

МЕХАНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра вагонів

**ОСНОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА
ВІДНОВЛЕННЯ ВАГОНІВ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до практичних занять**

Частина 2

Харків – 2015

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри вагонів 15 грудня 2014 р., протокол № 5.

Рекомендовано для студентів денної та заочної форм навчання напряму 6.070105 „Рухомий склад залізниць”, а також слухачів НН ІППК спеціальності 7.07010502 „Вагони та вагонне господарство”.

У методичних вказівках до практичних занять коротко описані основні способи механічної обробки, які використовуються при відновленні вагонів їх вузлів та деталей у цехах (дільницях або відділеннях) вагоноремонтних підприємств, а також наведена методика розрахунку основного часу при відновленні за допомогою механічної обробки.

Укладач

старш. викл. В.Г. Равлюк

Рецензент

проф. І.Д. Борзилов

ОСНОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ВАГОНІВ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до практичних занять

Частина 2

Відповідальний за випуск Равлюк В.Г.

Редактор Еткало О.О.

Підписано до друку 24.02.15 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 2,5. Тираж 50. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту,

61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха, 7.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Вибір металорізального верстата і типу різального інструменту.....	5
2 Режими різання.....	9
2.1 Основні параметри різання.....	9
2.2 Точіння.....	10
2.3 Стругання.....	16
2.4 Свердління, розсвердлювання, зенкування, розгортання.....	19
2.5 Фрезерування.....	25
2.6 Шліфування.....	30
2.6.1 Кругле зовнішнє й внутрішнє шліфування.....	32
2.6.2 Плоске шліфування.....	34
2.7 Протягання.....	37
3 Нормування робіт при механічній обробці.....	40
Список літератури.....	44
Додаток А (обов'язковий).....	46
Додаток Б (обов'язковий).....	71

ВСТУП

При відновлюванні деталей вантажних і пасажирських вагонів одними з багатьох складових технологічного процесу є витрати, які пов'язані з механічною обробкою. Аналіз вагоноремонтних підприємств показав, що за минулі десятиліття обсяг механічної обробки при відновленні зношених деталей вагонів збільшився в 1,6 рази.

У процесі експлуатації на вагони діють різні фактори (зносоустійкість, утомна міцність, корозійна стійкість, контактна міцність тощо), що характеризують довговічність і надійність роботи вагонів у цілому. Вони у свою чергу залежать від вихідного стану матеріалу й параметрів якості поверхневого шару деталей вагонів (твердості, шорсткості, залишкових напружень), які задаються при проектуванні й формуються різними технологічними методами обробки.

Обробка деталей вагонів різанням на металорізальних верстатах дає досить високу продуктивність, відзначається винятковою точністю, універсальністю й гнучкістю. У цьому полягає її перевага перед іншими методами формоутворення, особливо в індивідуальному й дрібносерійному виробництві, що є характерною особливістю для вагоноремонтних підприємств залізничного транспорту [2, 6].

Розрахунок режимів різання і вибір раціонального способу відновлення деталей вагонів є ключовими ланками при розробленні технологічних процесів ремонту, від яких залежить якість виробу, трудові й грошові витрати на його відновлення. На режими різання впливає багато факторів, які варто враховувати при розрахунках. До них належать мікро- й макроструктура матеріалу заготовки, його фізико-механічні властивості; стан поверхні, яка обробляється; матеріал і геометричні параметри різального інструменту; механічні характеристики обладнання тощо.

Ці методичні вказівки спрямовані на закріплення теоретичних знань, які студенти отримали під час лекційного матеріалу та самопідготовки. Використовуючи методичні вказівки, студенти можуть з легкістю виконати розрахунок режимів різання деталей вагонів, здійснити оптимізацію цих

режимів, визначити мінімальні витрати часу при механічній обробці. Також методичні вказівки рекомендується використовувати під час виконання курсових та дипломних проектів, а також при вирішенні інженерами-механіками виробничих завдань на вагоноремонтних підприємствах залізничного транспорту [1 – 6].

1 ВИБІР МЕТАЛОРІЗАЛЬНОГО ВЕРСТАТА І ТИПУ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

При виборі типу й моделі металорізального верстата в першу чергу звертається увага на можливість закріплення в ньому заданої деталі (відстань між центрами й найбільший діаметр деталі, що оброблюється, — у токарних верстатах, розміри верстата й найбільший хід довбача — у будівельних і довбальних, найбільший умовний діаметр свердління й вертикальне переміщення головки — у свердлильних тощо). Потім аналізуються потужності головних електродвигунів і їх передбачувана відповідність для обробки заданої деталі і, нарешті, досліджуються діапазони й кількість ступенів подач і частот обертання шпинделя. Перевагу варто віддавати верстатам із більш широкою здатністю зазначених вище параметрів.

При виборі типу й моделі верстата можна використовувати довідкову літературу [1, 8, 15], а також паспортні дані верстатів, які наведені в додатку А таблиці А43 – А48.

Після вибору типу верстата його паспортні характеристики заносяться в пояснювальну записку й розраховуються всі ступені подач і частот обертання, які в більшості верстатів змінюються в геометричній прогресії. Розрахунок починається з визначення знаменника геометричної прогресії:

— для ступенів подач

$$j = z \sqrt[z]{\frac{S_{\max}}{S_{\min}}}, \quad (1.1)$$

де S_{\max} , S_{\min} — максимальна й мінімальна подачі в обраного верстата, мм;

z — кількість подач;

— для ступенів частот обертання

$$j_1 = \sqrt[z_i]{\frac{n_{\max}}{n_{\min}}}, \quad (1.2)$$

де n_{\max} , n_{\min} – максимальна й мінімальна частота обертання шпинделя верстата, об/хв;

z_i – кількість ступенів частоти обертання.

Після визначення φ і φ_1 їх необхідно скорегувати й прийняти найближчі стандартні значення. Стандартними є: 1,06; 1,12; 1,26; 1,41; 1,58; 1,78; 2,0. Ступені подач і частоти обертання визначаються таким чином:

$S_1 = S_{\min}$	$n_1 = n_{\min}$
$S_2 = S_1\varphi$	$n_2 = n_1\varphi_1$
$S_3 = S_1\varphi^2$	$n_3 = n_1\varphi_1^2$
$S_4 = S_1\varphi^3$	$n_4 = n_1\varphi_1^3$
.....
$S_n = S_{\max} = S_1\varphi^{n-1}$	$n_n = n_{\max} = n_1\varphi_1^{n-1}$

Подібний підхід поширюється й при визначенні кроку подвійних ходів для верстатів із прямолінійним головним робочим рухом.

Для механічної обробки будь-якої деталі вагона, крім металорізальних верстатів, потрібно ще й технологічне оснащення, тобто різні інструменти й пристрої. Пристрої необхідні, щоб установити й закріпити деталь, забезпечивши при цьому необхідне для даної операції взаємне розташування верстата, деталі й різального інструменту. Для цього використовуються такі верстатні пристрої до металорізальних верстатів (універсальні й спеціалізовані), як дво-, три-, чотирикулачкові самоцентруючі патрони; різного типу оправки (центрові, шліцьові, зубчасті); верстатні лещата з ручним і механічним приводами; кондуктори; плити; верстатні центри; різні хомутики; гідро- й пневмоциліндри тощо.

Від ступеня оснащення технологічного обладнання багато в чому залежить продуктивність обробки.

Різальний інструмент. Різальні інструменти працюють в умовах великих навантажень, високих температур, тертя й зношування. Тому інструментальні матеріали повинні задовольняти особливі експлуатаційні вимоги. Матеріал робочої частини інструменту повинен мати більшу твердість (значно вище від твердості матеріалу або заготовки, що обробляється), високі допустимі напруження на згин, розтягання, стиск і крутіння. Найважливішими характеристиками є червоностійкість і зносостійкість.

Більшість конструкцій металорізального інструменту є складовими — робоча частина з інструментального матеріалу, а кріпильна зі звичайних конструкційних сталей (40, 45, 50, 40Х та ін).

Робочу частину у вигляді пластин або стержнів з'єднують із кріпильною за допомогою зварювання, паяння або спеціальних високотемпературних клеїв, механічного кріплення тощо.

У цей час на підприємствах залізничного транспорту найбільш часто застосовуються такі інструментальні матеріали: вуглецеві, леговані й швидкорізальні сталі; металокерамічні сплави; надтверді й абразиви.

Леговані інструментальні сталі (9ХВГ, ХВГ, ХГ, 6ХС, 9ХС та ін) використовуються для виготовлення протяжок, свердел, мітчиків, плашок, розверток. Вони мають червоностійкість 250 – 300 °С і допустиму швидкість різання 15 – 25 м/хв [5].

Більш широко застосовуються швидкорізальні сталі. Найпоширенішими серед них є: Р9, Р12, Р18, Р6М3, Р6М5, Р9Ф5, Р14Ф4, Р18Ф2, Р9К5, Р9К10, Р10К5Ф2, Р10К5Ф5. Твердість таких сталей становить HRC 62-65, червоностійкість 600 – 630 °С. Маючи підвищену зносостійкість, вони можуть працювати зі швидкостями до 100 м/хв. У таблиці А.1 наведені галузі, де рекомендується застосовувати деякі марки швидкорізальних сталей.

Металокерамічні тверді сплави складаються з карбідів вольфраму, титану й танталу (WC , TiC , Ta , C), що містяться у металевому кобальті (Co). Вони застосовуються у вигляді пластинок, які виготовляють методом порошкової металургії, їх закріплюють на державках різального інструменту.

Металокерамічний твердосплавний інструмент має високу твердість (HRA 80 – 92), зносостійкість і червоностійкість

(800 – 1000 °С). Це дає змогу виконувати обробку зі швидкостями до 800 м/хв.

Тверді сплави поділяються на такі групи: однокарбідні (вольфрамові) — ВК2, ВК3, ВК3М, ВК4, ВК6М, ВК6 та ін.; двокарбідні (титано - вольфрамові) — Т30К4, Т15К6, Т5К10, Т5К12 та ін.; трикарбідні (титано - танталовольфрамові) — ТТ7К12, ТТ10К8, ТТ8К6 та ін. [5].

Тверді сплави групи ВК використовуються для обробки твердих і крихких металів, пластмас і неметалевих матеріалів.

Двокарбідні сплави рекомендується використовувати для обробки виробів із пластичних і в'язких металів і сплавів.

Трикарбідні сплави відрізняються від перших двох підвищеною зносостійкістю, міцністю й в'язкістю та застосовуються для обробки деталей з важкооброблюваних сталей аустенітного класу [12].

У таблиці А.2 наведені деякі марки вольфрамових твердих сплавів і галузі їх раціонального використання.

Останніми роками більш широко почали використовувати безвольфрамові тверді сплави ТМ1, ТМ3, ТН-20, ТН-30, ТН-40, КТН-16 та інші на основі карбідів або інших сполук титану з добавками молібдену, нікелю й інших тугоплавких металів. Наприклад, сплав ТМ1 має зносостійкість при обробці сталі Ст.50 у два рази вищу, ніж сплав Т30К4.

Продуктивність обробки різанням істотно зростає при використанні інструментів, оснащених полікристалами надтвердих матеріалів (ЗТМ) на основі кубічного нітриду бору (КНБ) й синтетичних алмазів (СА).

У цей час інструментальна промисловість випускає дві групи СТМ на основі нітриду бору (композити) і вуглецю (полікристалічні алмази).

Твердість полікристалічних алмазів більша, ніж твердість композитів. Однак теплостійкість в 1,5 – 2 рази нижча. Композити практично інертні до чорних металів, а алмази проявляють до них значну активність при високих температурах. Це приводить до того, що інструмент зі СТМ найбільш вигідно використовувати на автоматичних лініях, верстатах з числовим програмним управлінням (ЧПУ), у гнучких виробничих модулях тощо, тобто там, де забезпечується оптимальний режим різання,

є можливість плавного введення й виведення інструменту з контакту з оброблюваною заготівкою, високоефективний контроль за його експлуатацією [1, 12, 13]. Значну роль при обробці різанням відіграє тип і геометрія різальної частини інструменту, а також період стійкості, тобто час роботи у хвилинах до затуплення й необхідності заточення. При призначенні відмічених параметрів необхідно користуватися довідковою літературою або додатком А.

2 РЕЖИМИ РІЗАННЯ

2.1 Основні параметри різання

При встановленні режимів різання враховується характер обробки, тип і матеріал інструменту, його геометричні параметри, матеріал і стан заготівки, тип обладнання та інші фактори.

Розрахунок режимів найчастіше проводиться за такою схемою $t \rightarrow S \rightarrow V \rightarrow P$, тобто спочатку встановлюється глибина різання t , подача S , визначається швидкість різання V і сила різання P , за якою розраховується потрібна потужність верстата.

Глибина різання при чорновій обробці призначається за можливості максимальна (найчастіше дорівнює всьому допуску на обробку), а при чистовій — залежно від вимог точності розмірів і шорсткості обробленої поверхні.

Подача при чорновій обробці вибирається максимальнодопустима, виходячи з жорсткості й міцності системи: верстат-присрій-інструмент-деталь; потужності верстата, міцності різальної частини інструменту й інших факторів, що обмежують. При чистовій обробці береться до уваги необхідний ступінь точності й шорсткості обробленої поверхні.

Швидкість і сила різання розраховуються за емпіричними формулами, які встановлені для кожного виду обробки. Значення коефіцієнтів і показників степеня, що містяться в цих формулах, наведені в довідковій літературі та додатку А.

2.2 Точіння

Точіння (токарна обробка) — найпоширеніший метод обробки поверхонь деталей типу тіл обертання на токарних верстатах. Типи токарних верстатів наведені в таблиці А.43. Основні види токарних робіт: обробка зовнішніх циліндричних і конічних поверхонь, обробка пазів і виступів, виточування пазів і канавок, відрізання заготовок, свердління, зенкування, розгортання, нарізування різей, обробка фасонних поверхонь, накочування рифлень тощо. На рисунку 2.1 наведена технологічна схема точіння [1, 6, 14].

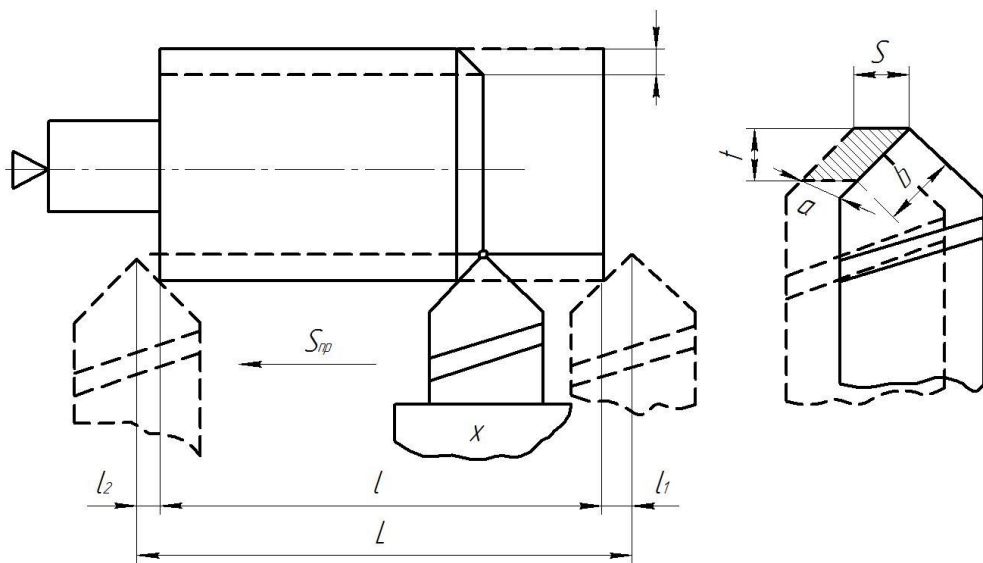


Рисунок 2.1 – Технологічна схема точіння

Обертаний рух заготовки називається *головним рухом різання*, а поступальний рух різального інструменту — *рухом подачі*.

Подачею S , мм/об, називається (рисунку 2.1) шлях, який пройдений різальною кромкою інструменту відносно заготовки, що обертається. Подача може бути поздовжньою, якщо інструмент переміщується паралельно осі обертання заготовки, і поперечною, якщо інструмент переміщується перпендикулярно цій осі.

Рекомендовані подачі при чорновому зовнішньому точінні наведені в таблиці А.3, а при чорновому розточуванні — в таблиці А.4.

Подачі при чистовому точінні вибираються залежно від необхідних параметрів шорсткості обробленої поверхні й радіуса при вершині різця (таблиця А.5).

При прорізанні пазів і відрізанні величина поперечної подачі залежить від властивостей оброблюваного матеріалу, розмірів паза й діаметра заготовки (таблиця А.6).

Обрану подачу необхідно скорегувати за паспортом токарного верстата, беручи найближчий менший ступінь і витримавши умову $S_{вер} \leq S$.

Глибина різання t , мм, визначається (рисунок 2.1) товщиною шару, що знімається за один робочий хід різця, вимірюється по перпендикуляру до поверхні деталі, що оброблюється.

При чорновому точінні й відсутності обмежень за потужністю верстата величина t приймається рівною допуску на обробку h ; при чистовому точінні допуск знімається за два і більше проходів на кожному наступному проході глибина різання встановлюється менша, ніж при попередньому. При параметрах шорсткості обробленої поверхні $R_a=3,2$ мкм включно $t=0,5 - 2,0$ мм; при $R_a < 0,8$ мкм, $t=0,1 - 0,4$ мм.

При відрізанні й прорізанні глибиною різання ϵ ширина головної різальної кромки, яку можна визначити з виразу, мм,

$$b=0,6 D^{0,5}, \quad (2.1)$$

де D – діаметр деталі, що відрізається.

Швидкість різання V_p , м/хв, залежить від конкретних умов обробки. На її величину впливають такі фактори:

- стійкість інструменту;
- фізико-механічні властивості матеріалу, що обробляється;
- подача;
- глибина різання;
- геометричні параметри різального інструменту;
- наявність мастильно-охолоджувальної рідини (МОР);
- температура в зоні контакту інструменту й деталі;
- допустимий знос інструменту тощо.

