актуальним.

Мета роботи — виявлення факторів, які найсуттєвіше впливають на підвищення ефективності технологічних процесів (ТП) механічної обробки заготовок деталей за критеріями трудомісткості, енерговитрат, технологічної собівартості та продуктивності праці.

Для досягнення поставленої мети розв'язувались такі задачі:

- розробка варіантів ТП механічної обробки деталей типу «Кришка циліндра» на верстатах з ручним керуванням і на верстатах з ЧПК;
- визначення режимів різання;
- нормування операцій;
- визначення величини енерговитрат на операціях механічної обробки та сумарних витрат по варіантах ТП;
- розрахунок собівартості обробки по операціях, визначення сумарної собівартості обробки для кожного варіанта ТП;

- встановлення продуктивності праці для подібних операцій обох варіантів ТП.

Результати досліджень

Дослідження і розрахунки виконувались на прикладі виготовлення деталі «Кришка циліндра» в умовах середньосерійного виробництва. Ескіз деталі, що розглядається, показаний на рис. 1.

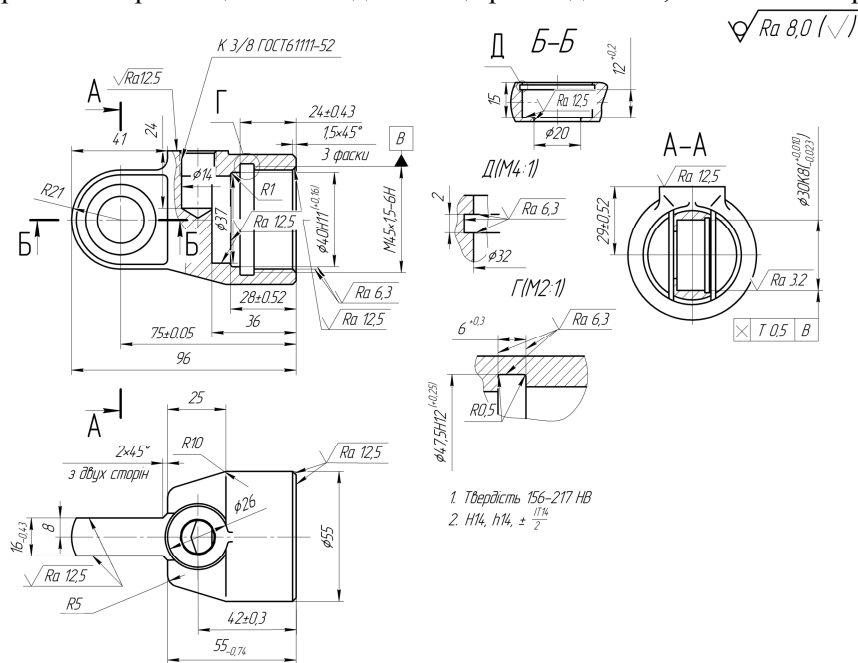


Рис. 1. Ескіз деталі «Кришка циліндра»

Для порівняння розглянуті два варіанти технологічного процесу (ТП) механічної обробки заготовки деталі. Один з них передбачає використання верстатів з ручним керуванням (табл. 1), а інший — верстатів з ЧПК (табл. 2).

Важливим фактором забезпечення ефективності технологічного процесу є раціональний вибір режимів різання. Виходячи з технологічних можливостей обладнання, використовуюваного різального інструменту і матеріалу різальної частини вибрані за нормативами [2] режими різання для верстатів з ручним керуванням і за нормативами [3] — для верстатів з ЧПК. В результаті виконання відповідних розрахунків встановлена також потужність різання N_p .

