

**Продуктивність та технічне
нормування робіт**

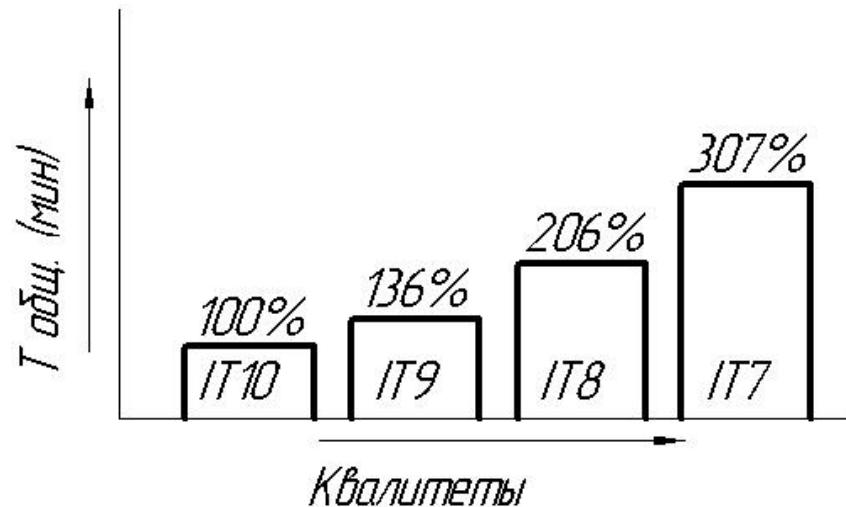
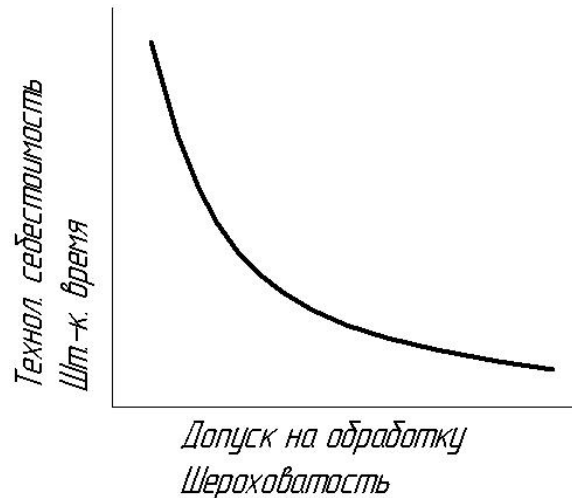
**Технологічні методи підвищення
продуктивності**

**Техніко-економічні показники
технологічних процесів**

ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ТЕХНІЧНЕ НОРМУВАННЯ РОБІТ

ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ТЕХНІЧНЕ НОРМУВАННЯ РОБІТ

- ▶ **Продуктивність механічної обробки** залежить від вимог точності та шорсткості та **визначається часом, витраченим на обробку**.
- ▶ Підвищення точності та шорсткості поверхонь в процесі обробки підвищує її трудомісткість і собівартість за гіперболічним законом.
- ▶ **Приклад:** Підвищення точності сталевих валиків при обробці на токарно-револьверних верстатах з 10 до 7 квалітету викликає підвищення трудомісткості їх виготовлення більше ніж в три рази.



ПРОДУКТИВНІСТЬ ОБРОБКИ І ТЕХНІЧНЕ НОРМУВАННЯ РОБІТ

- ▶ Продуктивність обробки - величина, що дорівнює часу, витраченому на виготовлення одиниці продукції, або на виконання операції, переходу (ця величина, зворотна трудомісткості).
- ▶ Норма часу - регламентований час на виконання конкретного обсягу робіт в певних виробничих умовах одним, або декількома робітниками відповідної кваліфікації.
- ▶ **Норма часу як правило встановлюється на виконання однієї технологічної операції.**

ТЕХНІЧНЕ НОРМУВАННЯ РОБІТ ШТУЧНО-КАЛЬКУЛЯЦІЙНИЙ ЧАС

- ▶ Норма часу як правило розраховується на одну технологічну операцію і служить для виконання економічних розрахунків і нормування праці робітників.
- ▶ Така норма часу називається нормою штучно-калькуляційного часу. Вона розраховується за формулою:

$$T_{ш-к} = T_{ш} + T_{п-з} / n,$$

де **$T_{ш}$** - штучний час на виконання технологічної операції;

$T_{п-з}$ - підготовчо-заклучний час на підготовку та виготовлення партії заготовок, що оброблюються;

n - кількість заготовок в партії.

ТЕХНІЧНЕ НОРМУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ

Нормування штучного часу на операцію

- При технічному нормуванні в *умовах серійного виробництва норма штучного часу $T_{шт}$* підраховується за формулою:

$$T_{шт} = T_0 + T_v + T_{обсл} + T_{отд},$$

де T_0 – основний технологічний час на виконання операції;

T_v ($T_{доп}$) – допоміжний час на операцію (встановлення і зняття деталі, підведення і відведення інструменту, включення верстата і подачі, зміна інструменту, контрольні вимірювання);

$T_{обсл}$ – час на *технічне та організаційне* обслуговування робочого місця, що включає догляд за робочим місцем протягом робочої зміни та організацію самої роботи;

$T_{отд}$ ($T_{відп}$) – час на особисті потреби робітника і відпочинок.

Складові штучного часу $T_{обсл}$ і $T_{відп}$ приймаються у відсотках від оперативного часу (суми $T_0 + T_v$) за відповідними загальномашинобудівними нормативами.