При зовнішньому поздовжньому і поперечному точінні, а

також при розточуванні розрахункова швидкість різання визначається за емпіричною формулою

$$V_p = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v, \quad (2.2)$$

а при відрізанні, прорізанні й фасонному точінні — за формулою

$$V_p = \frac{C_v}{T^m S^y} K_v, \quad (2.3)$$

де C_v — коефіцієнт, що враховує умови різання;
 T — період стійкості інструменту, хв;
 S — подача, мм/об;
 K_v — коригувальний коефіцієнт;
 m, x, y — показники степеня.

Значення C_v, m, x, y наведені в таблиці А.7.

Середні значення періоду стійкості різця T можна приймати в межах 60 – 90 хв для різців зі швидкорізальної сталі та 90 – 120 хв для твердосплавного інструменту.

Коригувальний коефіцієнт визначається за такою формулою:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_\varphi \cdot K_r, \quad (2.4)$$

де K_{mv} — коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки;
 K_{nv} — коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки;
 K_{uv} — коефіцієнт, що враховує матеріал різальної частини різця;
 K_φ — коефіцієнт, що враховує головний кут у плані різця;
 K_r — коефіцієнт, що враховує величину радіуса при вершині різця (приймається тільки для різців зі швидкорізальної сталі).

Коефіцієнт K_{mv} розраховується:
- при обробці сталей

$$K_{mv} = \frac{750 \sigma_v^{nV}}{HB \cdot \sigma_v} ; \quad (2.5)$$

- при обробці сірого чавуну

$$K_{mv} = \frac{900 \sigma_v^{nV}}{HB \cdot \sigma_v} ; \quad (2.6)$$

- при обробці ковкого чавуну

$$K_{mv} = \frac{500 \sigma_v^{nV}}{HB \cdot \sigma_v} , \quad (2.7)$$

де σ_v – межа міцності матеріалу заготовки, МПа;
 HB – твердість матеріалу заготовки за Брінелем, МПа.

Значення показників nV і коефіцієнтів K_{nv} , K_{uv} , K_s , K_r наведені в таблицях А.8 – А.11.

При обробці мідних сплавів із вмістом свинцю не більше 10 % $K_{mv}=4$, а зі вмістом свинцю менше 15 % $K_{mv}=12,0$.

При обробці силуміну $\sigma_v=200 - 300$ МПа, $HB>60$ і дюралюмінію $\sigma_v=400 - 500$ МПа, $HB>100$ приймати $K_{mv}=0,8$. Якщо дюралюміній має $\sigma_v=300 - 400$ МПа, $HB<100$, а силумін $\sigma_v=100 - 200$ МПа, $HB\leq 65$, тоді $K_{mv}=1,0$.

Для перевірки можливості реалізації V_p на обраному верстаті визначається розрахункова частота обертання шпинделя n_p , об/хв:

$$n_p = \frac{V_p \cdot 1000}{p D_o} , \quad (2.8)$$

де D_o – діаметр заготовки до обробки, мм.

Отримана n_p порівнюється з наявними на верстаті значеннями. Якщо розрахункова частота не збігається з одним зі ступенів, тоді для подальших розрахунків приймається той ступінь $n_{вер}$, який є найближчим меншим до n_p , тобто повинна виконуватися умова $n_{вер}<n_p$.

За прийнятим значенням $n_{вер}$ визначається фактична швидкість різання V_{ϕ} , м/хв,

$$V_{\phi} = \frac{pD_o n_{cm}}{1000}. \quad (2.9)$$

У подальших розрахунках використовуються тільки $n_{вер}$ та V_{ϕ} .

Сила різання P , Н, розкладається на складові сили, спрямовані по осях координат верстата (тангенціальну P_z , радіальну P_y й осьову P_x). При зовнішньому поздовжньому і поперечному точінні, розточуванні, відрізанні, прорізанні пазів і фасонному точінні ці складові розраховуються за формулою

$$P_{z,y,x} = 10C_p t^x S^y V_{\phi}^n k_p \quad (2.10)$$

При відрізанні, прорізанні й фасонному точінні t — довжина різальної кромки різця.

Постійна C_p і показники степеня x , y , n для кожної зі складових сили різання наведені в таблиці А.12.

Поправковий коефіцієнт K_p являє собою добуток ряду коефіцієнтів, що враховують умови різання:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p}, \quad (2.11)$$

Числові значення коефіцієнтів наведені в таблицях А.13, А.14.

Головною складовою сили різання є P_z , за якою розраховується потужність, необхідна для зняття стружки. Тому розрахунковим шляхом досить визначити тільки P_z , а інші складові можна встановити за формулами:

$$P_x = (0,3-0,4) P_z, \quad (2.12)$$

$$P_y = (0,4-0,5) P_z. \quad (2.13)$$

Осьова сила P_x (сила подачі) порівнюється за паспортом верстата з найбільшою подачею, що допускається механізмом, і

у випадку перевищення найбільшої подачі необхідно повторно розрахувати режими різання.

Потужність різання. Спочатку розраховується ефективна потужність різання, кВт:

$$N_e = \frac{P_z \times V_j}{1020 \times 60}. \quad (2.14)$$

Потім визначається потрібна потужність на шпинделі верстата, кВт,

$$N_p = \frac{N_e}{\eta_{вер}}, \quad (2.15)$$

де $\eta_{вер}$ – ККД верстата.

Для висновків про ефективність розрахованих режимів для прийнятого верстата встановлюється коефіцієнт його використання за потужністю:

$$K = \frac{N_n}{N_{вер}}. \quad (2.16)$$

де $N_{вер}$ - потужність головного електродвигуна верстата (за паспортом), кВт.

Величина коефіцієнта K не повинна перевищувати одиниці. Найбільш раціональне значення $K=0,85 - 0,9$.

У випадку відхилення K від раціональної величини необхідно знову розрахувати режими різання скорегувавши при цьому параметри, установлені автором розрахунків (S , t , T , тип верстата тощо).

Основний технологічний час — час, який витрачається безпосередньо для зняття заданого допуску, визначається за формулою, хв,

$$T_o = \frac{L}{N_{\text{вер}} \times S_{\text{вер}}} \times i, \quad (2.17)$$

де L – розрахункова довжина обробки, мм (див. рисунок 2.1);
 i – кількість проходів.

$$L = l + l_1 + l_2, \quad (2.18)$$

де l – креслярський розмір поверхні, що обробляється, мм;
 l_1 – величина врізання різця, мм;
 l_2 – величина перепробігу різця, мм.

$$l_1 = t \cdot \text{ctg} \varphi, \quad (2.19)$$

$$l_2 = (2-3) S_{\text{вер}}, \quad (2.20)$$

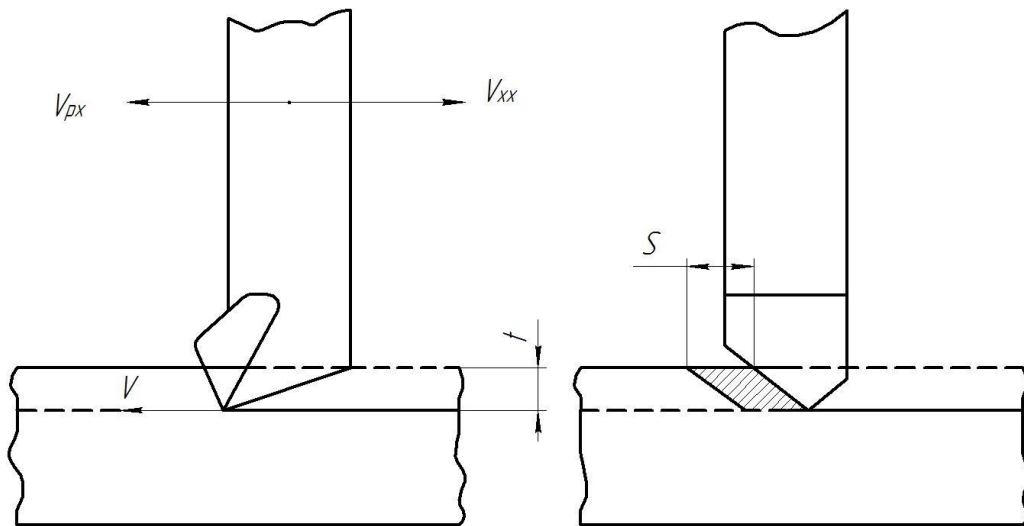
де φ – величина головного кута в плані різця.

2.3 Стругання

Стругання (рисунок 2.2) з погляду стружкоутворення має загальні риси з точінням. При цьому виді обробки використовується інструмент подібної форми й з однаковою геометрією різальної частини.

При струганні обробляються площини або лінійні поверхні профільного перерізу із прямолінійними твірними. При цьому передбачається найпростіша принципова кінематична схема різання, використовується тільки один головний рух — прямолінійно направлений.

Стругальні верстати (таблиця А.44) здійснюють головний рух у горизонтальній площині. Довжина шляху руху різця обмежується настроюванням верстата. Зробивши робочий шлях різання, різець або заготівка проходить у зворотному напрямку таку ж відстань і повертається у вихідне положення [1, 6, 8 – 12].



V_{px} – робочий хід; V_{xx} – холостий хід

Рисунок 2.2 – Схема зрізання допуску стругальним різцем

Повний цикл роботи стругального верстата складається з рівних за довжиною робочого й холостого ходів. Це дає підставу проводити облік пройденого шляху або часу роботи верстата за подвійними ходами.

Після кожного подвійного ходу механізм привода головного руху верстата вимикається й вмикається механізм подачі S , мм/подв. хід. Після завершення подачі знову вмикається механізм привода головного руху й здійснюється черговий подвійний хід.

Глибина різання t , мм, і кількість проходів визначається допуском на обробку й потужністю верстата. Вони встановлюються, як і при точінні.

При чорновому струганні необхідно прагнути до того, щоб весь допуск зняти за один прохід.

Подача S , мм/подв. хід, при чорновому струганні вибирається максимально допустима з таблиці А.3 відповідно до глибини різання, перерізу державки різця, міцності різальної пластинки. При чистовому струганні — за таблицею А.5, а при відрізанні пазів — за таблицею А.6.

Швидкість різання V_p , м/хв, при струганні площин прохідними різцями, при прорізанні пазів і відрізанні розраховується за відповідними формулами для точіння (2.2) – (2.7). При цьому вводиться додатковий поправковий коефіцієнт

K_{yv} у формулу (2.4), що враховує ударне навантаження на різець. При поздовжньому струганні — $K_{yv}=1,0$; а при поперечному — $K_{yv}=0,8$.

Після визначення швидкості різання розраховується кількість подвійних ходів за хвилину, подв. ход/хв:

$$n_p = \frac{1000V_p}{L(1+m)}, \quad (2.21)$$

де V_p – розрахункова швидкість різання, м/хв;
 L – розрахункова довжина ходу різця, мм;
 m – відношення швидкості робочого ходу різця до швидкості холостого ходу, зазвичай приймається $m=0,75$.

$$L=l_1+l_2, \quad (2.22)$$

де V_p – довжина поверхні, що обробляється, мм;
 L – пробіг різця в обидва боки, мм.

При $l_1 < 100$ мм,	$l_2 = 35$ мм;
при $101 < l_1 < 200$ мм,	$l_2 = 50$ мм;
при $201 < l_1 < 300$ мм,	$l_2 = 60$ мм.

Розрахована величина n_p корегується за паспортом верстата й приймається найближчий менший ступінь, тобто $n_{вер} \leq n_p$. У випадку безступінчастого регулювання швидкості повзуна верстата перевіряється можливість реалізації на ньому n_p , а $n_{вер}$ приймається на 5 – 10 % менше n_p .

Після корегування встановлюється фактична швидкість різання, м/хв,

$$V_\phi = \frac{L(1+m)n_{вер}}{1000}. \quad (2.23)$$

У подальших розрахунках використовуються тільки $n_{вер}$ і V_ϕ .

Сила різання. Складові сили різання при струганні розраховуються так само, як і при точінні з використанням формул (2.10) – (2.13).

Потужність різання й коефіцієнт використання верстата за потужністю визначаються за формулами для точіння (2.14) – (2.16).

Основний технологічний час визначається за формулою, хв,

$$T_o = \frac{A + B}{n_{\text{вер}} \times S}, \quad (2.24)$$

де A – ширина поверхні, що обробляється, мм;

B – бокове врізання й схід різця, мм:

при $t < 2$ мм,	$B = 4$ мм;
при $2,1 < t < 4$ мм,	$B = 6$ мм;
при $4,1 < t < 6$ мм,	$B = 8$ мм.

2.4 Свердління, розсвердлювання, зенкування, розгортання

Свердління, зенкування й розгортання є найпоширенішими технологічними способами обробки круглих отворів.

Свердління (рисунок 2.3) — основний метод утворення отворів у металі заготовок, які обробляються.

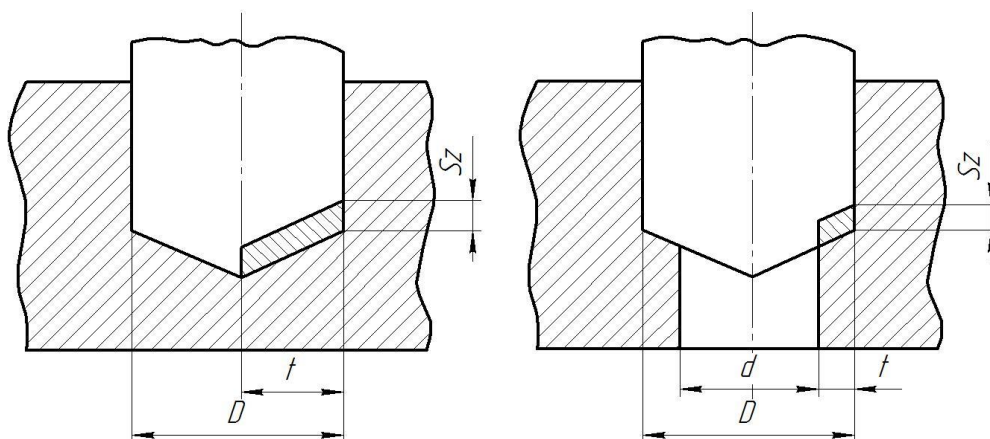


Рисунок 2.3 – Схема різання при свердлінні й розсвердлюванні

При свердлінні, як правило, використовуються стандартні свердла, що мають дві різальні кромки, розташовані діаметрально відносно одна одної.

Просвердлені отвори найчастіше не мають абсолютно правильної циліндричної форми. Їх поперечні перерізи являють собою форму овала, а поздовжні — невелику конусність.

Зенкування призначено для обробки попередньо просвердлених отворів або отворів, які виготовлені способом лиття або штампування. При зенкуванні досягається більш висока точність за формою й розміром, ніж при свердлінні.

Стандартні зенкери мають від трьох до восьми зубів. На практиці найчастіше використовуються зенкери із трьома гвинтовими зубами, зміщеними на 120° відносно один одного.

Розгортання — технологічний спосіб завершальної обробки просвердлених і зенкованих отворів із метою отримання точних за формою й діаметром циліндричних отворів із малою шорсткістю [1, 6, 9, 11].

Розвертки мають парну ($z \geq 4$) кількість зубів, розташованих діаметрально один проти іншого. Кожним зубом зрізується шар малої товщини, це дає можливість отримати високу точність.

Глибина різання. При свердлінні глибина різання приймається $t=0,5D$ (рисунок 2.3), а при розсвердлюванні, зенкуванні або розгортанні:

$$t=0,5(D-d), \quad (2.25)$$

де D – діаметр інструменту, мм;
 d – діаметр попереднього отвору, мм.

Подача. При свердлінні отворів подача приймається за таблицею А.15. При розсвердлюванні отворів подачу рекомендується для свердління збільшувати до 2 раз.

Значення подач розраховані на обробку отворів глибиною менше $3D$, а при більшій глибині необхідно вводити поправковий коефіцієнт Kl_s , який наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Значення поправкового коефіцієнта

Глибина отвору L , мм	$l \leq 5D$	$l \leq 7D$	$l \leq 10D$
Поправковий коефіцієнт Kl_s	0,9	0,8	0,75

Рекомендовані подачі при зенкуванні наведені в таблиці А.16, а при розгортанні – в таблиці А.17. Вибрана подача повинна бути скорегована за паспортом обраного верстата. При цьому необхідно витримати умову $S_{вер} \leq S$, де $S_{вер}$ – остаточно встановлене значення подачі за паспортом.

Паспортні дані деяких типів верстатів наведені в таблиці А.45.

Швидкість різання. Швидкість різання визначається, м/хв:
- при свердлінні

$$V_p = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_v, \quad (2.26)$$

- а при розсвердлюванні, зенкуванні й розгортанні

$$V_p = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times \varphi^x \times S^y} \times K_v, \quad (2.27)$$

де D – діаметр свердла, зенкера або розвертки, мм;
 K_v – загальний поправковий коефіцієнт.

Значення коефіцієнтів C_v і показників степеня наведені для свердління в таблиці А.18, для розсвердлювання, зенкування й розгортання — у таблиці А.19, а значення періоду стійкості T — у таблиці А.20.

Загальний поправковий коефіцієнт на швидкість різання що враховує фактичні умови різання визначається за формулою

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv}, \quad (2.28)$$

де K_{mv} – коефіцієнт на оброблюваний матеріал;
 K_{uv} – коефіцієнт на інструментальний матеріал;
 K_{lv} – коефіцієнт, що враховує глибину свердління;

коефіцієнт K_{mv} розраховується таким чином:

- при обробці сталей

$$K_{MV} = \frac{1750 \cdot \sigma_e^{nV}}{\sigma_e \cdot \sigma_e} ; \quad (2.29)$$

- при обробці сірого чавуну

$$K_{MV} = \frac{1900 \cdot HB^{nV}}{HB \cdot HB} ; \quad (2.30)$$

- при обробці ковкого чавуну

$$K_{MV} = \frac{1500 \cdot HB^{nV}}{HB \cdot HB} , \quad (2.31)$$

де σ_e – межа міцності матеріалу заготовки, МПа;
 HB – твердість матеріалу заготовки, МПа.

Значення показників nV і коефіцієнтів K_{iy} наведені в таблицях А.8, А.10.

