

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Запорізький національний технічний університет**

*МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ*  
до практичних занять  
з курсу «Механоскладальні дільниці та цехи у  
машинобудуванні»

**ЧАСТИНА 1**

для студентів спеціальності  
131 «Прикладна механіка»  
ОП «Технології машинобудування»

**2019**

Методичні вказівки до практичних занять з курсу  
«Механоскладальні дільниці та цехи у машинобудуванні»  
Частина 1 для студентів спеціальності 131 «Прикладна  
механіка» ОП «Технології машинобудування» /Укл. В.В.  
Кононов, В.О. Логомінов, – Запоріжжя: ЗНТУ, 2019. – 64 с.

Укладачі: В.В. Кононов, доцент, к.т.н.  
В.О. Логомінов, доцент, к.т.н.

Рецензент: А.В. Патюпкін, доцент, к.т.н.

Відповідальний за випуск: С.І. Дядя, доцент, к.т.н.

Затверджено на засіданні кафедри  
“Технології машинобудування”  
Протокол № 1  
Від 21 08 2018 р.

Рекомендовано до видання  
НМК Машинобудівного факультету

Протокол № 1  
Від « 12 » 09 2018р.

## ЗМІСТ

### ЧАСТИНА 1

|                                                                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ .....                                                                                                        | 4  |
| 2 ТЕМА 1. РОЗРАХУНОК НЕОБХІДНОЇ КІЛЬКОСТІ<br>ТЕХНОЛОГІЧНОГО УСТАТКУВАННЯ І ЙОГО<br>ЗАВАНТАЖЕННЯ .....                            | 9  |
| 3 ТЕМА 2. ВИЗНАЧЕННЯ ЧИСЕЛЬНОСТІ ОСНОВНИХ<br>ВИРОБНИЧИХ РОБІТНИКІВ .....                                                         | 21 |
| 4 ТЕМА 3. ПЛАНУВАННЯ УСТАТКУВАННЯ І РОБОЧИХ<br>МІСЦЬ НА ДІЛЯНЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ.<br>ВИЗНАЧЕННЯ ПЛОЩІ ВИРОБНИЧИХ ДІЛЯНОК ..... | 42 |
| 5 ТЕМА 4. ПРОЕКТУВАННЯ СКЛАДАЛЬНИХ ДІЛЯНОК І<br>ЦЕХІВ ВУЗЛОВОЇ І ЗАГАЛЬНОЇ ЗБІРКИ .....                                          | 58 |

### ЧАСТИНА 2

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| 6 ТЕМА 5. НАБЛИЖЕНЕ ПРОЕКТУВАННЯ<br>МЕХАНОСКЛАДАЛЬНИХ ЦЕХІВ ..... | 68 |
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....                                            | 76 |
| ДОДАТОК А .....                                                   | 77 |

## 1 ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

На сучасному машинобудівному підприємстві одночасно здійснюються найрізноманітніші процеси: отримання матеріалів і напівфабрикатів, їх транспортування, облік і зберігання, обробка і консервація... Ця сукупність процесів утворює виробничий процес (ВП) виготовлення виробу.

Робоче місце – це елементарна частина підприємства (у вигляді обмеженої зони виробничої площі), де розміщуються виконавець (оператор) робіт, технологічне устаткування (ТУ) і оснащення, предмети праці.

Технологічний процес (ТП) – це основна складова ПП, що включає послідовну зміну розмірів, форм, зовнішнього вигляду або внутрішніх властивостей предмету виробництва і їх контроль. Технологічні процеси механічної обробки і збірки, як правило, дискретні, тобто складаються з окремих частин - технологічних операцій.

Технологічна операція – це закінчена частина ТП, виконувана на одному робочому місці.

Проектування ТП, розрахунок необхідної кількості верстатів і вибір рівня його автоматизації залежать від багатьох чинників, у тому числі і від організаційних основ виробництва.

У машинобудуванні розрізняють три основні класифікаційні категорії виробництва (ГОСТ 14.004-74):

- вид виробництва, що характеризується вживаним МЕТОДОМ виготовлення виробу: ливарне, ковальське, зварювальне, механоскладальне, забарвлення, випробування і т.д.;

- тип виробництва, визначуваний по ознаках широти номенклатури, регулярності, стабільності і об'єму випуску виробів: одиничне, серійне і масове;

- форма організації виробництва, що характеризується рівнем спеціалізації робочих місць і принципом їх розташування: ПОТОКОВА, НЕПОТОКОВА і ГРУПОВА.

Тип виробництва заздалегідь визначають на початковій стадії розробки ТП залежно від річного об'єму випуску і маси оброблюваних деталей по таблиці [1.1].

Остаточно тип виробництва визначають по коефіцієнту закріплення операцій:

$$K_{з.о.} = \frac{O}{M} = \frac{O}{S}, \quad (1.1)$$

де  $O = \sum_{j=1}^l \sum_{i=1}^m O_{ji}$  – кількість деталей-операцій, виконуваних на ділянці (або потокової лінії) протягом місяця (визначають, як правило, по маршрутній карті ТП);

$i=1, 2, 3$  – номер технологічної операції, виконуваної на лінії обробки;

$m$  – кількість операцій, виконуваних на ділянці (лінії) по виготовленню  $j$ -ї деталі;

$l$  – кількість деталей, оброблюваних на ділянці;

$M$  – число робочих місць на ділянці;

$$S = \sum_{j=1}^l \sum_{i=1}^m S_{ji} \quad - \text{необхідна кількість ТО (робочих місць),}$$

необхідне для виконання запланованих операцій.

Таблиця 1.1 – Попереднє визначення типу виробництва

| Тип виробництва | Число оброблюваних деталей в рік, шт. |                         |                      |
|-----------------|---------------------------------------|-------------------------|----------------------|
|                 | Важкі, масою вище 100 кг              | Середні масою 10-100 кг | Легкі масою до 10 кг |
| Одиничне        | До 5                                  | До 10                   | До 100               |
| Дрібносерійне   | 5 – 100                               | 10 – 200                | 100 – 500            |
| Серійне         | 100 – 300                             | 200 – 500               | 500 – 5000           |
| Крупносерійне   | 300 – 1000                            | 500 – 5000              | 5000 – 50000         |
| Масове          | Св. 1000                              | Св. 5000                | Св. 50 000           |

Коефіцієнт закріплення операцій для цеху, ділянки або лінії є однією з основних характеристик ТИПУ виробництва, що визначають його серійність.

Для визначення характеру серійності встановлені наступні межі значень коефіцієнта  $K_{з.о.}$  (ГОСТ 14.004-74):

МАСОВЕ виробництво –  $K_{з.о} \leq 1$  – це значить, що на одному робочому місці виконується не більше однієї операції; значення  $K_{з.о} < 1$  свідчать про те, що одна операція виконується на декількох верстатах (робочих місцях);

КРУПНОСЕРІЙНЕ –  $K_{з.о} = 1-10$  (або  $1 \leq K_{з.о} \leq 10$ ) – означає, що на одному робочому місці в середньому може виконуватися до 10 різних операцій;

СЕРІЙНЕ –  $K_{з.о} = 11-20$ ;

ДРІБНОСЕРІЙНЕ –  $K_{з.о} = 21-40$ ;

ОДИНИЧНЕ – коефіцієнт  $K_{з.о}$  не регламентується.

Організаційну форму виконання робіт на ділянці встановлюють залежно від принципу розташування робочих місць і характеру переміщення оброблюваних заготовок з урахуванням рівності або кратності тривалості кожної операції такту випуску. Потокова форма виробництва приймається, якщо робочі місця на лініях обробки розташовані так, що рух оброблюваних заготовок здійснюється в одному напрямі і при цьому тривалість обробки на кожній операції приблизно рівна такту випуску. Якщо тривалість операцій істотно відрізняється від величини такту випуску, то таке виробництво рахують НЕПОТОВОКИМ. Якщо ТО в цеху розташовують по типах (групах) верстатів (токарні, фрезерні і т.п.), то таку форму організації робіт називають ГРУПОВОЮ.

Потокове (масове) виробництво характеризується тактом випуску

$$\tau = \frac{60 \cdot F_g \cdot m \cdot K_u}{N}, \quad (1.2)$$

де  $F_g$  – річна фундація роботи ТО в одну зміну, ч;  $m$  – кількість робочих змін;  $N$  – річна програма випуску, шт.;  $K_u = 0,94-0,98$  – коефіцієнт використання ефективного часу.

Непотокове (серійне) виробництво характеризується об'ємом партії заготовок, що запускаються у виробництво:

$$n = \frac{a \cdot N}{253}, \quad (1.3)$$

де  $n$  – кількість деталей в партії (об'єм партії), шт.;

$a = 3; 6; 12; 24$  дні – періодичність запуску деталей у виробництво, або число днів, на які необхідно забезпечити роботу складального цеху;

253 – кількість робочих днів в році.

Основними техніко-економічними показниками проектного цеху, ділянки або лінії є:  $S$  – необхідна кількість ТО;  $R$  – чисельність основних виробничих робітників;  $F$  – виробнича площа.

При проектуванні механічних ділянок і цехів слід чітко розрізняти поняття верстатоемності і трудомісткості обробки.

По верстатоемності розраховують необхідну кількість ТО, а по трудомісткості – чисельність основних виробничих робітників-верстатників (операторів).

Верстатоемність операції (верстато-година, верстато-хвилина) – це технічна норма часу, необхідна для виконання певної операції.

Величина цієї норми визначається в масовому виробництві штучним часом:

$$t_c = t_{um} = t_o + t_e + t_{np} = t_{on} + t_{np} = t_{on} (1 + \alpha_\Sigma) \quad (1.4)$$

де  $t_o$  – основний (машинний) час, що затрачується на знімання металу;

$t_e$  – допоміжний час, який затрачується на установку, закріплення, розкріплювання та зняття заготовки, управління верстатом, контроль, швидке підведення та відведення інструменту та інші допоміжні переходи і прийоми;

$t_{on} = t_o + t_e$  – оперативний час;

$t_{np} = \alpha \Sigma t_{on}$  – додатковий час;

$\alpha$  – коефіцієнт, що враховує частку додаткового часу в  $t_{on}$ .

У серійному – штучно-калькуляційним часом;

$$t_c = t_{um-k} = t_{um} + \frac{t_{n-3}}{n}, \quad (1.5)$$

де  $t_{n-3}$  – підготовчо-завершальний час;

$n$  – об'єм партії заготовок, що запускаються у виробництво.

По технічній нормі часу визначається норма виготовлення (шт./см) для кожної операції (верстата) в зміну:

$$q_i = \frac{f}{t_{umi}} \text{ або } q_i = \frac{f}{t_{u-k_i}}, \quad (1.6)$$

де  $f = 480$  хв – тривалість робочої зміни, або  $f = 492$  хв – тривалість робочої зміни 5-денного робочого тижня.

**ТРУДОМІСТКІСТЬ** операції (нормо-годину або людино-годину) – це норма часу (ОПЛАЧУВАНА), необхідна робітнику-оператору для виконання ручних або машинно-ручних робіт на робочому місці або декількох робочих місцях в зоні обслуговування:

$$t_i = \frac{f \cdot R}{q_i} \quad (1.7)$$

де  $R$  – число робітників в зоні обслуговування (декілька верстатів-робітники місць, обслуговуваних одним робітником, утворюють ЗОНУ ОБСЛУГОВУВАННЯ).

При використуванні в ТП автоматів і напівавтоматів трудомісткість завжди менше верстатоемності ( $t < t_c = t_{u-k}$ ), тому трапляється нагода одному робітнику-оператору обслуговувати декілька одиниць ТО, тобто за період одного циклу роботи верстата (а якщо  $t_u \ll \tau$ , то за тривалість такту випуску) виконувати ручні або машинно-ручні роботи на декількох однотипних або навіть різнотипних верстатах при паралельній їх роботі. Багатоверстатне обслуговування значно підвищує продуктивність праці.

Відношення верстатоемності  $t_c$  до трудомісткості  $t$  умовно називають коефіцієнтом багатоверстатного обслуговування:

$$K_m = \frac{t_c}{t} = \frac{t_{u-k}}{t}, \quad (1.8)$$

звідки, при відомий  $K_m$ , можна визначити трудомісткість через верстатоемність (технічну норму часу)

$$t = \frac{t_{u-k}}{K_m} \quad (1.9)$$

Коефіцієнт багатOVERстатного обслуговування звичайно задається: при роботі на верстатах з ручним управлінням –  $K_m = 1-1,1$ ; на токарних автоматах і напівавтоматах –  $K_m = 2-4$ ; на зубообробних напівавтоматах –  $K_m = 4-8$ .

## 2 ТЕМА 1. РОЗРАХУНОК НЕОБХІДНОЇ КІЛЬКОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО УСТАТКУВАННЯ І ЙОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ

При масовому виробництві необхідна кількість ТО для ТП, що розробляється, розраховують по формулі:

$$Sp_i = \frac{t_{umi}}{\tau} \longrightarrow Sn_i, \quad (2.1)$$

де  $Sp$  – розрахункова кількість верстатів;

$Sn$  – прийнята кількість верстатів; при серійному виробництві

$$Sp_i = \frac{\sum_{i=1}^l t_{u-kij} N_i}{F_g \cdot m \cdot 60}, \quad (2.2)$$

тут  $i$  - номер технологічної операції, або вид механічної обробки (токарна, фрезерна, протяжна, шліфувальна), або відповідний тип верстата.

Правильний вибір ТО визначає його раціональне використання. Цей чинник повинен враховуватися так, щоб виключити простой, тобто необхідно вибирати верстати по продуктивності. З цією метою розраховують коефіцієнт завантаження за часом кожного верстата окремо і всіх разом.

Коефіцієнт завантаження верстата  $K_j$  визначається як відношення розрахункової кількості верстатів  $Sp$  до прийнятого  $Sn$ :

$$k_{zi} = \frac{Sp_i}{Sn_i}. \quad (2.3)$$

Середній коефіцієнт завантаження:

$$\overline{k}_3 = \frac{\sum Sp}{\sum Sn}. \quad (2.4)$$

Наочним засобом оцінки завантаження верстатів для розробленого ТП служить графік завантаження ТО.

Графік завантаження ТО будують в координатах: коефіцієнт завантаження  $K_3$  – номер верстата  $i$ . По горизонтальній вісі графіка рівними інтервалами умовно зображають верстати ТП.

Верстати указують позначенням моделей (див. графік завантаження верстатів). По висоті у вигляді прямокутників у відносних одиницях або у відсотках відкладається коефіцієнт завантаження.