Також за нормативами вибираються і складові допоміжного часу $T_{доп}$

ТЕХНІЧНЕ НОРМУВАННЯ РОБІТ. ШТУЧНИЙ І ШТУЧНО-КАЛЬКУЛЯЦІЙНИЙ ЧАС

- ▶ При нормуванні виготовлення деталей в умовах масового виробництва підготовчо-заклучний час при визначенні норми штучного часу $T_{ш}$ не враховується:

$$T_{ш-к} = T_{ш} + T_{п-з} / n,$$

а в цьому випадку величина штучного часу ($T_{ш-к} = T_{ш}$) розраховується за формулою:

$$T_{ш} = T_o + T_v + \frac{a_{орг}}{100} (T_o + T_v) + \frac{a_{тех}}{100} T_o + \frac{a_{отд}}{100} (T_o + T_v)$$

де – $a_{орг}$, $a_{тех}$, $a_{отд}$ відсоток часу **на організаційне, технічне обслуговування робочого місця і відпочинок** відповідно (приймається за нормативами).

ШТУЧНИЙ ЧАС І ПРОДУКТИВНІСТЬ ПРАЦІ

- В одиничному і серійному виробництві норма часу визначається за формулою:

$$T_{ш} = (T_o + T_v) \left(1 + \frac{k}{100} \right)$$

де **k** - відсоток оперативного часу на обслуговування робочого місця (*технічне і організаційне*) і відпочинок робітника.

Продуктивність праці визначають нормою виготовлення (H_v), тобто кількістю продукції, що виготовлена за одиницю часу (зміну, годину).

Продуктивність (норма виготовлення продукції) за зміну ($T_{зм}$ – тривалість зміни, хв):

$$H_v = T_{см} / T_{ш}$$

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНОГО (МАШИННОГО) ЧАСУ

- При виконанні верстатних операцій основний час T_o визначається відношенням довжини шляху (L), пройденого різальним інструментом по поверхні деталі, що оброблюється, до хвилинної подачі верстата ($S_{хв}$):

$$T_o = \frac{L}{S_M} \cdot i,$$

де - $L = l + l_1 + l_2 + l_3$ довжина шляху, що пройдений інструментом в напрямку подачі (мм);

$S_{хв}$ – хвилинна подача (мм / хв);

i – кількість робочих ходів;

l – довжина оброблюваної поверхні (мм); l_1 – довжина врізання (мм);

l_2 – довжина перебігу інструменту (мм); l_3 – додаткова довжина для зняття пробної стружки (мм).

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНОГО ЧАСУ ПРИ ВИКОНАННІ РОБІТ для ТОКАРНИХ ОПЕРАЦІЙ

- ▶ При точінні, розточуванні, підрізанні торців, відрізанні довжину врізання l_1 визначають за формулою:

$$l_1 = \frac{t}{\operatorname{tg} \varphi} + (0,5 \dots 2),$$

де t - глибина різання; φ - головний кут різця в плані.

Довжину перебігу різця l_2 приймають рівною $0,5 \dots 2$ мм.

Додаткову довжину l_3 враховують лише в одиничному виробництві, коли використовується метод індивідуального отримання розмірів.

Величина l_3 залежить від вимірювального засобу, що використовується і приймається рівною $2 \dots 5$ мм.

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНОГО ЧАСУ НА СВЕРДЛИЛЬНИХ ОПЕРАЦІЯХ

Під **час свердління глухому і свердлінні напрохід**, а також при **центруванні** довжину врізання визначають за формулою

$$l_1 = \frac{d}{2} \operatorname{ctg} \varphi + (0,5 \dots 2),$$

а при **розсвердлюванні, зенкеруванні, розвертуванні напрохід** –

$$l_1 = \frac{D - d}{2} \operatorname{ctg} \varphi + (0,5 \dots 2),$$

де **d** – діаметр просвердленого отвору, **D** - діаметр розсвердлювання, зенкерування або розгортання. При **глухому зенкуванні і розгортанні**, а також **зенкеруванні фасок та цекуванні** значення **l_1** приймають рівним 0,5...2 мм.

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНОГО ЧАСУ НА ЗУБОРІЗНИХ ОПЕРАЦІЯХ

- При *нарізанні циліндричних зубчастих коліс модульної дисковою фрезою*

$$T_o = \frac{l + l_1 + l_2}{S_M} Z i$$

де $l_1 = \sqrt{h(D - h)} + (1...2)$, $l_2 = 2...4$ мм,
 $S_M = S_z Z_\phi n$; Z_ϕ – число зубів фрези; n – частота обертання фрези; h - висота зуба; D - діаметр фрези; Z - число зубів колеса, що нарізається.

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНОГО ЧАСУ НА ЗУБОРІЗНИХ ОПЕРАЦІЯХ

► При *нарізанні циліндричних зубчастих коліс черв'ячною модульної фрезой*

$$T_o = \frac{l + l_1 + l_2}{S_M q} Z,$$

де $l_1 = (1, 1 \dots 1, 2) \sqrt{h(D - h)}$, $l_2 = 2 \dots 3$ мм,
 q - число заходів черв'ячної фрези;
 Z - число зубів нарізаються коліс.

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНОГО ЧАСУ НА ЗУБОРІЗНИХ ОПЕРАЦІЯХ

► При нарізанні циліндричних зубчастих коліс довбачем

$$T = \frac{h}{S_p n} \frac{\pi m Z}{S_{кр} n} k_1$$

де k_1 –число проходів (обкатів);

n –число подвійних ходів довбача в хвилину;

S_p –радіальна подача на подвійний хід довбача;

$S_{кр}$ –кругова подача на подвійний хід довбача;

m - модуль колеса, що нарізується.