Коефіцієнт, що враховує глибину отвору K_{iv} при свердлінні, приймається залежно від діаметра свердла (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 – Коефіцієнт, що враховує глибину отвору K_{iv}

Глибина отвору	D_0-3D	$3D-4D$	$4D-5D$	$5D-6D$	$6D-8D$	Більше $8D$
Коефіцієнт K_{iv}	1,0	0,85	0,75	0,7	0,6	0,55

При розсвердлюванні, зенкуванні й розгортанні $K_{iv} = 1,0$. Після визначення швидкості різання розраховується частота обертання шпинделя верстата n_p , об/хв:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{p \cdot D} , \quad (2.32)$$

де D – діаметр інструменту, мм.

Отримане значення n_p корегується за паспортом верстата й приймається найближчий менший ступінь $n_{вер}$, тобто повинна виконуватися умова $n_{вер} < n_p$. У подальших розрахунках використовується тільки $n_{вер}$.

Крутний момент, Н·м, та осьова сила, Н, розраховуються за такими формулами:

- при свердлінні

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (2.33)$$

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p; \quad (2.34)$$

- при розсвердлюванні й зенкуванні

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p, \quad (2.35)$$

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p, \quad (2.36)$$

де C_m і C_p – коефіцієнти, що враховують умови різання, значення показників степеня наведені в таблиці А.21.

Коефіцієнт K_p у цьому випадку залежить тільки від матеріалу заготовки й визначається за виразом $K_p = K_{мр}$. Його значення розраховуються за таблицею А.13.

Для визначення крутного моменту при розгортанні кожен зуб інструменту можна розглядати як розточувальний різець. Тоді при діаметрі розвертки D крутний момент устанавлюється, Н·м:

$$M_{кр} = \frac{C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot D \cdot z}{2 \cdot 100}, \quad (2.37)$$

де S_z – подача, мм на 1 зуб розвертки дорівнює S/z ;

z – кількість зубів розвертки;

$S = S_{вер}$ – прийнята подача, мм/об.

Значення коефіцієнтів і показників степеня наведені в таблиці А.12.

Розраховану силу подачі P_o необхідно порівняти з допустимими значеннями за паспортом обраного верстата. При перевищенні останнього розрахунок режимів необхідно повторити, скорегувавши прийняті автором параметри.

Потужність різання. Ефективна потужність різання визначається за формулою, кВт,

$$N_e = \frac{M_{кр} \times n_{вер}}{9750}. \quad (2.38)$$

Потрібна потужність різання, кВт,

$$N_n = \frac{N_e}{h}, \quad (2.39)$$

де η – ККД верстата.

Для висновків про ефективність розрахованих режимів для прийнятого верстата визначається коефіцієнт його використання за потужністю:

$$K = \frac{N_n}{N_{вер}}, \quad (2.40)$$

де $N_{вер}$ – потужність головного електродвигуна верстата.

Найбільш раціональні значення $K=0,85 - 0,9$. У випадку відхилення K від раціональної величини необхідно розрахунки режимів різання повторити, скорегувавши параметри, що встановлені автором.

Основний технологічний час визначається за формулою, хв,

$$T_o = \frac{L}{n_{вер} \times S_{вер}}, \quad (2.41)$$

де L – розрахункова глибина отвору, мм.

$$L=l+l_1+l_2, \quad (2.42)$$

де l – креслярський розмір глибини отвору, мм;

l_1 – величина врізання інструменту, мм;

l_2 – величина перепробігу інструменту, мм.

Можна прийняти:

$$l_1+l_2=0,35D. \quad (2.43)$$

2.5 Фрезерування

Фрезерування є високопродуктивним методом формоутворення поверхонь деталей багатолезовим різальним інструментом — фрезою. Для цього методу характерно безперервний головний обертовий рух інструменту та поступальний рух заготовки.

Тип фрези, яка застосовується, визначається конфігурацією поверхні, що обробляється (рисунок 2.4). Її діаметр для скорочення основного технологічного часу вибирається за можливості найменшої величини з урахуванням схеми різання, форми й розмірів заготовки, яка обробляється.

При торцевому фрезеруванні (рисунок 2.4, б) діаметр фрези D повинен бути більшим від ширини фрезерування B і може прийматися за формулою, мм,

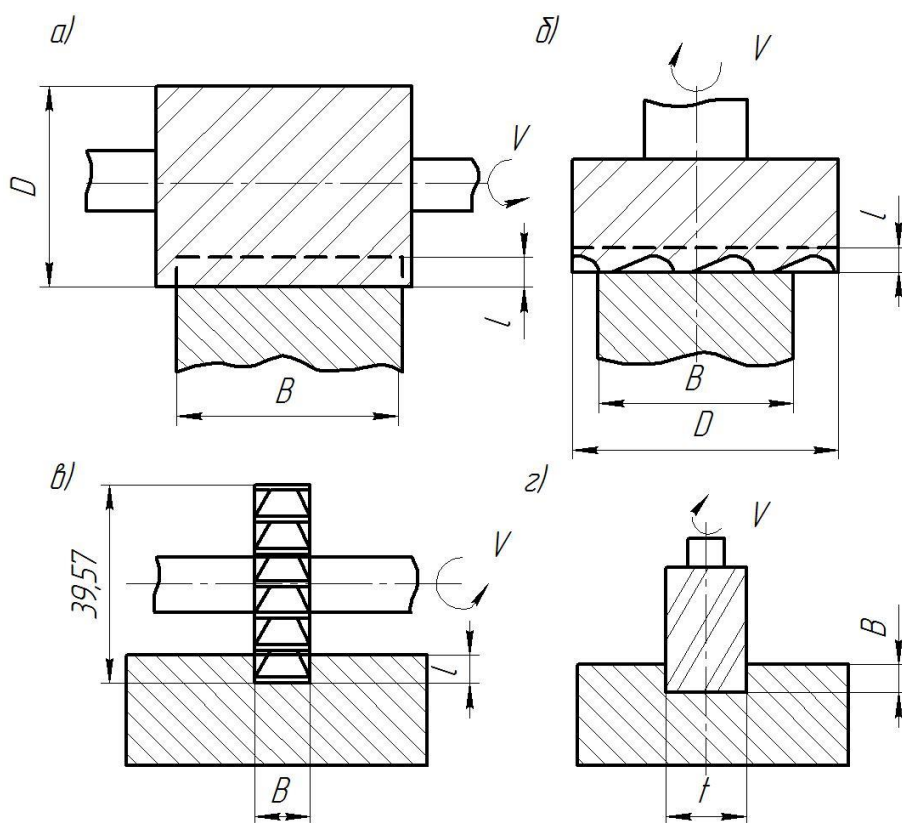
$$D=(1,25 - 1,5)B. \quad (2.44)$$

Глибина фрезерування t і *ширина фрезерування* B (рисунок 2.4) — величини, пов'язані з розмірами шару, що знімається. Параметр t вимірюється в напрямку, перпендикулярному осі фрези (за винятком торцевого фрезерування). Ширина фрезерування вимірюється перпендикулярно глибині.

Глибина різання при допуску на обробку до 5 мм, як правило, приймається рівною останньому. В іншому випадку призначається кілька проходів. При чистовому фрезеруванні найчастіше $t=1 - 1,5$ мм.

Подача. При фрезеруванні розрізняється: подача на один зуб фрези S_z , мм/зуб; подача на один оборот $S_o = S_z Z$, мм/об й хвилинка подача $S_M = S_z n Z$, мм/хв, де n – частота обертання фрези, 1/хв; Z – кількість зубів фрези.

При чорновому фрезеруванні вихідною величиною подачі є подача на зуб $S_z = S_o / Z$. У таблицях А22. – А.26 наведені рекомендовані подачі для різних умов різання [1, 6, 8-12, 14, 15].



a – фрези циліндричні; *б* – фрези торцеві; *в* – фрези дискові;
г – фрези кінцеві

Рисунок 2.4 – Види фрезерування

Швидкість різання визначається за формулою, м/хв,

$$V_p = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S_z^x \times B^m \times Z^p} \times K_v, \quad (2.45)$$

де K_v – загальний поправковий коефіцієнт;
 T – період стійкості фрези, хв.

Значення C_y і показники степеня наведені в таблицях А.26, А.27, а період стійкості — у таблиці А.28.

Загальний поправковий коефіцієнт для швидкості різання:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}, \quad (2.46)$$

- де K_{mv} – коефіцієнт, що враховує оброблюваний матеріал;
 K_{nv} – коефіцієнт, що враховує стан поверхні;
 K_{uv} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту.
 Коефіцієнт K_{mv} розраховується за формулами:
 - при обробці сталей

$$K_{MV} = \frac{C_1 750^{\frac{nV}{10}}}{C_2 \sigma_s \frac{V}{\delta}}; \quad (2.47)$$

- при обробці сірого чавуну

$$K_{MV} = \frac{C_1 900^{\frac{nV}{10}}}{C_2 HB \frac{V}{\delta}}; \quad (2.48)$$

- при обробці ковкого чавуну

$$K_{MV} = \frac{C_1 500^{\frac{nV}{10}}}{C_2 HB \frac{V}{\delta}}, \quad (2.49)$$

- де σ_s – межа міцності матеріалу заготовки, МПа;
 HB – твердість матеріалу заготовки, МПа.

Значення показників nV і коефіцієнтів K_{nv} , K_{uv} наведені в таблицях А.8 – А.10.

При обробці мідних сплавів необхідно приймати $K_{mv}=1,7 - 2,0$, а при обробці алюмінієвих сплавів – $K_{mv}=0,8 - 1,2$.

Після розрахунку швидкості різання визначається частота обертання шпинделя, об/хв,

$$n_p = \frac{1000 \times V_p}{p \times D}, \quad (2.50)$$

- де D – діаметр фрези, мм.

Значення n_p корегується за паспортними даними прийнятого верстата (таблиця А.46) і приймається найближчий менший ступінь $n_{вер}$, так щоб $n_{вер} \leq n_p$. У подальших розрахунках необхідно використовувати тільки $n_{вер}$.

Після корегування частоти обертання шпинделя визначається фактична швидкість різання, м/хв,

$$V_{\phi} = \frac{p \times D \times n_{СТ}}{1000}. \quad \dots (2.51)$$

У подальших розрахунках доцільно використовувати тільки V_{ϕ} .

Сила різання. Головна складова сили різання при фрезеруванні — колова сила, Н:

$$P_z = \frac{10 \times C_p \times t^x \times S_z^y \times B^u \times z}{D^q \times n_{вер}^w} \times K_{mp}, \quad \dots (2.52)$$

де K_{mp} – поправковий коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу (таблиця А.13).

Значення коефіцієнта C_p і показників степеня наведені в таблиці А.29.

Після розрахунку P_z установлюється можливість її реалізації на вибраному верстаті. Для цього визначається сила P_x , яка порівнюється за паспортом верстата із допустимою силою подачі P_x доп.

Для циліндричних дискових, прорізних і відрізних фрез $P_x = (1,1 - 1,2)P_z$, а для торцевих $P_x = (0,3 - 0,4)P_z$. Необхідно, щоб $P_x < P_x$ доп.

Потужність різання, кВт. Спочатку розраховується ефективна потужність різання:

$$N_e = \frac{P_z \times V_{вер}}{1020 \times 60}, \quad (2.53)$$

а потім визначається потрібна потужність на шпинделі верстата, кВт,

$$N_n = \frac{N_e}{h}, \quad (2.54)$$

де η – ККД верстата.

Для висновків про ефективність розрахованих режимів установлюється коефіцієнт використання верстата за потужністю:

$$K = \frac{N_n}{N_{вер}}, \quad (2.55)$$

де $N_{вер}$ – потужність головного електродвигуна верстата, кВт.

Значення K не повинно перевищувати одиниці. Найбільш раціональне значення $K=0,85 - 0,9$.

У випадку істотного відхилення коефіцієнта від раціональних величин розрахунків режимів варто здійснити знову, скорегувавши при цьому параметри, прийняті автором (t , S , тип верстата тощо).

Основний технологічний час визначається за формулою, хв,

$$T_o = \frac{L_n}{S_m} \times i, \quad (2.56)$$

де L – розрахункова довжина поверхні, яка обробляється, мм;
 S_m – хвилинна подача, мм/хв;
 i – кількість проходів.

$$L=l+l_1+l_2, \quad \dots(2.57)$$

де l – креслярська довжина поверхні, яка обробляється, мм;
 l_1 – величина врізання, мм:
 - при фрезеруванні циліндричною й дисковою фрезами

$$l_1 = \sqrt{t(D- t)}, \quad \dots (2.58)$$

- при фрезеруванні торцевою фрезою

$$l_1 = D; \quad (2.59)$$

l_2 – величина перепробігу, мм: при використанні циліндричної й дискової фрези $l_2 = 2 - 5$ мм; при використанні фрези торцевої $l_2 = 12 = 2 - 4$ мм.

2.6 Шліфування

Шліфуванням називається процес обробки заготовок за допомогою шліфувальних кіл. Абразивні зерна в колі утримуються за допомогою зв'язування й розташовані неупорядковано. При обертанні кола частина зерен зрізує матеріал з поверхні, яка оброблюється, і вона набуває вигляду сукупності мікрослідів абразивних зерен.

Частина зерен орієнтована таким чином, що різати не може, але виконує роботу тертя по поверхні різання. У зоні різання виділяється велика кількість теплоти, через яку дрібні частки матеріалу, який оброблюється згоряють або утворюють пучок іскор, або плавляться.

Існують такі основні схеми шліфування:

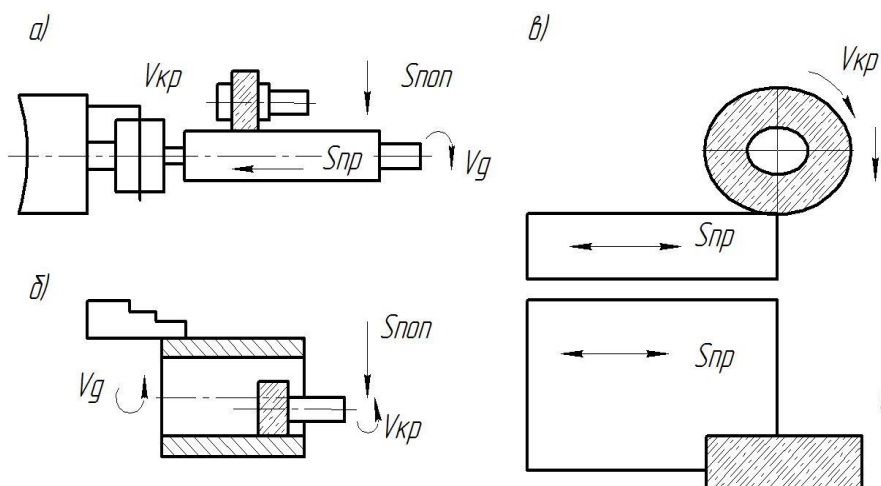
- зовнішнє кругле;
- внутрішнє кругле;
- внутрішнє плоске.

При зовнішньому круглому шліфуванні (рисунок 2.5, а) коло, обертаючись навколо осі, здійснює головний рух. Циліндрична заготовка обертається навколо осі паралельно осі кола. Зовнішні поверхні кола й заготовки взаємно торкаються по твірній. Лінійні швидкості точок шліфувального кола й заготовки можуть бути спрямовані в один бік або назустріч одна одній, але в будь-якому разі швидкості точок, що належать колу, набагато перевершують швидкості точок заготовки.

Заготовці надається зворотно-поступальний рух поздовжньої подачі S_{nv} . Після закінчення циклу зворотно-поступального руху поздовжньої подачі діє перервний рух поперечної подачі, що надається шліфувальному колу або заготовці S_{nop} .

Під час внутрішнього круглого шліфування (рисунок 2.5, б) шліфувальне коло й оброблювана заготовка обертаються навколо паралельних осей, при цьому зовнішня поверхня кола торкається внутрішньої поверхні деталі. Рух поздовжньої S_{nv} і поперечної S_{non} подач такі ж, як і при зовнішньому круглому шліфуванні, але прикладені, як правило, тільки до шліфувального кола.

При плоскому шліфуванні (рисунок 2.5, в) шліфувальне коло, обертаючись навколо своєї осі, здійснює головний рух різання. Його зовнішня поверхня торкається заготовки, яка оброблюється. Заготівці надається зворотно-поступальний рух поздовжньої подачі S_{nv} . У проміжках між цими рухами колу надається перервний рух поперечної подачі S_{non} . Після обробки всієї поверхні шліфувальному колу надається рух вертикальної подачі $S_{вер}$. Шліфування всієї площини повторюється доти, поки значення сумарної вертикальної подачі не буде дорівнювати допуску на обробку [1, 6 – 8, 14].



а – зовнішнє кругле; б – внутрішнє кругле; в – плоске

Рисунок 2.5 – Схеми шліфування

При шліфуванні важливе значення має вибір матеріалу кола. Для шліфування м'яких матеріалів, як правило, використовуються тверді кола з відкритою (пористою) структурою.

При шліфуванні загартованих сталей потрібні м'які кола. Якщо буде потреба досягнення великої продуктивності, варто застосовувати грубозернисті кола, а високої чистоти поверхні —

дрібнозернисті. Деякі рекомендації з вибору шліфувальних кіл наведені в таблиці А.30, а паспортні дані верстатів — у таблиці А.47.

2.6.1 Кругле зовнішнє й внутрішнє шліфування

Нижче наводяться рекомендації з розрахунку режимів шліфування методом поздовжніх подач циліндричних поверхонь деталей.

Глибина шліфування t , мм, (поперечна подача S_{non} , мм) залежить від розмірів заготовки, властивостей матеріалу, який обробляється, й характеру шліфування. У таблиці А.31 наведені поперечні рекомендовані подачі на один подвійний хід деталі при круглому зовнішньому шліфуванні, а в таблиці А.32 — при круглому внутрішньому.

Поздовжня подача S_{nv} , мм, — це переміщення деталі, яка обробляється, вздовж її осі за один оборот; визначається за формулою, мм/об,

$$S_{nv} = B \cdot \beta, \quad (2.60)$$

де B — ширина шліфувального кола, мм;
 β — розрахунковий коефіцієнт.

Значення коефіцієнта β для круглого зовнішнього шліфування наведено в таблиці А.33, а для круглого зовнішнього — у таблиці А.34.

Рекомендації з вибору діаметра й ширини шліфувального кола наведені в таблицях А.36, А.37.

