

на здобуття освітнього ступеня

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Розроблення технології виготовлення корпусу МП-47.105**
з дослідженням технологічного процесу оброблення
складних поверхонь фасонними протяжками

Виконав: студент II курсу, групи МПм-61
спеціальності 131 прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)

_____ Галенда О. С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ Ткаченко І. Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____ Ткаченко І. Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри _____ Окіпний І. Б.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент _____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Окінний І. Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« 14 » листопада 2025 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 131 прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

студенту Галенді Олександру Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технології виготовлення корпусу МП-47.105 з дослідженням технологічного процесу оброблення складних поверхонь фасонними протяжками

Керівник роботи Ткаченко Ігор Григорович, к. т. н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 14 » листопада 2025 року № 4/7-976

2. Термін подання студентом завершеної роботи 22 грудня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи Базовий технологічний процес виготовлення корпусу МП-47.105, річна програма випуску 20000 шт., наукова література, присвячена дослідженням способів оброблення складних поверхонь фасонними протяжками.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Зміст. Реферат. Вступ. Аналітична частина. Науково-дослідна частина.

Технологічно-конструкторська частина. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

Висновки. Перелік посилань.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Плакати для ілюстрації результатів наукових досліджень – 2А1.

Пристрій фрезерний – 2А1. Креслення фасонних протяжок – 2А1.

Пристрій для контролю деталі – А1.

Технологічні налагодження на операцію технологічного процесу – А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Охорона праці</i>	<i>Ткаченко І. Г., доц. каф. МТ</i>		
<i>Безпека в надзвичайних ситуаціях</i>			
	<i>Стадник І. Я., проф. каф. ОХ</i>		

7. Дата видачі завдання *14 листопада 2025 року*

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Галенда О. С.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Ткаченко І. Г.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Галенда Олександр Сергійович, кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістр на тему: «Розроблення технології виготовлення корпусу МП-47.105 з дослідженням технологічного процесу оброблення складних поверхонь фасонними протяжками». Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, кафедра інжинірингу машинобудівних технологій, група МПм-61. Керівник – кандидат технічних наук, доцент кафедри інжинірингу машинобудівних технологій Ткаченко Ігор Григорович.

Протяжки з безперешкодним виходом стружки є прогресивним інструментом для реалізації процесу протягування. Їхньою головною перевагою над звичайними генераторними протяжками є можливість здійснення оброблення складних за формою поверхонь, утворених площинами, на деталях значної довжини.

Отже, розроблення нових конструкцій протяжок з безперешкодним виходом стружки є актуальним завданням.

Мета роботи – дослідження технологічного процесу оброблення складних поверхонь фасонними протяжками, а також розроблення технології виготовлення корпусу МП-47.105.

Завдання досліджень: розробити конструкції протяжок з безперешкодним одно- і двостороннім виходом стружки та обґрунтувати їх конструктивні параметри; розробити методику експериментальних досліджень роботи протяжок з безперешкодним одно- і двостороннім виходом стружки; провести експериментальні дослідження роботи протяжок з безперешкодним одно- і двостороннім виходом стружки з метою встановлення впливу їх конструктивних параметрів на якісні показники роботи; розробити технологію механічного оброблення корпусу МП-47.105; розробити спеціальне технологічне оснащення та заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Об'єкт дослідження – конструктивні параметри протяжок, а також технологічний процес виготовлення корпусу МП-47.105.

Наукова новизна роботи полягає у розробленні методики, та отриманні результатів експериментальних досліджень щодо впливу конструктивних параметрів протяжок з безперешкодним одно- і двостороннім виходом стружки на якісні показники їх роботи.

Практичне значення отриманих результатів: розроблено прогресивний технологічний процес механічного оброблення корпусу МП-47.105, спроектовано спеціальне технологічне оснащення для його забезпечення.

Апробація. Основні результати роботи доповідались на XIV Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», м. Тернопіль, 11-12 грудня 2025 року.

Кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, переліку посилань із 19 найменувань та додатків. Обсяг основної частини становить 77 сторінок, 19 рисунків, 12 таблиць, додатки – на 38 сторінках. Графічна частина містить 8 аркушів формату А1.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	8
1.1 Аналіз стану питання за літературними та іншими джерелами.	
Актуальність теми роботи	8
1.2 Методи вирішення поставленої проблеми	9
1.3 Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу	12
2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	13
2.1 Характеристика об'єкту дослідження	13
2.2 Програма і методика експериментальних досліджень	14
2.3 Аналіз і узагальнення отриманих результатів досліджень	16
2.4 Висновки та пропозиції щодо використання результатів досліджень	31
3 ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	33
3.1 Службове призначення та характеристика об'єкту виробництва.	
Аналіз технологічності виробу	33
3.2 Розроблення маршрутно-операційного технологічного процесу	
виготовлення виробу	39
3.3 Визначення кількості обладнання	55
3.4 Конструювання спеціального оснащення	59
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	70
4.1 Інструктажі з питань охорони праці	70
4.2 Розрахунок місцевої вентиляції при абразивній обробленні деталі	72
4.3 Ідентифікація об'єктів підвищеної небезпеки	73
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	75
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	76
ДОДАТКИ	78

ВСТУП

Машинобудування – це комплексна галузь промисловості, підприємства якої виробляють знаряддя праці для усіх галузей економіки, а також машини і техніку різноманітного призначення. Машинобудування є проміжною ланкою індустріалізації і основою комплексної механізації і автоматизації виробництва. Розвиток машинобудування – це одна з неодмінних умов, що забезпечують технологічний прогрес і підвищення ефективності виробництва в масштабах країни.