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНОГО ЧАСУ НА ЗУБОШЕВІНГУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЯХ

- При шевінгуванні циліндричних зубчастих коліс дисковим шевером

$$T_o = \frac{(l + 10)Z}{S_{np} Z_w n_w} \cdot \frac{h}{S_v},$$

де Z_w – число зубів шевера;

n_w – частота обертання шевера;

S_{np} – поздовжня подача на один оборот заготовки (мм);

S_v – вертикальна подача на один хід столу;

h – товщина знімаємого з зубів шару металу (мм).

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНОГО ЧАСУ НА РІЗЬБОНАРИЗНИХ ОПЕРАЦІЯХ

- При нарізанні різьби різцями на токарному верстаті

$$T_o = \frac{l + l_1 + l_2}{S \ n},$$

де $l_1 = l_2 = 1...3$ крок нарізаємої різьби в мм.

- При нарізуванні різьблення мітчиками в наскрізному отворі і зовнішньої різьби плашками

$$T_o = \frac{l + l_1 + l_2}{S \ n} + \frac{l + l_1 + l_2}{S \ n_1},$$

де $l_1 = 1...3$ крок нарізаємої різьби в мм, $l_2 = 2...3$ крок різьби, n і n_1 – частоти прямого і зворотного обертання.

- При нарізуванні різьблення мітчиками в глухому отворі

$$T_o = \frac{l + l_1}{S \ n} + \frac{l + l_1}{S \ n_1},$$

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНОГО ЧАСУ НА РІЗЬБОНАРІЗАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЯХ

При нарізуванні різьби різьбовою фрезою

$$T_o = \frac{1,2\pi D}{S_M},$$

де $S_M = S_Z Z_P n_\phi$, D – найбільший діаметр різьби;
 S_Z – подача на один зуб фрези.

При нарізуванні різьби різьбовий головкою

$$T_o = \frac{l + l_1 + l_2}{S n} i,$$

де $l_1 = 1 \dots 3$ крок нарізаємої різьби в мм, $l_2 = 0,5 \dots 2$ крок різьби, S – подача на оберт деталі.

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНОГО ЧАСУ НА РІЗЬБОНАРИЗАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЯХ

► *При вихровому нарізанні різьби:*

$$T_o = \frac{(l + l_1 + l_2) \pi D_d}{S S_o n_p Z_p},$$

де $l_1 = 1 \dots 3$ крок різьби в мм;

$l_2 = 0,5 \dots 2$ крок різьби;

S – крок різьби в мм;

S_o – кругова подача деталі в мм на один різець за один оборот різцевої головки;

Z_p - кількість різців;

n_p – частота обертання різцевої головки, об/хв.

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНОГО ЧАСУ НА ФРЕЗЕРНИХ ОПЕРАЦІЯХ

► При фрезеруванні площин циліндричної фрезею, пазів дисковою фрезею, уступів кінцевою фрезею, площин кінцевою фрезею ($\varphi=90^\circ$) основний час визначається по одній і тій же формулі:

$$T_o = \frac{l + l_1 + l_2}{S \cdot n} i,$$

$$l_1 = \sqrt{t(D - t)} + (0,5...3)$$

де

$l_2 = 2...5$ мм; S – подача на оборот фрези;

t – глибина фрезерування;

D – діаметр фрези.

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНОГО ЧАСУ НА ШПОНКОВО -ФРЕЗЕРНИХ ОПЕРАЦІЯХ

- ▶ При фрезеруванні шпонкової канавки шпонковою фрезою. Канавка закрита з двох сторін

$$T_o = \frac{h + (0,5...1)}{S_{MB}} + \frac{l - d}{S_{MG}},$$

де h – глибина шпонкового пазу; l – довжина пазу;
 d – діаметр фрези; S_{MB} – вертикальна хвилинна подача;
 S_{MG} – горизонтальна хвилинна подача.

- ▶ Якщо канавка відкрита з двох сторін або на її кінцях просвердлені отвори на повну її глибину, то:

$$T_o = \frac{l + l_1 + l_2}{S_M},$$

де $l_1 = 0,5 d + (0,5...1)$; $l_2 = 1...2$ мм.

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНОГО ЧАСУ НА КРУГЛОШЛІФУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЯХ

- При зовнішньому і внутрішньому круглому шліфуванні методом поздовжньої подачі T_o визначається за формулою

$$T_o = \frac{L}{S_d B_k n_d} \frac{h}{t} K,$$

де $L = l - (0,2 \dots 0,4) B_k$ при шліфуванні напрохід і $L = l - (0,4 \dots 0,6) B_k$ в мм при шліфуванні в упор; h – знімається припуск в мм; S_d – поздовжня подача деталі в мм/хв; B_k – ширина кола в мм; n_d – частота обертання деталі в об/хв; t – глибина різання або поперечна подача кола за один оборот деталі; K – поправковий коефіцієнт, що залежить від виду шліфування.

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНОГО ЧАСУ НА КРУГЛОШЛІФУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЯХ

- ▶ При зовнішньому круглому шліфуванні в центрах методом врізання

$$T_o = \frac{h}{t n_d} K$$

- ▶ При зовнішньому круглому Безцентрово шліфуванні напрохід

$$T_o = \frac{l \cdot m + B_{\kappa}}{S_m m} i K,$$

де m – число деталей, що шліфуються безперервним потоком,

$S_M = \pi D_{BK} n_{BK} \sin \alpha$,мм/хв – поздовжня подача деталі;
 D_{BK} – діаметр ведучого кола; n_{BK} – частота обертання ведучого кола; α –кут його нахилу; i – число робочих ходів деталі.