На графіку лінією, паралельною горизонтальній осі, показаний середній коефіцієнт завантаження технологічного устаткування. Значення середнього коефіцієнта завантаження коливається: для масового виробництва  $\overline{k}_3 = 0,65 - 0,77$ ; для серійного виробництва  $\overline{k}_3 = 0,75 - 0,85$ ; для дрібносерійного і одиничного виробництва  $\overline{k}_3 = 0,8 - 0,9$  і вище.

При заданому коефіцієнті завантаження прийняту кількість верстатів розраховують по формулі:

$$Sn_i = \frac{T_c}{Fg \cdot m \cdot k_3} = \frac{\sum_j t_{u-kij} N_i}{60 Fg \cdot m \cdot k_3} \quad (2.5)$$

де  $T_c$  – річна верстатоемність певного виду робіт.

При рішенні задач по цій темі рекомендується дотримуватися такої послідовності:

- а) ознайомитися із Загальними положеннями проектування ділянок і цехів;
- б) заздалегідь вибрати тип виробництва;
- в) якщо виробництво буде масовим, визначити такт випуску, якщо серійне – об'єм партії заготовок, що запускається у виробництво;
- г) підготувати розрахункову таблицю, див. приклади;
- д) розрахувати необхідну кількість верстатів і коефіцієнт їх завантаження;
- е) підрахувати кількість виконуваних операцій і число робочих місць (верстатів);
- ж) розрахувати коефіцієнт закріплення операцій і остаточно встановити тип і форму ТП на ділянці або лінії.

### Приклади

**Приклад 2.1.** Розрахувати необхідну кількість верстатів для обробки відомої шестерні, коефіцієнт завантаження верстатів і середній коефіцієнт завантаження; побудувати графік завантаження; визначити коефіцієнт закріплення операцій, остаточно встановити тип і форму організації виробництва при наступних початкових даних (табл. 2.1).

#### Рішення:

Заздалегідь, орієнтуючись на задану річну програму випуску  $N = 74000$  штук по табл. 1.1 вибираємо тип виробництва при виготовленні відомої шестерні - масовий з потоковою формою організації робіт.

Розраховуємо такт випуску по формулі (1.2)

$$\tau = \frac{60 \cdot Fg \cdot m \cdot k_u}{N} = \frac{60 \cdot 4015 \cdot 0,96}{74000} = 3,125 \text{ мин / шт}$$

Розраховуємо кількість верстатів, необхідних для виконання заданих операцій, по формулі (2.1)

$$Sp_i = \frac{t_{um1}}{\tau} = \frac{3,04}{3,125} = 0,937$$

приймаємо  $Sn_1 = 1$  верстат.

Коефіцієнт завантаження верстата - по формулі (2.3):

$$k_{s1} = \frac{Sp_i}{Sn_i} = \frac{0,973}{1} = 0,973 .$$

Одержані результати заносимо в табл. 2.1.

Аналогічно виконуємо розрахунки для решти операцій ТП.

Середній коефіцієнт завантаження по формулі (2.4)

$$\bar{k}_s = \frac{\sum Sp_i}{\sum Sn_i} = \frac{11,616}{16} = 0,726 .$$

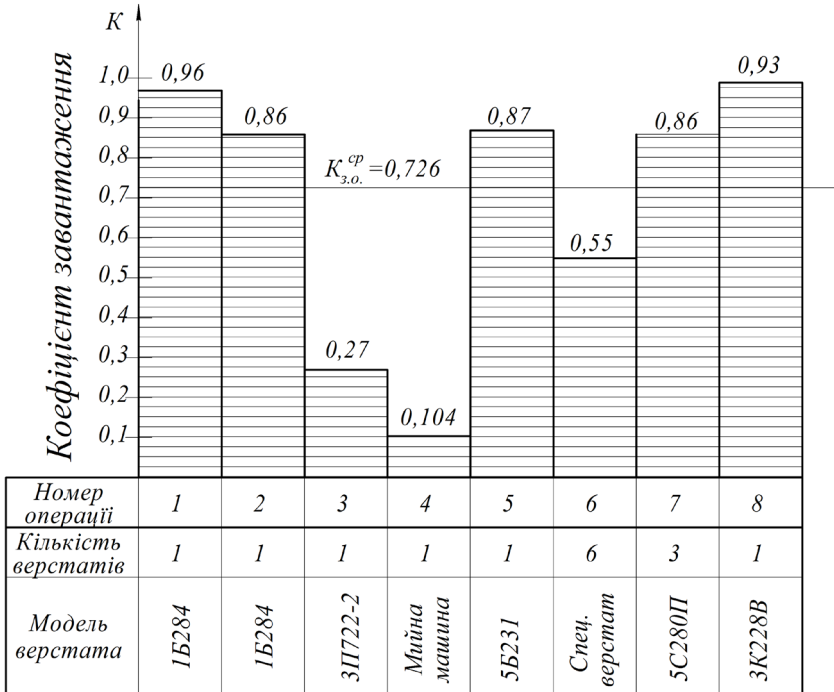


Рисунок 2.1 – Графік завантаження верстатів потокової лінії обробки відомої шестерні

Будуємо графік завантаження ТО (див. вище).

Підраховуємо кількість операцій  $O$ , які виконуються на потоковій лінії обробки ведучої шестерні (див. табл. 2.1).  $O = 10$  операцій.

Підраховуємо число робочих місць на потоковій лінії

$$M = S_{n_{\Sigma}} = \sum_{i=1}^m S_{n_i} = 1+1+1+1+6+1+3+1+1+1=17 \quad \text{робочих}$$

місць.

Розраховуємо коефіцієнт закріплення операцій за формулою (1.1):

$$K_{з.о.} = \frac{O}{M} = \frac{10}{17} = 0,59 < 1.$$

Оскільки  $K_{з.о.} = 0,59 < 1$ , то остаточно тип виробництва приймаємо як масове; форма організації робіт на лінії – ПОТОКОВА, оскільки тривалість (верстатоемність) більшості операцій приблизно рівна або кратна такту випуску.

Таблиця 2.1 – Початкові дані і результати розрахунків

| Початкові дані         | Річна програма випуску,<br>N, шт. | Номер операції, i |       |         |              |       |               |        |              |         |        |
|------------------------|-----------------------------------|-------------------|-------|---------|--------------|-------|---------------|--------|--------------|---------|--------|
|                        |                                   | 1                 | 2     | 3       | 4            | 6     | 7             | 8      | 9            | 10      | 13     |
|                        |                                   | Модель верстата   |       |         |              |       |               |        |              |         |        |
|                        |                                   | 1Б282             | 1Б282 | 3П772-2 | Мийна машина | 5Б231 | Спец. верстат | 5С280П | Мийна машина | Верстак | 3К228В |
| Результати розрахунків | Верстатоемність (штучний час), хв |                   |       |         |              |       |               |        |              |         |        |
|                        | 74000                             | 3,04              | 2,70  | 0,86    | 0,32         | 16,3  | 1,73          | 8,1    | 0,32         | -       | 2,92   |
|                        | τ                                 | τ = 3,125 хв/год  |       |         |              |       |               |        |              |         |        |
|                        | Spі                               | 0,97              | 0,86  | 0,28    | 0,1          | 5,22  | 0,55          | 2,59   | 0,1          |         | 0,93   |
|                        | Snі                               | 1                 | 1     | 1       | 1            | 6     | 1             | 3      | 1            | 1       | 1      |
|                        | Kзі                               | 0,97              | 0,86  | 0,28    | 0,1          | 0,87  | 0,55          | 0,86   | 0,1          |         | 0,93   |

**Приклад 1.2.** Розрахувати необхідну кількість верстатів для обробки чотирьох видів корпусів, коефіцієнт завантаження верстатів і середній коефіцієнт завантаження; визначити коефіцієнт закріплення операцій і остаточно встановити ТИП і форму організації виробництва при наступних початкових даних (табл. 2.2).

### Рішення:

Заздалегідь, орієнтуючись на задану програму випуску, вибираємо тип виробництва – КРУПНОСЕРІЙНЕ із ЗМІННО-ПОТОКОВОЮ (ПРЯМОТОЧНОЮ) формою організації робіт.

Розраховуємо річну верстатоемність по кожному виду робіт (по кожній операції):

$$T_{u-ki} = \sum_{j=1}^l t_{u-kij} N_i ,$$

$$T_{u-kl} = 3,64 \cdot 30000 + 4,52 \cdot 24000 + 3,8 \cdot 16000 + 4,28 \cdot 22000 = 372640 \text{ хв.}$$

Розраховуємо кількість верстатів, необхідних для виконання заданих операцій, за формулою (2.2):

$$Sp_1 = \frac{\sum t_{u-kij} \cdot N_j}{Fg \cdot m \cdot 60} = \frac{372640}{240900} = 1,547 .$$

Приймаємо  $S_{n1} = 2$  верстати.

Коефіцієнт завантаження верстатів за формулою (2.3):

$$K_{31} = \frac{S_{p1}}{S_{n1}} = \frac{1,547}{2} = 0,773 .$$

Одержані результати заносимо в табл. 2.2.

Аналогічно виконуємо розрахунки для решти операцій ТП.

Середній коефіцієнт завантаження верстатів по формулі (2.4):

$$\overline{k_3} = \frac{13,587}{16} = 0,849 .$$

Підраховуємо кількість деталей-операцій, що виконуються на лінії обробки корпусів (див. табл. 2.2):

$$O = 15 \cdot 4 \cdot 4 = 56 \text{ деталей-операцій.}$$

Підраховуємо кількість робочих місць на лінії:

$$M = \sum_i S n_i = 2 \cdot 2 + 1 \cdot 13 = 17.$$

Розраховуємо коефіцієнт закріплення операцій:

$$K_{з.о.} = \frac{O}{M} = \frac{56}{17} = 3,29.$$

5) Оскільки  $1 < K_{з.о} = 3,29 < 10$ , то остаточно тип виробництва приймаємо як КРУПНОСЕРІЙНЕ, форма організації ТП на лінії обробки корпусів – ЗМІННО-ПОТОКОВА (ПРЯМОТОЧНА).

Таблиця 2.2 – Початкові дані і результати розрахунків

| Результати розрахунків |           |           |                                | Вихідні дані                      |       |           |       |      |       |        |       |       |       |       |       |       |              |         |      |     |
|------------------------|-----------|-----------|--------------------------------|-----------------------------------|-------|-----------|-------|------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|---------|------|-----|
| $K_{3j}$               | $S_{n_j}$ | $S_{p_j}$ | $\sum_j T_{sum-k_j} \cdot N_j$ | 1                                 | 2     | 3         | 4     | 5    | 6     | 7      | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14           | 15      |      |     |
|                        |           |           |                                | Номер операції, $j$               |       |           |       |      |       |        |       |       |       |       |       |       |              |         |      |     |
|                        |           |           |                                | Модель верстата                   |       |           |       |      |       |        |       |       |       |       |       |       |              |         |      |     |
|                        |           |           |                                | 6P12                              | 6P12  | 2P735Ф2-1 | 1П365 | 6P12 | 3Д732 | 3Е711В | 1Н713 | 2706В | 2Н125 | 2Н150 | 3Г833 | 3Г833 | Мийна машина | Верстак |      |     |
|                        |           |           |                                | Верстатоемність (штучний час), хв |       |           |       |      |       |        |       |       |       |       |       |       |              |         |      |     |
|                        |           |           |                                | 30000                             | 24000 | 16000     | 22000 | 4,28 | 1,85  | -      | 1,62  | 2,58  | 2,68  | 2,36  | -     | 1,6   | 1,65         | 1,85    | 2,05 | 5,4 |
| 0,773                  | 2         | 1,547     | 372640                         | 3,64                              | 4,52  | 3,8       | 4,28  | 3,6  | 4,52  | 2,45   | 2,45  | 2,25  | 1,6   | 1,85  | 2,05  | 5,4   | 1,6          | 0       |      |     |
| 0,98                   | 1         | 0,98      | 236300                         | 2,68                              | 3     | 2,7       | 1,85  | 2,1  | 2,45  | 2      | -     | 2,25  | 1,65  | 2,25  | 2,05  | 2,94  | 1,6          | 0       |      |     |
| 0,932                  | 1         | 0,932     | 224520                         | 3,9                               | 2,3   | 3,27      | -     | 3,9  | 2,3   | -      | 4,2   | 2,4   | 1,85  | 2,2   | 2,8   | 4,5   | 1,6          | 0       |      |     |
| 0,978                  | 1         | 0,978     | 235640                         | 3,6                               | 2,2   | 2,45      | 1,62  | 3,6  | 2,2   | 1,86   | 3,4   | 3,1   | 1,9   | 2,7   | 2,7   | 2,94  | 1,6          | 0       |      |     |
| 0,804                  | 1         | 0,804     | 193680                         | 2,1                               | 1,8   | 1,92      | 2,58  | 2,1  | 1,8   | 2      | 3,4   | 3,1   | 1,9   | 2,7   | 2,7   | 2,94  | 1,6          | 0       |      |     |
| 0,728                  | 1         | 0,728     | 175360                         | 1,92                              | 2,45  | -         | 2,68  | 1,92 | 2,45  | 1,86   | 3,4   | 3,1   | 1,9   | 2,7   | 2,7   | 2,94  | 1,6          | 0       |      |     |
| 0,845                  | 1         | 0,845     | 203720                         | 2,68                              | 2     | 3,05      | 2,36  | 2,68 | 2     | 1,86   | 3,4   | 3,1   | 1,9   | 2,7   | 2,7   | 2,94  | 1,6          | 0       |      |     |
| 0,887                  | 1         | 0,887     | 213600                         | -                                 | 4,2   | 4,2       | -     | -    | 4,2   | 1,85   | 3,4   | 3,1   | 1,9   | 2,7   | 2,7   | 2,94  | 1,6          | 0       |      |     |
| 0,943                  | 1         | 0,943     | 227200                         | 1,6                               | -     | 2,25      | 1,6   | -    | -     | 5,2    | 3,4   | 3,1   | 1,9   | 2,7   | 2,7   | 2,94  | 1,6          | 0       |      |     |
| 0,92                   | 1         | 0,92      | 221700                         | 1,65                              | 2,25  | 2,4       | 1,65  | 2,25 | 2,25  | 2      | 3,4   | 3,1   | 1,9   | 2,7   | 2,7   | 2,94  | 1,6          | 0       |      |     |
| 0,8                    | 1         | 0,8       | 192900                         | 1,85                              | 2,25  | 2,2       | 1,85  | 2,25 | 2,25  | 2      | 3,4   | 3,1   | 1,9   | 2,7   | 2,7   | 2,94  | 1,6          | 0       |      |     |
| 0,958                  | 1         | 0,958     | 320900                         | 2,05                              | 2,25  | 2,8       | 2,05  | 2,25 | 2,25  | 2      | 3,4   | 3,1   | 1,9   | 2,7   | 2,7   | 2,94  | 1,6          | 0       |      |     |
| 0,818                  | 2         | 1,636     | 394200                         | 5,4                               | 4,8   | 4,5       | 5,4   | 4,8  | 4,8   | 2,94   | 1,6   | 1,6   | 1,6   | 1,6   | 1,6   | 1,6   | 1,6          | 0       |      |     |
| 0,629                  | 1         | 0,629     | 151600                         | 1,6                               | 1,6   | 1,6       | 1,6   | 1,6  | 1,6   | 1,6    | 1,6   | 1,6   | 1,6   | 1,6   | 1,6   | 1,6   | 1,6          | 0       |      |     |
|                        | 1         |           |                                | 0                                 | 0     | 0         | 0     | 0    | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0            | 0       |      |     |

**Приклад 1.3.** Встановити тип виробництва на лінії або ділянці, якщо для обробки ТП задана тільки одна деталь. Розглянути початкові дані прикладу 1.2.