Розробку технологічного процесу будь-якої машини деталі слід починати з детального вивчення службового призначення машини чи вузла і критичного аналізу технічних і технологічних вимог [1].

Таким чином, важливою задачею при проєктуванні технологічного процесу є вибір раціонального варіанту виготовлення виробу і встановлення необхідної точності на кожному етапі механічного оброблення з урахуванням можливостей виробництва. Розроблення технологічного процесу виготовлення машини потребує зваженого підходу для забезпечення узгодження усіх етапів створення машини і досягнення необхідних якісних параметрів з мінімально можливими затратами праці.

В Україні реалізовано значний обсяг робіт щодо створення конструкцій агрегатних спеціальних і спеціалізованих верстатів, верстатів-автоматів і автоматичних ліній з стандартних і уніфікованих вузлів. Це скорочує терміни створення спеціального обладнання, розширити сферу його використання та переналагодження.

В процесі виконання кваліфікаційної роботи були вивчені прогресивні напрями розвитку технологічних методів і засобів і на основі їх аналізу та встановлення якісних та кількісних показників розроблено технологію виготовлення корпусу МП-47.105.

Проведені дослідження дозволяють сформулювати висновки і рекомендації, щодо проєктування нових протяжок з безперешкодним виходом стружки, які можуть застосовуватися для оброблення складних поверхонь необмеженої довжини.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз стану питання за літературними та іншими джерелами.

Актуальність теми роботи

Розвиток галузі машинобудування вимагає проєктування та освоєння виробництвом нових та вдосконалення існуючих технологічних засобів та металорізальних інструментів. Одним з головних завдань в машинобудуванні є забезпечення якісних показників оброблення поверхонь деталей машин.

В результаті аналізу літературних джерел [2-6] було встановлено, що форми поверхонь деталей, які отримують методом протягування, представляють собою прості, в основному плоскі чи циліндричні поверхні, довжина яких є обмеженою. Разом з тим, виникає потреба в обробленні протягуванням поверхонь складного профілю і значної протяжності.

Складні форми і значні розміри поверхонь, що отримують методом протягування вимагають відповідного устаткування. На сьогоднішній день окремі протяжні верстати дозволяють обробляти деталі довжиною 1300, 1600 мм і більше.

Протягування складних поверхонь значної довжини звичайними протяжками, в яких стружка збирається в спеціальній канавці між зубами, неможливе без збільшення їх кроку, що тягне за собою зростання довжини інструменту, або збільшення необхідного числа проходів і, відповідно, до відчутного пониження продуктивності процесу. Найбільш дієвим способом вирішення цих завдань є забезпечення безперешкодного виходу стружки із зони різання. Такий метод відведення стружки реалізований в конструкції протяжок з безперешкодним виходом стружки.

Протяжки з безперешкодним виходом стружки є відносно новим видом металорізального інструменту. Їх головною перевагою над звичайними генераторними протяжками є можливість здійснення оброблення складних за

формою поверхонь, утворених площинами, на деталях значної довжини. Вони також забезпечують плавну роботу протяжних верстатів.

Використання цих протяжок дозволяє:

1. Підвищити продуктивність технологічного процесу протягування за рахунок зменшення машинного та допоміжного часу шляхом виключення потреби у примусовому очищенні протяжок від стружки.
2. Зменшити довжину робочого ходу верстата шляхом зменшення загальної довжини протяжки.
3. Забезпечити самоочищення протяжок від стружки в процесі їх роботи.
4. Не враховувати коефіцієнт стружкозаповнення $K_{\min}$ при виготовленні протяжки, що дозволяє проєктувати відносно компактні протяжки незалежно від того, деталь якої довжини підлягає обробленню.
5. Поліпшити умови роботи протяжок шляхом забезпечення відведення надлишкового тепла із зони різання разом зі стружкою.

Все вищеперераховане дозволяє розширити сферу застосування процесу протягування і більш повно використовувати його технологічні можливості. Протяжки безперешкодним виходом стружки забезпечують повне і безумовне очищення канавки між зубами від стружки в процесі різання і можуть бути застосовані при обробленні значної кількості видів складних поверхонь деталей.

Отже, розроблення нових конструкцій протяжок з безперешкодним виходом стружки є актуальним завданням.

1.2 Методи вирішення поставленої проблеми

Для вирішення поставленої проблеми пропонується два варіанти конструкції протяжок: з одно- і двостороннім безперешкодним виходом стружки. Протяжка з одностороннім безперешкодним виходом стружки може застосовуватися для оброблення поверхонь різноманітної форми. Вона є монолітною протяжкою з нахиленими під кутом λ ріжучими лезами. Дно канавки для стружки виконане прямолінійним і має односторонній нахил під кутом ψ (рис. 1.1).

