

УДК 621.95

Я.А. Гриненко, О.В. Карпович, І.І. Карпович

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

РОЗРОБКА ЦИКЛУ РОБОТИ АГРЕГАТНО-СВЕРДЛИЛЬНОГО ВЕРСТАТУ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ «СТУПИЦЯ»

В роботі виконано порівняльний аналіз систем керування металообробним обладнанням з автоматичним циклом роботи. Визначена найбільш доцільна система керування для агрегатно-свердлильного верстату. Показано цикл роботи агрегатно-свердлильного верстату за часом для кожної робочої позиції, загальна циклограма верстата та наладка.

Ключові слова: системи циклового програмного керування, системи числового програмного керування, адаптивні системи керування, слідкуючі системи автоматичного керування, циклограма за часом для кожної робочої позиції, загальна циклограма.

В работе выполнен сравнительный анализ систем управления металлорежущим оборудованием с автоматическим циклом работы. Определена наиболее целесообразная система управления для агрегатно-сверлильного станка. Показано цикл работы агрегатно-сверлильного станка по времени для каждой рабочей позиции, общая циклограмма и наладка.

Ключевые слова: системы циклового программного управления, системы числового программного управления, адаптивные системы управления, следящие системы автоматического управления, циклограмма по времени для каждой рабочей позиции, общая циклограмма.

The comparative analysis of control systems of metalworking equipment with automatic cycle of work is made in the work. The most appropriate control system for the machine-boring machine has been determined. The cycle of work of the machine-drilling machine by time for each working position, the general and adjustment is shown.

Keywords: cycle program control systems, numerical program control systems, adaptive control systems, automatic control tracking systems, time cycle for each working position, total cycle diagram.

Для керування металообробним обладнанням з автоматичним циклом роботи використовують такі системи: системи циклового програмного керування, системи числового програмного керування (системи класу NC, системи класу SNC, системи класів CNC, системи класу DNC, система класу HNC, системи класу PCNC), адаптивні системи керування, слідкуючі системи автоматичного керування, CitectSCADA, Simplicity, Master SCADA, TRACE MODE, InTouch, Simatic WinCC, IGSS, КРУГ-2000, SCADA S3, iFix [1-5].

У системах циклового програмного керування (ЦПК) одна частина керуючої програми інформація про цикл і режимах обробки задається в

числовому вигляді з використанням в якості програмоносія як електромеханічних інформаційних носіїв (штекерні і комутаційні поля, програмні барабани, діодні перепрограмувальні матриці, роз'єми, перфокарти і ін.), так і електронних носіїв, побудованих на основі великих інтегральних схем напівпостійних запам'ятовуючих пристроїв з електричним перезаписом інформації. Друга частина керуючої програми розмірна інформація, характеризує переміщення робочих органів верстата, встановлюється за допомогою шляхових упорів на спеціальних лінійках або барабанах. Для кожної координати налаштовують і встановлюють свою лінійку [2, 3, 4].

Числовим програмним керуванням (ЧПК) металорізальних верстатом (ГОСТ 20523-80) називають керування обробкою заготовки на верстаті по керуючій програмі, в якій дані задані в цифровій формі. В системах ЧПК вся інформація КП підготовлюється та передається робочим органам верстата тільки в цифровій (дискретній) формі. Траєкторія руху ріжучого інструменту відносно оброблюваної заготовки представляється у вигляді ряду його послідовних положень, кожне з яких визначається числом [2-4].

Адаптивні системи керування забезпечують автоматичне пристосування процесу обробки заготовки до постійно змінюваних умов обробки за певними критеріями. Це пристосування здійснюється на основі інформації, одержуваної системою керування безпосередньо в процесі обробки заготовок [2].

Слідкуючи системи керування забезпечують підтримку вибраної величини керуючого об'єкту на заданому рівні. В слідкуючих системах задаючий вплив змінюється по закону, заздалегідь не відомому [1, 4].

Метою даної роботи є аналіз систем керування металорізальним обладнанням та розробка циклу роботи верстату.