Частота обертання деталі кола. Перш ніж розрахувати частоту обертання деталі, необхідно визначити її розрахункову швидкість обертання, м/хв,

$$V_D = \frac{C_v \times D_D^k}{T^m \times t^x \times b}, \quad (2.61)$$

де D_D — діаметр поверхні, що зазнає шліфування, мм;
 T — стійкість шліфувального кола, хв; $T=30 - 45$ хв.

Значення C_v , K , t , x наведені в таблиці А.35.
Розрахункова частота обертання деталі, м/хв,

$$n_D = \frac{1000 \times V_D}{p \times D_D}. \quad (2.62)$$

Необхідно, щоб n_D перебувала в межах, що зазначені у паспортних даних обраного верстата.

Швидкість обертання шліфувального кола визначається за формулою, м/хв,

$$V_K = \frac{p \times D_K \times n_K}{1000}, \quad \dots (2.63)$$

де D_K – діаметр шліфувального кола, мм;

n_K – частота обертання шліфувального кола, об/хв (приймається за паспортом верстата).

Швидкість переміщення стола визначається за формулою, м/хв,

$$V_c = \frac{S_{np} \times n_D}{1000}. \quad (2.64)$$

Отримане значення V_c повинно перебувати в межах швидкостей переміщення стола, зазначених у паспорті обраного верстата. В іншому випадку необхідно провести корегування S_{np} і n_D .

Сили різання й потужність. Тангенціальна сила різання, Н,

$$P_Z = 10 \times C_P \times V_D^2 \times S_{np}^x \times t^y. \quad (2.65)$$

Значення C_p , u , x , y наведені в таблиці А.38.

Ефективна потужність для обертання шліфувального кола визначається за формулою, кВт,

$$N_{ек} = \frac{P_Z \times V_K}{1020 \times 60}. \quad (2.66)$$

Потрібна потужність на обертання шліфувального кола, кВт,

$$N_{ПК} = \frac{N_{ек}}{h}, \quad (2.67)$$

де η – ККД шліфувального верстата за паспортними даними верстата. Коефіцієнт використання верстата за потужністю, кВт,

$$K = \frac{N_{ПК}}{N_{вер}}, \quad (2.68)$$

де $N_{вер}$ – потужність електродвигуна головного руху, кВт.

Основний технологічний час визначається за формулою, хв,

$$T_o = \frac{2L \times h}{n_D \times S_{нв} t} K, \quad (2.69)$$

де L – довжина поздовжнього ходу деталі, мм;

h – допуск на обробку, мм;

K – коефіцієнт, що враховує точність шліфування й зношування кола. При чорновому шліфуванні $K=1,3 - 1,4$; при чистовому — $K = 1,3 - 1,7$.

$$L=l+ B, \quad (2.70)$$

де l – довжина оброблюваної поверхні, мм;

B – ширина кола, мм.

2.6.2 Плоске шліфування

Нижче розглядається розрахунок режимів шліфування периферією кола.

Глибина шліфування t , мм (вертикальна подача S_v , мм/под. хід).

Звичайно при плоскому шліфуванні глибина шліфування приймається при попередній обробці $t=0,15 - 0,04$ мм, а при остаточній — $l=0,005 - 0,01$ мм на подвійний хід.

Поздовжня подача S_{nv} , мм/об, — це переміщення поверхні, що шліфується за один оберт кола, величина подачі визначається за формулою

$$S_{nv} = \beta \cdot B, \quad (2.71)$$

де B — ширина кола, мм;
 β — коефіцієнт шліфування.

Величину β можна прийняти за паспортом верстата. Коефіцієнт шліфування для попередньої обробки $\beta=0,4 - 0,7$, а для остаточної — $\beta=0,25 - 0,35$.

Швидкість деталі й кола. Швидкість переміщення деталі визначається за формулою, м/хв,

$$V_d = \frac{C_v}{T^{0,7} \times b \times t^{0,75}}, \quad (2.72)$$

де C_v — коефіцієнт, прийнятий: при шліфуванні незагартованої сталі — 15,50; при шліфуванні загартованої сталі — 15,25; при шліфуванні чавуну й мідних сплавів — 15,90;

T — період стійкості кола (30 – 40 хв).

Швидкість V_d повинна перебувати в межах, зазначених у паспорті обраного верстата.

Число подвійних ходів стола:

$$n_{\text{вер}} = \frac{1000 \times V_d}{2L}, \quad (2.73)$$

де L — розрахунковий хід стола, мм.

$$L = l + (20-30), \quad (2.74)$$

де l — довжина поверхні, що шліфується, мм.

Швидкість обертання шліфувального кола, м/с,

$$V_K = \frac{p \times D_K \times n_K}{1000 \times 60}, \quad (2.75)$$

де D_K – діаметр шліфувального кола (за паспортом верстата), мм;

n_K – частота обертання кола (за паспортом верстата), об/хв.

Потужність шліфування. Ефективна потужність шліфування визначається за формулою, кВт,

$$N_e = C_N \times V_D \times S_{ns}^{0,8} \times t^{0,8}, \quad (2.76)$$

де C_N – коефіцієнт, прийнятий при шліфуванні сирої сталі — 0,68; при шліфуванні загартованої сталі — 0,76; при шліфуванні чавуну й мідних сплавів — 1,8.

Потрібна потужність різання, кВт,

$$N_{II} = \frac{N_e}{\eta}, \quad (2.77)$$

де η – ККД верстата (за паспортом).

Коефіцієнт використання верстата за потужністю:

$$K = \frac{N_{II}}{N_{вер}}, \quad (2.78)$$

де $N_{вер}$ – потужність електродвигуна верстата (за паспортом), кВт.

Основний технологічний час при плоскому шліфуванні з подвійним ходом стола визначається за формулою, хв,

$$T_o = \frac{2L \times H \times h \times K}{S_{ns} \times n_K \times S_{non} \times t}, \quad (2.79)$$

де H – ширина шліфування, мм;

h – допуск на обробку, мм;

S_{non} – поперечна подача, мм/под. хід. При звичайному шліфуванні $S_{non}=0,005 - 0,10$ мм/под. хід. При чистовому — $S_{non}=0,003 - 0,005$ мм/под. хід;

K – коефіцієнт, що враховує точність шліфування й зношування кола. При звичайному шліфуванні $K=1,2 - 1,4$, а при чистовому $K=1,3 - 1,7$.

2.7 Протягання

Протягання використовується для формування таких стандартних елементів деталей, як шліцьові пази, шпонкові канавки, квадрати або багатогранники під гайкові ключі, круглі й прямокутні отвори тощо.

Особливість протягання полягає в тому, що при цьому виді обробки відсутній рух подачі, тому що вона закладена в конструкції самого інструменту: різниця висот зубів протяжки або напіврізниця діаметрів кожної пари суміжних робочих зубів дає величину, яка називається подачею на зуб S_z (рисунок 2.6).

Розрізняють внутрішнє й зовнішнє протягання. При *внутрішньому* — формуються отвори різних конфігурацій, а при *зовнішньому* — обробляються площини й фасонні незамкнуті профілі. Протягання здійснюється за допомогою спеціальних інструментів — протяжок, які являють собою багатолезовий інструмент, що має значну довжину (більше 1500 мм). На різальній частині протяжок міститься велика кількість різальних зубів, які розташовані один за одним. При обробці внутрішніх центральносиметричних отворів зуби протяжки мають кільцеву форму відповідного профілю [1, 6, 9, 10, 14].

У процесі різання протяжка протягується через нерухомо закріплену заготовку, яка установлена на пристрої стола протяжного верстата, й тим самим формує необхідні елементи деталі.

У таблиці А.48 наведені паспортні дані деяких типів протяжних верстатів.

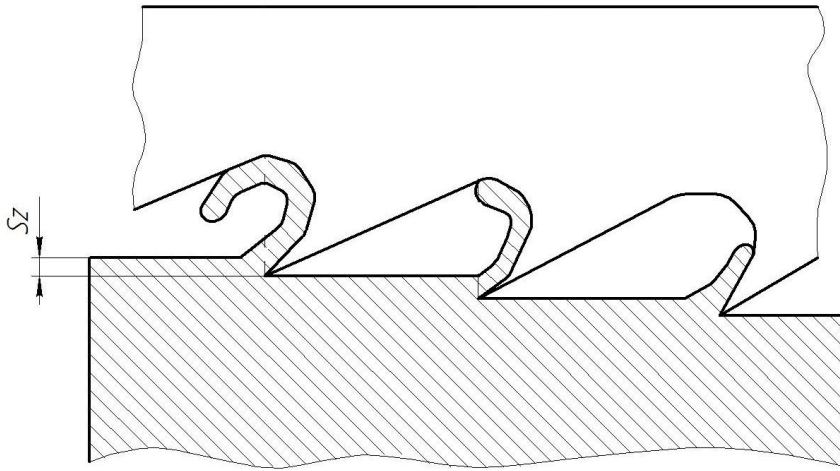


Рисунок 2.6 – Схема зрізання припуску при обробці протяганням

Подача. При протяганні товщина шару, що зрізується, дорівнює різниці між висотами сусідніх зубів протяжки, що називається подачею на зуб S_z , що звичайно приймається $S_z=0,1 - 0,2$ мм.

У таблиці А.39 наведені рекомендовані подачі, що залежать від матеріалу й умов різання.

Швидкість різання V_p , м/хв, визначається за формулою

$$V_p = \frac{C_v}{T^m \times S_z^y}, \quad (2.80)$$

де T – період стійкості протяжки, хв (приймається в межах 106 – 500 хв);

C_v – коефіцієнт, що залежить від якості оброблюваного матеріалу, умов різання, матеріалу різальної частини інструменту тощо.

Значення C_v і показників степеня m , y наведені в таблиці А.40.

Величина V_p повинна перебувати в межах інтервалу швидкості, зазначених у паспорті обраного верстата.

Сила різання P_z , Н при протяганні визначається за формулою

$$P_z = P \cdot \Sigma B \cdot K, \quad (2.81)$$

де P – сила різання, яка припадає на 1 мм довжини різальної кромки зуба протяжки, Н·мм (таблиця А.41);

ΣB – найбільша сумарна довжина кромки усіх одночасно ріжучих зубів, мм;

K – поправковий коефіцієнт.

$$\Sigma B = b \cdot Z_p, \quad (2.82)$$

де B – периметр різання, мм;

Z_p – найбільше число одночасно ріжучих зубів:

$$Z_p = \frac{l}{t}, \quad (2.83)$$

де l – довжина поверхні, яка обробляється, мм;

t – крок різальних зубів протяжки (рисунок 2.6).

Поправковий коефіцієнт K , що враховує вплив геометрії протяжки, зношування різальної частини, умови різання, визначається так:

$$K = K_\alpha \cdot K_\gamma \cdot K_h \cdot K_o, \quad (2.84)$$

де K_α , K_γ – коефіцієнти, що враховують вплив переднього й заднього кутів протяжки (таблиця А.42);

K_h – коефіцієнт, що враховує вплив зношування зубів протяжки. При відсутності зношування $K_h=1$. При зношуванні до 0,3 мм $K_h=1,15$. При зношуванні зубів понад 0,3 мм $K_h=1,75$;

K_o – коефіцієнт, що враховує охолодження зони різання.

При роботі без охолодження $K_o=1,34$; з охолодженням — $K_o=1,0$.

Значення розрахованої сили P_z повинне бути менше від номінальної тягової сили обраного верстата.

Потужність протягання. Ефективна потужність, кВт,

$$N_e = \frac{P_z \cdot V_p}{1020 \cdot 60}, \quad (2.85)$$

Потрібна потужність, кВт,

$$N_n = \frac{N_e}{h}, \quad (2.86)$$

де η – ККД верстата (за паспортними даними).

Основний технологічний час визначається за формулою, хв,

$$T_o = \frac{L \times K}{1000 \times V_p}, \quad (2.87)$$

де L – довжина робочого ходу протяжки, мм;

K – коефіцієнт, що враховує зворотний хід; $K=1,4 - 1,5$.

$$L = l + l_p + l_k + l_l, \quad (2.88)$$

де l – креслярська довжина поверхні, що протягується, мм;

l_p – довжина різальної частини протяжки, мм;

l_k – довжина калібрувальної частини протяжки, мм;

l_l – довжина перепробігу протяжки, $l_l=10-20$ мм.

$$l_p = \frac{h}{2S} + (2 - 4) t_p, \quad (2.89)$$

де h – допуск на обробку, мм;

t_p – крок різальних зубів протяжки, мм.

$$L_k = Z_k \cdot t_k, \quad (2.90)$$

де Z_k – число калібрувальних зубів протяжки, $Z_k=4-8$;

t_k – крок калібрувальних зубів протяжки, мм.

3 НОРМУВАННЯ РОБІТ ПРИ МЕХАНІЧНІЙ ОБРОБЦІ

Для нормування верстатних робіт установлюються вихідні дані, які необхідні для розрахунків трудомісткості виготовлення або ремонту виробу.

Трудомісткістю виробу, люд.·год, називають час, який витрачений на його виготовлення або ремонт. Розрахункова трудомісткість включає в себе весь нормований за технологічним процесом час обробки на верстатах і ручних операціях.

При виконанні технічно обґрунтованих норм праці на механічну обробку деталі приймаються усереднені розміри зносу (глибина, ширина, довжина).

При розробленні технологічного процесу ремонту деталей вагонів на металорізальних верстатах розраховується норма штучного часу, у яку входить основний, допоміжний, підготовчо-заключний час, час на обслуговування робочого місця та час перерв на відпочинок та особисті потреби.

Норма штучного часу на механічну обробку, хв,

$$T_{шт} = T_o + T_{доп} + T_{пз} + T_{обс} + T_{пер}, \quad (3.1)$$

де T_o – основний механічний (машинний) час, хв;

$T_{доп}$ – допоміжний час (додаток Б), хв;

$T_{пз}$ – підготовчо-заключний час (додаток Б), хв;

$T_{обс}$ – час організаційного та технічного обслуговування робочого місця, хв;

$T_{пер}$ – час перерв на відпочинок та особисті потреби, хв.

Основний час – це час, який безпосередньо витрачається на процес різання, підраховується для кожного переходу.

Оперативним називається час, який витрачається робітником (бригадою) щодо зміни форми, розмірів, властивостей або положення у просторі предмета праці, а також на виконання допоміжних дій, необхідних для цього (наприклад вимірювання). Він поділяється на основний та допоміжний.

Оперативний час на механічну обробку визначається за формулою, хв,

$$T_{оп} = T_o + T_{доп}. \quad (3.2)$$

Основним T_o називається час, який витрачається робітником на якісну або кількісну зміну предмета праці: його зовнішнього

вигляду, форми, розмірів, положення у просторі, властивостей або складу.

Допоміжним $T_{дон}$ називається час, який витрачається на дію, яка забезпечує створення умов для здійснення основної роботи. У більшості випадків дія виконується вручну та періодично повторюється при виконанні операцій. До допоміжного часу відносять витрати часу на: забезпечення машин і обладнання сировиною та напівфабрикатами; вивантажування та знімання готової продукції; переміщення виробу (деталі) у процесі його виготовлення у межах робочої зони; контроль за якістю продукції, що виготовляється; здійснення робітником пересувань (переходів), які необхідні для виконання операцій; вимірювання предметів праці під час роботи тощо.

Слід мати на увазі, що допоміжний час, хв, для верстатних робіт визначають за декількома таблицями додатка Б ($T_{дон} = T_{дон1} + T_{дон2} + T_{дон3}$) в залежності від кількості операцій, які виконуються (токарна, свердлильна, фрезерна тощо).

До підготовчо-заключного часу $T_{пз}$ належить час, який робітник (або бригада робітників) витрачає на підготування до виконання заданої роботи та дії, що пов'язані з її закінченням (додаток Б). Особливістю підготовчо-заключного часу є те, що його тривалість не залежить від обсягу роботи, яка виконується за даним завданням (нарядом).

Підготовчо-заключний час передбачає витрати часу на такі роботи:

- 1) отримання виробничого завдання, інструменту, деталей;
- 2) ознайомлення з кресленнями, технологічною картою, інструкціями, технічними умовами;
- 3) підготовлення пристроїв та робочого місця до роботи;
- 4) встановлення та прибирання огорожень при роботі в інших завданнях;
- 5) налагодження обладнання та початок виконання роботи;
- 6) здавання роботи, прибирання робочого місця.

Тривалість підготовчо-заключного часу залежить від місцевих умов роботи та при його розрахунку враховується:

- а) проста робота, що не потребує підготовки пристроїв та ознайомлення з кресленнями або технологією — 10 хв;

б) робота середньої складності, яка потребує підготовки пристроїв, ознайомлення з технологічною документацією, — 17 хв;

в) складна робота, яка потребує підготовки спеціального обладнання, заходів для зменшення можливих дефектів деталі при зварюванні, ознайомлення з технологією, — 24 хв.

Часом обслуговування робочого місця $T_{обс}$ називається час, який витрачається на дії, пов'язані з доглядом за обладнанням і утриманням робочого місця у стані, що забезпечує продуктивну і безпечну працю робітників. Час обслуговування робочого місця поділяється на час технічного та організаційного обслуговування. Час на обслуговування $T_{обс}$ приймається 2 – 5 % від $T_{он}$.

До часу перерв на відпочинок та особисті потреби $T_{пер}$ належить час короткочасних перерв у процесі роботи, які необхідні для відпочинку робітника, а також час, що використовує робітник на особисту гігієну тощо. Час *перерв на відпочинок та особисті потреби $T_{воп}$* приймається 2 % від $T_{он}$.

Штучно-калькуляційний час, хв, визначається за формулою

$$T_{штк} = T_{шт} + \frac{T_{нз}}{N}, \quad (3.3)$$

де $T_{шт}$ – штучний час, хв;

$T_{нз}$ – підготовчо-заключний час, хв;

N – норма виробітку деталей за зміну, шт.

Норма виробітку за зміну визначається за формулою, шт,

$$N = \frac{F - T_{нз}}{T_{шт}}, \quad (3.4)$$

де F – фонд робочого часу за зміну, $F=480 - 490$ хв.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Бабенко, Э. Г. Расчет режимов резания при механической обработке металлов и сплавов [Текст]: метод. пособие / Э. Г. Бабенко. — Хабаровськ, 1997. — 65 с.

2 Борзилов, І. Д. Технологія технічного обслуговування та ремонту вагонів [Текст]: підручник / І. Д. Борзилов. — Харків: УкрДАЗТ, 2003. — Т. 1. — 246 с.