Таблиця 1

Маршрут механічної обробки заготовки деталі «Кришка циліндра» на верстатах з ручним керуванням

№ операції	Назва операції, модель верстата	Стислий зміст операції
005	Токарно-револьверна, 1П365	Підрізання торця в розмір 96 мм, обробка всіх поверхонь центрального отвору і нарізання різі М45×1,5 мм в цьому отворі.
010	Токарно-револьверна, 1П365	Підрізання торця в розмір 29±0,52 мм, обробка всіх поверхонь різьбового отвору (під штуцер) і нарізання конічної різі у цьому отворі.
015	Горизонтально-фрезерна, 6Р80Г	Фрезерування площин вушка в розмір 16 _{-0,43} мм.
020	Токарно-револьверна, 1П365	Попередня обробка отвору під Ø30К8 мм і канавки під стопорне кільце.
025	Алмазно-розточувальна, 2705В	Тонке розточування отвору Ø30К8 мм.

Таблиця 2

Маршрут механічної обробки заготовки деталі «Кришка циліндра» на верстатах з ЧПК

№ операції	Назва операції, модель верстата	Стислий зміст операції
005	Токарно-револьверна з ЧПК 1В340Ф30	Підрізання торця в розмір 96 мм, обробка всіх поверхонь центрального отвору і нарізання різі М45×1,5 мм в цьому отворі.
010	Токарно-револьверна з ЧПК 1В340Ф30	Підрізання торця в розмір 29±0,52 мм, обробка всіх поверхонь різьбового отвору (під штуцер) і нарізання конічної різі у цьому отворі.
015	Комбінована, ЛТ260МФ3	Фрезерування площин вушка в розмір 16 _{-0,43} мм. Попередня і остаточна обробка отвору під Ø30К8 мм і канавки під стопорне кільце.

З використанням нормативів [4] і [5] і з урахуванням призначених режимів різання виконано нормування операцій для обох варіантів маршруту механічної обробки. Результати нормування показані у таблиці 3. Розмір партії оброблюваних заготовок n вибраний в обсязі 400 шт.

У таблиці 3 прийняті такі позначення: $T_{шт-к}$; $T_{шт}$; $T_{п-з}$; T_o ; T_d ; $T_{об}$; $T_{відп}$; $T_{вс}$; $T_{зак}$; $T_{уп}$; $T_{вим}$ — відповідно штучно-калькуляційний час, штучний час, підготовчо-заклучний час; основний час, допоміжний час, час на обслуговування робочого місця, час на відпочинок, час на встановлення і знімання заготовки, час на закріплення і розкріплення заготовки, час на прийоми управління верстатом, час на вимірювання заготовки.

З таблиці 3 випливає, що скорочення часу виконання операцій з використанням верстатів з ЧПК відбувається в основному завдяки зменшенню, T_o і T_d . Під час токарної обробки на верстаті з ЧПК основний час скорочується завдяки зменшенню відстаней врізань і перебігів (оскільки вершина різця послідовно рухається по контуру оброблюваних поверхонь), а також завдяки продуктивнішим режимам різання. Допоміжний час суттєво зменшується через скорочення часу на управління верстатом. Підготовчо-заклучний час для токарних верстатів з ЧПК помітно менший, ніж для таких же верстатів з ручним керуванням. Разом з тим очевидно, що ефект від скорочення $T_{п-з}$ може бути суттєвим за малих партій оброблюваних заготовок, тобто в дрібносерійному виробництві. Діаграма розподілу штучно-калькуляційного часу по операціях варіантів ТП показана на рис. 2.

Таблиця 3

Результати визначення норм часу і загальної трудомісткості

№ операції	T_o	Складові T_d				T_d	$T_{об}$	$T_{відп}$	$T_{шт}$	$T_{п-з}$	n	$T_{п-з}/n$	$T_{шт-к}$
		$T_{уст}$	$T_{зак}$ р	$T_{уп}$	$T_{вим}$								
Перший варіант ТП (верстати з ручним керуванням)													
005	0,893	0,23	0,14	1,66	0,048	2,08	0,19	3,16	0	400	0,05	3,21	
010	0,438	0,47	0,14	1,42	0,031	2,06	0,16	2,66	0		0,05	2,71	
015	1,05	0,15	0,03	0,45	0,016	0,65	0,14	1,84	1		0,08	1,92	
020	0,129	0,47	0,14	0,63	0,023	1,26	0,1	1,49	20		0,05	1,54	
025	0,040	0,14	0,14	0,1	0,048	0,428	0,19	0,658	6		0,07	0,73	
Загальна трудомісткість ТП												10,11	
Другий варіант ТП (верстати з ЧПК)													
005	0,514	0,13	0,03	0,24	0,048	0,45	0,03	0,02	1,01	11,45	400	0,03	1,04
010	0,325	0,47	0,14	0,24	0,031	1,21	0,04	0,02	1,60	11,45		0,03	1,63
015	0,705	0,15	0,03	0,5	0,048	0,69	0,01	0,01	1,42	20,3		0,05	1,47
Загальна трудомісткість ТП												4,14	