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНОГО ЧАСУ НА ПЛОСКОШЛІФУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЯХ

- При плоскому шліфуванні периферією круга на верстатах з прямокутним столом

$$T_o = \frac{l + l_1 + l_2}{V_{ст} 1000} \frac{B_d B_k + 5}{S_d B_k} \frac{h}{t} \frac{1}{m} K,$$

де $l_1 + l_2 = 10 \dots 15$ мм; m – число деталей, що обробляються одночасно; $V_{см}$ – швидкість поздовжнього переміщення деталей (стола);

B_d – ширина поверхні магнітної плити, зайнятої деталями, в мм, при $B_k > B_d$ приймають:
 $(B_d + B_k + 5) / (S_d B_k) = 1.$

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНОГО ЧАСУ НА ХОНІНГУВАЛЬНИЙ ОПЕРАЦІЯХ

► При **хонінгуванні отворів** основний час визначається за формулою

$$T_o = \frac{h}{t n_x}$$

де $n_x = V_n \cdot 1000 / 2 (l + 2l_n + l_{op})$; l – довжина отвору, мм, $l_n = 25$ мм – додаткова довжина, яка характеризує граничні положення брусків; l_{op} – довжина хонінгувальних брусків; t - радіальна подача на подвійний хід інструмента, в мм.

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНОГО ЧАСУ НА ПРОТЯЖНИХ ОПЕРАЦІЯХ

► При протягуванні отворів гладких і шліцьових

$$T_o = \frac{l + (5...10)}{V \cdot 1000},$$

де $l = l_{p.pr} + l_z$; $l_{p.pr}$ – довжина робочої частини протягання, в мм; l_z – довжина отвору, що простягається (заготовки) в мм; V – швидкість протягування в м / хв.

► Наведені нижче формули для визначення основного (машинного) часу, поправочні коефіцієнти і рекомендації по їх використанню при проведенні розрахунків можна знайти в довідниках. Там же можна знайти формули для інших способів обробки деталей, які тут не наводяться

ФОРМУЛИ ДЛЯ НАБЛИЖЕНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНОГО ЧАСУ

Отримані значення слід помножити на 10^{-3} , результат - в хвилинах

- ▶ Чорнова обточування за один робочий хід - $0,17 \, dl$
- ▶ Облицювання по 11 квалітету - $0,1dl$
- ▶ Облицювання по 9 квалітету - $0,17dl$
- ▶ Чорнова підрізка торця $Ra = 6,3 \, \text{мкм}$ - $0,037(D^2 - d^2)$
- ▶ Чистова підрізка торця - $0,052(D^2 - d^2)$
- ▶ Відрізка - $0,19 \, D^2$
- ▶ Чорнове і чистове обточування фасонним різцем - $0,63(D^2 - d^2)$
- ▶ Шліфування грубе по 11 квалітету - $0,07dl$
- ▶ Шліфування чистове по 9 квалітету - $0,1dl$
- ▶ Шліфування чистове по 6 квалітету - $0,15dl$
- ▶ Розточування отворів на токарному верстаті - $0,18dl$

Тут d - діаметр, l - довжина оброблюваної поверхні, D - діаметр оброблюваного торця, $D - d$ - різницю найбільшого і найменшого діаметрів оброблюваного торця (мм)

ФОРМУЛИ ДЛЯ НАБЛИЖЕНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНОГО ЧАСУ

*Отримані значення слід помножити на 10^{-3} ,
результат отримується - в хвилинах*

- Свердління отворів - $0,52dl$
- Розсвердлювання $d = 20 \dots 60$ - $0,31dl$
- Зенкування - $0,21dl$
- Розгортання чорнове - $0,43dl$
- Розгортання чистове - $0,86dl$
- Внутрішнє шліфування отворів 9 квалітету - $1,5dl$
- Внутрішнє шліфування отворів 7 квалітету - $1,8dl$
- Чорнове розточування отворів, $Ra = 12,5$ - $0,2dl$
- Чорнове розточування під розгортку - $0,3dl$
- Розгортання плаваючою розгорткою по 9 квалітету - $0,27dl$
- Розгортання плаваючою розгорткою по 7 квалітету - $0,52dl$

де d - діаметр, l - довжина оброблюваної поверхні (мм)

ФОРМУЛИ ДЛЯ НАБЛИЖЕНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНОГО ЧАСУ

*Отримані значення слід помножити на 10^{-3} ,
результат - в хвилинах*

▶ Фрезерування зубів черв'ячної фрезою ($D = 80 \dots 300$) - $2,2Db$

▶ Обробка зубів черв'ячних коліс ($D = 100 \dots 400$) - $60,3D$

де D - діаметр зубчастого колеса, мм; b - довжина зуба, мм

➤ Фрезерування шліцьових валів методом обкатки - $9lz$

➤ Шліфування шліців - $4,6lz$

де l - довжина шліцьового вала, мм; z - число шліців

▶ Нарізування різьби на валу ($d = 32 \dots 120$) - $19dl$

▶ Нарізування метчиком різьблення в отворах ($d = 10 \dots 24$)
(тут d - діаметр різьби, мм, l - довжина різьблення, мм) - $0,4dl$

ФОРМУЛИ ДЛЯ НАБЛИЖЕНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНОГО ЧАСУ

Отримані значення слід помножити на 10^{-3} , результат - в хвилинах

- Протягування отворів і пазів шпон (l - довжина протягання, мм) - $0,4l$
- Стругання чорнове на поздовжньо-стругальних верстатах - $0,065Bl$
- Стругання чистове під шліфування або шабреніє - $0,034Bl$
- Фрезерування чорнове торцевою фрезою за один робочий хід - $6l$
- Фрезерування чистове - $4l$
- Фрезерування чорнове циліндричної фрезою - $7l$
- Шліфування площин торцем круга - $2,5l$

Тут B - ширина оброблюваної поверхні, мм; l - її довжина, мм

ВИЗНАЧЕННЯ ШТУЧНОГО І ШТУЧНО-КАЛЬКУЛЯЦІЙНОГО ЧАСУ

- ▶ Для визначення норми штучного (штучно-калькуляційного) часу $T_{шт-к}$ слід до величини T_o додавати інші складові норми часу – $T_{доп}$, $T_{обсл}$, $T_{відп}$, $T_{п-з}$. Вибір їх величин ведеться за нормативами.