3 Борзилов, І. Д. Основи експлуатації та відновлення вагонів [Текст]: конспект лекцій / І. Д. Борзилов, В. Г. Равлюк, К. В. Шевченко. — Харків: УкрДАЗТ, 2009. — 66 с.

4 Механическая обработка материалов [Текст]: учебник / А.М. Дамский, В. С. Гаврилюк, А. Н. Бухаркин и [др.]. — М.: Машиностроение, 1981. — 263 с.

5 Журавльов, В. Н. Машиностроительные стали [Текст]: справочник / В. Н. Журавльов, О.И. Николаева. — М.: Машиностроение, 1992. — 480 с.

6 Равлюк, В.Г. Завдання та методичні рекомендації до виконання самостійної (контрольної) роботи з дисципліни «Основи експлуатації та відновлення вагонів» [Текст]: метод. вказівки / В. Г. Равлюк. — Харків: УкрДАЗТ, 2013. — 53 с.

7 Інструкція оглядачу вагонів [Текст]: ЦВ-0043: затв. наказом Укрзалізниці №737-Ц від 28.12.2001. — Вид. офіц. — К., 2002. — 186 с.

8 Кулагин, Н. Н. Нормирование труда на железнодорожном транспорте [Текст]: учебник / Н. Н. Кулагин. — 5-е изд., перераб. и доп. — М.: Транспорт, 1985. — 320 с.

9 Мартинов, І.Е. Вагоноремонтні машини та обладнання [Текст]: навч. посібник / І.Е. Мартинов, В.Г. Равлюк. — Харків: УкрДАЗТ, 2012. — Ч. 1. — 156 с.

10 Мартинов, І.Е. Вагоноремонтні машини та обладнання [Текст]: навч. посібник / І.Е. Мартинов, В.Г. Равлюк. — Харків: УкрДАЗТ, 2013. — Ч. 2. — 114 с.

11 Технология производства и ремонта вагонов [Текст]: учебник / К. В. Мотовилов, В. С. Лукашук, В. Ф. Криворудченко, А. А. Петров; под общ. ред. К. В. Мотовилова. — М.: Маршрут, 2003. — 382 с.

12 Панов, А.А. Обработка металлов резанием [Текст]: справочник технолога / А. А. Панов, В. В. Аникин, Н.Г. Бойм; под общ. ред. А. А. Панова. — М.: Машиностроение, 1988. — 736 с.

13 Студентська навчальна звітність. Текстова частина (пояснювальна записка). Загальні вимоги до побудови, викладення та оформлення [Текст]: метод. вказівки / Л. М. Козар, Є. В. Коновалов, О. А. Лапко [та ін.]. — Харків : УкрДАЗТ, 2014. — 55 с.

14 Уткин, Н. Ф. Приспособление для механической обработки [Текст]: учебник / Н. Ф. Уткин. — Л.: Лениздат, 1969. - 298 с.

15 Шатин, В. П. Справочник конструктора инструментальщика [Текст]: справочник / В. П. Шатин, Ю. В. Шатин. — М.: Машиностроение, 1975. — 456 с.

Додаток А (обов'язковий)

Таблиця А.1 – Рекомендовані галузі застосування швидкорізальних сталей

Марка сталі	Властивості	Галузь застосування
P9	Задовільна міцність, підвищена зносостійкість при середніх і підвищених швидкостях різання, підвищена пластичність при температурах гарячої деформації	Інструмент простої форми з малим обсягом шліфованих поверхонь (різці, свердла, зенкери й ін.) для обробки звичайних конструкційних матеріалів
P18	Задовільна міцність, підвищена зносостійкість при малих і середніх швидкостях різання	Різальний інструмент усіх видів, у тому числі й для обробки конструкційних матеріалів в умовах динамічних навантажень. Для фасонних і складних інструментів, для яких основною вимогою є висока зносостійкість
P6M5, P9M4, P6M3, P8M3	Підвищена міцність, підвищена схильність до вигорання молібдену	Різальний інструмент усіх видів, у тому числі й для обробки конструкційних матеріалів в умовах динамічних навантажень. Для фасонних і складних інструментів, для яких основною вимогою є висока зносостійкість
P9Ф5, P14Ф4, P12Ф5М, 10P8МЗ, P12Ф3	Підвищена зносостійкість при низьких і середніх швидкостях різання	Для зняття стружки невеликого перерізу; для обробки матеріалів, що мають абразивні властивості в умовах нормального розігріву різальної кромки
P18K5Ф2, P6M5K5, P10Ф5K5, P8M3K6С, P12M3Ф2K8	Підвищені вторинна твердість і зносостійкість	Для обробки високоміцних, корозійностійких і жароміцних сталей і сплавів в умовах підвищеного нагрівання різальної кромки
V1Ш7K23, V3M12DK23, V18M7K25, 18M4K25, 25У20K25ХФ, 3В20K16ХФ	Підвищена вторинна твердість, висока зносостійкість	Для обробки титанових сплавів, високоміцних, корозійностійких і жароміцних сталей; матеріалів, що мають абразивні властивості в умовах підвищеного нагрівання різальної кромки

Таблиця А.2 – Рекомендовані галузі застосування твердих сплавів

Вид обробки	Матеріал, що обробляється								
	Сталі				Сплави			Чавуни	
	вуглецеві	леговані	інструментальні	корозійностійкі	жароміцні	тугоплавкі	кольорові	із НВ до 2400	із НВ більше 2400
Точіння, фрезерування, стругання:									
чистове	T30K4 T15K6 T5K10	T30K4 T14K8 T5K10	BK3M BK3	BK6M T15K6	BK6M BK6OM	BK3M BK6M	BK6M T18K6	BK6M BK8	BK3M BK3 BK6M
чорнове	T5K10 T5K12 TT7K12 TT10K8	T14K8 T5K10 TT10K8 T6K12	BK6 T14K8 BK8 T5K10	BK6M BK8 BK100M TT7K12	BK4 BK6 BK8 BK150M	BK8 BK100M BK150M BK6M	BK6 BK8 TT8K6 BK6M	BK6 BK6M BK8	BK6 BK8 T18K6 BK100M
Свердління отворів									
$I < 5D$	T5K10 BK8 T14K8	T5K10 BK10M BK8	BK8 BK10M	T5K12 BK8 BK100M	BK8 BK10M BK100M	BK8 BK6M BK100M	BK4 BK6M	BK4 BK6 BK8	BK8 BK10 BK6M
$I > 5D$	T5K12 BK8	T5K12 BK8	T5K12 BK8	T5K12 BK8	BK8 BK100M	BK6OM BK8	BK4 BK6M	BK6 TT8K6	BK8 TT8K6

Таблиця А.3 – Рекомендовані подачі при чорновому зовнішньому точінні

Діаметр деталі, мм	Розмір державки різця, мм	Матеріал, що обробляється					
		Сталь				Чавун і мідні сплави	
		Подача S , мм/об, при глибині різання t , мм					
		до 3	від 3 до 5	від 5 до 8	до 3	від 3 до 5	від 5 до 8
До 20	Від 16x25 до 25x25	0,3 – 0,4	-	-	-	-	-
20 – 40	Від 16x25 до 25x25	0,4 – 0,5	0,3 – 0,4	-	0,4 – 0,5	-	-
40 – 60	Від 16x25 до 25x40	0,5 – 0,9	0,4 – 0,8	0,3 – 0,7	0,6 – 0,9	0,5 – 0,8	0,4 – 0,7
60 – 100	Від 16x25 до 25x40	0,6 – 1,2	0,5 – 1,1	0,5 – 0,9	0,8 – 1,4	0,7 – 1,2	0,6 – 1,0
100 – 400	Від 16x25 до 25x40	0,8 – 1,3	0,7 – 1,2	0,6 – 1,0	1,0 – 1,5	0,8 – 1,3	0,8 – 1,1

Примітки

1 При обробці перервних поверхонь і при роботі з ударними навантаженнями табличні значення подач варто зменшувати на 15 – 25 %.

2 При обробці загартованих сталей з HRC 44-56 табличні значення необхідно зменшувати і множити на коефіцієнт 0,8; для сталей з HRC 57-62 – на коефіцієнт 0,5.

Таблиця А.4 - Рекомендовані подачі при чорновому розточуванні

Діаметр круглого перерізу різця або розміри прямо- кутного перерізу державки	Матеріал, що обробляється							
	Сталь				Чавун і мідні сплави			
	Подача S , мм/об, при глибині різання t , мм							
	2	3	5	8	2	3	5	8
10	0,08	-	-	-	0,12- 0,16	-	-	-
12	0,10	0,08	-	-	0,12- 0,20	0,12- 0,18	-	-
16	0,10- 0,20	0,15	0,10	-	0,20- 0,30	0,15- 0,25	0,10- 0,18	-
20	0,30- 0,50	0,15- 0,25	0,12	-	0,30- 0,40	0,25- 0,35	0,12- 0,25	-
30	0,40- 0,70	0,20- 0,50	0,12- 0,30	-	0,50- 0,80	0,40- 0,60	0,25- 0,45	-
40		0,25- 0,60	0,15- 0,40	-	-	0,60- 0,80	0,30- 0,80	-
40*40		0,40- 0,70	0,30- 0,60	-	-	0,60- 0,90	0,40- 0,70	0,30-0,40
60*60		0,70- 1,0	0,50- 0,8	0,40- 0,70	-	0,90- 1,2	0,70- 0,90	0,50-0,70

Примітки

1 При обробці жароміцних сталей і сплавів подачі більше 1 мм/об не застосовувати.

2 При обробці перервних поверхонь і при роботі з ударами табличні значення подач варто зменшувати на 15 – 25 %.

3 При обробці загартованих сталей з HRC 44-56 значення подач потрібно зменшувати, множачи на коефіцієнт 0,8; а з HRC 57-62 – на коефіцієнт 0,5.

Таблиця А.5 – Рекомендовані подачі при чистовому точінні

Шорсткість обробленої поверхні		Радіус при вершині різця, мм					
R_a	R_z	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4
0,63	-	0,07	0,10	0,12	0,14	0,15	0,17
1,25	-	0,10	0,13	0,16	0,19	0,21	0,23
2,5	-	0,14	0,20	0,25	0,29	0,32	0,35
	20	0,25	0,33	0,42	0,49	0,55	0,60
	40	0,35	0,51	0,63	0,72	0,80	0,87
	80	0,47	0,66	0,81	0,94	1,04	1,14

Примітка – Подачі наведені для обробки сталей з $\sigma_s=700-900$ МПа і чавунів. Для сталей з $\sigma_s= 500-700$ МПа значення подачі необхідно помножити на коефіцієнт $K_s=0,45$, а для сталей з $\sigma_s = 900-1100$ МПа – на коефіцієнт $K_s=1,25$.

Таблиця А.6 – Рекомендовані подачі при прорізанні пазів і відрізанні

Діаметр деталі, що обробляється, мм	Ширина різальної кромки різця, мм	Матеріал, що обробляється	
		Сталі	Чавуни, мідні й алюмінієві сплави
До 20	3	0,06 – 0,08	0,11 – 0,14
20 – 40	3 – 4	0,10 – 0,12	0,16 – 0,19
40 – 60	4 – 5	0,13 – 0,16	0,20 – 0,24
60 – 100	5 – 8	0,16 – 0,23	0,24 – 0,32
100 – 150	6 – 10	0,18 – 0,26	0,30 – 0,40

Примітка – Для загартованої конструкційної сталі табличні значення подач необхідно зменшити на 30 % при HRC<50 і на 50 % при HRC>50.

Таблиця А.7 – Значення коефіцієнта C_v і показників степеня m , x , y при точінні

Вид обробки	Матеріал різальної частини різця	Подача	Коефіцієнт C_v і показники			
			C_v	x	y	m
Обробка конструкційної сталі						
Точіння	Твердий сплав	$S<0,3$	420	0,15	0,20	0,20
		$S=0,3-0,7$	350	0,15	0,35	0,20
		$S>0,7$	340	0,15	0,45	0,20
Відрізання	Твердий сплав	-	47,0	-	0,80	0,20
	Швидкорізальна сталь	-	23,7	-	0,66	0,25
Обробка сірого чавуну						
Точіння	Твердий сплав	$S\leq 0,40$	292	0,15	0,20	0,20
		$S>0,40$	243	0,15	0,40	0,20
Відрізання	Твердий сплав	-	68,5	-	0,40	0,20
Обробка ковкого чавуну						
Точіння	Твердий сплав	$S\leq 0,40$	317	0,15	0,20	0,20
		$S>0,40$	215	0,15	0,45	0,20
Відрізання	Твердий сплав	-	86	-	0,40	0,20
Обробка мідних сплавів						
Точіння	Швидкорізальна сталь	$S\leq 0,20$	270	0,12	0,25	0,23
		$S>0,20$	182	0,12	0,30	0,23
Обробка алюмінієвих сплавів						
Точіння	Швидкорізальна сталь	$S\leq 0,20$	485	0,12	0,25	0,28
		$S>0,20$	328	0,12	0,50	0,28

Таблиця А.8 – Значення показників ступеня n_v

Матеріал, що обробляється	Показники ступеня n_v при обробці					
	різцями		свердлами, зенкерами, розвертками		фрезами	
	зі швидко-різальної сталі	із твердого сплаву	зі швидко-різальної сталі	із твердого сплаву	зі швидко-різальної сталі	із твердого сплаву
Сталь: вуглецева ($C \leq 0,6 \%$)						
$\sigma_s < 450$ МПа	-1,0	1,0	-0,9	1,0	-0,9	1,0
$\sigma_s = 450-550$ МПа	1,75	1,0	-0,9	1,0	-0,9	1,0
$\sigma_s > 550$	1,75	1,0	0,9	1,0	0,9	1,0
вуглецева ($C > 0,6 \%$)	1,5	1,0	0,9	1,0	1,35	1,0
хромонікелева	1,25	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0
хромомарганцевиста, хромокремнієва, хромокремніємарганцевиста, хромонікельмолібденова, хромованадієва	1,25	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0
марганцевиста	1,50	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0
хромонікельванадієва, хромомолібденова, хромоалюмінієва, хромонікельванадієва	1,25	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0
Чавун: сірий	1,70	1,25	1,3	1,3	0,95	1,25
ковкий	1,30	1,25	1,3	1,3	0,85	1,25

Таблиця А.9 – Значення поправкового коефіцієнта K_{nv}

Стан поверхні заготовки					
без шкірки	зі шкіркою				
	Прокат	Кування	Сталеві й чавунні виливки при шкірці		Мідні й алюмінієві сплави
			нормальній	сильнозабрудненій	
1,0	0,9	0,8	0,80-0,85	0,50-0,60	0,90

Таблиця А.10 – Значення поправкового коефіцієнта K_{uv}

Матеріал, що обробляється	Значення K_{uv} залежно від марки інструментального матеріалу						
	T5K12B	T5K10	P18	T15K6	P6M5	T30K4	BK8
Сталь конструкційна	0,75	0,65	0,8	1,05	1,15	1,4	0,4
Сталь загартована	HRC 35 - 50				HRC 51 - 62		
	T15K6	T30K4	BK6	BK8	BK4	BK6	BK8
	1,0	1,25	0,85	0,83	1,0	0,92	0,74
Сірий і ковкий чавун	BK8	BK6	BK4	BK3	-	P18	P6M3
	0,83	1,0	1,10	1,15	-	0,95	0,9
Мідні й алюмінієві сплави	P6M5	BK4	BK6	9XC	XBG	B12A	-
	1,0	2,5	2,7	0,6	0,6	0,5	-

Таблиця А.11 – Значення коефіцієнтів K_ϕ і K_r

Головний кут у плані ϕ°	Коефіцієнт K_ϕ	Радіус при вершині різця r , мм	Коефіцієнт K_r
20	1,4	1	0,94
40	1,2	2	1,0
45	1,0	3	1,03
60	0,9	-	-
75	0,8	5	1,13
90	0,7	-	1

Таблиця А.12 – Значення коефіцієнта C_p і показників степеня

Матеріал, що обробляється	Матеріал різця	Вид обробки	Коефіцієнт C_p і показники степеня											
			тангенціального P_z				радіального P_y				осьового P_x			
			C_p	x	y	n	C_p	x	y	n	C_p	x	y	n
Конструкційна сталь	Твердий сплав	Зовнішнє точіння й розточування	300	1,0	0,75	0,15	243	0,9	0,6	-0,3	339	1,0	0,5	-0,4
		Відрізання й прорізування	408	0,72	0,8	0	173	0,73	0,67	0	-	-	-	
	Швидко-різальна сталь	Зовнішнє точіння й розточування	200	1,0	0,75	0	125	0,9	0,75	0	67	1,2	0,65	0
		Відрізання й прорізування	247	1,0	1,0	0								
Сірий чавун	Твердий сплав	Зовнішнє точіння й розточування	92	1,0	0,75	0	54	0,9	0,75	0	46	1,0	0,4	0
	Швидко-різальна сталь	Відрізання й прорізування	158	1,0	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ковкий чавун	Твердий сплав	Зовнішнє точіння й розточування	81	1,0	0,75	0	43	0,9	0,75	0	38	1,0	0,4	0
		Відрізання й прорізування	139	1,0	1,0									
Мідні сплави	Швидко-різальна сталь	Зовнішнє точіння й розточування	55	1,0	0,66	0	-	-	-	-	-	-	-	-
		Відрізання й прорізування	75	1,0	1,0	0								
Алюмінієві сплави		Зовнішнє точіння й розточування	40	1,0	0,75	0								
		Відрізання й прорізування	50	1,0	1,0	-								

Таблиця А.13 – Поправковий коефіцієнт K_{MP} , який враховує вплив якості матеріалу, що обробляється

Матеріал, що обробляється	Розрахункова формула	Показник степеня n при визначенні		
		P_z при обробці різцями	$M_{кр}$ і P_o при свердлінні, розсвердлюванні і зенкуванні	колової сили при фрезеруванні P_z
Конструкційна вуглецева і легована сталь при: $\sigma_s \leq 600$ МПа $\sigma_s > 600$ МПа	$K_{MP} = \frac{\sigma_s}{750} \frac{\sigma_s^n}{\sigma_s^n}$	0,75/0,35	0,75/0,75	0,3
		0,75/0,75	0,75/0,75	0,3
Сірий чавун	$K_{MP} = \frac{HB}{1900} \frac{HB^n}{HB^n}$	0,4/0,55	0,6/0,6	1,0/0,55
Ковкий чавун	$K_{MP} = \frac{HB}{1500} \frac{HB^n}{HB^n}$	0,4/0,55	0,6/0,6	1,0/0,55

Примітки

1 У чисельнику наведені значення показника n для твердих сплавів, у знаменнику – для швидкорізальної сталі.

