

### Практичне заняття № 3

#### ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ОБРОБКИ ОТВОРІВ НА ВЕРТИКАЛЬНО- СВЕРДЛУВАЛЬНОМУ ВЕРСТАТІ МОД. 2Р135Ф2

- Мета:** – ознайомитись з технічними характеристиками верстата мод. 2Р135Ф2;
- засвоїти сутність та зміст паралельного та послідовного методів обробки отворів на вертикально-свердлувальних верстатах;
  - освоїти методику визначення раціональної схеми обробки отворів на верстаті мод. 2Р135Ф2 з використанням кількісного критерію доцільності.

### 3.1. Короткі теоретичні відомості

#### 3.1.1. Призначення та технологічні можливості верстата мод. 2Р135Ф2

Вертикально-свердлувальний верстат мод. 2Р135Ф2 нормальної точності з РГ, хрестовим столом та ЧПУ "Координата С70" призначений для виконання операцій свердлування, зенкерування, зенкування, розвертання, нарізання різьби тощо. Найбільш раціонально верстат може бути використаний в умовах серійного та дрібносерійного виробництва.

Наявність на верстаті нереверсивної РГ для автоматичної зміни інструмента, хрестового столу та ЧПУ дозволяє виконувати координатну обробку деталей типу кришок, фланців, панелей т. і. без попередньої розмітки та без використання кондукторів.

Достатні діапазони подач та чисел обертів шпинделя верстата дозволяють повністю забезпечувати вибір нормативних режимів різання для обробки сталі, чавуну та кольорових металів.

42

Верстат мод. 2Р135Ф2 має наступні основні технічні характеристики:

- найбільший діаметр свердлування в сталі 45, мм 35
- найбільший діаметр нарізання різьби в сталі 45, мм M24x3
- конус кінця шпинделя РГ Морзе №4
- виліт шпинделя, мм 450
- найбільший крутний момент на шпинделі, Н·м 200
- найбільше зусилля подачі, Н 15000
- кількість шпинделів РГ 6
- обортова швидкість шпинделя РГ:
  - кількість 12
  - межі зміни, хв<sup>-1</sup> 31,5–1400
- найбільша відстань від торця шпинделя до поверхні стола, мм 600
- найбільший хід револьверного супорта, мм 560
- супорт:
  - швидкість прискореного переміщення, м/хв 4
  - кількість подач 18
  - межі зміни подач, мм/хв 10–500
- час повороту: з позиції 1 в позицію 2, с
 

1	–	3	4,6
1	–	4	5,6
1	–	5	7,0
1	–	6	7,6
6	–	6	8,6
- швидкість прискореного переміщення столу, м/хв 3,8
- найбільший хід столу, мм:
  - поперечний 350
  - поздовжній 560
- точність позиціонування столу, мм 0,05

#### 3.1.2. Особливості та схеми обробки отворів на верстаті мод. 2Р135Ф2

Доцільно наголосити, що згідно технічних характеристик верстата мод. 2Р135Ф2 виконання окремих технологічних переходів при обробці отворів виконується на робочій подачі

43

водночас тільки одним різальним інструментом, що знаходиться в робочій позиції РГ.

В загальному випадку прийнята технологія обробки отворів (внутрішніх поверхонь обертання) на даному верстаті визначається:

- конструктивно-технологічними особливостями заготовки та оброблюваних поверхонь вздовж кожної з осей отворів;
- послідовністю обробки отворів;
- кількістю, розмірами та порядком розташування різального інструменту в гніздах РГ;
- послідовністю участі в обробці інструментів як в межах інструментального налагодження, так і поза ним;
- величинами та кількістю прискорених переміщень за координатними осями та позиціонування столу в прийнятій системі координат;
- величинами та кількістю прискорених і робочих переміщень робочих позицій РГ тощо.

При цьому можливі наступні основні схеми обробки множини отворів:

- **паралельна**, при якій інструмент обробляє всі поверхні отвору даного розміру (очевидно, що виконується це із зміною координат позиціонування столу), далі виконується зміна інструменту, цикл повторюється і т.д.;
- **послідовна**, коли кожен отвір (поверхні вздовж кожної осі отворів) оброблюється всіма необхідними за технологією інструментами (очевидно, що виконується це при незмінному позиціонуванні столу), далі виконується зміна положення столу і наступний отвір (поверхні вздовж наступної осі) оброблюється всіма необхідними інструментами і т.д.
- **комбінована**, що поєднує елементи згаданих схем, використовується в основному при обробці отворів до 6-го квалітету точності.