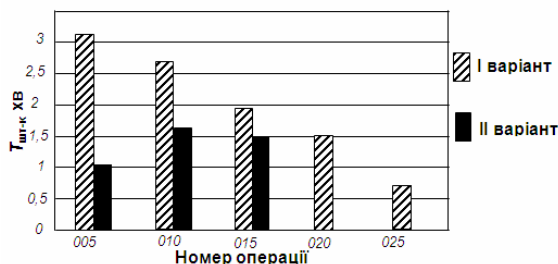


Рис. 2. Розподіл штучно-калькуляційного часу по операціях варіантів ТП

Порівняємо продуктивність на перших операціях обох варіантів ТП, оскільки ці операції є однаковими за змістом переходів. Годинну продуктивність операції за умови роботи одного верстата можна знайти за формулою [6].

$$\Pi = \frac{60}{T_{оп}}, \text{ (шт/год)} \quad (1)$$

де $T_{оп} = T_o + T_d$ — оперативний час.

Оперативний час для операції 005 першого варіанта ТП складає 2,97 хв, для другого варіанта відповідно 0,96 хв. Таким чином, продуктивність для операції 005 першого варіанта ТП складає 20 шт/год., а продуктивність аналогічної токарно-револьверної операції з ЧПК 62 шт/год.

На основі результатів технічного нормування варіантів ТП визначені витрати на силову електроенергію кожної з технологічних операцій. Розрахунки виконувались за формулою [7]:

$$E = S_k W = S_k \frac{N_y \eta_m T_o}{60 \eta_c \eta}, \text{ (грн)}$$

де: S_k — ціна за 1 кВт-год силовій електроенергії, грн. (за даними ПАТ «Вінницяобленерго» [8] $S_k = 1,32$ грн за 1 кВт-год); W — потреба в силовій електроенергії на дану операцію, кВт-год; N_y і η — відповідно встановлена потужність (кВт) і к. к. д. ($\eta \approx 0,93$) електродвигуна приводу головного руху верстата; $\eta_m = N_p / N_y$ — коефіцієнт завантаження за потужністю електродвигуна приводу головного руху; η_c — коефіцієнт, що враховує втрати в мережі ($\eta_c = 0,96$).

Результати визначення витрат на силову електроенергію по операціях приведено у таблиці 4. Діаграму розподілу цих витрат показано на рис. 3.

Таблиця 4

Результати визначення витрат на силову електроенергію

№ операції	T_o , хв	S_k , грн	N_y , кВт	N_p , кВт	η	η_m	η_c	E , грн
Перший варіант ТП (верстати з ручним керуванням)								
005	0,893	1,32	13	8,2	0,93	0,6	0,96	0,18
010	0,438		13	7,5		0,6		0,09
015	1,050		3	2,7		0,9		0,07
020	0,129		13	7,5		0,6		0,03
025	0,040		1,1	0,7		0,63		0,008
Загальні витрати на силову електроенергію								0,38
Другий варіант ТП (верстати з ЧПК)								
005	0,514	1,32	15	11	0,93	0,73	0,96	0,14
010	0,325		15	8,2		0,55		0,06
015	0,705		5,5	5,1		0,9		0,08
Загальні витрати на силову електроенергію								0,28

Визначено також операційну і технологічну собівартість механічної обробки з використанням нормативного методу [9]. Розрахунки собівартості операцій виконувались за формулою

$$C_o = \frac{C_{п-в} T_{шт-к}}{60}, \text{ (грн)}$$

де $C_{п-в}$ — цехові приведені годинні витрати, грн/год.