**Рішення:**

Розраховуємо річну верстатоемність по кожній операції для кожної деталі:

$$T_{cji} = T_{u-kji} = \sum t_{u-kji} N_j .$$

$$T_{c11} = 3,64 \cdot 30000 = 109200 \text{ хв},$$

$$T_{c12} = 2,68 \cdot 30000 = 80400 \text{ хв і т.д.}$$

Розраховуємо кількість верстатів за формулою (2.2)

$$Sp_{ji} = \frac{t_{u-kji} \cdot N_j}{Fg \cdot m \cdot 60} .$$

$$Sp_{11} = \frac{109200}{240900} = 0,4533 ,$$

$$Sp_{12} = \frac{80400}{24900} = 0,3337 \text{ і т.д.}$$

Одержані результати заносимо в табл. 2.3.

Аналогічні розрахунки виконуємо для решти деталей (див. табл.2.3).

Коефіцієнт закріплення операцій розраховуємо по формулі:

$$K_{30j} \approx \frac{O_j}{\sum_i S_{pji}} ,$$

Для першої деталі див. табл. 1.3)

$$K_{3.o.1} = \frac{14}{5,0483} = 2,77 .$$

Для другої деталі:

$$K_{3.o.2} = \frac{13}{3,3645} = 3,86 .$$

Таблиця 2.3 – Початкові дані і результати розрахунків

[illegible]

Для третьої деталі:

$$K_{з.о.3} = \frac{13}{2,4667} = 5,27.$$

Для четвертої деталі:

$$K_{з.о.4} = \frac{12}{2,7142} = 4,42.$$

Як бачимо, значення коефіцієнтів знаходяться в інтервалі  $1 < K_{з.о.} < 10$ , що свідчить про те, що ТИП виробництва для кожної деталі слід прийняти КРУПНОСЕРІЙНИЙ.

### Задачі

**Задача 2.1.** Розрахувати необхідну кількість верстатів, коефіцієнт їх завантаження і середній коефіцієнт завантаження, побудувати графік завантаження технологічного устаткування, визначити коефіцієнт закріплення операцій і встановити тип і форму організації виробництва при виготовленні (найменування деталі, деталей) за початковими даними згідно вашому варіанту (табл. 1 прил.1).

**Задача 2.2.** Виконати те ж за початковими даними (табл.А.1 дод.А).

### 3 ТЕМА 2. ВИЗНАЧЕННЯ ЧИСЕЛЬНОСТІ ОСНОВНИХ ВИРОБНИЧИХ РОБІТНИКІВ

Чисельність основних виробничих робітників-верстатників (операторів) визначають по трудомісткості механічних робіт.

У масовому і крупносерійному (або ПОТОКОВОМУ і ЗМІННО-ПОТОКОВОМУ) виробництві чисельність робітників-верстатників визначають шляхом аналізу структури штучного часу і побудови циклограми багатOVERстатного обслуговування (див. приклади 2.1 і 2.3).

БагатOVERстатне обслуговування може бути застосовано у тому випадку, коли основний (машинно-автоматичне) час на операцію більше суми допоміжного часу на решті операцій і часу, затрачуваного на переходи робітника від верстата до верстата, що дозволяє робітнику під час машинної роботи одного верстата обслуговувати інші верстати, тобто  $t_{0max}$ ? Біля  $t_{ручн}$  + Біля  $t_{пер}$ .

Кількість верстатів, які може обслужити один робітник в заздалегідь прийнятій зоні обслуговування, розраховують по формулі [3.1]:

$$m_s = \frac{t_{on\ max}}{t_{обо} + t_{пер}} \quad (3.1)$$

де  $t_{on\ max}$  – максимальний оперативний час на верстатах, намічених до об'єднання в зону обслуговування;

$t_{обс} = t_{раб} = t_{зан} = t_{ручн} = t_{уст} + t_{упр} + t_{контр} + t_{инд} + \dots$  – час обслуговування робочим оператором верстата - час затрачуваний робітником на установку, закріплення і зняття заготовки, управління верстатом, контроль якості обробки і інші ручні і машинно-ручні прийоми;

$t_{пер}$  – час, затрачуваний на перехід від верстата до верстата.

Число операторів в зоні обслуговування

$$R_v = \frac{S_v}{m_{sv}} \quad (3.2)$$

де  $v$  – номер зони обслуговування.

При багатостатковому обслуговуванні чисельність основних робітників-операторів можна також визначити по нормі обслуговування робочих місць

$$R = Sn / H \quad (3.3)$$

де  $R$  – число робітників;  $H$  – норма обслуговування робочих місць або кількість верстатів, які може обслужити один оператор

$$H = \frac{t_{м.а}}{t_{зан} + t_{пер}} + 1 = \frac{t_{м.а}}{t_{вручн} + t_{пер} + t_{а.л.}} + 1, \quad (3.4)$$

тут  $t_{м.а}$  – безперервний машинно-автоматичний час виконання операції;

$t_{зан}$  – час зайнятості робітника при виконанні операції;

$t_{вручн}$  – допоміжний ручний час;

$t_{пер}$  – час переходу робітника від верстата до верстата при швидкості переміщення 1 м/с (або  $v = 3,6$  км/год);

та  $H$  – час активного нагляду за роботою верстата до виходу його на стабільний режим автоматичної обробки, призначається в межах 0,1-0,5 хв.

У серійному непотоковому і груповому виробництві чисельність робочих верстатників розраховують по річній трудомісткості певного виду механічних робіт:

$$R_i = \frac{T_i}{F_{оп}} = \frac{\sum_j t_{ij} \cdot N_j}{F_{оп}}, \quad (3.5)$$

де  $t_i$  – річна трудомісткість  $i$ -го виду верстатних робіт (токарних, фрезерних, зуборізних і т.п.);

$F_{оп}$  – річна дійсна фундація часу робочого.

З обліком (1.9) одержимо формулу для розрахунку чисельності робітників-верстатників по верстатомісткості певного виду робіт:

$$R_i = \frac{T_{ш-кi}}{F_{оп} \cdot K_m} = \frac{\sum_j t_{ш-кji} \cdot N_j}{60 F_{оп} K_m}. \quad (3.6)$$

З обліком (2.5) одержимо формулу для розрахунку чисельності робітників-верстатників по відомій кількості верстатів  $S_{ni}$  для виконання певного виду робіт:

$$R_i = \frac{F_{оп} \cdot m \cdot S_{ni} \cdot K_{zi}}{F_{оп} \cdot K_{mi}}. \quad (3.7)$$

Чисельність основних робітників-верстатників на ділянці або в цеху:

$$R_{\Sigma} = \sum_i R_i. \quad (3.8)$$

### Приклади

**Приклад 3.1.** Розрахувати необхідну кількість верстатів для токарної обробки маховика (операція №1 – токарна обробка з одного боку, верстат моделі 1Б284; операція №2 – токарна обробка з другого боку, верстат моделі 1Б284); визначити верстатоемність і трудомісткість обробки, коефіцієнт багатоверстатного обслуговування і чисельність робітників-верстатників; побудувати циклограму багатоверстатного обслуговування при наступних початкових даних:

річна програма випуску  $N = 145000$  шт.;

час обробки і обслуговування відповідно:

$t_{ум1} = 2,82$  хв;  $t_{он1} = 2,75$  хв;  $t_{абс1} = t_{ручн1} = 1,1$  хв;  $t_{пер1} = 0,15$  хв;

$t_{ум2} = 2,68$  хв;  $t_{он2} = 2,5$  хв;  $t_{абс2} = t_{ручн2} = 1,2$  хв;  $t_{пер2} = 0,15$  хв.

**Рішення:**

Виходячи з програми випуску, приймаємо, що на ділянці обробки маховика буде масове потокове виробництво з використанням на кожній операції верстатів автоматів і напівавтоматів.

Розраховуємо такт випуску (такт роботи потокової лінії) по формулі (1.2):

$$\tau = \frac{60 \cdot 4015 \cdot 0,96}{145000} = 1,5949 \approx 1,6 \text{ хв/шт.}$$

Розраховуємо змінний об'єм випуску по формулі (1.6):

$$q_{cm} = \frac{f_{cm}}{\tau} = \frac{492}{1,5949} = 308 \text{ шт/зм.}$$

Розраховуємо необхідну кількість верстатів для виконання кожної операції по формулі (2.1) і коефіцієнт завантаження верстатів по формулі (2.3):

$$Sp_1 = \frac{t_{um1}}{\tau} = \frac{2,82}{1,6} = 1,76 \longrightarrow Sn_1 = 2; \quad K_{s1} = \frac{1,76}{2} = 0,88.$$

$$Sp_2 = \frac{t_{um2}}{\tau} = \frac{2,68}{1,6} = 1,675 \longrightarrow Sn_2 = 2; \quad K_{s2} = \frac{1,675}{2} = 0,8375.$$

Викреслюємо схему планування верстатів і робочих місць токарної обробки маховика (рис. 3.1). Заздалегідь ухвалюємо рішення про зони обслуговування – робочі місця біля токарних верстатів для виконання 1-й і 2-й операцій приймаємо як одну зону обслуговування.

Розраховуємо кількість верстатів, які може обслужити один оператор, орієнтуючись на операцію з максимальною тривалістю, по формулі (3.1):

$$m_{s1} = \frac{t_{on1}}{t_{обс1} + t_{неп1}} = \frac{2,75}{1,1 + 0,15} = 2,2 \approx 2 \text{ верстата.}$$

Тобто один робітник-оператор може обслуговувати два верстати, виконуючи одну операцію, або по одному верстату, виконуючи 1-у і 2-у операції, і у нього залишатиметься небагато вільного часу. Але верстатів в зоні обслуговування 4. Тому операторів потрібно два:

$$R_I = \frac{S_I}{m_{s1}} = \frac{4}{2} = 2 \text{ оператора.}$$

Будуємо циклограму багатOVERстатного обслуговування (рис. 3.2). (Побудова і аналіз циклограми див. в прикладі 3.3).

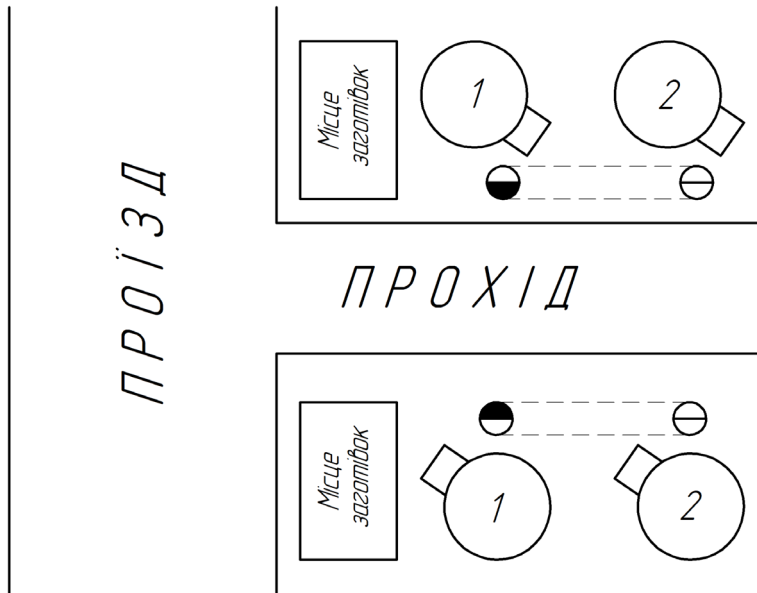


Рисунок 3.1 – Схема планування верстатів і робочих місць операцій 1 і 2 технологічного процесу обробки маховика

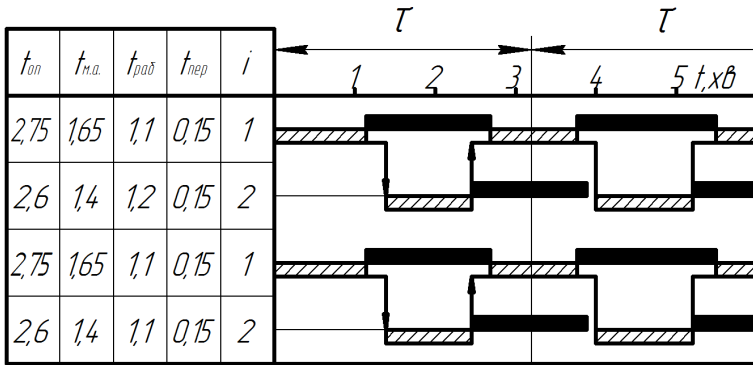


Рисунок 3.2 – Циклограма багатOVERстатного обслуговування

7) Верстатоемність зони обслуговування визначається як сума верстатоемностей операцій, виконуваних в зоні:

$$t_c = t_{ум_1} + t_{ум_2} = 2,82 + 2,68 = 5,5 \text{ хв.}$$

Трудомісткість обробки в зоні обслуговування по формулі (1.7):

$$t = \frac{fR}{q_{см}} = \frac{492 \cdot 2}{308} = 3,2 \text{ хв.}$$

Коефіцієнт багатOVERстатного обслуговування по формулі (1.8):

$$K_{.м} = \frac{t_c}{t} = \frac{5,5}{3,2} = 1,72$$

Трудомісткість операцій в зоні обслуговування приймаємо однаковою:

$$t_1 = t_2 = \frac{t}{2} = \frac{3,2}{2} = 1,6 \text{ хв.}$$

**Приклад 3.2.** На основі початкових даних і результатів рішень прикладу 3.1 визначити число робітників-операторів виходячи з норми обслуговування верстатів.

## Рішення

Розрахуємо норму обслуговування робочих місць (верстатів) по формулі (3.4): для першої операції

$$H_1 = \frac{t_{м.а}}{t_{обс1} + t_{неп1}} + 1 = \frac{1,65}{1,1 + 0,15} + 1 = 2,32$$

де  $t_{ма1} = t_{он1} - t_{обс1} = 2,75 - 1,1 = 1,65$  хв.