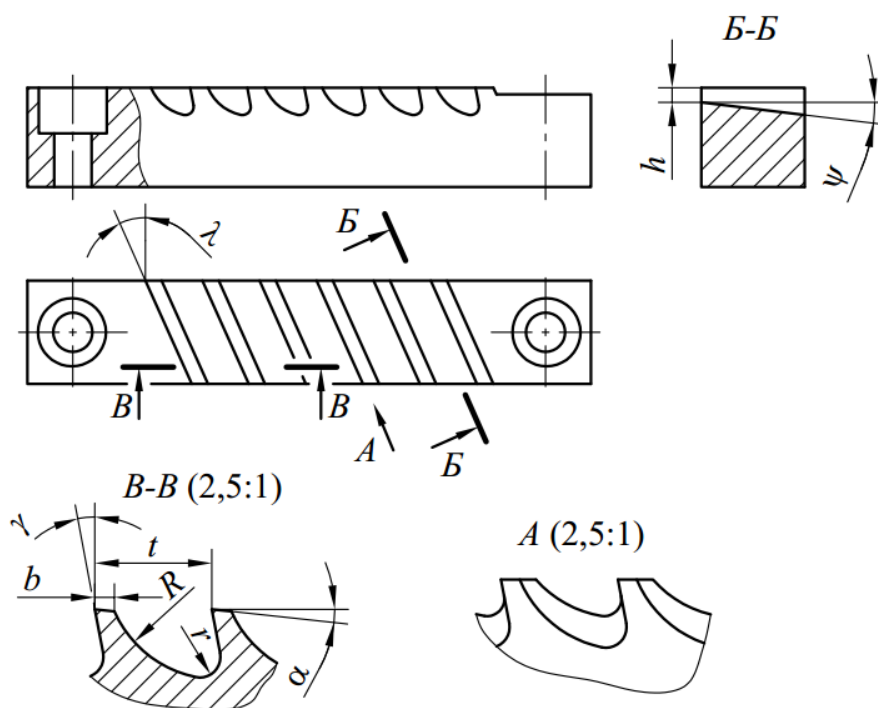


Рисунок 1.1 – Протяжка з одностороннім безперешкодним виходом стружки

Оскільки леза зубів протяжки нахилені під кутом λ відносно напрямку головного руху інструменту, а канавка для стружки має змінну глибину, завдяки куту ψ , стружка не накопичується в канавці, а безперервно видаляється із зони різання. У випадках, коли після проходу протяжки стружка залишається в окремих канавках для стружки, вона згодом виштовхується стружкою, що утворюється при наступних проходах.

Завдяки такій особливості конструкції протяжки, забезпечується стійкий ефект її самоочищення від стружки в процесі виконання технологічного процесу. Це дозволяє обробляти поверхні різної, в тому числі значної довжини. Крім того, потрібні розміри канавки для стружки менше залежать від довжини поверхні, що обробляється. При цьому, для оброблення сталевих деталей, підйом на зуб може бути збільшений до 0,5 мм. Це можливо завдяки безперешкодному відведенню стружки та більш ефективному відведенню надлишкового тепла із зони різання.

Завдяки тому, що ріжучі леза мають нахил під кутом λ , відбувається більш плавне врізання протяжки в заготовку, покращуються умови для проникнення ЗОР у зону різання і забезпечується вихід стружки в певному напрямку, що є

важливим при обробленні ступінчастих поверхонь, а також у випадках, коли дві протяжки працюють у парі.

Протяжка з двостороннім виходом стружки може використовуватися для оброблення зовнішніх поверхонь і пазів. Це інструмент монолітної конструкції. Ріжучі леза зубів розташовані перпендикулярно до напрямку робочого ходу. Дно канавки для стружки є прямолінійним і має двосторонній нахил до ріжучих лез під кутом ψ (рис. 1.2).