#### 3.1.3. Критерій прийняття раціональної схеми обробки отворів

Вказаний критерій може бути визначений при розгляданні особливостей нормування технологічних операцій на верстатах з ЧПУ.

44

**Нормою часу** є регламентований час виконання деякого об'єму робіт в певних виробничих умовах одним і тим же або декількома виконавцями відповідної кваліфікації.

Час, що витрачається на технологічну операцію в умовах серійного виробництва, для якого найбільш ефективним є використання верстатів з ЧПУ, визначається за формулою:

$$t = t_{п.з.} / n + t_{шт.} \quad (3.1)$$

де:  $n$  – кількість деталей в партії;

$t_{п.з.}$  – підготовчо-заклучний час – час, що витрачається на підготовку виконавця та засобів технологічного оснащення (ЗТО) в порядок після закінчення зміни, хв.

$t_{п.з.}$  визначається один раз на всю партію деталей і не залежить від їх кількості.

$t_{шт.}$  – це час, що витрачається на:

- вивчення креслення деталі;
- отримання різальних інструментів;
- налагодження верстата на обробку деталі;
- зняття та здавання оснащення та креслень тощо;

$t_{шт.}$  – **штучний час** – час, що витрачається на виготовлення одиниці (однієї штуки) виробу (деталі), хв.

Для верстатів з ЧПУ:

$$t_{шт.} = t_o + t_d + t_{обс.} + t_{пер.} \quad (3.2)$$

де  $t_o$  – **основний технологічний час** – час, що витрачається на зміну і в подальшому визначення стану предмету праці, хв.

$t_o$  супроводжується зміною:

- розмірів поверхонь;
  - стану поверхневого шару;
  - структури матеріалу тощо,
- тобто характеризується визначенням характеристик (ознак) технологічної операції.

$$t_o = \sum_{i=1}^m \frac{L_i}{S_{ш.і}}$$

де  $m$  – кількість робочих переміщень різальних інструментів впродовж циклу обробки одиниці виробу;

45

$L_i$  –  $i$ -а довжина робочого ходу інструменту з урахуванням величин врізання, перебігу та довжини оброблюваної поверхні, мм;

$S_{x.o.i} = n_i \cdot S_{oi}$  – величина хвилинної подачі, що супроводжується виконанням  $L_i$ , мм/хв;

$n_i$  – частота обертання різального інструменту або заготовки при виконанні  $i$ -го робочого ходу  $L_i$ , хв<sup>-1</sup>;

$S_{oi}$  – значення обертової подачі при відпрацюванні  $L_i$ , мм/об.

$t_{\partial}$  – допоміжний час – частина  $t_{um}$ , що витрачається на виконання прийомів, необхідних для забезпечення зміни та в подальшому визначення стану предметів праці, хв.

$t_{\partial}$  – це час, що витрачається на:

- встановлення заготовки в пристосування;
- зняття деталі з технологічного обладнання;
- управління верстатом;
- вимірювання деталі;
- зміну різальних інструментів;
- зміну положень робочих органів верстата тощо.

$$t_{\partial} = t_{\partial o-z} + t_{m-\partial} \quad (3.3)$$

де  $t_{\partial o-z}$  – час, що витрачається на встановлення заготовки на верстат та зняття обробленої деталі з нього, хв;

$t_{m-\partial}$  – машинно-допоміжний час – час, що пов'язаний з виконанням допоміжних ходів та переміщень технологічного обладнання, хв, тобто час, що включає комплекс прийомів, пов'язаних з:

- позиціонуванням робочих органів верстата;
- прискореним переміщенням РО;
- підведенням різального інструменту в зону обробки і наступним його відведенням;
- автоматичною зміною різального інструменту;

Вказані складові  $t_{m-\partial}$  залежать від швидкостей та довжин переміщень робочих органів та вузлів обладнання.