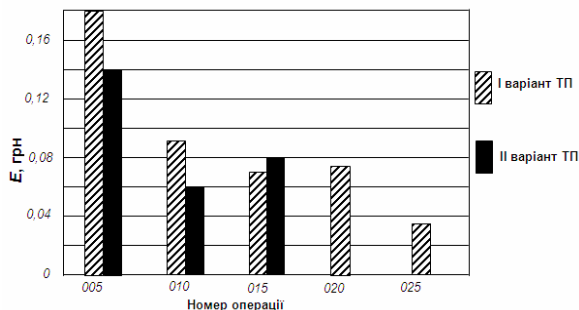


Рис. 3. Розподіл витрат на силову електроенергію по операціях варіантів ТП

Результати розрахунків технологічної собівартості наведено у таблиці 5. Діаграма розподілу технологічної собівартості по операціях варіантів ТП показано на рис. 4.

Таблиця 5

Результати розрахунків технологічної собівартості

№ операції	Верстат	$T_{шт-к}$, хв	$C_{п-в}$, грн/год.	Собівартість операції, грн.
Перший варіант ТП (верстати з ручним керуванням)				
005	1П365	3,21	51,9	2,78
010	1П365	2,71	51,9	2,34
015	6Р80Г	1,92	42,3	1,35
020	1П365	1,541	51,9	1,33
025	2705В	0,73	43,9	0,36
Загальна технологічна собівартість				10,73
Другий варіант ТП (верстати з ЧПК)				
005	1В340Ф30	1,04	39,0	0,66
010	1В340Ф30	1,63	39,0	1,06
015	ЛТ260МФ3	1,47	80,7	1,96
Загальна технологічна собівартість				3,68

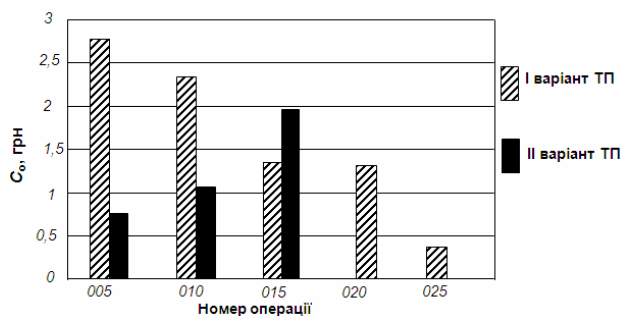


Рис. 4. Розподіл технологічної собівартості по операціях варіантів ТП

Висновки

Отже згідно з результатами проведених досліджень обробка заготовки деталі на верстатах з ЧПК у порівнянні з обробкою на верстатах з ручним керуванням забезпечує:

- можливість побудови технологічних процесів з більшою концентрацією операцій, що дає можливість зменшити кількість використовуваного обладнання, виробничих площ і верстатних пристроїв, а також підвищує точність обробки завдяки можливості обробки більшої кількості поверхонь з одного установа;
- зменшення трудомісткості і підвищення продуктивності завдяки скороченню основного часу, допоміжного часу і підготовчо-заключного часу;
- зменшення енерговитрат і собівартості механічної обробки завдяки зменшенню кількості операції і трудомісткості.

Список літератури

1. Чесноков А. В. Факторы эффективности применения оборудования с ЧПУ / А. В. Чесноков // Открытые информационные и компьютерные технологии. — 2013. — № 58, — С. 21—26.
2. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для нормирования работ на металлорежущих станках. Ч. 1. Токарные, карусельные, токарно-револьверные, алмазно-расточные, сверлильные, строгальные, долбежные и фрезерные станки. — М.: Машиностроение, 1974. — 416 с.
3. Кирилович В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ. / Кирилович В. А., Мельничук П. П., Яновський В. А.; під заг. ред. В. А. Кириловича. — Житомир : ЖІТІ, 2001. — 600 с.
4. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования: Серийное производство. — М. : Машиностроение, 1974. — 421 с.
5. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с программным управлением. Часть I. Нормативы времени. — М. : Экономика, 1990. — 207 с.
6. Чарнко Д. В. Основы проектирования механосборочных цехов / Д. В. Чарнко, Н. Н. Хабаров — М. : Машиностроение, 1975. — 352 с.
7. Руденко П. А. Проектирование технологических процессов в машиностроении / П. А. Руденко — К. : Вища школа, 1985. — 255 с.
8. http://www.voe.com.ua/consumers/legal_entities/fees?year=2015&month=1.
9. Расчеты экономической эффективности новой техники: Справочник / Под общ. ред. К. М. Великанова. — Л. : Машиностроение. Ленингр. отд.-ние, 1990. — 448 с.