2 При обробці мідних сплавів із $HB \leq 1200$ варто приймати $K_{MP} = 1,0$, а при $HB > 1200$, $K_{MP} = 0,75$.

3 При обробці алюмінію й силуміну $K_{MP} = 1,0$.

4 При обробці дюралюмінію з $\sigma_s \leq 250$ МПа, тоді $K_{MP} = 1,5$.
Якщо $\sigma_s = 250-350$ МПа, тоді $K_{MP} = 2,0$. У випадку $\sigma_s > 350$ МПа, тоді $K_{MP} = 2,75$.

Таблиця А.14 – Поправкові коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів інструменту на сили різання при обробці сталі й чавуну

Параметри		Матеріал різальної частини інструменту	Поправкові коефіцієнти			
Найменування	Величина		Позначення	Величина коефіцієнта для складових		
				P_z	P_y	P_x
Головний кут у плані φ°	30	Твердий сплав	$K_{\varphi p}$	1,08	1,30	0,78
	45			1,00	1,00	1,00
	60			0,94	0,77	1,11
	90			0,89	0,50	1,17
	30	Швидкорізальна сталь		1,08	1,63	0,70
	45			1,00	1,00	1,00
	60			0,98	0,71	1,27
	90			1,08	0,44	1,32
Передній кут γ°	-15	Твердий сплав	$K_{\gamma p}$	1,25	2,0	2,00
	0			1,10	1,40	1,40
	10			1,00	1,00	1,00
	12 - 15 20 - 25	Швидкорізальна сталь		1,15	1,60	1,70
	1,00		1,00	1,00		
Кут нахилу головної різальної кромки λ°	-5	Твердий сплав	$K_{\lambda p}$	1,00	0,75	1,07
	0			0,98	1,00	1,00
	5			0,96	1,25	0,85
	15			0,92	1,70	0,65
	-5	Швидкорізальна сталь		1,10	0,98	0,97
	0			0,98	1,00	0,96
	5			0,97	1,00	1,00

Таблиця А.15 – Рекомендовані подачі S , мм/об, при свердлінні зі швидкорізальної сталі

Діаметр свердла D , мм	Сталь				Чавун, мідні й алюмінієві сплави	
	НВ<1600	НВ 1600- 2400	НВ 2400- 3000	НВ>3000	НВ≤1700	НВ>1700
2 - 4	0,09 - 0,13	0,08 - 0,10	0,06 - 0,07	0,04 - 0,06	0,12 - 0,18	0,09 - 0,12
4 - 6	0,13 - 0,19	0,10 - 0,15	0,07 - 0,11	0,06 - 0,09	0,18 - 0,27	0,12 - 0,18
6 - 8	0,19 - 0,26	0,15 - 0,20	0,11 - 0,14	0,09 - 0,12	0,27 - 0,36	0,18 - 0,24
8 - 10	0,26 - 0,32	0,20 - 0,25	0,14 - 0,17	0,12 - 0,15	0,36 - 0,45	0,24 - 0,31
10 - 12	0,32 - 0,36	0,25 - 0,28	0,17 - 0,20	0,15 - 0,17	0,45 - 0,55	0,31 - 0,35
12 - 16	0,36 - 0,43	0,28 - 0,33	0,20 - 0,23	0,17 - 0,20	0,55 - 0,66	0,35 - 0,41
16 - 20	0,43 - 0,49	0,33 - 0,38	0,23 - 0,27	0,20 - 0,23	0,66 - 0,76	0,41 - 0,47
20 - 25	0,49 - 0,58	0,38 - 0,43	0,27 - 0,32	0,23 - 0,26	0,76 - 0,89	0,47 - 0,54
25 - 30	0,43 - 0,48	0,43 - 0,48	0,32 - 0,35	0,26 - 0,29	0,89 - 0,96	0,54 - 0,60
30 - 40	0,48 - 0,58	0,48 - 0,58	0,35 - 0,42	0,29 - 0,35	0,96 - 1,19	0,60 - 0,71
40 - 50	0,58 - 0,66	0,58 - 0,66	0,42 - 0,48	0,35 - 0,40	1,19 - 1,36	0,71 - 0,81

Примітка – При використанні свердел з різальною частиною із твердого сплаву наведені значення подач необхідно множити на коефіцієнт 0,6.

Таблиця А.16 – Рекомендовані подачі S , мм/об, при обробці отворів зенкерами зі швидкорізальної сталі й твердого сплаву

Матеріал, що обробляється	Діаметр зенкера D , мм						
	До 15	Від 15 до 20	Від 20 до 25	Від 25 до 30	Від 30 до 35	Від 35 до 40	Від 40 до 50
Сталь	0,5 - 0,6	0,6 - 0,7	0,7 - 0,9	0,8 - 1,0	0,9 - 1,1	0,9 - 1,2	1,0 - 1,3
Чавун, $HB \leq 2000$ і мідні сплави	0,7 - 0,9	0,9 - 1,1	1,0 - 1,2	1,1 - 1,3	1,2 - 1,5	1,4 - 1,7	1,6 - 2,0
Чавун, $HB > 2000$	0,5 - 0,6	0,6 - 0,7	0,7 - 0,8	0,8 - 0,9	0,9 - 1,1	1,0 - 1,2	1,2 - 1,4

Примітка - При зенкуванні глухих отворів подача не повинна перевищувати 0,3 - 0,6 мм/об.

Таблиця А.17 – Рекомендовані подачі S , мм/об, при чорновому розгорненні отворів розвертками зі швидкорізальної сталі

Матеріал, що обробляється	Діаметр розвертки D , мм							
	До 10	Від 10 до 15	Від 15 до 20	Від 20 до 25	Від 25 до 30	Від 30 до 35	Від 35 до 40	Від 40 до 50
Сталь	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
Чавун, $HB \leq 2000$ і мідні сплави	2,2	2,4	2,6	2,7	3,1	3,2	3,4	3,8
Чавун, $HB > 2000$	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	2,7	3,1

Примітки

1 При чистовому розгорненні подачу варто зменшувати і множити на коефіцієнт $K_{Is}=0,75$.

2 При використанні розверток з різальною частиною з твердого сплаву подачу необхідно зменшувати і множити на коефіцієнт $K_{Is}=0,7$.

3 При розгорненні глухих отворів подача не повинна перевищувати значень 0,2 - 0,5 мм/об.

Таблиця А.18 – Значення C_v і показників степеня для визначення швидкості різання при свердлінні

Матеріал, що обробляється	Матеріал різальної частини інструмента	Подача S , мм/об	C_v і показники степеня			
			C_v	q	y	m
Сталь конструкційна, $\sigma_B=750$ МПа	Швидкорізальна сталь	$\leq 0,2$	7,0	0,4	0,7	0,2
		$> 0,2$	9,8		0,5	
Чавун сірий		$\leq 0,3$	14,7	0,25	0,55	0,125
		$> 0,3$	17,1		0,4	
	Твердий сплав	-	34,2	0,45	0,3	0,2
Мідні сплави	Швидкорізальна сталь	$\leq 0,3$	28,1	0,25	0,55	0,125
		$> 0,3$	32,6		0,40	
Алюмінієві сплави		$\leq 0,3$	36,3	0,25	0,55	0,125
		$> 0,3$	40,7		0,40	

Примітка – Наведені в таблиці параметри для сверделел зі швидкорізальної сталі відповідають їх подвійному заточенню й підгостреній перемишці. При одинарному заточенні розраховану швидкість різання необхідно зменшити, помноживши на коефіцієнт $K_{3v}=0,75$.

Таблиця А.19 – Значення C_v і показники степеня для визначення швидкості різання при розсвердлюванні, зенкуванні й розгортанні

Матеріал, що обробляється	Вид обробки	Матеріал інструменту	Коефіцієнт C_v і показники степеня				
			C_v	q	x	y	m
Конструкційна вуглецева сталь	Розсвердлювання	Швидкорізальна сталь	16,2	0,4	0,2	0,5	0,2
		Твердий сплав	10,8	0,6	-	0,3	0,25
	Зенкування	Швидкорізальна сталь	16,3	0,3	-	0,5	0,3
		Твердий сплав	18,0	0,6	-	0,3	0,25
	Розгорнення	Швидкорізальна сталь	10,5	0,3	0,2	0,65	0,4
		Твердий сплав	0,6	0,3	0,05	0,65	1
Чавун сірий конструкційний	Розсвердлювання	Швидкорізальна сталь	23,4	0,25	0,1	0,4	0,125
		Твердий сплав	56,9	0,5	0,15	0,45	0,4
	Зенкування	Швидкорізальна сталь	18,8	0,2	0,1	0,4	0,125
		Твердий сплав	105,0	0,4	0,15	0,45	0,4
	Розгорнення	Швидкорізальна сталь	15,6	0,2	0,1	0,5	0,4
		Твердий сплав	109,0	0,2	0,15	0,5	0,45

Таблиця А.20 – Середні значення періоду стійкості T , хв., свердел, зенкерів і розверток

Інструмент (операція)	Матеріал, що обробляється	Матеріал інструмента	T , хв, при діаметрі інструмента					
			до 5	6-10	11-20	21-30	31-40	41-50
Свердло (свердління й розсвердлювання)	Конструкційна вуглецева й легована сталь	Швидкорізальна сталь	15	25	45	50	70	90
		Твердий сплав	8,0	15	20	25	35	45
Свердло (свердління й розсвердлювання)	Чавун, мідні й алюмінієві сплави	Швидкорізальна сталь	20	25	60	75	105	140
		Твердий сплав	15	25	45	50	70	90
Зенкер (зенкування)	Конструкційна вуглецева й легована сталь, чавун	Швидкорізальна сталь і твердий сплав	-	-	30	40	50	60
Розвертка (розгорнення)	Конструкційна вуглецева й легована сталь	Швидкорізальна сталь	-	25	40	80	80	120
		Твердий сплав	-	20	30	50	70	90
	Сірий і ковкий чавун	Швидкорізальна сталь	-	-	60	120	120	180
		Твердий сплав	-	-	45	75	105	135

Таблиця А.21 – Значення показників і коефіцієнтів у формулах $M_{кр}$ і P_o при свердлінні, розсвердлюванні й зенкуванні матеріалу

Матеріал, що обробляється	Операція	Матеріал інструменту	Коефіцієнти й показники у формулах							
			крутного моменту				осьової сили			
			C_m	q	x	y	C_p	q	x	y
Конструкційна сталь	Свердління	Швидкорізальна сталь	0,034	2,0	-	0,8	68	1,0	-	0,7
	Розсвердлювання та зенкування		0,090	1,0	0,9	0,8	67	-	1,2	0,65
Конструкційний чавун	Свердління	Твердий сплав	0,012	2,2	-	0,8	42	1,2	-	0,75
	Розсвердлювання та зенкування		0,196	0,85	0,8	0,7	46	-	1,0	0,4
	Свердління	Швидкорізальна сталь	0,021	2,0	-	0,8	42,7	1,0	-	0,8
	Розсвердлювання та зенкування		0,085	-	0,75	0,8	23,5	-	1,2	0,4
Мідні сплави	Свердління	Швидкорізальна сталь	0,012	2,0	-	0,8	31,5	1,0	-	0,8
	Розсвердлювання та зенкування		0,031	0,85	0,75	0,8	17,2	-	1,0	0,4
Алюмінієві сплави	Свердління		0,005	2,0		0,8	9,8	1,0	-	0,7

Примітка – При використанні свердлел з невідгостреною перемичкою осьову силу варто збільшити, зменшуючи на коефіцієнт $K_o=1,33$.

Таблиця А.22 – Подачі при чорновому фрезеруванні торцевими, циліндричними й дисковими фрезами із твердого сплаву

Потужність верстата, кВт	Матеріал, що обробляється			
	Сталь		Чавун і мідні сплави	
	Подача на зуб S_z , мм/зуб, при твердому сплаві			
	T15K6	T5K10	ВК6	ВК8
До 10	0,09 - 0,18	0,12 - 0,18	0,14 - 0,24	0,20 - 0,29
Від 10	0,12 - 0,18	0,16 - 0,24	0,18 - 0,28	0,25 - 0,38

Примітки

1 При використанні циліндричних фрез при $B > 30$ мм табличні значення подач зменшуються на 30 %.

2 Для дискових фрез наведені подачі дійсні при обробці площин і виступів. При фрезеруванні пазів табличні значення подач необхідно зменшити в 2 рази.

Таблиця А.23 – Подачі при чорновому фрезеруванні торцевими, циліндричними й дисковими фрезами зі швидкорізальної сталі

Потужність верстата, кВт	Зуби фрези	Фрези			
		торцеві й дискові		циліндричні	
		Подача на один зуб S_z , мм/зуб, при обробці			
		Сталей	Чавуна й мідних сплавів	Сталей	Чавуна й мідних сплавів
До 5	Великі	0,06 - 0,07	0,15 - 0,30	0,08 - 0,12	0,10 - 0,18
	Дрібні	0,04 - 0,06	0,12 - 0,20	0,05 - 0,08	0,06 - 0,12
Від 5 до 10	Великі	0,08 - 0,15	0,20 - 0,40	0,12 - 0,20	0,20 - 0,30
	Дрібні	0,06 - 0,10	0,15 - 0,30	0,06 - 0,10	0,10 - 0,15
Від 10	Великі	0,15 - 0,25	0,30 - 0,50	0,30 - 0,40	0,40 - 0,60

Таблиця А.24 – Подачі при чистовому фрезеруванні S_o мм/об, торцевими, циліндричними й дисковими фрезами

Торцеві й дискові фрези із вставними ножами		Циліндричні фрези зі швидкорізальної сталі при діаметрі фрези, мм					
Із твердого сплаву	Зі швидкорізальної сталі	конструкційна сталь			чавун, мідні й алюмінієві сплави		
		40-75	90-130	150-200	40-75	90-130	150-200
0,4-1,20	0,23-1,20	0,6-2,7	1,0-3,8	1,3-5,0	0,6-2,3	0,8-3,0	1,1-3,7

Таблиця А.25 – Подачі при чорновому фрезеруванні твердосплавними кінцевими фрезами заготовок зі сталі

Вид ріжучих елементів	Діаметр фрези, мм	Подача S_z , мм/зуб, при глибині фрезерування t , мм				
		доз	3 - 5	5 - 8	8 - 12	12 - 20
Коронка	10-12	0,01-0,03	-	-	-	-
	14-16	0,02-0,06	0,02-0,04	-	-	-
	18-22	0,04-0,07	0,03-0,05	0,02-0,04	-	-
Гвинтові пластинки	20	0,06-0,10	0,05-0,08	0,03-0,05	-	-
	25	0,08-0,12	0,06-0,10	0,05-0,10	0,05-0,08	-
	30	0,10-0,15	0,08-0,12	0,06-0,10	0,05-0,09	0,04-0,07
	40	0,10-0,18	0,08-0,13	0,06-0,11	0,05-0,10	0,05-0,09
	50	0,10-0,20	0,1-0,15	0,08-0,12	0,06-0,10	0,06-0,10

Таблиця А.26 – Подачі при чистовому фрезеруванні S_o , мм/об, твердосплавними кінцевими фрезами заготовок із сталі

Діаметр фрези, мм	10 - 16	20 - 22	25 - 35	40 - 60
Подача S_o , мм/об	0,02 - 0,060	0,06 - 0,12	0,12 - 0,24	0,30 - 0,60

Примітка – При чорновому фрезеруванні чавуну подачі необхідно збільшити на 30 - 40 %.