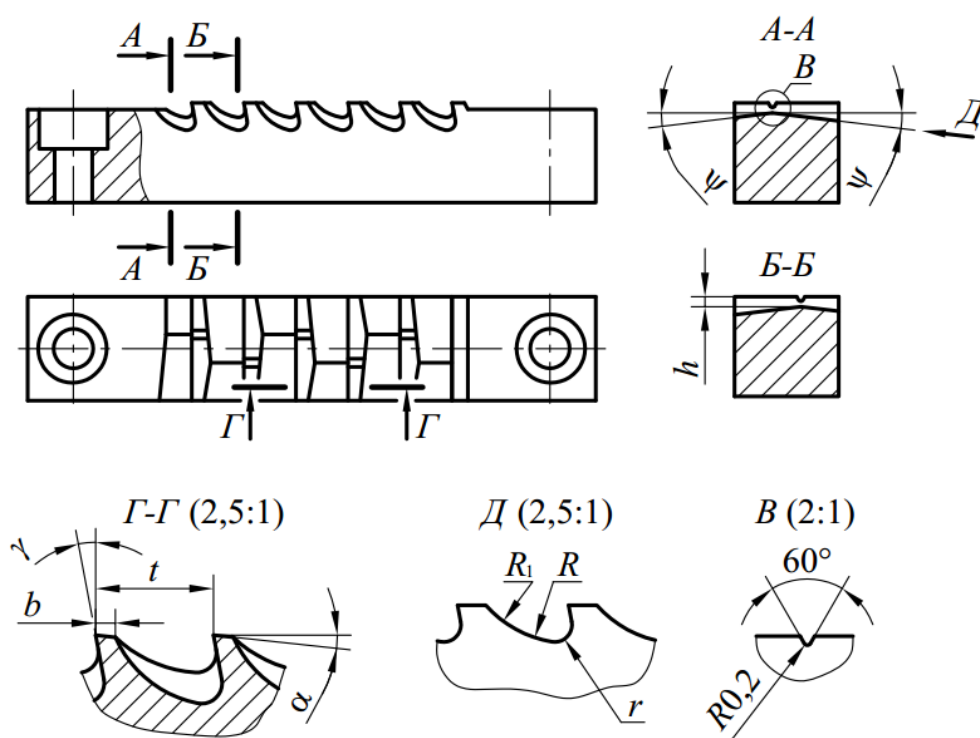


Рисунок 1.2 – Протяжка з двостороннім безперешкодним виходом стружки

На усіх зубах протяжки, крім останнього, виконані канавки для поділу стружки, що забезпечують в процесі різання шару металу на дві частини. Це покращує умови утворення стружки. Канавки для поділу стружки мають шахове розміщення відносно поздовжньої осі інструменту (див. рис. 1.2). Це дозволяє видалити смуги металу, що утворені канавками зубів, які розміщені попереду.

За рахунок того, що дно канавок для стружки нахилене під кутом ψ до горизонталі, досягається збільшення їх об'єму, що позитивно впливає на процес утворення стружки, особливо – в момент початку різання. Така форма канавки для стружки сприяє тому, що стружка здійснює гвинтоподібні рухи і стабільно

виходить із зони різання. Таким чином, відбувається процес безперервного самоочищення інструменту від стружки. Процес утворення стружки під час протягування залежить від режимів різання геометричних параметрів інструменту, виду матеріалу і розмірів. Перераховані взаємно пов'язані між собою і часто залежать один одного.

Вивчення процесу утворення стружки при роботі протяжок з безперешкодним одно- і двостороннім виходом стружкивимагає проведення спеціальних досліджень.

1.3 Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу

Протяжки з безперешкодним виходом стружки володіють рядом переваг у порівнянні із звичайними: гарантоване очищення канавки між зубами від стружки в процесі різання, плавність роботи і можливість оброблення деталей значної довжини. Вони можуть бути застосовані при обробленні різних видів складних поверхонь деталей машин.

На підставі цих висновків, сформульовані наступні завдання кваліфікаційної роботи.

1. Розробити конструкції протяжок з безперешкодним виходом стружки та обґрунтувати їх конструктивні параметри.
2. Розробити методику експериментальних досліджень роботи протяжок з безперешкодним одно- і двостороннім виходом стружки.
3. Провести експериментальні дослідження роботи протяжок з одно- і двостороннім безперешкодним виходом стружки з метою встановлення впливу їх конструктивних параметрів на показники роботи.
4. Розробити маршрутно-операційний технологічний процес механічного оброблення та спеціальне технологічне оснащення, для виготовлення корпусу МП-47.105.
5. Розробити заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1 Характеристика об'єкту дослідження

Кут λ нахилу ріжучих лез протяжки з безперешкодним виходом стружки впливає на решту геометричних параметрів зубів та їх положення у просторі відносно напрямку головного руху.

Геометричні параметри ріжучих зубів протяжки з безперешкодним виходом стружки визначають за формулами:

Передній кут γ_v зуба протяжки

$$\gamma_v = \arctg \frac{\tg \gamma}{\cos \lambda}, \quad (2.1)$$

Задній кут α_v зуба протяжки

$$\alpha_v = \arctg \alpha \cdot \cos \lambda, \quad (2.2)$$

Кут нахилу дна канавки для стружки відносно головного руху

$$\psi = \arctg \frac{\tg \beta}{\cos \lambda}, \quad (2.3)$$

де β – кут нахилу дна канавки, на , розташовану перпендикулярно до напрямку головного руху.

Довжина робочої поверхні зубів протяжки

$$l_n = \frac{B}{\cos \lambda}, \quad (2.4)$$

де λ – кут нахилу ріжучих лез, град;

B – ширина протяжки, мм.

Ширина задньої поверхні зуба

$$b_{np} = \frac{b}{\cos \lambda}, \quad (2.5)$$

Нормальний крок зубів протяжки t_N

$$t_N = \frac{t}{\cos \lambda}. \quad (2.6)$$

2.2 Програма і методика експериментальних досліджень

З метою виявлення впливу конструктивних параметрів протяжки з безперешкодним виходом стружки на процес її утворення були проведені експериментальні дослідження. Вплив кожного з параметрів окремо. У кожній серії дослідів змінювали один з параметрів, решта – залишалися сталими.