Таким чином для верстата мод. 2P135Ф2 маємо:

$$t_{m-\partial} = \sum_{i_x=1}^{n_x} t_{i_x}^{cm} + \sum_{i_y=1}^{n_y} t_{i_y}^{cm} + \sum_{j_{z,r}=1}^{m_{z,r}} t_{j_{z,r}}^{pr} + \sum_{j_{z,r}=1}^{m_{z,r}} t_{j_{z,r}}^{pr} + \sum_{p=1}^r t_{p_{k-1}}^{pr} = \quad (3.4)$$

$$= \sum_{i_x=1}^{n_x} \frac{L_{i_x}^{cm}}{V_{i_x}^{cm}} + \sum_{i_y=1}^{n_y} \frac{L_{i_y}^{cm}}{V_{i_y}^{cm}} + \sum_{j_{z,r}=1}^{m_{z,r}} \frac{L_{j_{z,r}}^{pr}}{V_{j_{z,r}}^{pr}} + \sum_{j_{z,r}=1}^{m_{z,r}} \frac{L_{j_{z,r}}^{pr}}{V_{j_{z,r}}^{pr}} + \sum_{p=1}^r t_{p_{k-1}}^{pr}$$

де  $t_{i_x}^{cm} = \frac{L_{i_x}^{cm}}{V_{i_x}^{cm}}$  – час  $i_x$ -го прискореного переміщення столу по координаті  $X$ , с;

$L_{i_x}^{cm}$  – величина  $i_x$ -го переміщення столу по координаті  $X$ , мм;

$V_{i_x}^{cm}$  – швидкість прискореного переміщення столу по координаті  $X$ , мм/с;

$n_x$  – кількість прискорених переміщень по координаті  $X$ ;

$t_{i_y}^{cm} = \frac{L_{i_y}^{cm}}{V_{i_y}^{cm}}$  – час  $i_y$ -го прискореного переміщення столу по координаті  $Y$ , с;

$L_{i_y}^{cm}$  – величина  $i_y$ -го переміщення столу по координаті  $Y$ , мм;

$V_{i_y}^{cm}$  – швидкість прискореного переміщення столу по координаті  $Y$ , мм/с;

$n_y$  – кількість прискорених переміщень по координаті  $Y$ ;

$t_{j_{z,r}}^{pr} = \frac{L_{j_{z,r}}^{pr}}{V_{j_{z,r}}^{pr}}$  – час  $j_{z,r}$ -го прискореного переміщення РГ по осі  $Z$  до координати  $R$  до виконання процесу різання, с (наприклад при відпрацюванні циклу G81);

$L_{j_{z,r}}^{pr}$  – величина  $j_{z,r}$ -го прискореного переміщення РГ по осі  $Z$  до координати  $R$ , мм;

$V_{j_{z,r}}^{pr}$  – швидкість  $j_{z,r}$ -го прискореного переміщення РГ по осі  $Z$ , мм/с;

$m_R$  – Кількість прискорених переміщень РГ по осі  $Z$  до координати  $R$  до виконання різання на даному переході;

$t_{j_{z,r}}^{pr} = \frac{L_{j_{z,r}}^{pr}}{V_{j_{z,r}}^{pr}}$  – час  $j_{z,r}$ -го прискореного переміщення РГ по осі  $Z$  до координати  $R$  після виконання різання на даному переході, с (наприклад при відпрацюванні циклу G81 – при переміщенні РГ від координати  $Z$  до координати  $R$  або при переміщенні РГ в координату  $Z$  для зміни її робочої позиції);

$L_{j_{z,r}}^{pr}$  – величина  $j_{z,r}$ -го прискореного переміщення РГ по осі  $Z$  до координати  $R$  після виконання різання на даному переході, мм;

$m_{Z-R}$  – кількість прискорених переміщень РГ з координати  $Z$  до координати  $R$  після виконання різання на даному переході;

$t_{p_{k-1}}^{pr}$  – час  $p$ -ої зміни робочої позиції РГ, с;

$t_{обс}$  – час технічного та організаційного обслуговування робочого місця – це частина  $t_{um}$ , що витрачається на підтримку засобів технологічного оснащення в працездатному стані та догляд за вказаними засобами та робочим місцем (змащування обладнання, при необхідності ручна зміна різальних інструментів та видалення стружки і т.д., а також підготовка верстата на початку роботи та приведення його в порядок після виконання роботи), хв;

$t_{пер}$  – час регламентованих перерв.  
 $t_{обс}$  та  $t_{пер}$  вираховуються у відсотках від значення оперативного часу.

$k$  – поточна позиція РГ,  $k=1, 2, 3, 4, 5, 6$ ;

$l$  – кінцева робоча позиція РГ,  
 $l=1, 2, 3, 4, 5, 6$ ;

$r$  – кількість змін робочих позицій РГ за УП.