Для другої операції:

$$H_2 = \frac{1,4}{1,2 + 0,15} = 2,04.$$

Як бачимо, два верстати по виконання 1-ї операції може обслуговувати один оператор, аналогічна ситуація і з верстатами по виконань 2-ї операції. Таким чином, якщо робочі місця біля верстатів токарної обробки об'єднувати в одну (першу) робочу зону, то для обслуговування верстатів цієї зони буде потрібно

$$R_I = \frac{S_{n_1}}{H_1} = \frac{4}{2} = 2 \text{ оператора.}$$

Роботу цих операторів можна організувати по операціях, але краще по верстатах, разом, що стоїть, за принципом ПОТОКУ – один оператор обслуговує верстат, виконуючи 1-у і 2-у операції.

**Приклад 2.3.** Визначити трудомісткість обробки і число робітників-операторів для обслуговування потокової лінії обробки кінечної шестерні (рис. 2.3), побудувати циклограму багатоверстатного обслуговування при наступних початкових даних:

річна програма випуску  $N = 74000$  шт;

тривалість робочої зміни  $f_{зм} = 492$  хв;

відомий порядок операцій, моделі верстатів, на яких виконуються ці операції, і їх верстатоемність (див. табл. 3.1), пропонується схема розташування верстатів в потоковій лінії (рис. 3.4).

## Рішення

Обробка заготовок конічної шестерні здійснюється на поточковій лінії, що складається з верстатів-напівавтоматів.

Розраховуємо по формулі (2) такт випуску – такт роботи поточної лінії

$$\tau = \frac{60 \cdot 4015 \cdot 0,96}{74000} = 3,125 \text{ хв/шт.}$$

Змінна норма виготовлення або змінний об'єм випуску:

$$q_{cm} = \frac{f_{cm}}{\tau} = \frac{492}{3,125} = 157 \text{ дет/зм.}$$

Розраховуємо по формулі (1.9) необхідну кількість верстатів для доповнення операцій ТП і коефіцієнт їх завантаження по формулі (2.1):

$$S_{p1} = \frac{t_{um1}}{\tau} = \frac{3,04}{3,125} = 0,9728 \rightarrow S_{n1} = 1; K_{z1} = \frac{0,9728}{1} = 0,9728;$$

$$S_{p2} = \frac{2,7}{3,125} = 0,864 \rightarrow S_{n2} = 1; K_{z2} = 0,864;$$

$$S_{p3} = \frac{0,86}{3,125} = 0,2752 \rightarrow S_{n3} = 1; K_{z3} = 0,2752;$$

$$S_{p4} = \frac{0,342}{3,125} = 0,104 \rightarrow S_{n4} = 1; K_{z4} = 0,104;$$

$$S_{p6} = \frac{16,3}{3,125} = 5,216 \rightarrow S_{n6} = 6; K_{z6} = \frac{5,126}{6} = 0,8693;$$

$$S_{p7} = \frac{1,73}{3,125} = 0,554 \rightarrow S_{n7} = 1; K_{z7} = 0,554;$$

$$S_{p8} = \frac{8,1}{3,125} = 2,592 \rightarrow S_{n8} = 3; K_{z8} = \frac{2,592}{3} = 0,864;$$

$$S_{p13} = \frac{2,92}{3,125} = 0,9344 \longrightarrow S_{n13} = 1; K_{\beta13} = 0,9344.$$

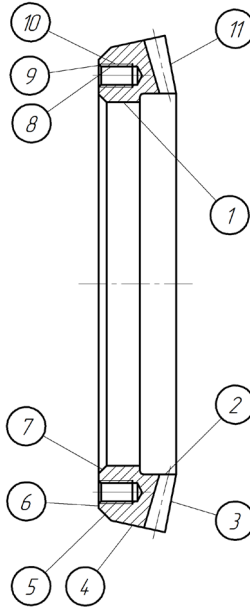


Рисунок 3.3 – Ескіз конічної шестерні

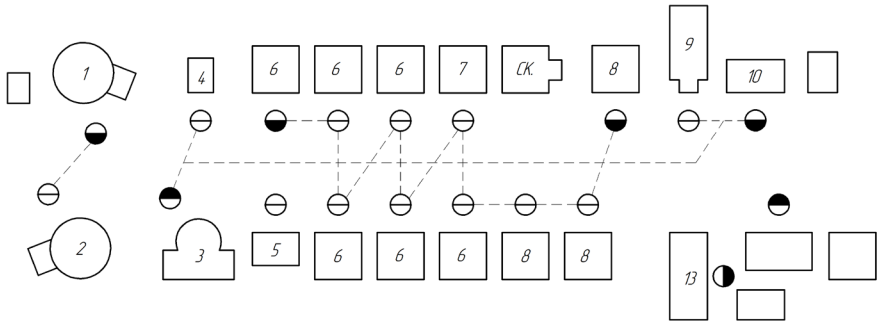


Рисунок 3.4 – Схема розташування технологічного устаткування потокової лінії обробки конічної шестерні

Таблиця 3.1 – Технологічний маршрут обробки конічної шестерні (початкові дані)

| Номер операції | Найменування і короткий зміст операції            | Модель верстака | Верстатомність, $t_{\text{шт}}$ , ХВ | Оперативний час $t_{\text{оп}}$ , ХВ | Час обслуговування $t_{\text{обс}}$ , ХВ | Час переходу $t_{\text{пер}}$ , ХВ |
|----------------|---------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------|
| 005            | Заготівельна                                      | -               | -                                    | -                                    | -                                        | -                                  |
| 010            | Токарна (точити начорно і начисто з одного боку)  | 12Б84           | 3,04                                 | 2,75                                 | 1,10                                     | 0,20                               |
| 015            | Токарна (точити начорно і начисто з другого боку) | 12Б84           | 2,70                                 | 2,45                                 | 1,10                                     | 0,20                               |
| 020            | Шліфувальна                                       | ЗП772           | 0,86                                 | 0,80                                 | 0,80                                     | 0,20                               |
| 025            | Мийна                                             | Мийна машина    | 0,324                                |                                      |                                          |                                    |
| 030            | Контрольна (контроль після токарної обробки)      | -               | -                                    | -                                    | -                                        | -                                  |
| 035            | Зуборізна (нарізка спіральних зубів попередньо)   | 5231            | 16,5                                 | 15,1                                 | 1,40                                     | 0,15                               |
| 040            | Фасочна (зняти фаски на зубах)                    | Спец. верстат   | 1,73                                 | 1,65                                 | 0,50                                     | 0,15                               |
| 045            | Зуборізна (нарізати зуби начисто)                 | 528             | 8,1                                  | 7,5                                  | 1,4                                      | 0,15                               |
| 050            | Мийна                                             | Мийна машина    | 0,324                                | 0,30                                 | 0,30                                     | 0,30                               |
| 055            | Слюсарна (зачистка заусенець)                     | Верстак         | -                                    | 0,78                                 | 0,7                                      | 0,3                                |
| 060            | Контрольна                                        | -               | -                                    | -                                    | -                                        | -                                  |
| 065            | ТО (цементация)                                   | -               | -                                    | -                                    | -                                        | -                                  |
| 070            | Внутрішньошліфувальна                             | 36250С          | 2,92                                 | 2,60                                 | 2,60                                     | -                                  |
| 075            | Контрольна – остаточний контроль                  | -               | -                                    | -                                    | -                                        | -                                  |

Одержані результати заносимо в табл. 3.2.

Графік завантаження верстатів потокової лінії обробки конічної шестерні приведений в темі 1.

Виконуємо схему планування ТО за принципом потоку (див. рис.3.4) і заздалегідь формуємо зони обслуговування – токарна, зубообробки, шліфувальна.

Розраховуємо кількість верстатів, які може обслуговувати один оператор, орієнтуючись при цьому на операцію з максимальною тривалістю, по формулі (3.1):

$$m_{s1} = \frac{t_{on1}}{t_{роб1} + t_{неп1}} = \frac{2,75}{1,1 + 0,2} = 2,12,$$

тобто один оператор може обслуговувати два верстати і у нього буде небагато вільного часу (0,12 τ). Такими верстатами можуть бути верстати по виконанню першої і другої операцій, робочі місця яких утворюють І зону обслуговування.

Число операторів в зоні обслуговування по формулі (3.2):

$$R_I = \frac{S_I}{m_{sI}} = \frac{2}{2} = 1.$$

Верстатосемність І зони обслуговування

$$t_{cl} = t_{um1} + t_{um2} = 3,04 + 2,70 = 5,74 \text{ хв.}$$

Трудомісткість обробки в І зоні по формулі (1.7):

$$t_1 = \frac{f \cdot R_I}{q_{cm}} = \frac{492 \cdot 1}{157} = 3,14 \text{ хв.}$$

Коефіцієнт багатOVERстатного обслуговування по формулі (1.8):

$$K_{ml} = \frac{t_{cl}}{t_I} = \frac{5,74}{3,14} = 1,828.$$

Трудомісткість операцій в зоні обслуговування приймаємо однаковою:

$$t_1 = t_2 = \frac{t_I}{2} = \frac{3,14}{2} = 1,57 \text{ хв.}$$

Одержані результати заносимо в табл. 3.2.

Розраховуємо кількість верстатів, які може обслуговувати один оператор в II зоні обслуговування – зоні зубообробки (операції 6-8):

$$m_{sII} = \frac{t_{on6}}{t_{роб6} + t_{пер6}} = \frac{15,1}{1,4 + 0,15} = 9,74 .$$

Таблиця 3.2 – Результати розрахунків

| Номер операції | Кількість верстатів |      | Коеф. завантаження, $K_s$ | Норма обслуговування $m_s$ | Номер зони обслуговування | Число операторів в зоні Rn | Верстатоемність зони тшт | Трудомісткість зони $t_z$ | Трудомісткість операції $K_{op}$ | Коеф. багатоверстатного обслуговування $t_i$ |
|----------------|---------------------|------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------|
|                | $Sp$                | $Sn$ |                           |                            |                           |                            |                          |                           |                                  |                                              |
| 010            | 0,972               | 1    | 0,972                     | 2,12                       | 1                         | 1                          | 5,74                     | 3,14                      | ,828                             | 157                                          |
| 015            | 0,864               | 1    | 0,864                     |                            |                           |                            |                          |                           |                                  | 1,57                                         |
| 020            | 0,275               | 1    | 0,275                     |                            | 4                         | 1                          | 1,508                    | 3,14                      | 0,48                             | 1,2                                          |
| 025            | 0,104               | 1    | 0,104                     |                            |                           |                            |                          |                           |                                  | 0,45                                         |
| 030            | -                   | -    | -                         | -                          | -                         | -                          | -                        | -                         | -                                | -                                            |
| 035            | 5,216               | 6    |                           |                            | 2                         | 2                          | 26,13                    | 6,28                      | 4,16                             | 2,66                                         |
| 040            | 0,354               | 1    |                           |                            |                           |                            |                          |                           |                                  | 0,96                                         |
| 045            | 2,592               | 3    |                           |                            |                           |                            |                          |                           |                                  | 2,66                                         |
| 050            | 0,104               | 1    |                           |                            | 4                         |                            |                          |                           |                                  | 0,45                                         |
| 055            |                     | 1    |                           |                            |                           |                            |                          |                           |                                  | 1,104                                        |
| 060            | -                   | -    | -                         | -                          | -                         | -                          | -                        | -                         | -                                | -                                            |
| 070            | 0,934               | 1    | 0,934                     |                            | 3                         | 1                          | 2,92                     | 3,14                      | 0,93                             | 3,14                                         |
| 075            | -                   | -    | -                         | -                          | -                         | -                          | -                        | -                         | -                                | -                                            |
| Разом          |                     | 17   |                           |                            |                           | 5                          | 86,28                    | 15,7                      | $\overline{K_M}$                 |                                              |

Тобто один оператор може обслуговувати 9 верстатів моделі 5231, виконуючих операцію 6 (або 0,35), але таких верстатів на ділянці всього 6, а це значить, що у оператора буде вільний час:

Коефіцієнт завантаження верстатів на шостій операції складає  $K_{з6} = 0,8693$ . Визначимо вільний час оператора з урахуванням завантаження верстатів:

$$\Delta t_{on6} = (15,1 / 0,8693) - (1,4 + 0,15) \cdot 6 = 8,07 \text{ хв.}$$

У цей час робітник-оператор може обслуговувати спеціальний верстат по виконанню 7-й операції. Розрахуємо, скільки деталей-операцій може виконати оператор за вільний час на 7-й операції, не відходячи від верстата:

$$n_{sl} = \frac{\Delta t_{on6} - t_{nep} \cdot 2}{t_{on7}} = \frac{8,07 - 0,15 \cdot 2}{1,65} = 4,7 \text{ детале-операцій,}$$

тобто 4 детале-операцій на 7-й операції може виконати оператор за час  $6t$ , а необхідно зробити 6 детале-операцій. Таким чином, оператор повністю завантажений. Але в зоні ще залишилися 3 верстати по виконанню 8-й операції. Тому для обслуговування верстатів II зони необхідно прийняти  $R_{II} = 2$  оператори.

Розглянемо зайнятість 2-го оператора. Цей оператор обслуговуватиме в основному верстати по 8-й операції. Розрахуємо, скільки верстатів по 8-й операції може обслуговувати 2-й оператор:

$$m_{s8} = \frac{t_{on7}}{t_{роб7} + t_{nep7}} = \frac{7,5}{1,4 + 0,15} = 4,84 \text{ верстата.}$$

Але для виконання 8-й операції встановлені тільки 3 верстати з коефіцієнтом завантаження  $K_{з6} = 0,864$ , тобто 2-й оператор матиме вільний час:

$$(7,5 / 0,864) - (1,4 + 0,15) \cdot 3 = 4,03 \text{ хв.}$$

Протягом цього часу він може обслуговувати верстат по виконанню 7-й операції. Розрахуємо, скільки деталей-операцій може виконати 2-й оператор за вільний час на 7-й операції, не відходячи від верстата:

$$n_{sII} = \frac{4,03 - 0,15 \cdot 2}{1,65} = 2,26 \approx 2 \text{ деталі-операцій.}$$

Як бачимо, оператори, обслуговуючі верстати по виконанню 6-й і 8-й операцій, зможуть обслуговувати і верстат 7-й операції.