Досліди були на виявлення раціональних значень конструктивних і геометричних параметрів зубів і канавок для стружки протяжок з безперешкодним виходом стружки.

Були проведені два етапи досліджень. Досліди першого етапу носили пошуковий характер. При цьому були виявлені попередні умови проведення досліджень, зокрема, найбільш раціональна форма канавок для стружки, що сприяє виштовхуванню та вільному виходу стружки із зони різання упродовж робочого ходу. На рис. 2.1 представлені форми канавок для стружки протяжок з одно- і двостороннім виходом стружки. Значний вплив на процес формування і безперешкодний вихід стружки при протягуванні сталевих заготовок та подібних пластичних матеріалів має не лише форма канавки для стружки, але і розмірами її елементів. Форма канавки для стружки повинна забезпечувати плавне закручування стружки в спіраль і сприяти її безперешкодному виходу з канавки, а сплющування і заклинювання стружки повинно бути виключене. При обробленні крихких матеріалів, коли утворюється сипка стружка надлому, форма канавки для стружки має не такий значний вплив на процес її відведення.

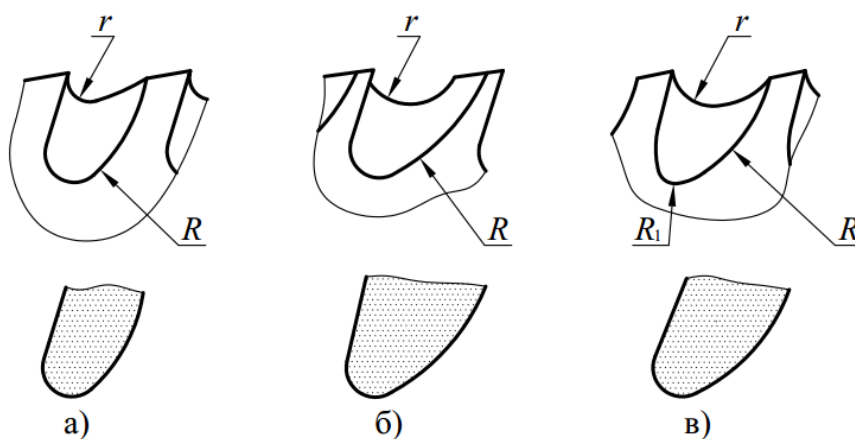


Рисунок 2.1 – Форми канавок для стружки протяжок з безперешкодним виходом стружки:

а і б – дворадіусна форма канавки; в – трирадіусна форма канавки

Для визначення раціональних геометричних параметрів конструктивних елементів протяжки з безперешкодним виходом стружки, а також впливу форми і матеріалу заготовок на процес утворення стружки та її вихід із зони різання, була проведена серія дослідів.

Досліди були проведені в широкому діапазоні зміни геометричних параметрів ріжучих елементів протяжок з безперешкодним виходом стружки. Для протяжки з одностороннім відведенням стружки кут λ нахилу ріжучих лез змінювали в межах $15-45^\circ$, а кут ψ нахилу дна канавки для стружки – $10-25^\circ$. Діапазон зміни кроку t зубів протяжки змінювали в межах від 8-16 мм. Величини кроків зубів протяжки відповідали загальноприйнятим при проектуванні такого типу інструментів.

З метою встановлення максимально допустимого значення підйому на зуб для протяжки з безперешкодним виходом стружки була проведена серія дослідів з протяжками, підйом на зуб яких знаходився в межах від 0,08-0,4 мм.

Визначали також максимально допустиму ширину поверхні, яку можна обробити протяжкою з безперешкодним виходом стружки.

Під час досліджень проводились візуальні спостереження за умовами протікання процесу утворення стружки і її безперешкодного виходу за межі інструменту. Досліди проводили на вертикально-протяжному верстаті моделі 7Б76.

Протяжку встановлювали на столі верстата нерухомо для зручності спостереження за процесом утворення стружки. Заготовку закріплювали на рухомій каретці верстата.

Під час дослідів були оброблені зразки, виготовлені зі сталі 45 ДСТУ 7809:2015 ($HB = 185 \dots 207$), а також із сірого чавуну СЧ150 ДСТУ 8833:2019 ($HB = 185 \dots 200$). Ширину зразків p в процесі досліджень змінювали в межах 10-70 мм з інтервалом 10 мм.

Дослідні зразки протяжок з безперешкодним виходом стружки були виготовлені із високолегованої швидкорізальної інструментальної сталі P18 ($HRC = 62 \dots 65$).

2.3 Аналіз і узагальнення отриманих результатів досліджень

2.3.1 Дослідження впливу конструктивних параметрів протяжки на показники процесу утворення стружки

На першому етапі були проведені досліді при обробленні сталевих і чавунних дослідних зразків шириною до 10 мм протяжками з одно- і двостороннім безперешкодним виходом стружки. На підставі отриманих результатів було встановлено, що для протяжок з підйомом на зуб меншим ніж 0,4 мм, цілком достатньою є глибина канавки для стружки 2,5 мм, оскільки наявність кута λ нахилу ріжучих лез, і кута ψ нахилу дна канавки між зубами забезпечують стабільне закручування стружки у гвинтову спіраль, що має відносно невеликий діаметр.