Таблиця А.27 – Значення коефіцієнта C_v і показників ступеня у формулі швидкості фрезерування при обробці сталей і чавунів

Фрези	Матеріал різальної частини	Операція	Параметри шару, що зрізується			Коефіцієнт і показники ступеня						
			B	t	S_z	C_v	q	x	y	u	p	m
Обробка конструкційної сталі												
Торцеві	Твердий сплав	Фрезерування площин	-	-	-	332	0,2	0,1	0,4	0,2	0	0,2
	Швидкорізальна сталь		-	-	$\leq 0,1$ $> 0,1$	64,7 41,0	0,25	0,1	0,2 0,4	0,15	0	0,2
Циліндричні	Твердий сплав	Фрезерування площин	≤ 35	≤ 2 > 2	-	390 443	0,17	0,19 0,38	0,28	-0,05 -0,05	0,1	0,33
	Швидкорізальна сталь		> 35	≤ 2 > 2		616 700	0,17	0,19 0,38		0,08 0,08		
			-	-	$\leq 0,1$ $> 0,1$	55 35,4	0,45	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,33
Дискові із вставними ножами	Твердий сплав	Фрезерування площин	-	-	$\leq 0,12$ $> 0,12$	1340 740	0,2	0,4	0,12 0,4	0	0	0,35
		Фрезерування пазів	-	-	$\leq 0,06$ $> 0,06$	1825 690	0,2	0,3	0,12 0,4	0,1	0	0,35
Дискові цільні	Швидкорізальна сталь	Фрезерування площин і пазів	-	-	$\leq 0,1$ $> 0,1$	75,5 48,5	0,25	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,2
			-	-	-	68,5	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
Кінцеві з коронами	Твердий сплав	Фрезерування площин, виступів і пазів	-	-	-	145	0,44	0,24	0,26	0,1	0,13	0,37
Кінцеві з напаяними пластинами			-	-		234	0,44	0,24	0,26	0,1	0,13	0,37
Кінцеві цільні						46,7	0,45	0,5	0,5	0,1	0,1	0,33
Прорізні й відрізні	Швидкорізальна сталь	Прорізання й відрізання				53	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,20
Шпонкові двоперові		Фрезерування шпонкових пазів				12	0,3	0,3	0,25	0	0	0,26
Обробка чавуну, HB ≤ 1500												
Торцеві	Твердий сплав	Фрезерування поверхонь	-	-	$\leq 0,18$ $> 0,18$	994 695	0,22	0,17	0,1 0,32	0,22	0	0,33
	Швидкорізальна сталь		-	-	$\leq 0,1$ $> 0,1$	90,5 57,4	0,25	0,1	0,2 0,4	0,15	0,1	0,20
Циліндричні				$\leq 0,1$ $> 0,1$	77 49,5	0,45	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,33	
Дискові цільні	Швидкорізальна сталь	Фрезерування площин і пазів	-	-	-	95,8	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,20
Кінцеві		Фрезерування пазів і відрізання	-	-	-	68,5	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
Прорізні й відрізні				-	-	74	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,20

Продовження таблиці А. 27

Фрези	Матеріал різальної частини	Операція	Параметри шару, що зрізується			Коефіцієнт і показники степеня							
			B	t	S_z	C_v	q	x	y	u	p	m	
Обробка чавуну, HB > 1500													
Торцеві	Твердий сплав	Фрезерування площин і пазів	-	-	-	445	0,2	0,15	0,35	0,2	0	0,32	
	Швидкорізальна сталь					42	0,2	0,1	0,4	0,1	0,1	0,15	
Циліндричні	Твердий сплав		-	<2,5	<0,2 >0,2	923 588	0,37	0,13	0,19 0,47	0,23	0,14	0,42	
			-	≥2,5	<0,2 >0,2	1180 750	0,37	0,40	0,19 0,47				
	Швидкорізальна сталь				≤0,15 >0,15	56,7 27	0,7	0,5	0,2 0,6	0,3	0,3	0,25	
Дискові цільні	Швидкорізальна сталь		-	-	-	72	0,2	0,5	0,4	0,1	0,1	0,15	
Кінцеві			Фрезерування площин і виступів	-	-	-	72	0,7	0,5	0,2	0,3	0,3	0,25
Прорізні й відрізні			Фрезерування й відрізання	-	-	-	30	0,2	0,5	0,4	0,2	0,1	0,15

Таблиця А.28 – Значення коефіцієнта C_v і показників степеня у формулі швидкості різання при обробці сплавів на мідній і алюмінієвій основі фрезами зі швидкорізальної сталі

Фрези	Матеріал, що обробляється	Подача на зуб S_z , мм/зуб	C_v і показники степеня у формулі швидкості						
			C_v	q	x	y	u	p	m
Торцеві	Мідні сплави	≤0,1 >0,1	136 86,2	0,25	0,1	0,2 0,4	0,15	0,1	0,2
	Алюмінієві сплави	≤0,1 >0,1	245 155	0,25	0,1	0,2 0,4	0,15	0,1	0,2
Циліндричні	Мідні сплави	≤0,1 >0,1	115,5 74,3	0,45	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,33
	Алюмінієві сплави	≤0,1 >0,1	208 133,5	0,45	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,33
Дискові цільні	Мідні сплави	-	144	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
	Алюмінієві сплави	-	259	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
Кінцеві	Мідні сплави	-	103	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
	Алюмінієві сплави	-	185,5	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
Прорізні й відрізні	Мідні сплави	-	111,3	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2
	Алюмінієві сплави	-	200	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2

Таблиця А.29 – Середні значення періоду стійкості фрез

Фрези	Стійкість T , хв, при діаметрі фрези, мм											
	20	25	40	60	75	90	110	150	200	250	300	400
Торцеві			120	180				240		300	400	
Циліндричні із вставними ножами й цільні з великим зубом	-			180			240		-			
Циліндричні із дрібним зубом	-		120		180		-					
Дискові	-				120		150	180	240	-		
Кінцеві	80	90	120	180	-							
Прорізні й відрізні	-				60	75	120		150	-		
Фасонні	-		120		180		-					

Таблиця А.30 – Значення C_p і показників ступеня для фрезерування

Фрези	Матеріал інструменту	Коефіцієнт і показники ступеня					
		C_p	x	y	u	q	w
Обробка конструкційної сталі							
Торцеві	Твердий сплав	825	1,0	0,75	1,1	1,3	0,2
	Швидкорізальна сталь	82,5	0,95	0,8	1,1	1,1	0
Циліндричні	Твердий сплав	101	0,88	0,75	1,0	0,87	0
	Швидкорізальна сталь	68,2	0,86	0,72	1,0	0,86	0
Дискові, прорізні, відрізні	Твердий сплав	261	0,9	0,8	1,1	1,1	0,1
	Швидкорізальна сталь	68,2	0,86	0,72	1,0	0,86	0
Кінцеві	Твердий сплав	12,5	0,85	0,75	1,0	0,73	-0,13
	Швидкорізальна сталь	68,2	0,86	0,72	1,0	0,86	0
Обробка сірого чавуну							
Торцеві	Твердий сплав	54,5	0,9	0,74	1,0	1,0	0
	Швидкорізальна сталь	50	0,9	0,72	1,14	1,14	0
Циліндричні	Твердий сплав	58	0,9	0,8	1,0	0,9	0
	Швидкорізальна сталь	30	0,83	0,65	1,0	0,83	0
Дискові, відрізні, прорізні, кінцеві	Швидкорізальна сталь	30	0,83	0,65	1,0	0,83	0
Обробка ковкого чавуну							
Торцеві	Твердий сплав	491	1,0	0,75	1,1	1,3	0,2
	Швидкорізальна сталь	50	0,95	0,8	1,1	1,1	0
Всі інші	Швидкорізальна сталь	30	0,86	0,72	1,0	0,86	0
Обробка мідних сплавів							
Всі типи	Швидкорізальна сталь	22,6	0,86	0,72	1,0	0,86	0

Примітка – Силу P_z при фрезеруванні алюмінієвих сплавів необхідно розраховувати як для сталі із введенням коефіцієнта 0,25.

Таблиця А.31 – Дані про шліфувальні кола

Матеріал, що обробляється	Кругле шліфування						Плоске шліфування		
	Зовнішнє			Внутрішнє			Тип абразиву	Зернистість	Тип зв'язування
	Тип абразиву	Зернистість	Тип зв'язування	Тип абразиву	Зернистість	Тип зв'язування			
Незагартована сталь	Е	36-60	К	Е	36-46	К Б	Е	36-46	К
Загартована сталь	Е ЕБ	46-80	К Б	Е Б	46-60	К Б	Е	36-46	К
Чавун	КЧ	36-60	К	КЧ	36-46	К	КЧ	36-46	К
Алюмінієві сплави	КЧ	36-46	К	КЧ	36-46	К	КЧ	36-46	К
Латунь	КЧ	36-46	К	КЧ	46-60	К	КЧ	16-24	К
Бронза	КЗ	46-100	К	КЗ	60-80	К	КЗ	60-80	К

Таблиця А.32 – Поперечні подачі при круглому зовнішньому шліфуванні

Матеріал, що обробляється	Довжина поверхні, що шліфується	Діаметр поверхні, що обробляється, мм, до							
		15	30	50	70	90	110	120	
		Поперечна подача S_{non} , мм							
Сталь сира	ЗД	0,010	0,015	0,020	0,025	0,027	0,032	0,035	
	(4 - 6)Д	0,009	0,012	0,017	0,020	0,022	0,025	0,030	
	(7-10)Д	0,006	0,010	0,012	0,016	0,018	0,020	0,022	
Сталь загартована	ЗД	0,009	0,013	0,016	0,022	0,024	0,029	0,032	
	(4 - 6)Д	0,008	0,011	0,015	0,018	0,019	0,020	0,025	
	(7-10)Д	0,005	0,009	0,011	0,014	0,016	0,018	0,020	
Чавун, мідні сплави	ЗД	0,014	0,021	0,028	0,035	0,038	0,045	0,049	
	(4 - 6)Д	0,013	0,017	0,024	0,028	0,031	0,035	0,039	
	(7-10)Д	0,008	0,014	0,017	0,022	0,025	0,028	0,031	

Таблиця А.33 – Поперечні подачі при круглому внутрішньому шліфуванні

Матеріал, що обробляється	Діаметр оброблюваних отворів, мм		
	20 - 40	41 - 70	71 - 100
	Поперечна подача, (S_{non}), мм		
Сталь сира, чавун, мідні сплави	0,005 - 0,006	0,005 - 0,008	0,006 - 0,010
Загартована сталь	0,005 - 0,006	0,006 - 0,007	0,006 - 0,008

Примітка – При чистовому шліфуванні поперечні подачі для всіх оброблюваних матеріалів рекомендується приймати 0,003 - 0,004 мм.

Таблиця А.34 – Значення β для круглого зовнішнього шліфування

Матеріал, що обробляється	Глибина шліфування (t), мм, до							
	0,010	0,015	0,020	0,025	0,030	0,035	0,040	0,050
	Коефіцієнт β							
Сталь сира	0,55	0,50	0,45	0,42	0,37	0,35	0,32	0,28
Сталь загартована	0,50	0,45	0,42	0,38	0,35	0,32	0,30	0,25
Чавун і мідні сплави	0,65	0,58	0,53	0,48	0,45	0,42	10,38	0,35

Таблиця А.35 – Значення β для круглого внутрішнього шліфування

Матеріал, що обробляється	Характер шліфування	Відношення діаметра до довжини шліфування				
		4:1	2:1	1:1	1:2	1:3
		Значення β				
Сталь	Попереднє	0,75-0,60	0,70-0,68	0,60-0,50	0,60-0,45	0,45-0,50
	Остаточне	0,25-0,40	0,25-0,40	0,25-0,35	0,25-0,35	0,25-0,35
Чавун і мідні сплави	Попереднє	0,80-0,70	0,70-0,65	0,65-0,55	0,55-0,50	0,30-0,45
	Остаточне	0,30-0,40	0,30-0,45	0,30-0,40	0,30-0,40	0,30-0,40

Таблиця А.36 – Дані для визначення швидкості шліфування

Вид шліфування	Матеріал, що обробляється	C_v	K	x	m
Кругле з поперечною подачею на подвійний хід	Сталь незагартована	0,270	0,3	1,0	0,5
	Сталь загартована	0,240	0,3	1,0	0,5
	Чавун і мідні сплави	0,350	0,3	1,0	0,5

Таблиця А.37 – Дані для вибору діаметра кола при внутрішньому шліфуванні

Діаметр отвору, що шліфується, мм	До 35	36-70	71-100	101-150	від 150
Відношення діаметра кола до діаметра отвору, що шліфується	0,95	0,90	0,85-0,90	0,30	0,75-0,80

Таблиця А.38 – Дані для вибору ширини кола при внутрішньому шліфуванні

Довжина отвору, що шліфується, мм	30	35	40	45	50	60	75	Більше 75
Ширина кола В, мм	20-25	22-28	25-30	30-35	32-40	40-50	50-60	60 і більше

Таблиця А.39 – Дані для визначення P_z при круглому шліфуванні

Матеріал, що обробляється	C_p	u	x	y
Сталь сира	2,1	0,5	0,55	0,5
Сталь загартована	2,2	0,5	0,55	0,5
Чавун і мідні сплави	2,7	0,5	0,55	0,5

Таблиця А.40 – Рекомендовані подачі, S_z , при протяганні

Типи протяжок	Матеріал, що обробляється				
	Сталі			Чавуни	Мідні сплави
	$\sigma_s < 500$ МПа	$\sigma_s = 500-750$ МПа	$\sigma_s > 750$ МПа		
Циліндричні	0,01-0,02	0,015-0,030	0,010-0,025	0,030-0,080	0,050-0,120
Прямокутні	0,030-0,120	0,050-0,150	0,030-0,120	0,060-0,200	0,060-0,150
Квадратні	0,015-0,080	0,020-0,150	0,015-0,120	0,030-0,150	0,050-0,200
Шліцьові з прямокутними шліцями	0,040-0,060	0,050-0,080	0,030-0,050	0,040-0,100	0,050-0,120
Шліцьові з трикутними шліцями	0,030-0,060	0,040-0,060	0,030-0,050	0,040-0,080	-
Шпонкові й канавкові	0,050-0,150	0,050-0,200	0,050-0,120	0,060-0,200	0,080-0,200

Таблиця А.41 – Дані для розрахунку швидкості різання при протяганні

Матеріал, що обробляється	Механічні властивості матеріалу, що обробляється, МПа		Тип протяжок								
	HB	σ_s	Циліндричні			Шпонкові й шліцьові					
						$S_z \leq 0,7$ мм			$S_z > 0,7$ мм		
			C_v	m	y	C_v	m	y	C_v	m	y
Сталь	-	До 700	16,8	0,62	0,62	9,8	0,87	1,4	7,7	0,87	1,4
	-	700 - 750	15,5	0,62	0,62	8,8	0,87	1,4	7,0	0,87	1,4
	-	Понад 700	11,2	0,62	0,62	6,3	0,87	1,4	5,0	0,87	1,4
Чавун	До 2000	-	14,0	0,5	0,6	6,2	0,6	0,95	6,2	0,6	0,95
	Понад 2000	-	11,5	0,5	0,6	5,1	0,6	0,95	5,1	0,6	0,95

Таблиця А.42 – Значення коефіцієнтів K_α і K_γ при протяганні

Коефіцієнт	Значення кутів				
	α^0		γ^0		
	$\alpha \leq 1^0$	$\alpha > 1^0$	$\gamma \leq 3^0$	$\gamma = 3-9^0$	$\gamma > 9^0$
K_α	1,12 - 1,20	1,00	-	-	-
K_γ	-	-	1,35	1,13	1,00

Таблиця А.43 – Сила різання Р, Н, що доводиться на 1 мм довжини різальної кромки прожки

Подача S_z , мм	Матеріал, що обробляється							
	Вуглецева сталь			Легована сталь			Чавун	
	НВ<197	НВ 198-229	НВ>229	НВ<197	НВ 198-229	НВ>229	НВ≤180	НВ>180
0,01	65	71	85	76	85	91	55	75
0,02	95	105	125	126	136	158	81	89
0,03	123	136	161	157	169	186	104	115
0,04	143	158	187	184	198	218	121	134
0,06	177	195	232	238	255	282	151	166
0,08	213	235	280	280	302	335	180	200
0,10	247	273	325	328	354	390	207	236
0,12	285	315	375	378	407	450	243	268
0,14	324	357	425	423	457	505	273	303
0,16	360	398	472	471	510	560	305	336
0,18	395	436	520	525	565	625	334	370
0,20	427	473	562	576	620	685	360	402
0,22	456	503	600	620	667	738	385	427
0,25	495	545	650	680	730	810	421	465
0,30	564	615	730	785	845	983	476	522

Примітка – НВ – твердість сплавів, МПа.

Таблиця А.44 – Токарно-гвинторізні й токарні верстати

Параметр	16Б05П	1М61	16Б16А	16Л20П	1К62	16К20
Найбільший діаметр деталі, що обробляється, мм	250	320	320	400	400	400
Відстань між центрами, мм	500	1000	750	1500	1000	1400
Число ступенів частоти обертання шпинделя	18	24	21	22	23	22
Частота обертання шпинделя, об/хв	30-3000	12,5-1600	20-2000	16-1600	12,5-2000	12,5-1600
Число ступенів подачі супорта						
Подача супорта, мм/об	18	24	22	24	42	24
подовжня	0,02-0,35	0,08-1,90	0,01-0,70	0,05-2,8	0,07-4,16	0,05-2,8
поперечна	0,01-0,175	0,04-0,95	0,005-0,35	0,025-1,4	0,05-2,08	0,025-1,4
Потужність головного електродвигуна, кВт	1,5	4,0	2,8	6,3	7,5	11
ККД	0,8	0,75	0,75	0,8	0,75	0,75
Найбільша сила подачі, Н	980	1470	1470	3528	3528	3528

Таблиця А.45 – Поперечно-стругальні верстати

Параметр	7А311	7М36	7Д36	7307Д
Довжина ходу повзуна, мм	10-200	150-700	150-710	150-710
Відстань між робочою поверхнею стола й повзуном, мм	200	400	400	825
Розмір робочої поверхні стола, мм	200x200	450x700	450x710	450x710
Найбільше переміщення стола, мм:				
горизонтальне	250	700	700	710
вертикальне	150	320	320	345
Швидкість повзуна, под. хід/хв	53; 71; 106; 212	13,2-150	11,4-350	11,4-350
Подача, мм/под. хід:				
горизонтальна	0,1 - 1,2	0,25 - 5,0	0,2 - 5,0	0,2 - 5,0
(стола) супорта	0,05 - 0,6	0,15 - 1,05	0,15 - 1,05	0,15 - 1,05
Потужність електродвигуна привода головного руху, кВт	1,5	5,5	7,5	7,5
ККД	0,8	0,7	7,5	0,75

Таблиця А.46 – Свердлильні верстати

Показник	Моделі верстатів						
	Вертикально-свердлильні					Радіально-свердлильні	
	2Н106П	2М112	2Н118	2Н125	2Н135	2Ш55	2М55
Найбільший умовний діаметр свердління, мм	6	12	18	25	3,5	50	50
Вертикальне переміщення свердлильної головки, мм	125	190	200	250	300	1250	750
Найбільший хід шпинделя, мм	-	100	150	200	250	400	400
Число ступенів обертання шпинделя	7	5	9	12	12	21	21
Частота обертання шпинделя, об/хв	1000-8000	450-4500	180-2800	45-2000	31-1400	10-1000	20-2000
Число ступенів подач	-	-	-	9	9	8	12
Подача шпинделя, мм/об	Ручна	Ручна	Ручна	0,1-1,6	0,1-1,6	0,1-1,12	0,056-2,5
Найбільша допустима сила подачі, Н	3500	4100	5500	9000	9000	16000	20000
Потужність головного електродвигуна, кВт	0,4	0,6	1,5	2,2	4,0	4,0	5,5
ККД	0,8	0,85	0,85	0,8	0,8	0,80	0,85

Таблиця А47 - Фрезерні верстати

Показник	Моделі верстатів							
	Горизонтальні				Вертикальні			
	6М81Г	6Н81Г	6М82Г	6Р83	6М12П	6М12ПБ	6П11	6П10
Робоча поверхня стола, мм	250x1000	250x1000	350x1250	400x1600	320x1250	320x1250	250x1000	160x630
Число ступенів частоти обертання шпинделя	18	16	18	18	18	18	16	12
Частота обертання шпинделя, об/хв	40-2000	65-1800	31-1600	31,5-1600	31-1600	50-2500	50-1600	50-2240
Число ступенів подач	18	16	18	18	18	18	16	12
Подача стола, мм/хв: поздовжня-	20-1000	35-980	25-1250	25-1250	25-1250	40-2000	35-1020	25-1120
поперечна-	6,5-333	25-765	8,3-416	25-1250	15,6-785	27-1330	35-1020	25-1120
Допустима сила подачі, Н	12000	15000	15000	16000	15000	16000	15000	12000
Потужність головного електродвигуна, кВт	4,0	4,5	7,5	11,0	7,5	10,0	5,5	3,0
ККД	0,80	0,80	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75