Верстатомістність II зони обслуговування:

$$t_{cII} = t_{um6} + t_{um7} + t_{um8} = 16,3 + 1,73 + 8,1 = 26,13 \text{ хв.}$$

Трудомісткість обробки II зони обслуговування:

$$t_{II} = \frac{f \cdot R_{II}}{q_{cm}} = \frac{492 \cdot 2}{157} = 6,28 \text{ хв.}$$

Коефіцієнт багатоверстатного обслуговування

$$K_{mII} = \frac{t_{cII}}{t_{II}} = \frac{26,13}{6,28} = 4,16.$$

Трудомісткість операції II зони обслуговування визначається пропорційно тривалості обслуговування верстата оператором:

$$t_6 = \frac{t_{II}}{t_{роб6} + t_{роб7} + t_{роб8}} \cdot t_{роб6};$$

$$t_8 = t_6 = \frac{6,28}{1,4 + 0,5 + 1,4} \cdot 1,4 = 2,66 \text{ хв;}$$

$$t_7 = \frac{6,28}{1,4 + 0,5 + 1,4} \cdot 0,5 = 0,96 \text{ хв.}$$

Одержані результати заносимо в табл. 2.2.

До III зони обслуговування віднесемо робоче місце біля шліфувального верстата ЗБ250С по виконанню 13-й операції. Це робоче місце не слід об'єднувати з іншими робочими місцями (верстатами), оскільки тут велике завантаження робітника  $t_{роб\ 13} = 2,6$  хв і високий коефіцієнт завантаження верстата  $K_{з/з} = 0,934$ . Тому на цьому робочому місці один робітник  $R_{III} = 1$  матиме велику зайнятість.

ВЕРСТАТОЄМНІСТЬ III зони обслуговування:

$$t_{cIII} = t_{um13} = 2,92 \text{ хв.}$$

Трудомісткість:

$$t_{III} = \frac{fR_I}{q_{cm}} = \frac{492 \cdot 1}{157} = 3,14 \text{ хв.}$$

коефіцієнт багатOVERSTATного обслуговування

$$K_{mIII} = \frac{2,92}{3,14} = 0,93.$$

Одержані результати занести в табл. 3.2.

У IV зону обслуговування заздалегідь включені операції 3, 4, 9, 10, завантаження на яких мале. Уточнимо характер роботи на цих операціях: на 3-й операції встановлений плоскошліфувальний верстат з круглим магнітним столом, який безперервно обертається, і, отже, робітник не може відійти від верстата протягом оперативного часу; 4-а і 9-а операції є промивкою деталей партіями; 10-а операція – зачистка кромek і пред'явлення деталей ВТК, що також доцільно здійснювати партіями, оскільки на 3-ю операцію виключаються часті переходи робітника. Тому виконання робіт на 3, 4, 9 і 10-й операціях доцільно вести партіями по 10 штук. При цьому тривалість робіт на партію складе:

- на 3-й операції  $t_{um3}' = t_{um3} \cdot 10 = 0,86 \cdot 10 = 8,6$  хв;
- на 4-й операції  $t_{um4}' = t_{um4} \cdot 10 = 0,324 \cdot 10 = 3,24$  хв;

- на 9-й операції  $t_{ум9}' = t_{ум9} \cdot 10 = 0,324 \cdot 10 = 3,24$  хв;
- на 10-й операції  $t_{ум10}' = t_{ум10} \cdot 10 = 0,70 \cdot 10 = 7,0$  хв;
- на 4 переходи до робочих місць буде потрібно  $0,2+0,3+0,2+0,3=1,0$  хв.

Разом, на виконання робіт партіями деталей по 10 штук необхідно затрачувати

$$8,6+3,24+3,24+7,0+1=23,08 \text{ хв}$$

а на змінну програму (норму вироблення)

$$(23,08/10) \cdot 157 = 362,4 \text{ хв.}$$

Число робочих, необхідних для виконання цієї роботи

$$R_{IV} = 362,4/492 = 0,736, \text{ приймаємо } R_{IV} = 1 \text{ робітник.}$$

Верстатоемність IV зони обслуговування:

$$t_{CIV} = t_{ум3} + t_{ум4} + t_{ум9} = 0,86+0,324 \cdot 2 = 1,508 \text{ хв.}$$

Трудомісткість робіт IV зони

$$t_{IV} = \frac{492 \cdot 1}{157} = 3,14 \text{ хв.}$$

Коефіцієнт багатоверстатного обслуговування:

$$K_{мIV} = \frac{1,508}{3,14} = 0,48.$$

Трудомісткість кожної операції в IV зоні:

$$t_3 = \frac{t_{IV}}{t_{роб3} + t_{роб4} + t_{роб9} + t_{роб10}} \cdot t_{роб3}$$

$$t_3 = \frac{3,14}{0,8 + 0,3 \cdot 2 + 0,7} \cdot 0,8 = \frac{3,14}{2,1} \cdot 0,8 = 1,2 \text{ хв.}$$

$$t_4 = t_9 = \frac{3,14}{2,1} \cdot 0,3 = 0,45 \text{ хв.}$$

$$t_{10} = \frac{3,14}{2,1} \cdot 0,7 = 1,04 \text{ хв.}$$

Всього для обслуговування 16 верстатів потокової лінії і інших робочих місць (всього 16 робочих місць) потрібне 5 робітників. Внаслідок цього трудомісткість робіт на лінії складе:

$$t_{\Sigma} = \frac{492 \cdot 5}{157} = 15,7 \text{ хв.}$$

При верстатоемності  $t_{cy} = t_{umy} = 36,298 \text{ хв}$  і коефіцієнті багатоверстатного обслуговування:

$$K_M = \frac{36,298}{15,7} = 2,31.$$

Одержані результати занести в табл. 2.2.

Циклограму БАГАТОВЕРСТАТНОЇ РОБОТИ будемо в координатах: номер верстата (робочого місця) – час і –  $t$ . Тут же доцільно дати структуру оперативного часу; умовні позначення, тривалість циклу роботи кожного оператора  $t_{ц0}$ . При цьому слід враховувати, що верстати повинні обслуговуватися з урахуванням такту випуску, тобто за час, рівний або кратний такту випуску, повинна бути виконана кожна операція і виготовлена одна деталь.

На циклограмі графічно показують тривалість роботи верстата і робітника-оператора (рис. 3.5), що дає уявлення про те, який зайнятий оператор межах розрахункового циклу і яким чином він може обслужити декілька верстатів. Тривалість циклу роботи оператора  $t_{ц0}$  визначають виходячи з тривалості обслуговування верстатів і часу на перехід від верстата до верстата з урахуванням максимального циклу обробки:

$t_{\text{цmax}} = t_{\text{он max}}$  в зоні обслуговування і такту випуску  $\tau$ .

Для І зони обслуговування (див. рис. 3.4) тривалість циклу обслуговування (циклу роботи оператора):

$$t_{\text{ц01}} = t_{\text{обс1}} + t_{\text{неп1}} + t_{\text{обс2}} + t_{\text{неп2}} = 1,1 + 0,2 + 1,1 + 0,2 = 2,6 \text{ хв.}$$

Тривалість циклу обробки:

$$t_{\text{ц1}} = t_{\text{цmax}} = t_{\text{он1}} = 2,75 \text{ хв. } t_{\text{ц2}} = t_{\text{он2}} = 2,45 \text{ хв.}$$

Як бачимо,  $t_{\text{ц01}} = 2,6 < t_{\text{ц1}} = 2,75$ , що прийняте, т. як не буде затримок в обслуговуванні верстатів цієї зони. Це слідус підкреслити, оскільки верстат 1-й операції має дуже високий коефіцієнт завантаження  $K_{31} = 0,98$ . Друга зона обслуговується двома операторами. Перший з них (другий оператор на лінії) працює на верстатах 6-ї операції (тут  $Sn_6 = 6$  верстатів) і у вільний час, що залишився, обслуговує верстат 7-ї операції, на якому повинен виконати  $n_{S7} = 4$  детале-операції, не відходячи від верстата, оскільки тут невелика тривалість циклу обробки  $t_{\text{ц7}} = t_{\text{он7}} = 1,65$  хв.

$$\begin{aligned} t_{\text{ц.02}} &= t_{\text{обс6}} \cdot S_6 + t_{\text{неп6}} \cdot S_6 + t_{\text{он7}} \cdot S_7 + t_{\text{неп7}} \cdot S_7 = \\ &= 1,4 \cdot 6 + 0,15 \cdot 6 + 1,65 \cdot 4 + 0,15 \cdot 1 = 16,05 \text{ хв.} \end{aligned}$$

Порівнюючи тривалість циклу обробки на 6-й операції  $t_{\text{ц}} = t_{\text{он6}} = 15,1$  хв з тривалістю циклу роботи оператора, бачимо, що  $t_{\text{ц02}} = 16,05 > t_{\text{ц6}} = 15,1$ . А повинно бути навпаки. Проте тут немає суперечності, оскільки  $t_{\text{ц6}}$  слідус ще порівняти з тривалістю такту випуску, в даному випадку з  $6\tau$ .

$$t_{\text{ц.02}} = 16,05 < t_{\text{ц6}} = 6 \times \tau = 6 \times 3,125 = 18,75 \text{ хв.}$$

Крім того, слід враховувати можливість надходження заготовок від попередніх операцій, а, як відомо, 1-а операція має високий коефіцієнт завантаження і тривалість циклу обробки  $t_{\text{ц1}} = 2,75$  хв.

$$t_{y.o2} = 16,05 < t_{y1} \times 6 = 2,75 \times 6 = 16,5 \text{ хв.}$$

тобто необхідна заготівка для установки на верстаті 6-ї операції поступить через 16,5 хв.

Другий оператор зони (3-й оператор на лінії), як було сказано вище, обслуговує верстати 8-ї операції і за час 6ф виконує 6 деталей-операцій, у вільний час, що залишився, обслуговує верстат 7-ї операції - виконує, не відходячи від верстата

$n_{s7} = 2$  деталей-операцій.

$$\begin{aligned} t_{y.o3} &= t_{обс8} \cdot S_8 \cdot 2 + t_{неп8} \cdot S_8 \cdot 2 + t_{он7} \cdot S_7 = \\ &= 1,4 \cdot 3 \cdot 2 + 0,15 \cdot 3 \cdot 2 + 1,65 \cdot 2 + 0,15 = 12,75 \text{ хв.} \end{aligned}$$

Як бачимо  $t_{y.o3} = 12,75 < t_{y8} = t_{он8} \cdot 2 = 7,5 \cdot 2 = 15$ , що прийнятне.

Виконаний аналіз показує, що оператори II зони обслуговування матимуть вільні проміжки часу: при підході до верстата 8-ї операції, в період роботи верстата 7-ї операції (див. рис. 3.5). Проте ці вільні проміжки часу в умовах запроєктованих операцій використовувати не представляється можливим, тому вони входять в трудомісткість операції - оплачуваний час.

Для III зони циклограму будувати не слід, оскільки тут оператор обслуговує один внутрішньошліфувальний верстат, що вимагає по характеру виконуваної операції безперервної присутності оператора.

Оператор IV зони, як було показано вище, обробляє заготівки на кожному робочому місці партіями по  $n = 10$  штук. Тривалість циклу роботи 5-го оператора:

$$\begin{aligned} t_{y.o5} &= t_{он3} \cdot n + t_{неп3} + t_{он4} \cdot n + t_{неп4} + t_{он9} \cdot n + t_{неп9} + t_{он10} \cdot n + t_{неп10} = \\ &= 0,8 \cdot 10 + 0,2 + 0,3 \cdot 10 + 0,3 + 0,3 \cdot 10 + 0,2 + 0,7 \cdot 10 + 0,3 = 22 \text{ хв.} \end{aligned}$$

$$t_{y.o5} / n = \frac{22}{10} = 2,2 < \tau = 3,125 \text{ хв.}$$

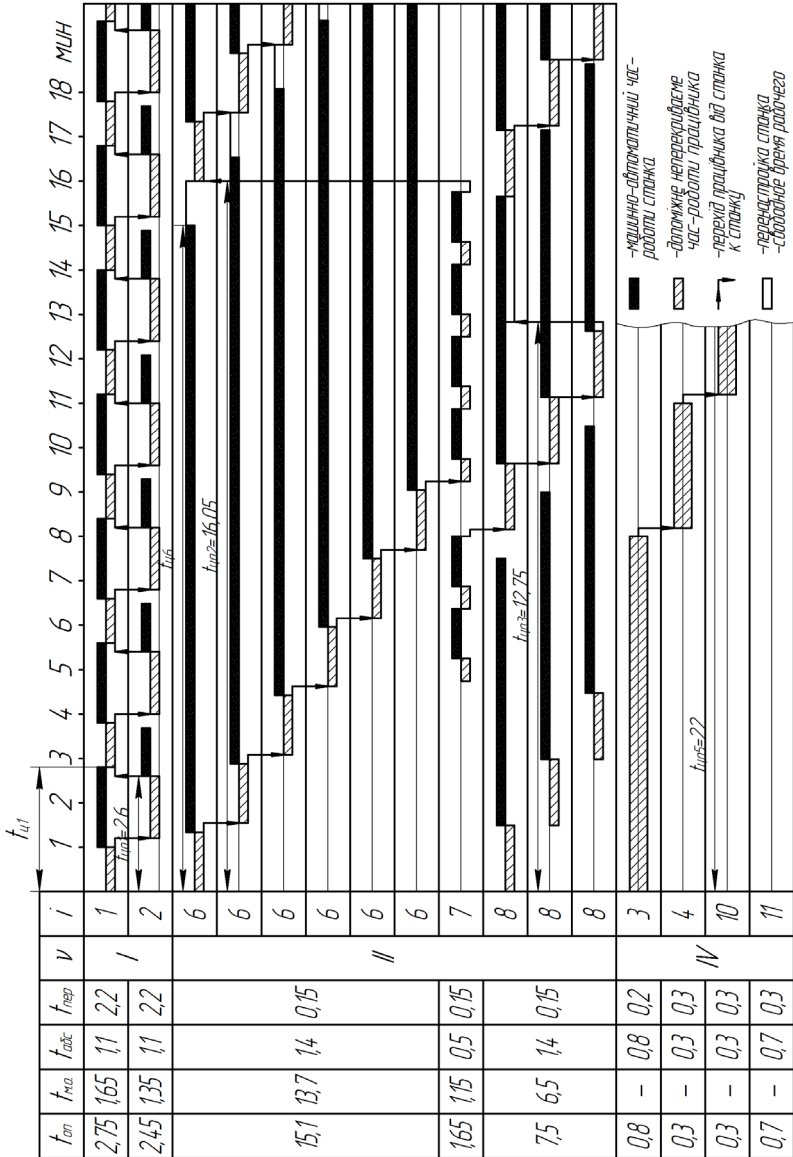


Рисунок 3.5 – Циклограмма багатоверстатного обслуговування потокової лінії обробки конічної шестерні

### **Задачі**

**Задача 3.1.** Визначити верстатоемність і трудомісткість механічної обробки, чисельність робітників-операторів для обслуговування лінії обробки (найменування деталі), побудувати циклограму багатOVERSTATного обслуговування за початковими даними згідно вашому варіанту (див. табл. А. і додаток А).