В результаті аналізу систем керування металорізальним обладнанням показав, що системи ЧПК різного класу вимагають дорогого спеціального обладнання та програмного забезпечення. Застосування ЧПК виправдане при випуску деталей широкої номенклатури виробів. Системи циклового програмного керування засновані на завданні розмірної інформації за допомогою шляхового вимикача, що значно знижує вартість системи управління. При цьому технологічні можливості з ЦПК обмежені. При заданих умов виробництва деталі «Ступиця», програми і номенклатури випускаємих виробів найбільш доцільно для агрегатно-свердлильного верстата використовувати систему ЦПК, що значно зменшить час переналадки. Головною задачею при наладці верстата є установка та налаштування шляхових упорів, положення яких визначається циклограмами роботи силових вузлів на кожній позиції та загальній циклограмі верстату.

Методика розробки циклу роботи агрегатно-свердлильного верстату складається з таких етапів:

- ескіз наладки;
- точки позиціювання;
- побудова проміжних позицій для функції зі складним циклом виконання;

- побудова циклограм керування зі складним циклом;
- циклограма керування функції складного циклу по часу;
- циклограма роботи агрегатного верстату по часу;
- співвідношення такта випуску з часом циклу роботи.

Ескіз наладки - графічне зображення виконуваних дій на позиції при обробці елементарних поверхонь.

Виконують:

- графічне зображення фрагменту деталі з елементарними поверхнями, які оброблюються на даному переході;
- вказується просторова прив'язка;
- вказується специфікація складу, інструмент показують на виході після робочого ходу (РХ);
- умовне позначення точок базування, можливе вказання конструктивних елементів верстатного пристрою.

Точки позиціонування - точка, яка має певне положення в просторі.

Вказують на початку дві точки позиціонування. Перша точка - вихідне положення інструменту. Між позиціями виконавчий орган виконавчого пристрою за час роботи верстату здійснює цикл робочих функцій на даній позиції. В нашому випадку на позиції реалізується дві функції - елементарний механічний рух. Це дії - прямолінійного рівномірного зворотно-поступового руху інструменту та механічне кругове обертально-рівномірний рух. Оскільки кожний механічний рух у виконавчого пристрою обов'язково має реверс-стрілки, яке позначає двосторонній рух.

Цільове позначення цих функцій - формоутворення - утворення циліндричної поверхні, тобто отвору певного діаметру з певною довжиною.

Побудова проміжних позицій для функції зі складним циклом виконання.

Функція по циклу виконання є елементарною. Керування цією функцією зводиться до циклового керування (вкл/викл). При наладці технологічні параметри функції встановлюються зазвичай як постійні.

У випадку переміщення інструменту по декільком координатам елементи індексуються тією координатою, по якій відбувається переміщення.

Побудова циклограм керування зі складним циклом.

Циклограма - технологічна документація, графічно зображуючи виконання функції в робочому просторі верстату.

Розрізняють цикли: лінійні, пласкі, об'ємні, статичні, динамічні.

Для функції будують циклограму по параметрам руху: напрямок, величина шляху, позиції (вихідна точка). Проектують вихідні позиції перпендикулярно осі Z. Проекція позначається «i^»,». Між точками функція має своє цільове позначення та характеристики параметрів згідно структурної формули. Всі відрізки шляху знаходяться на одній прямій - осі Z.

Оскільки швидкість та прискорення переміщення виконавчого органу верстату безпосередньо вимірювати при наладці важко, то для їх визначення користуються розрахунковою величиною прохідного шляху за часом. Для

налагоджувальних параметрів дій функції складного циклу зазвичай будують циклограми виконання складових за часом.

Зазвичай точки (позиції) циклограми керування параметрами дії (функції) переносяться 1:1 на циклограму за часом. Вони означають початок і кінець, тривалість виконання складових циклу. Шкала залежить від швидкодії конструкції.