Таблиця А.48 – Шліфувальні верстати

Параметр	Моделі верстатів											
	Круглошліфувальні				Внутрішньошліфувальні				Плоскошліфувальні			
	ЗУ10В	ЗА110В	ЗМ150	ЗМ153	ЗК225В	ЗК227В	ЗК228В	ЗК229В	ЗП722	ЗБ711В	ЗД723	ЗП725
Найбільші розміри встановлюваної заготовки, мм:												
діаметр	100	140	100	140	200	40	560	800	-	-	-	-
довжина	160	200	360	500	50	125	200	320	-	-	-	-
Найбільший діаметр шліфування, мм:												
зовнішнього	160	180	340	450	-	-	-	-	-	-	-	-
внутрішньо-го	50	50	-	-	25	150	200	400	-	-	-	-
Найбільші розміри поверхонь, що шліфують, мм	-	-	-	-	-	-	-	-	160x320	400x200	400x125	250x125
Швидкість переміщення стола (безступенева), м/хв	0,025-1	0,03-2,2	0,02-4	0,02-5	1-7	1-7	1-7	1-7	3-45	2-35	2-35	2-25
Частота обертання деталі, об/хв	100-950	100-1000	100-1000	50-1000	280-2000	60-120	100-600	40-240	-	-	-	-
Частота обертання кола, об/хв	1910	2680	2350	1900	9000	20000	4500	3500	1500	1460	1450	1470
Найбільші розміри кола, мм:												
зовнішній діаметр	250	250	400	500	25	80	180	200	450	250	200	200
ширина	20	25	40	63	25	50	63	63	80	63	32	25
Потужність електродвигуна головного руху, кВт	1,1	2,2	4	7,5	1,5	4	5,5	7,5	15	7,5	4,0	1,5
ККД	0,8	0,8	0,85	0,8	0,8	0,8	0,8	0,85	0,8	0,85	0,8	0,8

Таблиця А.49 – Протягувальні верстати

Показник	Моделі верстатів							
	Горизонтальні					Вертикальні		
	7505	7Б55	7А520	7Б56	7Б64	7Б65	7Б66	7Б67
Номінальна тягова сила, кН	50	100	200	200	50	100	200	400
Найбільша довжина ходу полозка, мм	1600	1250	1600	1600	1000	1250	1250	1600
Швидкість робочого ходу протягжки, м/хв	1,5-11,0	1,5-11,5	1,5-11,0	1,5-13,0	1,5-11,5	1,5-11,5	1,5-13,0	1,0-7,0
Потужність електро-двигуна привода головного руху, кВт	7,0	17,0	20,0	30	11,0	22,0	30	40
ККД верстата	0,85	0,85	0,9	0,9	0,8	0,9	0,85	0,9

Додаток Б (обов'язковий)

Таблиця Б.1 – Допоміжний час на встановлення і зняття виробу при токарній обробці, хв.

Спосіб встановлення	Довжина деталі, мм	Час, хв, на встановлення при масі деталі не більше, кг, при роботі							
		вручну			з підйомником				
		до 5	5-15	15-30	до 50	50-80	80-120	120-200	200-300
1 У центрах	До 100	0,9	1,5	1,8	2,8	3	3,2	3,5	3,8
2 У центрах з люнетом	До 1000	1,2	1,9	2,4	-	-	-	-	-
		1,3	2,2	2,8	4,3	4,9	5,4	6,0	6,6
3 У центрах на гладкій оправці	Будь-яка	1,3	1,9	2,3	-	-	-	-	-
4 У центрах на оправці з гайкою	Будь-яка	1,6	2,4	2,8	-	-	-	-	-
5 У 3- кулачковому патроні	Без вивірювання	0,8	0,9	1,0	-	-	-	-	-
	З вивірюванням	1,3	1,8	2,2	-	-	-	-	-
6 У 3-кулачковому патроні з підтисканням центром задньої бабки	Більше 5D	0,9	1,3	1,5	-	-	-	-	-
7 У 3-кулачковому патроні	До 1000	0,9	1,4	1,7	-	-	-	-	-
з люнетом	Більше 1000	-	1,8	2,2	-	-	-	-	-
8 У 4- кулачковому патроні з люнетом	До 1000	-	5,3	6,3	9,2	11,8	12,1	15	17,5
	До 2500	-	-	-	-	-	14	16,7	20,0
9 У 4-кулачковому патроні	Проста	2,2	3,3	3,9	6,0	7,2	8,3	10,0	11,8
	Середньої складності	3,2	4,9	5,8	8,0	10,6	11,9	13,4	15,5
	Складна	5,4	7,3	8,4	10,8	13,0	15,5	18,5	22
10 На планшайбі з кріпленням болтами і планками	Середньої складності	-	6,3	7,7	10,8	13,0	15	17,5	21
11 На планшайбі з косинцем	Проста	3,8	5,3	6,3	8,3	10,0	11,7	13,8	-
	Середньої складності	5,9	8,3	10	12	14,5	17,0	20,0	-
	Складна	9,2	13	15	18,5	21,0	23,0	27,0	-
12 У 4- кулачковому патроні з підтисканням центром задньої бабки	1000-2500	-	-	-	-	9,6	10,7	12,0	13,2

Таблиця Б.2 – Допоміжний час на зміну режиму роботи верстата і зміну інструменту (додавати до часу на прохід) при токарній обробці

У хвиликах

Характер зміни режиму і зміна інструменту (додавати до часу на прохід)		Група верстатів по висоті центрів, мм до				
		150	200	300	500	
		Час, хв				
1 Змінити частоту обертання шпинделя	Однією рукояткою	0,04	0,05	0,06	0,07	
	Двома	0,07	0,1	0,12	0,13	
	Відкидним перебором	0,12	0,16	0,2	0,25	
	Перекиданням ременя	0,25	0,3	0,35	0,4	
2 Змінити величину подачі	Однією рукояткою	0,03	0,04	0,04	0,05	
	Двома	0,06	0,07	0,07	0,06	
	Трьома	0,08	0,10	0,12	0,13	
3 Повернути 4-різцеву головку на кут	900.....	0,04	0,06	0,07	0,08	
	1800.....	0,06	0,07	0,08	0,09	
4 Установити прохідний, підрізний, або розточувальний різці і зняти	При кріпленні	1 болтом	0,7	0,85	0,92	1,0
		2 болтами	0,9	1,1	1,2	1,3
5 Установити фасонний, нарізний або відрізний різці і зняти	При кріпленні	1 болтом	1,0	1,1	1,1	1,2
		2 болтами	1,2	1,4	1,5	1,6
6 Установити свердло, мітчик або розвертку в шпиндель задньої бабки і зняти		0,7	0,8	0,9	1,0	

Таблиця Б.3 – Допоміжний час, пов'язаний з проходом при токарній обробці

У хвиликах

Операція (перехід)	Висота центрів, мм		
	150	200	300
Час, хв на один прохід			
Обточування або розточування по 8-му, 9-му квалітету	0,5	0,6	0,8
Обточування або розточування по 11-му, 12-му квалітету	0,3	0,4	0,6
Обточування або розточування на подальші проходи	0,08	0,15	0,20
Підрізування або відрізування	0,10	0,15	0,18
Обточування або відрізування	0,10	0,15	0,18
Обточування фасок і радіусів	0,05	0,06	0,06
Нарізування різі різцем	0,02	0,03	0,05
Нарізування різі мітчиком або плашкою	0,17	0,19	0,22
Свердління, розсвердлювання і центрування	0,46	0,62	0,80

Таблиця Б.4 – Підготовчо-заклучний час при токарній обробці

У хвиликах

Умови роботи	Час, хв, на встановлення при висоті центрів, мм		
	150	200	300
У центрах на оправці з хомутиком	8	9	12
У трикулачковому патроні	11	12	13
У трикулачковому патроні з підтисканням заднім центром	12	13	14
У чотирикулачковому патроні	13	14	16
У чотирикулачковому патроні з підтисканням заднім центром	14	15	17
На пристосуванні, закріпленому на планшайбі	17	18	21
На планшайбі з кріпленням болтами	15	16	18
На кінцевій оправі	10	11	12
Додавати час у разі установавання люнета	2	3	4
Установавання пристосування на супорті	20	20	22
Установавання електрошліфувального приладу	15	15	15

Таблиця Б.5 – Допоміжний час на установавання і зняття деталі при свердлильних роботах

У хвиликах

Спосіб установавання деталі	Час, хв., на встановлення при масі деталі не більше, кг							
	1	3	5	10	18	30	50	80
У трикулачковому патроні	0,3	0,4	0,4	0,5	-	-	-	-
На столі без кріплення	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	-	-	-
Збоку на косинці	-	-	1,2	1,5	1,7	2,1	3,8	4,5
Збоку з кріпленням до столу	-	-	-	-	3,3	3,9	6,2	7,3
Кріплення до столу	-	-	1,5	1,8	2,1	2,1	4,6	5,5

Примітка – Час на пересування деталі при свердлінні подальших отворів необхідно приймати при масі деталі до 5 кг — 0,1 хв і при масі від 5 до 30 кг — 0,2 хв.

Таблиця Б.6 – Допоміжний час, пов'язаний з переходом при свердлильних роботах

У хвиликах

Умови роботи	На перший отвір						На кожен подальший отвір того ж діаметра при свердлінні в одній або декількох деталях
	для верстатів з найбільшим діаметром свердління, мм						
	12	25	50	12	25	50	
	Час, хв (на один перехід)						
Свердління за розміткою	0,12	0,14	0,16	0,05	0,06	0,07	
Свердління в кондукторі	0,10	0,12	0,13	0,04	0,05	0,06	
Розсвердлювання зенкування	0,08	0,10	0,12	0,03	0,04	0,06	
Розгортання	0,10	0,12	0,15	0,04	0,05	0,07	

Таблиця Б.7 – Підготовчо-заключний час на операції обробки виробів на свердлильних верстатах при свердлильних роботах

У хвиликах

Операції	Час, хв
Установлення деталі:	
у трикулачковому патроні	8
у лещатах з кріпленням лещат	6
пристосуванні з кріпленням до столу	8
На столі:	
без кріплення	4
з кріпленням	5
Установлення лещат	2
Збирання столу з кріпленням болтами і планками	13

Таблиця Б.8 – Допоміжний час на установлення і зняття деталі при обробці на поперечно-стругальних верстатах

У хвиликах

Спосіб установлення деталі	Характер вивіряння	Час, хв, на встановлення при масі деталі не більше, кг				
		3	5	10	30	50
У лещатах з гвинтовим затиском	Без вивіряння	0,30	0,32	0,40	0,5	-
	З вивірянням по розмітці	0,87	0,97	1,30	1,5	-
У лещатах з пневматичним затиском	Без вивіряння	0,20	0,23	0,33	0,38	-
	З вивірянням по розмітці	0,82	0,90	1,25	1,4	-
На косинці з кріпленням болтами і планками	Без вивіряння	-	2,15	2,80	4,6	5,2
	З вивірянням по розмітці	-	2,00	3,00	4,8	5,3
На столі з кріпленням болтами і планками	Без вивіряння	0,70	0,80	1,00	1,9	2,3
	З вивірянням по розмітці	1,85	2,05	2,60	3,5	4,6
Збоку столу з кріпленням болтами і планками	Без вивіряння	0,80	1,05	1,30	2,4	2,9
	З вивірянням по розмітці	1,45	2,15	2,85	4,4	4,9

Таблиця Б.9 – Допоміжний час, який пов'язаний з проходом при стругальних роботах

У хвиликах

Проходи	Час на один прохід, хв
Перший прохід по 8-му, 9-му квалітетах	0,85
Перший прохід по 11-му, 12-му квалітетах	0,65
Подальші проходи	0,25

Таблиця Б.10 – Підготовчо-завершальний час при стругальних роботах

У хвиликах

Спосіб устанавлення деталі	Час, хв
У лещатах з гвинтовим затиском	10
У лещатах з пневматичним затиском	8
На косинці з кріпленням болтами і планками	16
На столі з кріпленням болтами і планками	14
Збоку столу з кріпленням болтами і планками	19

Таблиця Б.11 – Допоміжний час на устанавлення і зняття деталі при фрезерних роботах

У хвиликах

Спосіб устанавлення	Характер вивіряння	Час, хв, на встанавлення при масі деталі не більше, кг						
		1	3	5	8	12	20	50
На столі з кріпленням болтами і планками	Просте	1,0	1,2	1,4	1,6	1,9	2,2	3,9
	Складне	1,6	1,9	2,0	2,2	2,5	2,9	6,0
На косинці з кріпленням болтами і планками	Просте	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	2,1	5,5
	Без вивіряння	0,7	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3	-
У лещатах з гвинтовим затиском	Просте	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	-	-
	Без вивіряння	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	-	-
У лещатах з пневматичним затиском	Просте	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,9
	Без вивіряння	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	-	-
У центрах	Просте	0,25	0,26	0,34	0,43	0,48	0,55	-
	Складне	0,35	0,44	0,55	0,6	0,75	0,85	-
На оправках	Просте	0,46	0,49	0,6	0,65	0,75	0,85	-
	Складне	0,65	0,75	0,85	0,95	1,10	1,20	-
У самоцентруючому патроні		0,18	0,19	0,22	0,26	0,32	0,39	-
У цанговому патроні		-	0,40	0,45	0,5	0,6	-	-

Таблиця Б.12 – Допоміжний час, який пов'язаний з проходом при фрезерних роботах

У хвиликах

Прохід	Час, хв, на один прохід, мм
Обробка площин на перший прохід з двома пробними стружками	1,0
Обробка площин на перший прохід з однією пробною стружкою	0,7
Обробка площин на подальші проходи	0,1
Обробка пазів на перший прохід з однією пробною стружкою	0,8
Обробка пазів на подальші проходи	0,2

Таблиця Б.13 – Підготовчо-заключний час при фрезерних роботах

У хвиликах

Спосіб установаження	Час, хв
На столі з кріпленням болтами і планками	24
У лещатах	22
У центрах	28
У самоцентруючому патроні	16
У пристрої	27
Установаження фрези	2

Таблиця Б.14 – Допоміжний час на установаження і зняття деталі при роботах зовнішнього шліфування

У хвиликах

Спосіб установаження	Час, хв., на встановаження при масі деталі не більше, кг							
	3	5	10	18	30	50	80	120
У центрах	0,8	1,1	1,4	1,7	2,2	3,8	3,4	3,7
У центрах з люнетом	1	1,2	1,6	1,9	2,4	5,1	5,6	6,2
У центрах з оправкою	1,5	2	2,5	3,1	3,5	-	-	-
У патроні: трикулачковому	1,3	1,6	2	2,3	2,7	-	-	-
чотирикулачковому	5,5	6,6	7,9	9,3	11,1	-	-	-
У патроні з підтискаючим центром задньої бабки	-	-	-	-	-	8,5	9,5	10,6
На декількох люнетах (на кожен подальший люнет додавати)	-	-	-	-	-	1,5	1,7	1,9

Таблиця Б.15 – Допоміжний час, який пов'язаний з переходом при роботах зовнішнього шліфування

У хвиликах

Прохід	Час, хв, на встановаження при висоті центрів, мм	
	200	300
Шліфування: першої поверхні (на 1-й прохід)	1,6	2
подальших поверхонь (на 1-й прохід)	0,8	1
на кожен подальший прохід	0,06	0,08

Таблиця Б.16 – Підготовчо-завершальний час при роботах зовнішнього шліфування

У хвиликах

Спосіб встановлення деталі	Час, хв, на встановлення при висоті центрів не більше, мм	
	150	300
У центрах	7	8
У самоцентруючому патроні	10	11
У самоцентруючому патроні і люнеті	12	14
У чотирикулачковому патроні	13	15
У чотирикулачковому патроні і люнеті	14	16

Таблиця Б.17 – Допоміжний час на встановлення і зняття деталі при роботах внутрішнього шліфування

У хвиликах

Спосіб встановлення	Час, хв, на встановлення при масі деталі не більше, кг					
	1	3	5	8	12	30
У двокулачковому патроні	0,18	0,19	0,22	0,26	0,32	0,39
У трикулачковому патроні	0,13	0,16	0,18	0,20	0,24	-
У цанговому патроні	0,20	0,22	0,23	0,24	0,26	-
У чотирикулачковому патроні	-	2,50	2,80	3,20	3,50	4,00

Таблиця Б.18 – Допоміжний час, який пов'язаний з проходом при роботах внутрішнього шліфування

У хвиликах

Характер обробки	Час, хв, на встановлення при найбільшому діаметрі отвору, який шліфується, мм	
	130	260
Чорнове шліфування на перший прохід	0,80	0,90
Чорнове шліфування на подальші проходи (один прохід)	0,04	0,05
Чистове шліфування на перший прохід	1,20	1,40
Чистове шліфування на подальші проходи (на один прохід)	0,04	0,05

Таблиця Б.19 – Підготовчо-заключний час при роботах внутрішнього шліфування

У хвилинах

Спосіб устанавлення деталі	Час, хв, на встановлення при найбільшому діаметрі отвору, який шліфується, мм	
	130	260
У двокулачковому патроні	10	12
У трикулачковому патроні	7	9
У цанговому патроні	8	10
У чотирикулачковому патроні	15	17

Таблиця Б.20 – Допоміжний час на операції при протягувальних роботах

У хвилинах

Спосіб кріплення протяжки	Маса протяжки, кг	Час, хв, на встановлення при масі деталі не більше, кг			
		5	8	12	20
Клином	5	0,55	0,6	0,7	1
	15	0,65	0,7	0,8	1,1
Замком	5	0,5	0,55	0,6	0,9
	15	0,55	0,6	0,70	1

Таблиця Б.21 – Підготовчо-заключний час при протягувальних роботах

У хвилинах

Спосіб закріплення виробу (заготівки)	Час, хв
У пристрої: без кріплення	3,5
з кріпленням двома болтами	4
з кріпленням чотирма болтами	5