В ході дослідження протікання процесу утворення стружки в процесі роботи протяжок з безперешкодним виходом стружки були випробувані дво- і трирадіусні форми канавок для стружки (рис. 2.1). Для фіксації площі контакту стружки з канавками на їх поверхню перед проведенням дослідів наносили фарбу.

Усі досліджені форми канавок для стружки показали задовільні результати протікання процесу її утворення при обробленні сталевих і чавунних зразків

шириною 10 мм і завдовжки 300 мм. В процесі протягування вони забезпечували задовільне закручування і безперешкодний вихід стружки із зони різання.

Найбільш ефективною виявилася дворадіусна форма канавки для стружки (рис. 2.1, б). В процесі різання утворювалася стружка, що повністю відтворювала форму канавки. Цей висновок зроблено на підставі того, що після досліду контрольна фарба з поверхні канавок була витерта повністю. Однаковий результат спостерігався незалежно від підйому на зуб дослідної протяжки.

Однорадіусна форма канавки для стружки (рис. 2.1, а) не в повній мірі відповідає умові нормального утворення, закручування безперешкодного і виходу стружки, оскільки було зафіксоване її сплюскування. В окремих випадках стружка впиралася в протилежну стінку канавки для стружки і в її дно. Внаслідок цього, виток набував неправильної форми, а також спостерігався його злам. Разом з тим, стружка хоч і кришилася, вона виходила з канавки.

При роботі протяжки, що мала трирадіусну форму канавок (рис. 2.1, в), стружка не в повній мірі відтворювала профіль канавки. При підйомі на зуб більшому за 0,3 мм на окремих ділянках поверхні канавок для стружки залишалася контрольна фарба, а при $s_z < 0,3$ мм слідів стертої фарби взагалі не було виявлено.

При протягуванні чавунних дослідних зразків утворювалася стружка у вигляді окремих шматочків, або – витків, що мали неправильну форму. Дрібні елементи у вигляді стружок надлому виходили у сипкому вигляді, а більші мали форму неправильної трубки, що складалася із слабо зв'язаних між собою. Якщо об'єм канавки для стружки виявлявся недостатнім для утворення витка, ці трубки легко руйнувалися на окремі частинки. Як правило, після першого робочого ходу чавунна стружка рівномірно розподілялася по канавці і безперешкодно видалялася стружкою, що утворювалася при наступних проходах протяжки.

При обробленні сталевих виробів протяжками з безперешкодним виходом стружки утворювалися стружка надлому, зливна або – відколювання, які закручувалися не в пласку, як при прямокутному різанні, а в гвинтову конічну чи циліндричну спіраль.

Під час дослідження процесу утворення зливної стружки при роботі протяжки з двостороннім безперешкодним виходом стружки виявлено, що стружка скручувалася у щільний валик з обох боків протяжки. Окремі валики щільно заповнювали об'єм на вході канавки для стружки і вільніше розташовувалися на її виході. Це відбувалося внаслідок того, що в початковий момент різання, до контакту з поверхнею канавки, стружка має вигляд пласкої спіралі. При цьому, в канавці є місце для розміщення стружки, аналогічно до прямокутного різання звичайною протяжкою. Далі кінець стружки в канавці притискається до похилої поверхні канавки, починає закручуватись і переміщуватись і направляється до виходу, здійснюючи рух гвинтовою траєкторією. Після того, як спіральний валик виходить з канавки процес утворення спіралі протікає у сприятливіших умовах. Стружка, що виходить канавки стружка набуває гвинтової форми циліндричної спіралі, останній виток якої трохи приплюснутий.

При великих (до 0,5 мм) підйомах на зуб пласка стружка має більшу жорсткість, а її закручування у валик відбувається стабільно іззовні всередину. При незначних підйомах на зуб (до 0,1 мм) пласка стружка є тоншою, не може чинити належний опір деформуванню і може руйнуватися від контакту з поверхнею канавки для стружки. Її закручування у валик є менш стабільним.

При обробленні дослідних зразків шириною 10 мм протяжкою з одностороннім безперешкодним виходом стружки стружка набувала форми гвинтового циліндричного валика однакового діаметру. При цьому, довжина окремих валиків стружки була різною. Отже, такими протяжками можна обробляти поверхні значної довжини.

При обробленні дослідних зразків шириною 20 мм і 30 мм протяжками з одностороннім безперешкодним виходом стружки, утворювалася стружка у формі гвинтового спірального валика (рис. 2.2). В результаті порівняння валиків стружки, отриманих від протяжок, що мали підйоми на зуб $s_z = 0,1$ мм і 0,2 мм при ширині зразка $B = 30$ мм, було встановлено, що вони практично не відрізнялися між собою. Мала місце лише певна різниця між розмірами зовнішнього діаметра валика і висотою конуса стружки, які збільшувалися зі

зростанням підйому на зуб. Діаметр спірального валика, також кількість витків стружки зростає зі збільшенням довжини заготовки. Діаметр валика на виході з канавки може збільшитись до таких розмірів, що об'єм канавки може виявитися недостатнім для розміщення витків, при цьому основна частина валика вже може знаходитися поза межами тіла протяжки.