$t_{обс}$  – час технічного та організаційного обслуговування робочого місця – це частина  $t_{um}$ , що витрачається виконавцем на підтримку засобів технологічного оснащення в працездатному стані та догляд за вказаними

засобами та робочим місцем (змащування обладнання при необхідності, ручна зміна різальних інструментів та видалення стружки і т.д., а також підготовка верстата на початку роботи та приведення його в порядок після виконання роботи), хв.:

$t_{пер}$  – час регламентованих перерв, хв.

$t_{обс}$  та  $t_{пер}$  – визначаються в процентах від значення оперативного часу.

У вказаних умовах час обробки одиниці виробу, тобто час роботи верстата за УП, дорівнює неповному оперативному часу:

$$t_{yn} = t_{\partial} + t_{m-\partial} \quad (3.5)$$

Тому при складанні УП необхідно врахувати можливість суміщення технологічних прийомів та призначити таку послідовність виконання переходів обробки, щоб

$$t_{yn} \rightarrow \min \quad (3.5)$$

Так при обробці заготовок на верстатах з ЧПУ з хрестовим столом та револьверною головкою слід з даного позиціонування столу із закріпленою на ньому заготовкою оброблювати поверхні вздовж заданих осей одним, за тим другим і т.д. інструментом. Це зумовлено значно меншим часом зміни різальних інструментів  $t_{зм,pi}$  в порівнянні з часом позиціонування столу  $t_{noz}$

$$t_{зм,pi} \ll t_{noz}$$

Для свердлувально-фрезерно-розточувальних верстатів з магазином різальних інструментів має місце залежність:

$$t_{зм,pi} > t_{noz}$$

Тому в цьому випадку доцільно проводити обробку внутрішніх поверхонь обертання одним інструментом спочатку вздовж однієї осі, потім вздовж іншої і наступних, де це необхідно, осей, тобто, оброблювати всі необхідні поверхні

вдвож осей одним інструментом при зміні позиціонування столу, затим іншим різальним інструментом при зміні позиціонування столу і т.д.

Кожен із вказаних виразів (3.1) – (3.6) може бути прийнятий за критерій вибору раціональної схеми (паралельної чи послідовної) обробки отворів на верстаті мод. 2P135Ф2.

Але найбільш доцільно як критерій вибору раціональної схеми прийняти вираз (3.4), що відтворює складові машинно-допоміжного часу, як такий, що в найбільшій мірі відображає сутність та особливості вказаних схем обробки отворів. Крім того цей вираз як складова входить в інші наведені тут вирази і є змінною їх частиною, конкретні кінцеві значення якої залежать від прийнятої схеми обробки отворів.

Таким чином, за критерій вибору раціональної схеми обробки отворів на верстаті мод. 2P135Ф2 доцільно вибрати найменше значення машинно-допоміжного часу  $t_{м-д}$ , що розрахований для порівнювальних (паралельної та послідовної) схем обробки отворів:

$$t_{м-д} \rightarrow \min, \quad (3.7)$$

і далі використати прийняту схему при складанні УП в процесі виконання відповідної лабораторної роботи з курсу ТАВ, або при аналізі вже розробленої УП.

### 3.2. Вихідні дані

Вихідні дані варіантів індивідуальних завдань відповідають вихідним даним варіантів індивідуальних завдань лабораторної роботи з ТАВ "Обробка отворів та розробка управляючих програм для вертикально-свердлувального верстата мод. 2P135Ф2 з ЧПУ "Координата С-70" і представлені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1  
Варіанти індивідуальних завдань

№ Варіанта	Ескіз деталі
1	
2	
3	

51

Продовження табл. 3.1

№ Варіанта	Ескіз деталі
4	
5	
6	

52

Продовження табл. 3.1

№ Варіанта	Ескіз деталі
7	
8	
9	

53

№ Варіанта	Ескіз деталі
10	

### 3.3. Хід виконання завдання

1. Ознайомитись з призначенням та технологічними можливостями верстата мод. 2P135Ф2.
2. Ознайомитись з короткими теоретичними відомостями по визначенню раціональної схеми обробки отворів.
3. Ознайомитись з кресленням деталі згідно варіанту індивідуального завдання (табл. 3.1).
4. Замалювати схему розташування різальних інструментів в РГ верстату, «прив'язавши» її до прийнятої системи координат.
5. Пояснити сутність послідовної та паралельної схем обробки поверхонь на вертикально-свердлувальних верстатах.
6. Обґрунтувати використання запропонованого критерію доцільності застосування тієї чи іншої схеми.
7. Виконати розрахунки значень критерію доцільності для паралельної та послідовної схем обробки.
8. Скласти звіт.