Циклограма будується в послідовності виконання робіт на агрегатних металорізальних верстатах, тобто: завантажувальна позиція, транспортна і т.п. Або завантажувальна позиція розбивається на дві частини: завантажувальна/розвантажувальна чи об'єднують в одну.

Транспортна операція не може виконуватися до закінчення завантажувальної. Тому транспортна операція починається із закінченням завантажувальної/розвантажувальної. На час і-тої позиції накладається час завантажувальної позиції.

У випадку якщо завантажувальна та транспортна позиції перевищують машинний час на найбільш трудомісткій позиції - виконують розрахунки на транспортування. Але зазвичай $T_{тр}$ враховується у циклі роботи верстату 1 раз - на тах кут повороту стола.

По циклограмі визначаємо $T_{шт. max}$. Наприклад, на свердлильній позиції час найбільший, відповідно для верстату це буде $T_{шт}$, визначаюче цикл його роботи.

Для зменшення $T_{шт.к}$ вдаються до спеціальних конструктивних рішень (автоматизація, механізація і т.п).

Співвідношення такта випуску з часом циклу роботи. Описується нерівністю:

$$\tau \geq T_{шт.к} \geq T_{опер. max} \quad (1)$$

Циклограму завершують зазначенням згідно цієї нерівності з приведенням номінальних значень.

Для механічної обробки деталей типу «Ступиця» розроблюється агрегатно-свердлильна операція, яка має три робочі позиції :

- завантажувальна, розвантажувальна;
- свердлити 4 отвори $\varnothing 9,8^{+0,36}$;
- зенкерувати 4 отвори $\varnothing 10^{+0,09}$;
- зенкувати фаску $1 \times 45^\circ$ в 4 отворах.

Ескіз наладки агрегатно-свердлильної операції по позиціям наведено на рис.1, 2, 3.

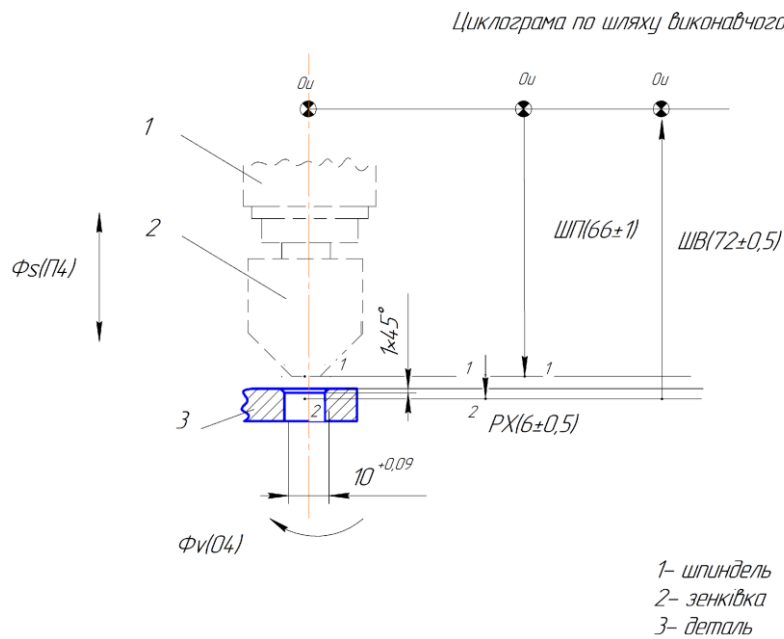


Рис. 3. Ескіз наладки зенкувальної позиції

Час виконання елементів структури розраховується за рахунок швидкості переміщення ключових органів.