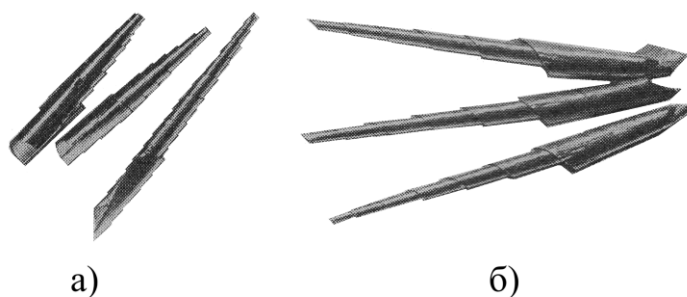


Рисунок 2.2 – Загальний вигляд валиків стружки, отриманих при обробленні протяжкою з одностороннім безперешкодним виходом стружки при $s_z = 0,2$ мм:

а – $B = 20$ мм; б – $B = 30$ мм

Результати досліджень показали, що значення кута нахилу леза протяжки λ практично не впливає на форму валика стружки. Перші кілька витків валиків стружки мали конічну форму, яка в подальшому перетворювалася на циліндричну. Різниця була лише у щільності прилягання витків один до одного. Найбільш щільне прилягання спостерігалось при куті $\lambda = 15^\circ$ і найменш щільне – при куті $\lambda = 45^\circ$.

Була виявлена різниця між розмірами діаметрів валиків за однакових режимів оброблення, яку можна пояснити відмінними радіусами природного закручування стружки, що зменшуються зі збільшенням значення кута λ . Зменшення діаметра валика стружки також відбувалося при зміні переднього кута зуба γ_v , оскільки збільшується дійсний кут, який прямопропорційно залежить від λ . Збільшення кута λ покращує також умови різання за рахунок більш активного виведення стружки. Найбільш прийнятними можна вважати значення кута нахилу ріжучого леза $\lambda = 30-45^\circ$.

Слід відзначити, що надмірне збільшення значення кута λ не завжди виправдане. Чим більший кут λ , тим більша величина бічної сили різання P_x , яку

потрібно компенсувати за рахунок елементів закріплення протяжки і заготовки. Зовнішні розміри валиків стружки при кутах $\lambda = 30^\circ$ і 45° практично не відрізнялися один від одного, тому оптимальним для більшості випадків буде кут 30° .

Разом з тим, при куті $\lambda = 45^\circ$ напрям виходу стружки відхиляється більше від напрямку головного руху протяжки. Це може стати у пригоді для випадків, коли маємо обмежений простір для приймання відведеної стружки. В таких випадках її доводиться спрямовувати під великим кутом до напрямку головного руху інструменту. Також, при великих значеннях підйому на зуб (до 0,4 мм) і куті $\lambda = 45^\circ$ стружка може мати шаблеподібну або стрічкоподібну форму. Таким чином, за рахунок зміни величини кута λ , можна впливати на процес ковзання стружки по передній поверхні зуба і забезпечувати її вихід в потрібному напрямку.

При обробленні тонкостінних деталей потрібно забезпечити додаткове притискання заготовки і плавне врізання протяжки. Цього можна досягнути шляхом збільшення бічної сили різання P_x при куті нахилу леза $\lambda = 45^\circ$ і вище.

Слід враховувати, що при однаковій ширині поверхні протягування, збільшення кута λ викликає збільшення довжини лінії контакту леза із заготовкою, стружка стає ширшою, її пружність – підвищується і, як наслідок, умови її закручування погіршуються. Зі збільшенням ширини поверхні протягування описані явища стають ще більш вагомими.

Під час виконання роботи були оброблені зразки шириною $B = 20, 30$ і 40 мм. В результаті дослідів було встановлено, що при ширині протягування 20 мм стружка закручується у циліндричні спіральні валики однакового діаметру, при ширині протягування 30 мм і 40 мм стружка набувала конічної спіральної форми. Допустима довжина протягування збільшувалася зі зменшенням ширини поверхні протягування.

На підставі результатів цієї серії дослідів отримана залежність діаметру валика стружки на виході з канавки від кута нахилу зубів протяжки. Під час досліджень оброблялися зразки із сталі 45 шириною 30 мм (див. рис. 2.3, а) і 40 мм (див. рис. 2.3, б). Довжина оброблення складала: 100 ; 200 та 300 мм. Було встановлено, що із зменшенням кута λ діаметр валика стружки збільшується. При

збільшенні довжини чи ширини оброблюваної поверхні діаметр витка стружки також збільшувався.