References

1. Chesnokov A. V. Faktoryi effektivnosti primeneniya oborudavaniya s ChPU / A. V. Chesnokov // Otkryitiye informatsionnyie i kompyuternyye tehnologii. — 2013. — № 58, — S. 21—26.
2. Obschemashinostroitelnyie normativyyi rezhimov rezaniya dlya normirovaniya rabot na metallorezhuschih stankah. Ch. 1. Tokarnyye, karuselnye, tokarno-revolvernyye,almazno-rastochnyie, sverlilnyie, strogalnyie, dolbezhyie i fre-zernyye stanki. — М.: Mashinostroenie, 1974. — 416 s.
3. Obschemashinostroitelnyie normativyyi vremeni i rezhimov rezaniya dlya normirovaniya rabot, vyipolnyaemyih na universalnyih i mnogotselevyih stankah s programmnyim upravleniium. Chast II. Normativyyi rezhimov rezaniya. — М. : Ekonomika, 1990. — 473 s.
4. Obschemashinostroitelnyie normativyyi vremeni vspomogotel'nogo, na obsluzhivanie rabochego mesta i podgotovitel'no-zaklyuchitel'nogo dlya tehniche-skogo normirovaniya: Seriy'noe proizvodstvo. — М. : Mashinostroenie, 1974. — 421 s.
5. Obschemashinostroitelnyie normativyyi vremeni i rezhimov rezaniya dlya normirovaniya rabot, vyipolnyaemyih na universalnyih i mnogotselevyih stankah s programmnyim upravleniem. Chast I. Normativyyi vremeni. — М. : Ekonomika, 1990. — 207 s.
6. Charnko D. V. Osnovy proektirovaniya mehanosborochnyih tsehov / D. V. Charnko, N. N. Habarov — М. : Mashinostroenie, 1975. — 352 s.
7. Rudenko P. A. Proektirovanie tehnologicheskikh protsessov v mashino-stroenii / P. A. Rudenko — К. : Vischa

shkola, 1985. — 255 s.

8. http://www.voe.com.ua/consumers/legal_entities/fees?year=2015&month=1.

9. Raschetyi ekonomicheskoy effektivnosti novoy tehniki: Spravochnik / Pod obsch. red. K. M. Velikanova. — L. : Mashinostroenie. Leningr. otd.-nie, 1990. — 448 s.

ФАКТОРЫ УМЕНЬШЕНИЯ ТРУДОЕМКОСТИ, ЭНЕРГОЗАТРАТ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СЕБЕСТОИМОСТИ ОБРАБОТКИ НА СТАНКАХ С ЧПУ

Аннотация: проведен анализ эффективности механической обработки на станках из ЧПК в сравнении со станками с ручным управлением на примере технологического процесса изготовления детали «Крышка цилиндра». Выявлены факторы, которые имеют наибольшее влияние на уменьшение трудоемкости обработки, энергозатрат, технологической себестоимости, повышение производительности труда.

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

FACTORS OF REDUCTION OF LABOUR EXPENSES, ENERGY CONSUMPTION AND MANUFACTURING COST DURING THE PROCESS OF MACHINING THE BLANKS USING NC MACHINE-TOOLS

Summari: analysis of the efficiency of machining process with the application of numerically controlled machine-tools as compared with manually controlled machine-tools is conducted by the example of “cylinder cover” component manufacturing process. The factors were determined, which have the most essential influence on the reduction of labor and energy consumption, manufacturing cost as well as on raising labor productivity.

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