Формула знаходження часу:

$$t = S / V_{\text{шв.х}} \quad (2)$$

де S – відстань, мм; $V_{\text{шв.х}}$ – швидкість швидкого ходу, мм/хв.

$$S_{\text{хв}} = S_0 \times n$$

$$S_{\text{хв2}} = 0,25 \times 550 = 137,5 \text{ мм/хв};$$

$$S_{\text{хв3}} = 0,4 \times 650 = 260 \text{ мм/хв};$$

$$S_{\text{хв4}} = 0,25 \times 550 = 137,5 \text{ мм/хв.}$$

$$t_{\text{ШПсвер.}} = \text{ШП} / V_{\text{шв.х}} = 76 \times 60 / 2150 = 2,1 \text{ с}$$

$$t_{\text{PXсвер.}} = \text{PX} / S_{\text{хв2}} = 13 \times 60 / 137,5 = 5,7 \text{ с}$$

$$t_{\text{ШВсвер.}} = \text{ШВ} / V_{\text{шв.х}} = 89 \times 60 / 2150 = 2,5 \text{ с}$$

Аналогічно проводимо розрахунки часу для інших позицій та заносимо в табл. 1.

Таблиця 1

Час виконання елементів структури

| № позиції | Назва операції | ШП,с | РХ,с | ШВ,с |
|-----------|-------------------------------|------|------|------|
| 2 | Свердлити 4 отвори | 2,1 | 5,7 | 2,5 |
| 3 | Зенкерувати 4 отвори | 3,1 | 2,8 | 3,4 |
| 4 | Зенкувати фаску в 4-х отворах | 1,8 | 2,1 | 2 |

За розрахунками часу для кожної робочої позиції будуюмо циклограму, яка зображена на рис.4.

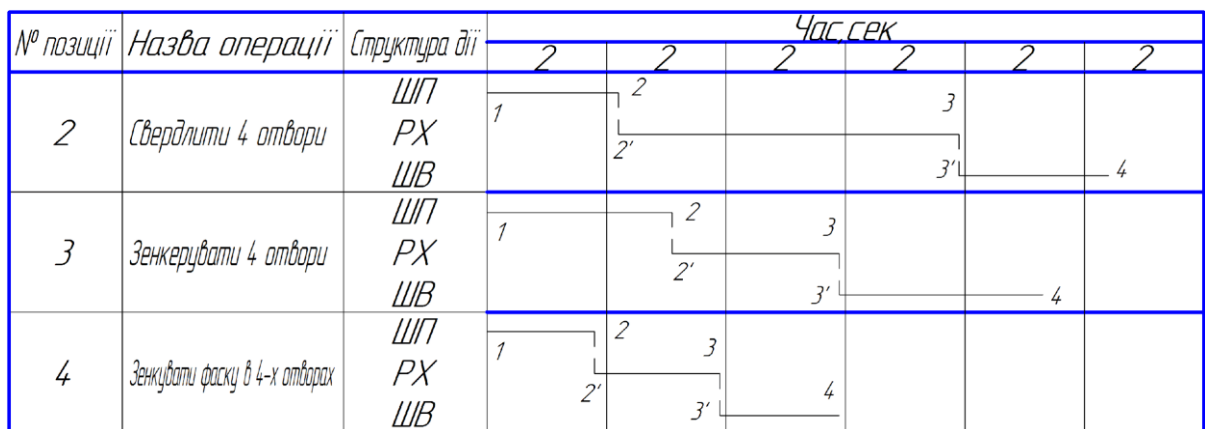


Рис. 4. Циклограма за часом для кожної робочої позиції

Визначаємо час повороту стола.

$$L_{ст} = \pi \times D_{ст} \quad , \quad (4)$$

де $D_{ст}$ – діаметр стола, мм.

$$L_{ст} = 3,14 \times 1750 = 5494 \text{ мм}$$

$$t = l_{сетора} / V_{пов.стола} \quad (5)$$

де $V_{пов.стола}$ – швидкість повороту стола, мм/хв.

$$l_{сетора} = L_{ст} / n_{поз} \quad , \quad (6)$$

де $n_{поз}$ – кількість позицій.

$$l_{сетора} = 5494 / 4 = 1374 \text{ мм.}$$

$$t = 1374 \times 60 / 5000 = 16,5 \text{ с.}$$

Зображуємо загальну циклограму верстату:

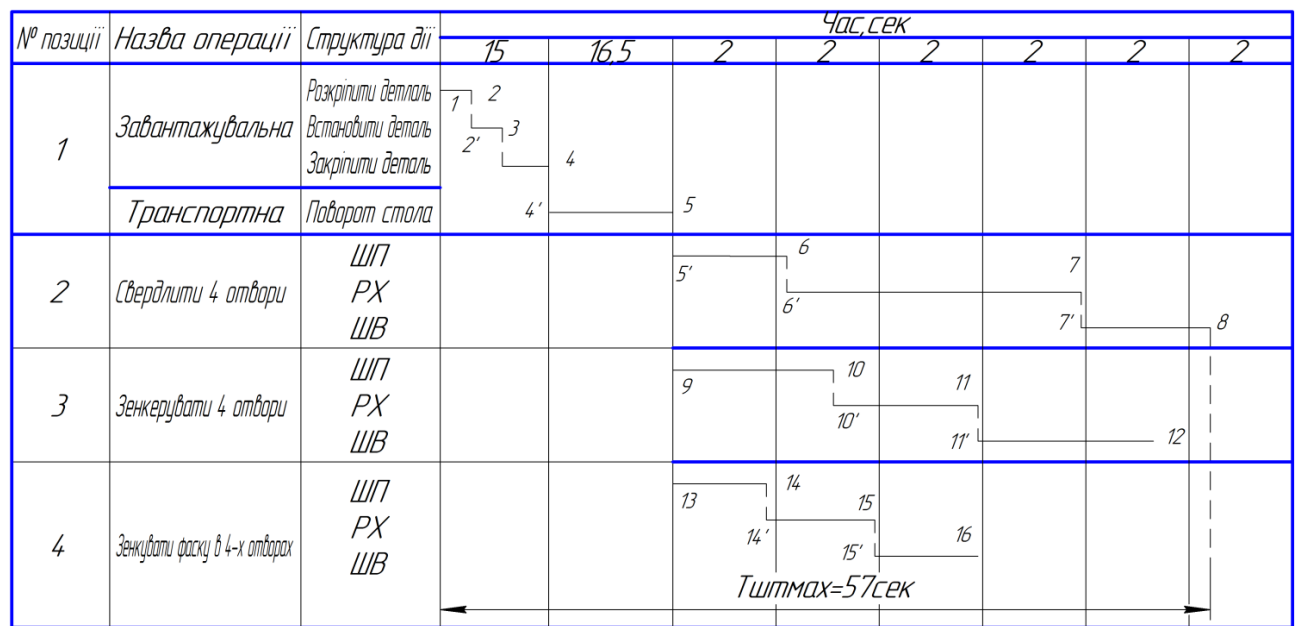


Рис. 5. Загальна циклограма верстату

Співвідношення темпу випуску з часом циклу роботи:

$$\tau \geq T_{штк} \geq T_{опер.\max} ,$$

де $\tau = 15 \text{ хв}$; $T_{штк} = 1,1 \text{ хв}$.

Верстат, що проектується, виконує задану продуктивність.

Згідно виконаним розрахункам час на обробку однієї деталі на агрегатно-свердильному верстаті складає 57с, що менше темпу випуску $\tau = 15 \text{ хв}$. Тобто верстат забезпечить задану продуктивність та програму випуску деталей.

Бібліографічні посилання

1. Голембієвський А. І. Системи керування технологічним обладнанням. – Новополицьк, 2009 р. – С. 92–107.
2. Кольцов А.Г. Керування верстатами і верстатними комплексами. – Омськ, 2007 р. – С. 13–36.
3. Таїров В. П. Системи автоматичного керування верстатом. – Маріуполь, 2015 р. – С. 34–41.
4. Рябов С. А. Управління верстатом і верстатними комплексами. – Кемерово, 2012 р. – С. 34–56.
5. Андрияков Д. О. , Савчук А. В. , Кримов А. С. Аналіз існуючих автоматизованих систем керування технологічним процесом. – Стаття. – С.29 – 36.

Надійшла до редколегії 20.10.2019