**Задача 3.2.** Виконати те ж за початковими даними табл. А.І прил.А.

### 4 ТЕМА 3. ПЛАНУВАННЯ УСТАТКУВАННЯ І РОБОЧИХ МІСЦЬ НА ДІЛЯНЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ. ВИЗНАЧЕННЯ ПЛОЩІ ВИРОБНИЧИХ ДІЛЯНОК

#### Короткі відомості про основні параметри виробничих будівель механічних цехів

Для розміщення механічних цехів машинобудівних заводів застосовують, як правило, одноповерхові будівлі. Багатоповерхові будівлі застосовують, коли використовується технологічне устаткування порівняно малих розмірів і ведеться обробка легких і дрібних деталей.

При плануванні технологічного устаткування ділянки необхідно заздалегідь визначити основні параметри виробничої будівлі цеху, в якому найбільш раціонально були б розташовані виробничі і допоміжні ділянки з урахуванням вимог будівельної техніки.

Найпоширенішою конструкцією будівель для розміщення механічних цехів є одноповерхові і багатоповерхові будівлі прямокутної форми з підлогою на бетонній підставі і перекриттям, підтримуваним системою колон, що створюють прольоти цеху.

У машинобудуванні застосовуються уніфіковані типові секції виробничих будівель: основна секція –  $144 \times 72$  м (рис. 4.1,а); додаткова секція –  $72 \times 72$  м.

Основними будівельними параметрами виробничої будівлі є крок колон  $t$ , ширина  $L$  і висота прольоту  $H$  (рис.4.1,б). Ширина прольоту і крок колон утворюють сітку колон  $L \times t$ .

Сітка колон  $L$ , що вживається  $L \times t = 24 \times 12$  м

висота прольоту до  $H = 7,2; 8,4; 9,6$  м.

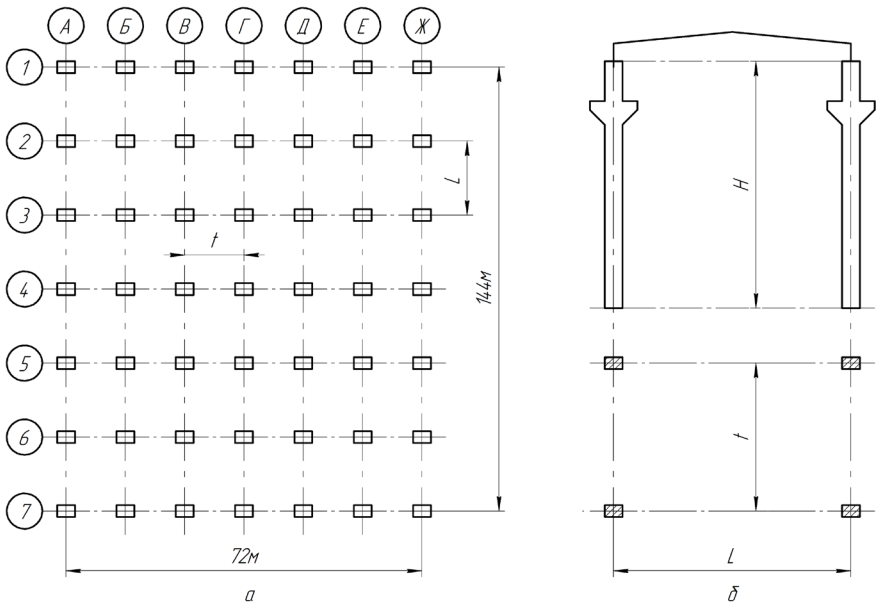
Широко застосовуються сітки колон, м

|                |     |               |
|----------------|-----|---------------|
| $18 \times 12$ |     | $18 \times 6$ |
| $30 \times 12$ | або | $24 \times 6$ |
| $36 \times 12$ |     | $30 \times 6$ |
|                |     | $36 \times 6$ |

Для багатопверхових будівель застосовують сітку колон  $6 \times 6$  м або  $9 \times 6$  м.

Для всіх конструктивних схем будівель крок внутрішніх колон приймається  $t = 12$  м, а крок колон, розташованих по периметру будівель, 6 м або 12 м – залежно від конструкції основних огорож.

При виборі габаритних розмірів будівлі слід мати у вигляді, що ширина будівлі і його довжина не регламентуються.

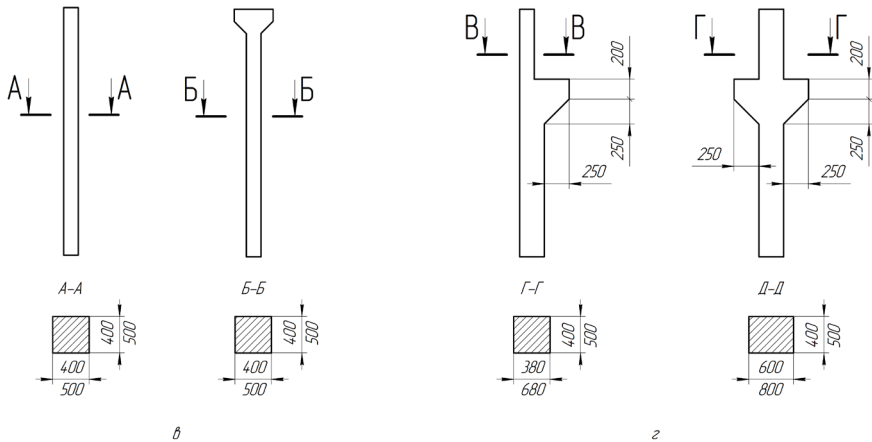


$L$  – ширина прольоту;  $t$  – крок колон;  $H$  – висота прольоту; 1,2,3 – позначення рядів колон по довжині будівлі, А,Б,В – позначення рядів колон по ширині будівлі

Рисунок 4.1 – Типова секція виробничої будівлі (а) і основні розміри прольоту будівлі і сітки колон (б)

Вибір основних параметрів будівлі – поверховості, сітки колон і висоти прольотів – визначається технічним процесом і раціональним розміщенням технологічного устаткування, а також економічністю будівництва.

Колони одноповерхових промислових будівель переважно роблять залізобетонними прямокутного перетину. Колони з розмірами перетину  $400 \times 400$  мм застосовують в будівлях заввишки до 7,2 м, що не мають мостових кранів (рис. 4.2.а). При висоті прольотів 8,4-10,8 м, обладнані мостовими кранами вантажопідйомністю 10 і 20 т, ставлять колони прямокутного перетину  $400 \times 600$  мм з консолями (рис. 4.2.б).



а – не обладнаних кранами; б - обладнаних кранами; 1 – колони крайніх рядів; 2 – колони середніх рядів

Рисунок 4.2 – Колони одноповерхових промислових будівель

### Основні принципи і правила планування верстатів і робочих місць на ділянці механічного цеху

При плануванні технологічного устаткування (ТО) ділянок механічної обробки слід керуватися наступними принципами:

Безпека роботи, а в умовах потокового виробництва - максимальне полегшення міжопераційної передачі заготовок і багатоверстатного обслуговування.

Зручність технічного обслуговування верстатів - повинен бути забезпечено підвезення важкого інструменту (розточувальних головок, протяжок, великих набірних фрез, інструментальних блоків, шліф-кругів і т.п.), крупних пристосувань і запасних вузлів, у разі

потреби дрібного і середнього ремонту - можливість розбирання верстата на місці, можливість прибирання стружки.

Раціональний спосіб розташування верстатів: металеві верстати ділянок і ліній можуть бути розташовані по типах устаткування або по ходу техпроцесу, тобто в порядку виконання операцій.

Планування по типах устаткування (груповий спосіб) застосовується в одиничному і дрібносерійному виробництві. В цих випадках створюються ділянки по видах обробки (ділянка токарних, фрезерних, шліфувальних і т.д. верстатів).

Планування по ходу технологічного процесу застосовується на ділянках серійного і масового виробництва. В цих випадках верстати розташовують в порядку послідовності виконання операцій техпроцесу виготовлення деталі.

Металорізальні верстати за розмірами (габаритам) розрізняють:

малі – 1800 x 800 мм;

середні – 4000 x 2000 мм;

крупні – 8000 x 4000 мм;

особливо крупні – 15000 x 6000 мм;

особливо крупні і унікальні – більше 15000 x 6000 мм.

4) Раціональне використання виробничої площі. Основним показником, що характеризує використання виробничої площі, є величина питомої виробничої площі на один верстат. Її середні розміри складають: для малих верстатів (габаритом до 1800 x 800 мм) – 10-12 м<sup>2</sup>;

- для середніх верстатів (4000 x 2000 мм) – 15-25 м<sup>2</sup>;

- для крупних верстатів (8000 x 4000 мм) – 30-45 м<sup>2</sup>.

Планування устаткування виконується звичайно в масштабі 1:100, рідше 1:200, 1:50.

Планування верстатів здійснюють наступними способами:

За допомогою карток – контурів верстатів, вирізаних з картону або міліметрівки, що зображає в плані контури (габарити) верстатів у відповідному масштабі (див. дод. А).

При викреслюванні картки приймають контур верстата по крайніх виступаючих частинах, причому в габарит входять крайні положення рухомих частин, електрошафи, гідронасоси, баки охолодження і інші агрегати, змонтовані зовні самого верстата; для

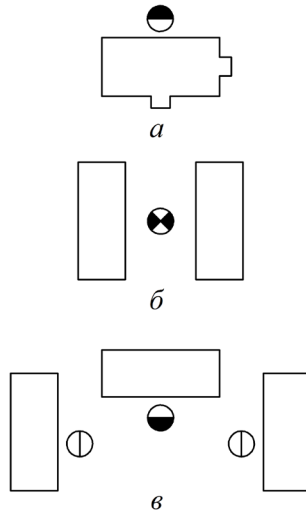
револьверних верстатів і автоматів, оброблювальних деталі з прутка, в габарит верстата входить також найбільша довжина виступаючої частини прутка; для шліфувальних верстатів магнітний фільтр-сепаратор, гідро- і електрошафи. Особливу увагу необхідно звертати на приставку біля верстатів з ЧПУ, оскільки їх габарити досягають іноді розмірів самого верстата. Біля кожного верстата повинен бути передбачена майданчик (стенд, стелаж) для складування і зберігання операційної і транспортної партії заготовок. При потоковому виробництві такі майданчики обов'язково передбачаються на початку і в кінці потокової лінії.

Місце робітника біля верстата позначається на плані кружком (діаметром 500 мм у відповідному масштабі, половина якого затушовується олівцем. Світла частина кружка позначає обличчя робітника і повинна бути звернена до верстата. Ширина робочої зони перед верстатом 800 мм (рис. 4.3). Габаритні розміри деяких верстатів зі всіма винесеними агрегатами приведені в табл. А2 дод. А.

Замість карток іноді виготовляють ТЕМПЛЕТИ – площинні дво-розмірні габарити верстатів у відповідному масштабі – шляхом фотографування креслень, виконаних на кальці тушшю; фотографування форматок ведеться на фоторельєфному папері (негативі), а друкування – на прозору фотоплівку.

За допомогою макетів, виконаних у відповідному масштабі. Такі макети дають об'ємне уявлення про верстати і основні розміри їх габаритів (ширині, довжині, висоті), що вельми важливе для розробки плану розташування устаткування. Проте модельний спосіб планування дорожче інших.

Викреслюванням на міліметровому або креслярському папері.



а – 1 верстат; б – 2 верстати; в – 3 верстати

Рисунок 4.3 – Схема робочого місця

При розробці планування ділянки керуються наступними правилами і нормами розташування верстатів.

Ділянки, зайняті верстатами, повинні бути, по можливості, найкоротшими.

У машинобудуванні довжину ділянок рекомендується приймати в межах 48-72 м. Оптимальна довжина ділянки 60 м. Майданчики заготовки і готових деталей, магістральні проїзди і проходи входять в довжину виробничої ділянки.

Технологічні лінії на ділянках можуть розташовуватися як уздовж прольотів, так і упоперек них.

Лінії на ділянці можуть бути розташовані по схемі одно-, двух- і потоковій лінії багаторядності (рис. 4.4).

Аналогічно верстати уздовж ділянки можуть бути розташовані в один, два, три і більш рядів (рис. 4.5).

По відношенню до проходу (проїзду) верстати можуть розташовуватися уподовж, упоперек і під кутом.

По відношенню один до одного верстати може матися свій в розпорядженні фронт, в потилицю і тильними сторонами.

Крупні верстати не слід встановлювати біля вікон, оскільки це приводить до затемнення цеху.

При всіх видах розташування верстатів робочі місця бажано передбачати з боку проходів, що полегшує обслуговування робочого місця.

Відстані між верстатами, між верстатами і елементами будівлі, а також ширина проходів і проїздів регламентуються нормами (див. табл. А.17-А.20 дод. А).

Рекомендації по виконанню планування ТО:

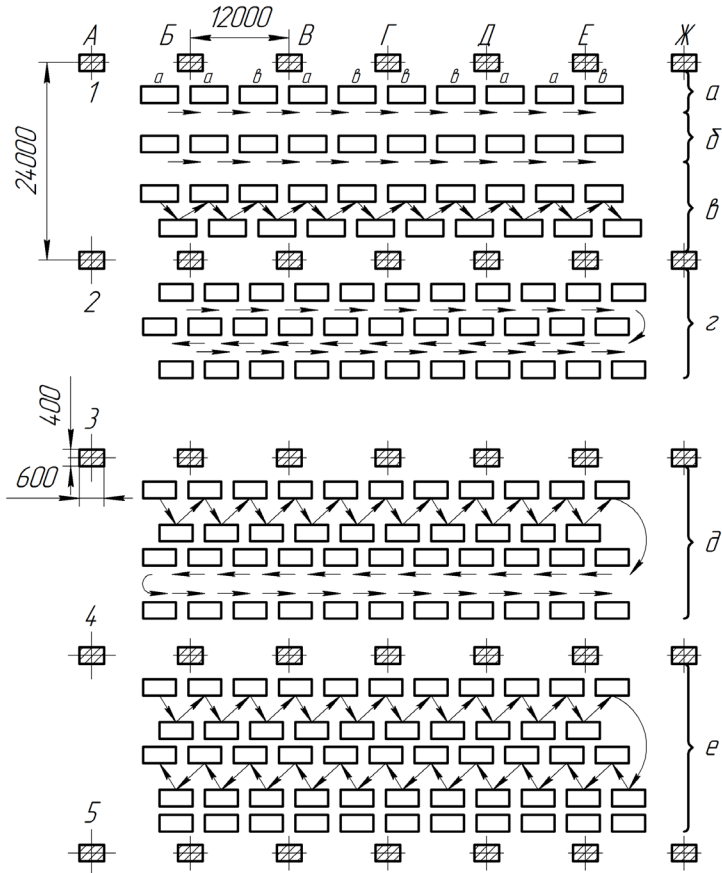
- попередньо на листі міліметрівки нанести сітку колон і проїзди;

- виготовити (вирізувати з картону або міліметрівки) картки верстатів (або темплети) по типах і в кількості, відповідній розробленому технологічному процесу, тобто відповідно до специфікації ТО;

- заздалегідь, починаючи від магістрального проїзду справа, прив'язуючись до одного з ряду колон, розташувати картки (темплети) верстатів і приколоти їх шпильками.