Величину штучно-калькуляційного часу $T_{шт-к}$ для одиничного, малосерійного та великосерійного виробництв можна визначити наближено за формулою:

$$T_{шт-к} = k T_o ,$$

де величина коефіцієнта **k** вибирається з таблиць нормативів.

Значення коефіцієнта k в формулі

$$T_{шт-к} = k T_o$$

Види металорізальних верстатів	Тип виробництва	
	Одиничне, серійне	Велико-серійне
Токарні	2,14	1,36
Токарно-револьверні	1,98	1,35
Токарні багаторізцеві	-	1,50
Вертикально-свердлильні	1,72	1,30
Ковальсько-пресове обладнання	1,75	1,41
Розточувальні	3,25	-
Круглошліфувальні	2,10	1,55
Стругальні	1,73	-
Фрезерні	1,84	1,51
Зуборізні	1,66	1,27

Технологічні основи підвищення продуктивності

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЗБІЛЬШЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ

- ▶ **Продуктивність обробки** - це величина, зворотна **трудомісткості** (що дорівнює часу, витраченому на виготовлення одиниці продукції, виконання операції або переходу).
- ▶ **Продуктивність найчастіше визначають нормою вироблення**, тобто кількістю продукції, виготовленої в одиницю часу (хвилину, годину).

$$H_v = T_{cm} / T_{ш} \quad T_{ш} = T_0 + T_v + T_{обсл} + T_{отд},$$

$$H_v = 60 / T_{ш} \quad T_{ш-к} = T_{ш} + T_{n-з} / n,$$

ЗБІЛЬШЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СКОРОЧЕННЯМ ПІДГОТОВЧО-ЗАКЛЮЧНОГО ЧАСУ

$$T_{ш-к} = T_{ш} + T_{п-з} / n,$$

- **Підготовчо-заключний час** складається з часу отримання і ознайомлення робітника з роботою (кресленням); часу на отримання та установку на верстаті ріжучого інструменту і пристосування; часу на налаштування розмірних і кінематичних ланцюгів.
- Час на установку ріжучого інструменту скорочується за рахунок швидкозмінних пристроїв, що служать для заміни свердел, розгорток, блоків із заздалегідь встановленими ріжучими інструментами.
- Скорочення часу статичної настройки розмірних ланцюгів технологічної системи досягається за рахунок використання вбудованих індикаторів, лінійок, габаритів і т.д

ЗБІЛЬШЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СКОРОЧЕННЯМ ПІДГОТОВЧО-ЗАКЛЮЧНОГО ЧАСУ

- ▶ Радикальним засобом скорочення $T_{П-З}$ служать верстати з ЧПУ, а також системи автоматичного налагодження верстатів на точність при переході з обробки однієї деталі до іншої.
- ▶ Одним із шляхів скорочення $T_{П-З}$, що припадає на одиницю виробу, є збільшення кількості виробів в партії, що обробляється при одній наладці. Це збільшення досягається збільшенням однакових виробів в партії (масове виробництво) або збільшенням числа деталей за рахунок обробки різних деталей, близьких за технологією і конструкцією, тобто **за рахунок групової обробки деталей**.
- ▶ При **груповій обробці деталей** розробляють технологічний процес на типову або «комплексну» деталь та необхідне для всіх деталей групи технологічне оснащення. При переході від обробки однієї деталі до іншої переналагодження верстата зводиться до заміни тільки змінних наладок пристрою без заміни самих засобів технологічного оснащення.

ЗБІЛЬШЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СКОРОЧЕННЯМ ШТУЧНОГО ЧАСУ

- ▶ $T_{\text{ш}}$ може бути скорочено шляхом зменшення його складових T_o , T_v , $T_{\text{обсл}}$ або поєднанням переходів технологічного процесу в часі.
- ▶ Найбільшу частку серед інших доданків складають T_o і T_v . З аналізу формули:

$$T_o = \frac{(L_d + l_1 + l_2)i}{ns}$$

де n – частота обертання, s – подача, i – число робочих ходів, **впливає, що:**

ЗБІЛЬШЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СКОРОЧЕННЯМ ОСНОВНОГО ЧАСУ

- ▶ Зменшення T_0 можна досягти в результаті скорочення шляху відносного руху інструмента і деталі з робочою подачею

$$(L_0 + l_1 + l_2)$$

- ▶ Скорочення шляху руху інструменту можна досягти за рахунок зменшення l_1 і l_2 (правильної налаштуванням інструмента, правильної його установкою, правильним вибором інструменту, обробкою декількох послідовно встановлених деталей)

ЗБІЛЬШЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СКОРОЧЕННЯМ ОСНОВНОГО ЧАСУ

Найбільше скорочення шляху руху інструменту досягається **при обробці поверхні одночасно декількома інструментами**.
В цьому випадку

$$T_M = \frac{(L + l_1 + l_2)i}{m \cdot ns}$$

де m - кількість різців.

Скорочення основного часу досягається скороченням числа робочих ходів i , **збільшенням** режимів обробки (n і S), а також **поєднанням переходів**.

Скорочення числа робочих ходів i досягається зменшенням припусків.

Встановлення режимів обробки обмежується вимогами досяжних точності і якості поверхні.

ЗБІЛЬШЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СКОРОЧЕННЯМ ДОПОМІЖНОГО ЧАСУ

- ▶ **Допоміжний час** часто перевищує машинний. Скоротити його можна двома шляхами:
безпосереднім скороченням часу допоміжних прийомів і суміщенням допоміжного часу з основним.
- ▶ Безпосереднє скорочення здійснюється:
 - **зменшенням часу на заміну деталей** (скорочення часу закріплення, автоматизація зміни деталей);
 - **зменшенням часу на управління обладнанням** та устаткуванням за рахунок механізації і автоматизації;
 - **зменшенням часу на контроль** за рахунок механізації і автоматизації контролю;
 - **комплексное автоматизацією** технологічного процесу.

ЗБІЛЬШЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СУМІЩЕННЯМ ПЕРЕХОДІВ

- ▶ Обробку декількох поверхонь деталі можна виконати **послідовно, одночасно або комбіновано**. При послідовній обробці T_o дорівнюватиме сумі T_{oi} на обробку кожної поверхні.
- ▶ При **одночасній обробці** всіх поверхонь деталі T_o дорівнюватиме часу, витраченому на виконання найбільш тривалого переходу.
- ▶ У тих випадках, коли через конструктивних особливостей деталі виключається можливість одночасної обробки всіх поверхонь використовують **комбіновану обробку**. Поверхні ділять на ряд груп. Поверхні кожної з груп обробляють послідовно.
- ▶ Поєднувати можна не тільки переходи, що утворюють основний час, але і переходи, що становлять допоміжний час і час обслуговування. Якщо все переходи поєднуються з основним технологічним переходом, то $T_{ш} = T_o$

Найчастіше поєднання часу на виконання переходів виходить неповним.

ЗБІЛЬШЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СПІЛЬНОЮ ОБРОБКОЮ ДЕТАЛЕЙ

При збільшенні числа деталей вдаються до їх спільного обробітку. При цьому деталі можна встановлювати і обробляти послідовно, паралельно, комбіновано.

-При **послідовній** обробці T_o дорівнює сумі основного часу, пов'язаного з обробкою поверхні і основного часу, пов'язаного з довжиною відносного переміщення інструмента і деталі без обробки. Тут для скорочення необхідно по можливості скорочувати відстань між послідовно встановленими деталями (деталі треба розташовувати впритул), а якщо такої можливості немає, то необхідно відстань між деталями проходити з прискореної подачею.

-При обробці **паралельно** встановлених деталей основний час зменшується в **k** раз

$$T_o = \frac{(l_1 + L + l_2)i}{ns \cdot k}$$

де **k** – число паралельно встановлюваних деталей.

ЗБІЛЬШЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СПІЛЬНОЮ ОБРОБКОЮ ДЕТАЛЕЙ

- При комбінованій установці деталей, тобто **послідовно-паралельно**, також скорочується основний час

$$T_o = \left[\frac{\sum_{i=1}^m (l_{1i} + L_i + l_{2i})}{n \cdot s \cdot k} + \frac{\sum_{i=1}^{m-1} L_{xi}}{n \cdot s \cdot k} \right] i$$

де L_x - відстань між деталями в напрямку руху подачі.

- Якщо **деталі встановлені впритул**

$$T_o = \frac{(l_1 + \sum L_i + l_m) i}{n \cdot s \cdot k}$$

ЗБІЛЬШЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ОДНОЧАСНИМ ВИКОРИСТАННЯМ СУМІЩЕННЯ ПЕРЕХОДІВ І СПІЛЬНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ

- ▶ Для цього **створюється високопродуктивне обладнання** - багатошпиндельні автомати і напіваавтомати, агрегатні багатошпиндельні і багатопозиційні верстати, автоматичні і роторні лінії, автоматичні цехи і заводи.
- ▶ У цьому випадку **на напіваавтоматах обробляється паралельно кілька деталей**. Зміна деталей здійснюється під час обертання ротора при проходженні завантажувального місця.
- ▶ **На багатошпиндельних напіваавтоматах послідовної дії** за один оборот шпиндельного блоку напіваавтомата виробляється повна обробка однієї деталі. При цьому на кожній з робочих позицій, послідовно проходить обробку кожна з деталей. Одночасно здійснюється кілька, суміщених в часі, технологічних переходів.

ЗБІЛЬШЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ЗА РАХУНОК АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

► Потужним **засобом збільшення продуктивності** є автоматизація виробництва на основі створення автоматичних ліній.

► **Переваги автоматичних ліній:**

- Збільшення продуктивності;
- Вивільнення робочих;
- Зниження собівартості;
- Збільшення випуску з 1 м² площі (зменшення площі);
- Скорочення циклу виробництва.

► **Недоліки автоматичних ліній:**

- трудність перекладу лінії на виготовлення деталей по новому кресленням;
- низький коефіцієнт використання обладнання, обумовлений простоями всіх або частини верстатів внаслідок зупинки одного з них;
- Труднощі синхронізації операцій.

ЗБІЛЬШЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ЗА РАХУНОК СТВОРЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ ВИРОБНИЦТВ

- ▶ **Іншим** найбільш високоефективним **засобом збільшення продуктивності** є автоматизація виробництва на основі створення автоматичних цехів і заводів.
- ▶ На 1 ГПЗ функціонує автоматичний цех, який складається з 2 автоматичних ліній на 900000 шарикопідшипників і 6000000 роликотпідшипників. Автоматичний цех передбачає мийку кілець, кульок, сепараторів, контроль і підтримання стабільності температури в складальному приміщенні, вологість і чистоту повітря, контроль від 22 до 33 параметрів з точністю до 0,5 мкм.
- ▶ У 1951 р був створений в СРСР перший автоматичний завод з виробництва поршнів до автомобільних двигунів. На автоматичний завод надходять алюмінієві зливки з залізничної платформи. Із заводу виходять поршні, упаковані в папір, коробки і ящики. Все управління заводом проводиться з пульта управління.

ЗБІЛЬШЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ЗА РАХУНОК СТВОРЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ

- ▶ **В умовах серійного виробництва** створення автоматизованих технологічних комплексів можливо на основі гнучких виробничих систем (ГВС).
- ▶ **Гнучкі виробничі системи** - це сукупність або окрема одиниця технологічного обладнання та системи забезпечення його функціонування в автоматичному режимі, що володіє властивістю автоматизованої переналагодження при виробництві виробів довільної номенклатури в установлених межах значень їх характеристик (ГОСТ 26228-84).
- ▶ Гнучкі виробничі системи формуються у вигляді **гнучких виробничих модулів (ГПМ), гнучких автоматичних ліній (ГАЛ) і ділянок (ГАУ), а також у вигляді гнучких автоматичних цехів (ГАЦ) і заводів (ГАЗ).**

ЗБІЛЬШЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ЗА РАХУНОК СТВОРЕННЯ ГНУЧКИХ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ

- ▶ **Першою сходинкою** автоматизації гнучкою виробничої системи (ГВС) є **створення гнучких виробничих модулів (ГПМ) і гнучких виробничих комплексів (ЦПК).**
- ▶ Вищим ступенем автоматизації гнучких виробничих систем, є **створення гнучкого автоматизованого виробництва (ГАП).**
- ▶ Створення **гнучкого автоматизованого виробництва** не означає виробництва з безлюдній технологією. Однак головна особливість гнучкого автоматизованого виробництва - його висока гнучкість, яка дозволяє:
 - В умовах дрібносерійного і серійного виробництва в будь-який момент приступити до випуску нової продукції;
 - Здійснити обробку різних заготовок при різних розмірах партій, що чергуються в будь-якому порядку;
 - Замінювати відмовив верстат іншим, не затримуючи ходу технологічного процесу;
 - Порушувати пряmolінійність переміщення деталей (всередині технологічного комплексу).

Техніко-економічні показники технологічних процесів і їх собівартість

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

► Ефективність технологічних процесів

характеризується наступними показниками:

- Собівартістю виготовлення деталі;
- Нормою штучного або штучно-калькуляційного часу обробки деталі

$$T_{шт\Sigma} = \sum_{i=1}^n T_{шті}$$

$$T_{ш,к.\Sigma} = \sum_{i=1}^n T_{ш.к.і}$$

- Основним часом по всіх операціях деталі $T_{o\Sigma}$

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

- ▶ -Коефіцієнтом використання верстата по основним часу, що характеризує частку машинного часу в загальному часу роботи верстата $\eta_o = T_o / T_{ш}$ $\eta_o = T_o / T_{ш-к}$
- Коефіцієнтом завантаження устаткування (відношенням розрахункової кількості верстатів до прийнятого)
- Ступенем автоматизації виробництва (відношенням числа верстатів з автоматизацією установки і зняття деталей до загальної кількості верстатів). $\eta_z = m_p / m_{np}$
- ▶ Для повної оцінки техніко-економічної ефективності технологічного процесу користуються комплексом показників, в числі яких **собівартість** є основним і головним показником.

БУХГАЛТЕРСЬКИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ СОБІВАРТОСТІ

- Собівартість обробки партії заготовок часто визначають за формулою

$$C = A \cdot n + B$$

де **A** - поточні витрати, тобто витрати, що повторюються при виготовленні кожної деталі; **B** - одноразові витрати, тобто витрати, які виділяються один раз на всю партію **n** деталей.

- Собівартість обробки однієї заготовки

$$C_{заг} = A + B / n$$

СОБІВАРТІСТЬ ОБРОБКИ ОДНІЄЇ ЗАГОТОВКИ

У поточні витрати A входить вартість заготовки $C_{\text{заг}}$, витрати по заробітній платі C_z і всі цехові витрати, пов'язані з амортизацією і ремонтом обладнання, утриманням будівель, витратами на електроенергію, на ріжучий, вимірювальний і допоміжний інструмент, універсальні пристосування, заробітною платою (ІТП, управлінського і обслуговуючого персоналу, а також допоміжних робітників цеху),.

$$A = C_{\text{заг}} + C_z \left(1 + \frac{P}{100} \right)$$

БУХГАЛТЕРСЬКИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ СОБІВАРТОСТІ

У попередній формулі **Р** - сума всіх цехових витрат у відсотках від заробітної плати основних робітників (**відсоток накладних витрат**). Відсоток накладних витрат становить 150 ... 800%. У одноразові витрати **В** входять витрати на придбання спеціальних верстатів, пристосувань і інструментів, а також витрати на наладку верстатів.

ЕЛЕМЕНТНИЙ МЕТОД РОЗРАХУНКУ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СОБІВАРТОСТІ

- ▶ У загальному випадку повна технологічна собівартість відповідає цеховій собівартості і складається з таких елементів

$$C_m = C_z + C_{з.н} + C_{\varepsilon} + C_B + C_{реж} + C_M + C_a + C_p + C_n + C_{пл} + C_o + C_{исх.заг.}$$

де **C_з** - зарплата робітників з нарахуваннями; **C_{з.н.}** - зарплата наладчиків з нарахуваннями; **C_ε** - витрати на електроенергію; **C_в** - витрати на допоміжні матеріали (мастильно-обтиральні, мастильні рідини); **C_{реж}** - витрати на амортизацію, заточку і ремонт універсального і спеціального різального інструменту; **C_м** - витрати на амортизацію вимірювального інструмента; **C_а** - витрати на амортизацію обладнання;

ЕЛЕМЕНТНИЙ МЕТОД РОЗРАХУНКУ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СОБІВАРТОСТІ

- C_p - витрати на ремонт і модернізацію устаткування;
- C_n - витрати на ремонт і амортизацію пристроїв;
- $C_{пл}$ - витрати на амортизацію, ремонт, опалення, освітлення та прибирання приміщень;
- C_o - витрати на загальні цехові витрати (заробітна плата допоміжних робітників, ІТП, службовців з нарахуваннями; витрати по ремонту і амортизації загального допоміжного обладнання та інвентарю цеху; витрати з охорони праці та ін.);
- $C_{исх. заг}$ - вартість вихідної заготовки (вартість її виготовлення і матеріалу за вирахуванням стружки).