### 3.4. Зміст звіту

1. Назва та мета заняття.
2. Креслення деталі згідно варіанту індивідуального завдання та постановка задачі заняття.
3. Технічні характеристики вертикально-свердлувального верстату мод. 2P135Ф2.
4. Сутність паралельної та послідовної схем обробки отворів на верстаті мод. 2P135Ф2.
5. Схема розташування інструментів в РГ з необхідним позначенням геометричних величин довжин інструментів, переміщень РГ та столу та позначенням окремих точок їх траєкторії в прийнятій системі координат.
6. Таблиця геометричних та часових характеристик переміщень робочих органів верстату мод. 2P135Ф2 за опорними точками їх траєкторії (див. табл. 3.2) окремо при паралельній та послідовній схемах обробки з обов'язковим переходом центрування.
7. Розрахунок значень кількісного критерія прийняття раціональної схеми обробки отворів на вказаному верстаті на основі даних табл. 3.2, прийняття за (3.7) доцільної схеми обробки.
8. Аналіз отриманих результатів, стислі висновки щодо виконаних розрахунків із урахуванням обмежень (умов), за яких мають місце конкретні значення отриманих результатів кількісного критерію прийняття схеми обробки отворів.

Таблиця 3.2  
Розрахункові значення параметрів елементарних переміщень робочих органів верстата

№ з/п	№ отвору	Переміщення					Примітки
		робочий орган (елемент)	характер траєкторія	величина, мм, град	швидкість, м/хв	час, с	
1	...	...	...	...	...	...	
2	...	...	...	...	...	...	
...	...	...	...	...	...	...	
п	...	...	...	...	...	...	
Всього:							

### 3.5. Контрольні запитання

1. Призначення вертикально-свердлувального верстату мод. 2P135Ф2.
2. Технічні характеристики верстата мод. 2P135Ф2, що використовуються при отриманні аналітичного виразу критерія доцільності прийняття певної схеми обробки отворів.
3. Сутність паралельної схеми обробки отворів на прикладі вихідних даних згідно варіанту індивідуального завдання.
4. Сутність послідовної схеми обробки отворів на прикладі вихідних даних згідно варіанту індивідуального завдання.
5. Структура допоміжного часу при обробці деталей на верстатах з ЧПУ.
6. Складові машинно-допоміжного часу.
7. Виведення аналітичного виразу критерія доцільності.
8. Умови (обмеження), за яких мають місце конкретні значення отриманих кількісних критеріїв доцільності для паралельної та послідовної схем обробки отворів.

### Практичне заняття № 4

#### ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОТИ НА ВЕРСТАТІ МОД. 1В340Ф30 З ОПЕРАТИВНОЮ СИСТЕМОЮ ЧПУ "ЕЛЕКТРОНІКА НЦ-31"

**Мета:** – ознайомитись з технічними можливостями верстата мод. 1В340Ф30, укомплектованого оперативною системою (ОС) ЧПУ "Електроніка НЦ-31";  
– набути навички роботи з клавіатурою ОС ЧПУ та засвоїти зміст підготовки верстата до роботи.

#### 4.1. Короткі теоретичні відомості

##### 4.1.1. Технічні характеристики верстата мод. 1В340Ф30

Токарно-револьверний верстат моделі 1В340Ф30 підвищеної точності із хрестовим супортом та розміщеною на ньому револьверною головкою з вертикальною віссю використовується для виконання різноманітних токарних робіт при обробці з дротика деталей з східчастим та криволінійним профілем. Крім того, на верстаті можливе нарізання різьби мітчиками, пласками та різцями.

ОСУ дозволяє в ході обробки першої деталі за допомогою засобів ручного управління та елементів автоматичного управління формувати управляючу програму (УП) для виготовлення наступних деталей.

Це значно скорочує час на складання та відлагодження УП, а також спрощує підготовку програми у порівнянні з наявними на верстатах іншими системами ЧПУ. На верстаті передбачене нарізання різьби в широкому діапазоні, включаючи багатозаходні. Затискання та подача прутка (затискання штучних заготовок) здійснюється гідравлічним механізмом.

Верстат мод. 1В340Ф30 має наступні основні технічні характеристики:

- найбільший діаметр дротика, що обробляється, мм ...40
- найбільша довжина виробу, що обробляється, мм 200
- кількість позицій револьверної головки ..... 8