При цьому можуть бути розглянуто декілька варіантів планування.

Після вибору оптимального варіанту і узгодження його з керівником проекту планування устаткування ділянки викреслити на листі креслярського паперу формату А1 (594x841) або А2 (297x421).



а - однорядна потокова лінія для двох деталей А і В;

б - однорядна потокова лінія;

в - дворядна потокова лінія;

г - зигзагоподібна потокова лінія з трьома односторонніми рядами верстатів;

д - зигзагоподібна потокова лінія з одним одностороннім і двома двосторонніми рядами верстатів;

е - зигзагоподібна потокова лінія з двома односторонніми і одним одностороннім рядами верстатів;

Рисунок 4.4 – Варіанти розташування верстатів в потокових лініях

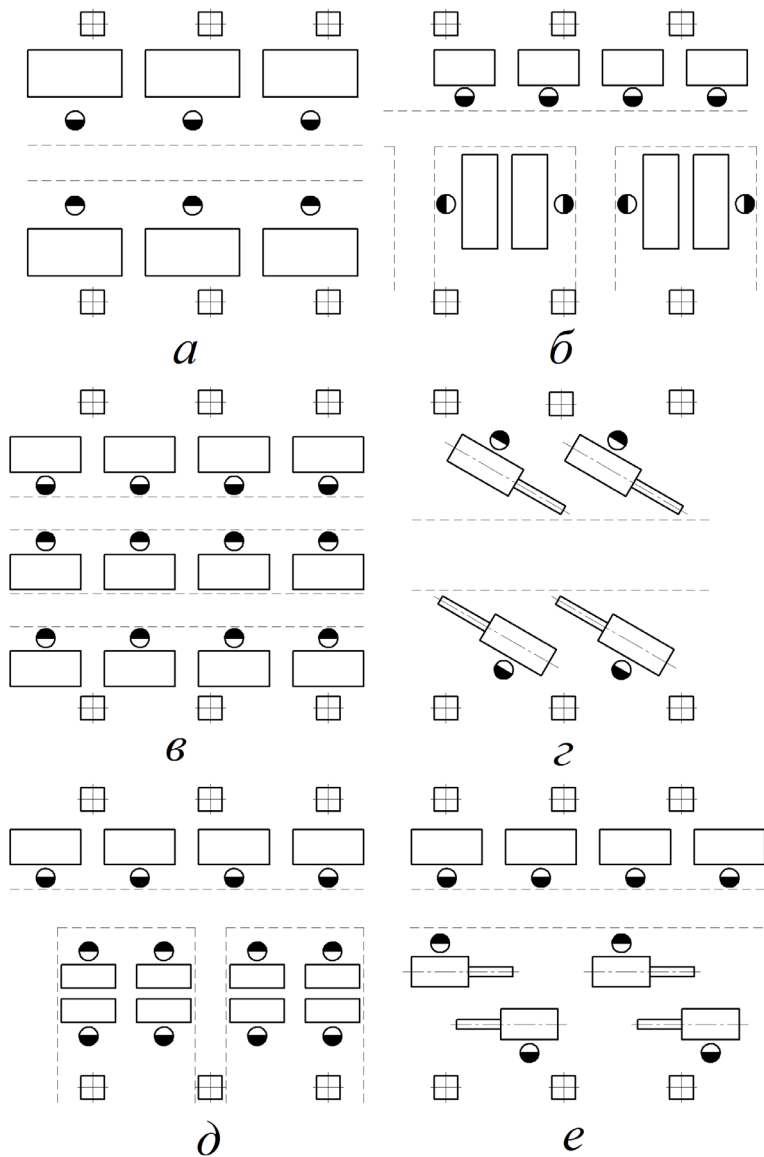


Рисунок 4.5 – Схеми розташування верстатів і робочих місць в прольотах.

Біля кожного верстата показати робоче місце і транспортні засоби переміщення заготовок в процесі обробки.

Відповідно до норм табл. 18 або 19 дод. 1 прийняти ширину проходу і показати його на плануванні, показати також відстань між верстатами, сітку і номери колон, довжину і ширину ділянки.

Для кожної заготовки кольоровим олівцем показати маршрут (траєкторію) її руху.

## Приклади

Приклад 4.1. Виконати планування технологічного устаткування, робочих місць і засобів міжопераційного транспортування потокової лінії обробки конічної шестерні.

Початкові дані і результати розрахунків кількості ТО і чисельності робітників-верстатників узяти з прикладу 3.3, табл. 3.2.

### Рішення

Підготуємо початкові дані для виконання планування потокової лінії у вигляді табл. 4.1 і доповнимо бракуючу інформацію (габаритні (розміри верстатів) по довідковій літературі і дод.А (табл. А.22).

Орієнтовно визначимо довжину потокової лінії. Якщо верстати розташувати в одну лінію, тобто по схемі однорядної потокової лінії (див. рис. 4.4), враховуючи ширину проїздів ( $\sim 4500$  мм), відстань між верстатами ( $\sim 1000$  мм) і довжину (або ширину):

$$4500+1000+4385+4385+5010+2500+2000+2400+3900+12705+4500+2500+2000+4740+2000+2000+4500 = 86,625 \text{ мм.}$$

Як бачимо, довжина однорядної потокової лінії перевищуватиме довжину ділянки, що рекомендується (48-72 м). Тому планування ТО виконуватимемо як дворядної потокової лінії, що істотно скоротить відстань між робочими місцями в зонах обслуговування.

Вибираємо сітку колон –  $24 \times 12$  м.

На міліметровці в масштабі 1:100 (або 1:50; 1:200) наносимо сітку колон, нумеруємо ряди колон, показуємо відстані між колонами; біля ряду колон Би справа проводимо дві лінії магістрального проїзду шириною 4500 мм.

Прив'язуючись до осьової лінії ряду колон 7, починаємо розташовувати верстати потокової лінії. Залишивши праворуч від проїзду майданчик для заготівок приблизно 1000х1500 мм, розташовуємо верстат першої операції (позначаємо його  $\frac{I}{15284}$ , де I – номер позиції в специфікації табл. 3.1;

Виконане детальне планування ТО дозволяє визначити довжину і ширину потокової лінії:

довжина лінії  $a =$ ;

ширина лінії  $b =$ .

Виробнича площа, потокової лінії:

$$F = a \cdot b$$

Питома площа на одиницю встановленого ТО:

$$\gamma = \frac{F}{S_{\Sigma}}$$

Таблиця 4.1 – Специфікація ТО, робочих місць і засобів міжопераційного транспортування потокової лінії обробки конічної шестерні

| № опер. | № п/п | Найменування ТО                                    | Модель        | Габарити (довжина ширина) | $Sn_p$ | Зона обслуговування $v$ | $R_y$ |
|---------|-------|----------------------------------------------------|---------------|---------------------------|--------|-------------------------|-------|
| 005     |       | Місце (майданчик) заготовок                        | МЗ            | 1000x1500                 |        | -                       | -     |
| 010     | 1     | Токарний багатошпindelний вертикальний п/а         | 1Б284         | 3285x2987                 | 1      | 1                       | 1     |
| 015     | 2     | Токарний багатошпindelний вертикальний п/а         | 1Б284         | 3285x2987                 | 1      |                         |       |
| 020     | 3     | Плоскошліфувальний з круглим столом                | 3П7722        | 5340x4400                 | 1      | 3                       | 1     |
| 025     | 4     | Мийна машина                                       | ММ            | 1500x2000                 | 1      | 2                       | 2     |
| 030     | 5     | Стіл контролера                                    | СК            | 1000x1500                 | 6      |                         |       |
| 035     | 6     | Зуборізний п/а                                     | 5Б231         | 2900x2050                 | 1      |                         |       |
| 040     | 7     | Зубозакругляючий п/а                               | спец. верстат | 1750x1300                 | 3      |                         |       |
| 045     | 8     | Зуборізний п/а для коніч. коліс з круговими зубами | 5С280П        | 3235x2180                 | 1      | -                       | -     |
| 050     | 9     | Обкаточний п/а                                     | спец. верстат | 3500x2400                 | 1      | 3                       | -     |
| 055     | 10    | Мийна машина                                       | ММ            | 1500x2000                 | 1      |                         |       |
| 060     | 11    | Верстак                                            | В             | 1000x1500                 | 1      | 4                       | 1     |
| 065     | 12    | Внутрішньошліфувальний                             | 3К228         | 4005x2305                 | 1      |                         | -     |
| 070     | 13    | Стіл контролера                                    | СК            | 1000x1500                 |        |                         | -     |
| 075     | 14    | Склизи-скати Місце (майданчик) деталей             | МЗ            | 1000x1500                 | 2      |                         | -     |

**Приклад 4.2.** Виконати планування ТО, робочих місць і засобів міжопераційного транспортування змінно-потокової лінії обробки корпусних деталей.

Початкові дані і результати розрахунків кількості верстатів узяти з прикладу 2.2 (табл. 2.2).

### Рішення

Підготуємо початкову інформацію для планування змінно-потокової лінії у вигляді табл. 4.2 і доповнимо відсутню інформацію – встановимо габаритні розміри і плани-темплети верстатів по довідковій літературі і дод. А.

Орієнтовно підрахуємо довжину ділянки; якщо верстати розташувати в одну лінію (див. табл. 4.2), то одержимо:

$$800+2305+2305+3350+4220+3205+5090+3630+2050+2200+1505+1590+1980+1980+2400+1800+2400+3500 = 57,6 \text{ м.}$$

Як бачимо, довжина лінії знаходиться в межах 48-72 м. Тому розстановку ТО і міжопераційного транспорту здійснюватимемо по схемі однорядної змінно-потокової лінії (рис. 4.4).

Вибираємо сітку колон - 24x12.

На міліметрівці в масштабі 1:100 (або 1:200, або 1:50) наносимо сітку колон - один проліт типової секції виробничої будівлі, вказавши номери колон і відстань між ними - крок колон і ширину прольоту.

Планування (розстановку) ТО лінії обробки корпусних деталей проводимо за принципом організації ПОТОКУ – по ходу технологічного процесу (див. табл. 4.2), з урахуванням встановлених норм відстаней між верстатами, рекомендацій по розташуванню верстатів і робочих місць, а також міжопераційного транспорту, що використовується.

У даному прикладі скористаємося одним з варіантів автоматичної транспортно-складської системи типа ОРГ. Це напілїна система дистанційного керування з адресацією вантажів по операціях технологічного процесу. Вона складається з механізованого складу комплектації заготовок і технологічного оснащення 1 (рис. 4.6). Склад розташований в лівій частині прольоту. В складі є контрольно-диспетчерський пункт 2, кран-штабелер 3, стелажі 4 і роликовий конвейер з поворотним столом.

Таблиця 4.2 – Специфікація ТО, робочих місць і засобів міжопераційного транспортування змінно-потоккової лінії обробки корпусних деталей

| № опер. | № п/п | Найменування операції                           | Модель    | Габарити (довжина x ширина) | S <sub>пр</sub> | Зони обсл. | Rv | Прим.   |
|---------|-------|-------------------------------------------------|-----------|-----------------------------|-----------------|------------|----|---------|
|         | АС    | Автоматична транспортно-складська система       | ОРГ       |                             |                 |            |    |         |
| 010     | 1     | Вертикально-фрезерний                           | 6P12      | 2305x1950                   | 2               |            |    | [5]     |
| 015     | 2     | Вертикально-фрезерний                           | 6P12      | 1305x1950                   | 1               |            |    |         |
|         | 3     | Вертикально-свердильний з ЧПУ з револ. головкою | 2P135Ф2-1 | 3500x2450                   | 1               |            |    | [7] [6] |
|         | 4     | Токарно-револьверний                            | 3П365     | 3320x1530                   | 1               |            |    | [5]     |
|         | 5     | Плоскошл-ний з прямокутним столом               | 3Д732     | 4090x2200                   | 1               |            |    | [5]     |
|         | 6     | Плоскошл-ний                                    | 3Е711В    | 2730x1800                   | 1               |            |    | [4]     |
|         | 7     | Токарно-копіювальний багаторізцевий н/а         | 1Н713     | 2435x1250                   | 1               |            |    | [5]     |
|         | 8     | Горизонтальний алмазно-розточувальний н/а       | 2706В     | 1950x1300                   | 1               |            |    | [5] [4] |
|         | 9     | Вертикально-свердильний                         | 2Н125     | 1130x805                    | 1               |            |    | [5]     |
|         | 10    | Вертикально-свердильний                         | 2Н150     | 1355x890                    | 1               |            |    | [5]     |
|         | 11    | Вертикально-хонінгувальний                      | 3Г833     | 1205x1180                   | 1               |            |    | [5]     |
|         | 12    | Вертикально-хонінгувальний                      | 3Г833     | 1205x1180                   | 1               |            |    |         |
|         | 13    | Мийна машина                                    | ММ        | 1500x2000                   | 1               |            |    |         |
|         | 14    | Верстак                                         | В         | 1000x1500                   | 1               |            |    |         |
|         | 15    | Стіл контролера                                 | СБК       | 1500x1000                   | 1               |            |    |         |
|         | 16    | Вертикально-фрезерний                           | 6P12      | 230x1950                    | 1               |            |    |         |

Прийомо-довідкові станції розташовані біля кожного робочого місця уздовж рейкового шляху, по якому переміщається каретка-оператор 6, здійснююча всі транспортні операції між двома сусідніми ділянками. Каретка управляється з пульта диспетчера 2 або з пульта самої каретки. Вантаження і вивантаження тари із заготівками здійснюються автоматично.

Змінно-поточкова лінія обробки корпусних деталей має довжину  $a$  і ширину  $b$

Виробнича площа лінії  $F = a \cdot b =$

Питома площа –  $\gamma = \frac{F}{S} =$

## ЗАДАЧІ

Задача 4.1. Виконати планування технологічного устаткування, робочих місць і засобів міжопераційного транспорту лінії (ділянки) обробки (найменування деталі) за початковими даними згідно вашому варіанту (див. табл. А.1).