Такий метод розрахунку собівартості є основним при зіставленні варіантів технологічного процесу.

НАБЛИЖЕНИЙ МЕТОД РОЗРАХУНКУ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СОБІВАРТОСТІ

- ▶ Технологічну собівартість можна також визначити за формулою

$$C_m = C_{\text{станко-ч}} \cdot T_{\text{ш.-к.}}$$

де $C_{\text{станко-ч}}$ - вартість однієї верстато-години, визначається за таблицями нормативів як сума витрат по окремих елементах;

$T_{\text{ш.-к.}}$ - штучно-калькуляційний час (для масового виробництва - штучний) порівнюваних операцій.

ОКУПНІСТЬ І ТЕРМІНИ ОКУПНОСТІ ВИТРАТ НА ІНСТРУМЕНТ І ОСНАЩЕННЯ

- Будь-який виріб при його використанні тільки тоді **беззбитково** (економічно, рентабельно) при його експлуатації протягом певного проміжку часу T , якщо дотримується умова

$$C_u = C_p^{час} T$$

де C_u - вартість виробу, $C_p^{час}$ - вартість роботи (продукції), виробленої за допомогою цього виробу.

$$C_u = C_{пр} + Z_э + Z_y ,$$

ОКУПНІСТЬ І ТЕРМІНИ ОКУПНОСТІ ВИТРАТ НА ІНСТРУМЕНТ І ОСНАЩЕННЯ

де $C_{пр}$ – вартість придбання виробу,
 $З_{\varepsilon}$ - витрати на експлуатацію, $З_y$ – витрати на
утилізацію.

Витрати на експлуатацію протягом аналізованого
проміжку часу T можна представити у вигляді

$$З_{\varepsilon} = З_{\varepsilon}^{час} T$$

Тоді $C_{пр} + З_{\varepsilon}^{час} T + З_y = C_p^{час} T$

Прийmemo як T термін окупності виробу $T_{ок}$

ОКУПНІСТЬ І ТЕРМІНИ ОКУПНОСТІ ВИТРАТ НА ІНСТРУМЕНТ І ОСНАЩЕННЯ

Отже, $C_{пр} + Z_y = T_{ок} (C_p^{час} - Z_{э}^{час})$, і тоді

$$T_{ок} = \frac{C_{пр} + Z_y}{C_p^{час} - Z_{э}^{час}}$$

Значення $C_{пр}$; Z_y ; $Z_{э}^{час}$ постійні. Для сокорочення $T_{ок}$ потрібно збільшувати $C_p^{час}$

Якщо ж $C_p^{час} = Z_{э}^{час}$, то $T_{ок} = \infty$

ТЕРМІНИ ОКУПНОСТІ ВИТРАТ НА ІНСТРУМЕНТ

Застосовуємо до різця з напайною твердосплавною пластинкою $C_{\text{ток}}^{\text{час}} T n$

$$C_{\text{пр}} + Z_{\text{э}} + Z_y = \quad , \text{ де}$$

T - стійкість в годинах машинного часу, n – кількість переточувань за весь термін експлуатації.

$Z_{\text{э}} = C_{\text{пер}} n$. Отже економічно вигідна стійкість різця складе

$$T = \frac{C_{\text{пр}} + Z_y}{C_{\text{ток}}^{\text{час}} n} + \frac{C_{\text{пер}}}{C_{\text{ток}}^{\text{час}}}$$

ТЕРМІНИ ОКУПНОСТІ ВИТРАТ НА ІНСТРУМЕНТ

- ▶ Застосовуємо до фрезерного пристосування (поворотному столу)

$$C_{np} + Z_{\vartheta} + Z_y = C_{\varphi p}^{час} T_{ок}$$

$$Z_{\vartheta} = Z_{\vartheta}^{час} T_{ок}$$

Отже,
$$T_{ок} = \frac{C_{np} + Z_y}{C_{\varphi p}^{час} - Z_{\vartheta}^{час}}$$

ТЕРМІНИ ОКУПНОСТІ ВИТРАТ НА АВТОМОБІЛЯ ПРИ АВТОПЕРЕВЕЗЕННЯХ

Застосовуємо до автомобіля для автомобільних перевезень

$$C_n + 3_{\text{э}}^{\text{км}} T_{\text{ок}} + 3_y = C_{\text{пер}}^{\text{км}} T_{\text{ок}}$$

$$C_n + 3_y = C_{\text{пер}}^{\text{км}} T_{\text{ок}} - 3_{\text{э}}^{\text{км}} T_{\text{ок}}$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{C_n + 3_y}{C_{\text{пер}}^{\text{км}} - 3_{\text{э}}^{\text{км}}}$$

$$C_{\text{пер}}^{\text{км}} = 1600 / 10 = 160 \text{ руб} / \text{км}$$

$$3_{\text{э}}^{\text{км}} = 12 / 100 \times 2310 = 277,2 \text{ руб} / \text{км}$$