Задача 4.2. Виконати те ж за початковими даними табл. А.1.

Задача 4.3. Виконати те ж за початковими даними табл. А.1.

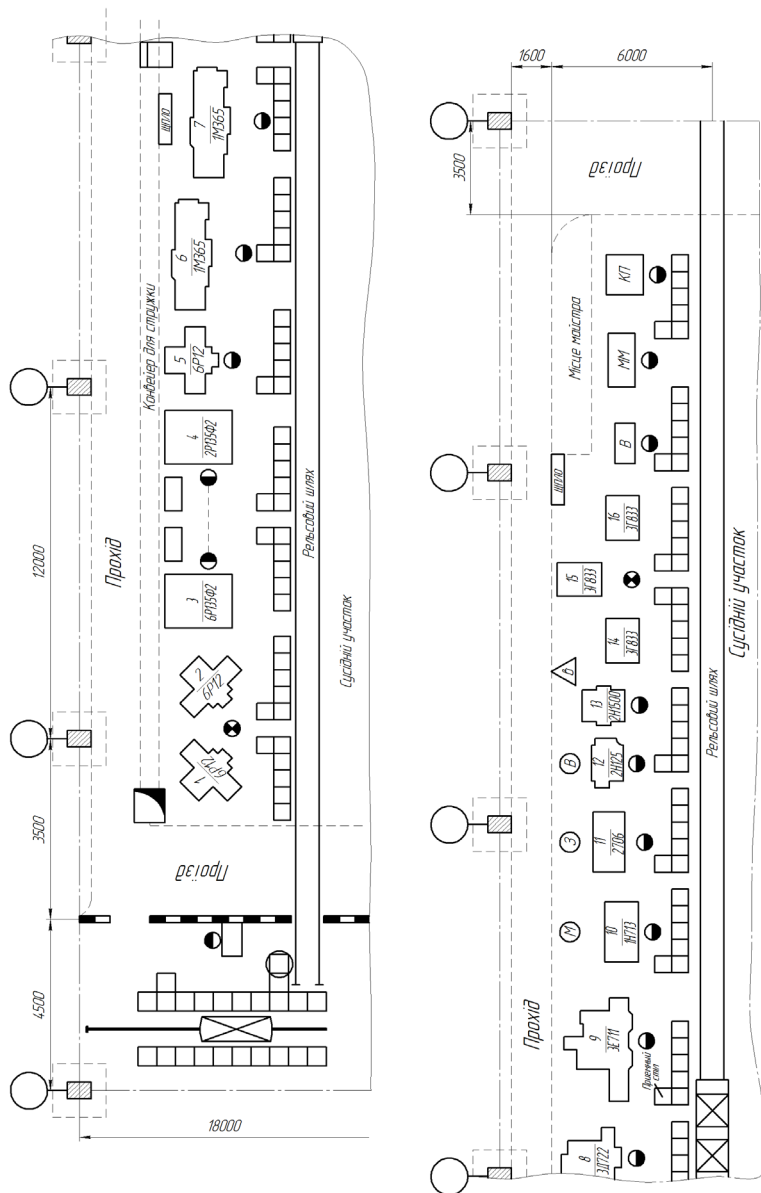


Рисунок 4.6 – Планування устаткування змінно-потокової лінії обробки корпусних деталей

## **5 ТЕМА 4. ПРОЕКТУВАННЯ СКЛАДАЛЬНИХ ДІЛЯНОК І ЦЕХІВ ВУЗЛОВОЇ І ЗАГАЛЬНОЇ ЗБІРКИ**

### **Основні поняття і визначення**

Збірка є завершальним і важливим етапом виготовлення машин і механізмів, оскільки саме після складальних операцій виріб придбаває функціональні якості.

У організаційному відношенні збірку частіше за все виділяють в окремий складальний цех зі всіма властивими цеху допоміжними службами або виконують на складальних ділянках, що входять до складу механоскладального цеху.

До складу складальних цехів входять виробничі відділення або ділянки, допоміжні служби і службово-побутові приміщення.

Спроекувати складальну ділянку або цех - це значить розрахувати його основні техніко-економічні показники: 1) необхідна кількість робочих місць (або стендів); 2) чисельність основних виробничих робітників-складальників; 3) виробничу площу.

Проектування складальних ділянок і цехів проводиться на підставі заздалегідь розробленого технологічного процесу збірки, вибраної організаційної форми, вигляду, методу збірки.

Розрізняють два види збірки - вузлову і загальну. Об'єктом вузлової збірки є окремі складальні одиниці - підвузли, вузли, агрегати. Об'єктом загальної збірки є вироби - машини, механізми, агрегати, що відправляються споживачу.

Існують дві основні організаційні форми збірки - ПОТОКОВА і НЕПОТОКОВА. Залежно від переміщення збираного виробу збірка підрозділяється на СТАЦІОНАРНУ (нерухому) і РУХОМУ.

Вибір організаційної форми збірки проводиться за заданою програмою випуску виробу: при одиничному виробництві звичайно застосовують непотокову (стаціонарну) збірку, при серійному і масовому - поточкову.

Непотокова збірка характеризується виконанням складальних операцій на постійному робітнику місці, до якого подаються деталі і вузли (підвузли) збираної машини. При такій організації складальних робіт потрібна висока кваліфікація складальників, а цикл збірки відрізняється великою тривалістю.

Потокова збірка буває як рухомою (на рухомих стендах - конвеєрах), так і нерухомою.

Потокова нерухома (стендова) збірка характерна для серійного і дрібносерійного виробництва при значній тривалості окремих операцій, особливо в процесі збірки виробів великої маси. В цьому випадку кожний робітник (або бригада робітників) виконує певну операцію переходу від одного складального стенду і іншому.

ПОТОКОВА рухома (КОНВЕЙЄРНА) збірка здійснюється: шляхом переміщення збираного виробу на безперервно рухомому конвеєрі; на конвеєрі з періодичним переміщенням; шляхом послідовної передачі збираних об'єктів по операціях за допомогою механічних пристроїв; з передачею об'єктів збірки уручну - по роликовому конвеєру; на візках, по лотку. Рухома потокова збірка застосовується в серійному, великосерійному і масовому виробництві.

При поточковій збірці процес повинен бути розчленований на операції так, щоб операційний час кожної операції був рівний (близько) або кратний такту збірки.

$$\text{Такт збірки} - \tau = \frac{F_g m 60}{N} K_p$$

де  $F_g = 2070$  ч – дійсна річна фундація часу складального стенду;

$m = 2$  – кількість робочих змін;

$N$  – річна програма випуску;

$K_p = 0,96-0,98$  – коефіцієнт, що враховує втрати часу через ремонт стенду.

Вузлова збірка виконується, як правило, стаціонарно; загальна збірка, якщо дозволяє маса виробу і програми випуску, проводиться на конвеєрі; у важкому машинобудуванні всі види збірки проводяться стаціонарно.

Трудомісткість складальних робіт визначається нормою штучного або штучно-калькуляційного часу.

У складальних роботах в більшості випадків відсутнє чітке розділення основного і допоміжного часу. Тому формула штучного часу декілька відрізняється від загальноприйнятої:

$$t_{um} = t'_{on} + t_y + t_{обс} + t_{омд} = t_{on} \left( 1 + \frac{\alpha_{обс} + \alpha_{омд}}{100} \right) \cdot K, \quad (5.1)$$

де  $t_{on}$  – оперативний час, хв;

$t'_{on}$  – неповний оперативний час для виконання комплексу прийомів робіт з урахуванням конкретних умов і об'єму роботи;

$t_y$  – допоміжний час на установку і зняття деталі (вузла);

$t_{обс}$  – час на організаційно-технічне обслуговування робочого місця;

$t_{отд}$  – час на відпочинок і особисті потреби;

$\alpha_{обс}, \alpha_{отд}$  – відсоток від оперативного часу на організаційно-технічне обслуговування і відпочинок;

$K$  – поправочний коефіцієнт на оперативний час, що враховує кількість прийомів, виконуваних робітниками.

При збірці виробів партіями визначається штучно-калькуляційний час:

$$t_{шт-к} = t_{шт} + \frac{t_{n-3}}{n}, \quad (5.2)$$

де  $t_{n-3}$  – підготовчо-завершальний час на партію вузлів агрегатів або виробів.

Трудомісткість загальної збірки (складки виробу):

$$T_{шт} = \sum_{i=1}^k t_{шти} , \quad (5.3)$$

де  $k$  – кількість операцій.

### Проектування складальних ділянок

При стаціонарній збірці основним видом технологічного устаткування є складальні стенди - при збірці крупних виробів – або складальні пристосування, встановлювані на верстаках, - при збірці невеликих складальних одиниць.

При рухомій збірці основним технологічним устаткуванням є різні конвеєри: напільні вертикально – і горизонтально-замкнуті, підвісні, карусельні.

Кількість стендів  $S_{cm}$  і робітників-складальників  $R_{cб}$  при нерухомій (стендової) збірці визначається по формулах:

$$S_{cтац} = \frac{T_{cтац}}{Fg \cdot m \cdot k_p \cdot k_z \cdot r} = \frac{T_{ум} \cdot N}{Fg \cdot m \cdot k_p \cdot k_z \cdot r}. \quad (5.4)$$

$$R_{cб} = S_{cтац} \cdot r \cdot m, \quad (5.5)$$

де  $T_{cтац} = T_{ум} \cdot N$  – річна трудомісткість складальних робіт, виконуваних стаціонарно (на нерухомих стендах);

$k_z = 0,76-0,85$  – коефіцієнт завантаження складальних стендів;

$r$  - щільність робочих місць, тобто – кількість робочих місць за одним стендом (або число одночасно працюючих на стенді робітників).

Чисельність робітників-складальників можна також розрахувати по формулі:

$$R_{cб} = \frac{T_{cтац}}{F_{dp}}, \quad (5.6)$$

де  $F_{dp} = 1840$  ч – дійсна річна фундація часу робітника-складальника.

При потоковій рухомій (конвейерної) збірці кількість робочих місць (рухомих стендів):

$$S_{подс} = \frac{T_{ум}}{\tau \cdot r} = \frac{\sum_{i=1}^k t_{умi}}{\tau \cdot r}, \quad (5.7)$$

де  $\bar{r}$  – середня густина робочих місць.

Довжина одного робочого місця  $l$ , або крок конвеєра, рівна відстані між осями сусідніх збираних виробів; якщо  $l_u$ , - довжина збираного виробу, а  $l_m$  – технологічна відстань між збираними виробами, що забезпечує зручність роботи, можливість розміщення технологічного оснащення і  $l_m$ , що приймається = 0,3-1,5 м – залежно від габаритних розмірів виробу, то  $l = l_u + l_m$ . Загальна довжина конвеєра:

$$L = l \cdot S_{\text{подв.}} \quad (5.8)$$

Швидкість безперервно рухомих складальних конвеєрів залежить від кроку і такту збірки. Швидкість складального конвеєра 0,5-5 м/мін, що рекомендується. Чисельність робітників при конвеєрній збірці

$$R_{cb} = \frac{T_{um}}{\tau} m \cdot k, \quad (5.9)$$

де  $k = 1,02-1,05$  – коефіцієнт резервних робітників на конвеєрі.

Площу складальної ділянки визначають по детальному плануванню  $F_{yc} = a \cdot b$ , де  $a$  – довжина ділянки,  $b$  – ширина ділянки по плануванню, або за питомою площею на одного складальника  $F_{yc} = \gamma_{cb} \cdot R_{cb}$ , тут  $\gamma_{cb} = 5 - 6 \text{ м}^2$  – питома площа на одного складальника.

Основні техніко-економічні показники складального цеху  $S$ ,  $R$ ,  $F$  визначаються підсумовуванням відповідних показників виробничих ділянок.

### Приклад

Розрахувати необхідну кількість складальних стендів, чисельність робітників-складальників і виробничу площу, необхідні для виконання робіт по збірці масляного насоса (маса до 3 кг, габаритів 200x160x100) при наступних початкових даних: річна програма випуску  $N = 3000\ 000$  шт.; кількість операцій і їх трудомісткість приведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Операційна карта збірки масляного насоса

| № опер. | Зміст операції                                                     | Устаткування | Пристосування, інструмент і оснащення                                                           | $t_{um}$ , хв |
|---------|--------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1       | Установка штуцера в корпус масляної помпи                          | Верстак      | Пристосування для установки корпусу, ключ торцевий, пристосування для установки пружини клапана | 0,77          |
| 2       | Регулювання пропускного клапана і установка його в корпус насоса   | Верстак      | Облямовування, викрутка, накладний ключ, повітряний кран, місткість для солідолу                | 0,725         |
| 3       | Збірка корпусу з шестернями, кришкою в зборі і затягування гвинтів | Верстак      | Базова плита, облямовування, ручник, викрутка                                                   | 0,755         |

Рішення:

Розрахуємо такт збірки:

$$\tau = \frac{Fg \cdot m \cdot 60}{N} k_p = \frac{2070 \cdot 2 \cdot 60}{300000} \cdot 0,97 = 0,803 \approx 0,8 \text{ хв/шт.}$$

Виходячи з програми випуску і маси виробу, приймаємо організаційну форму збірки – потокова стаціонарна на верстаках зі встановленими пристосуваннями з передачею збираних вузлів між операціями (верстаками) поточним транспортом або по лотку.

Розрахуємо кількість робочих місць на кожній операції:

$$S_{стац1} = \frac{t_{umi}}{\tau \cdot r} = \frac{0,77}{0,8 \cdot 1} = 0,9625 \longrightarrow 1;$$

$$S_{стац2} = \frac{0,725}{0,8 \cdot 1} = 0,90625 \longrightarrow 1;$$

$$S_3 = \frac{0,755}{0,8 \cdot 1} = 0,94375 \longrightarrow 1.$$

Розрахуємо чисельність робочих, необхідних для збірки масляного насоса по операціях:

$$R_{cбi} = \frac{t_{umi}}{\tau \cdot r} m \cdot k = \frac{0,77}{0,8} \cdot 2 \cdot 1,02 = 1,96 \Rightarrow 2$$

аналогічно по решті операцій.

Всього  $R_{cб\Sigma} = 2 + 2 + 2 = 6$  чоловік.

Площа ділянки для збірки масляного насоса:

$$F_{yc} = \gamma_{cб} \frac{R_{cб}}{m} = 6 \cdot 3 = 18 \text{ м}^2$$

### Задача

Розрахувати необхідну кількість складальних стендів, чисельність робітників-складальників і виробничу площу, необхідні для виконання робіт по збірці (назва складальної одиниці).