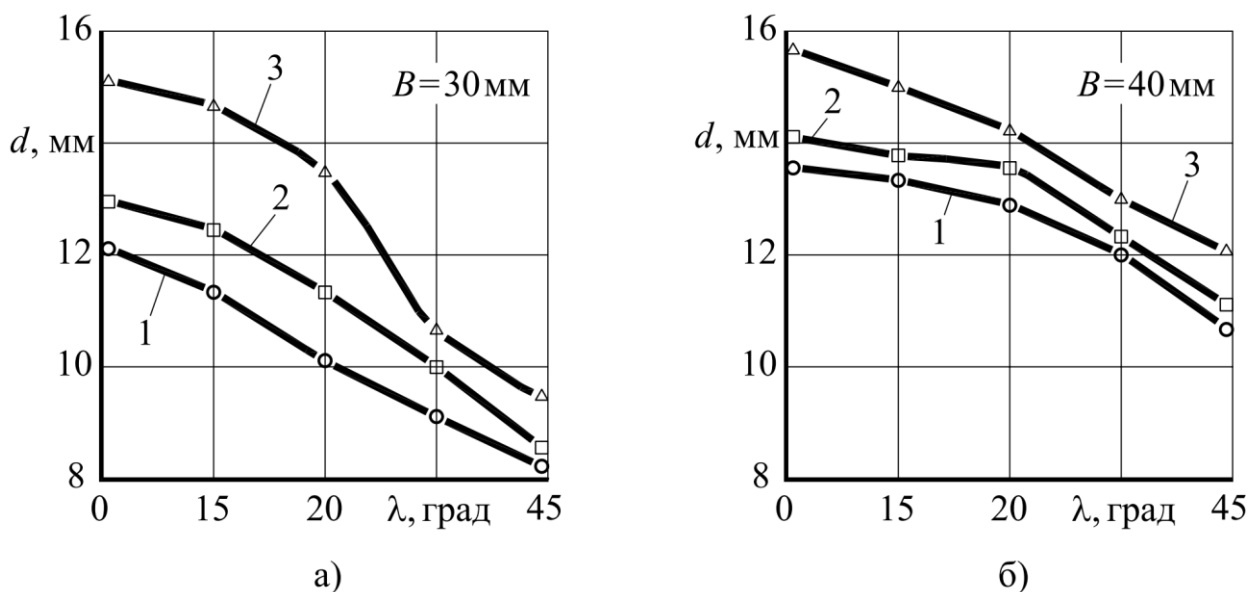


Рисунок 2.3 – Залежності діаметру валика стружки від кута нахилу зубів протяжки з одностороннім безперешкодним виходом стружки при $\gamma = 3^\circ$ $\psi = 15^\circ$:

1 – $s_z = 0,3$ мм, $l_d = 100$ мм; 2 – $s_z = 0,2$ мм, $l_d = 200$ мм; 3 – $s_z = 0,2$ мм, $l_d = 300$ мм

Описані вище дослідження були також проведені з використанням зразків із сірого чавуну СЧ150. Було встановлено, що всі раціональні значення конструктивних параметрів протяжок, які були рекомендовані для оброблення сталі, можна рекомендувати для протягування заготовок із чавуну. Висновок зроблено на підставі того, що сипка чавунна стружка із зони різання виходить вільніше, ніж зливна сталева.

Дослідження впливу кута ψ нахилу дна канавки для стружки проводили для протяжок як з одно-, так і з двостороннім безперешкодним виходом стружки. Протяжкою з одностороннім безперешкодним виходом стружки що мала кут нахилу ріжучого леза $\lambda = 30^\circ$ протягували сталеві зразки шириною 10 і 30 мм. Протяжкою, що мала підйом на зуб $s_z = 0,1$ мм і кут $\psi = 10^\circ$ був оброблений зразок довжиною 300 мм. Було зафіксоване самоочищалася протяжки. Стружка зовсім не залишила слідів на контрольній фарбі, що була нанесена на стінки

канавок для стружки. Тому, можна констатувати, що кут нахилу $\psi = 10^\circ$ дна канавки для стружки протяжки з підйомом на зуб до 0,1 мм забезпечує безперешкодний вихід і сприятливі умови формування валика стружки при довжині протягування 300 мм.

Протяжкою, що мала підйом на зуб $s_z = 0,2$ мм і кут $\psi = 10^\circ$ був оброблений зразок довжиною 300 мм. При ширині поверхні зразка 10 мм утворювалася стружка у формі циліндричного гвинтового валика, а при ширині 30 мм – у формі гвинтової спіралі. В процесі формування стружка майже не торкалася стінок канавок для стружки, бо контрольна фарба залишалася практично неушкодженою. Можна стверджувати, що і за таких параметрів протяжки забезпечується безперешкодний вихід стружки без деформації її витків.

Протяжкою, що мала підйом на зуб $s_z = 0,3$ мм і кут $\psi = 10^\circ$ був оброблений зразок довжиною 300 мм. Стружка мала аналогічну форму, що і при підйомі на зуб $s_z = 0,2$ мм, але, при ширині зразка 10 мм валик стружки був дещо деформований. При ширині протягування 30 мм для формування валика стружки умови є більш обмеженими, що підтверджено відсутністю контрольної фарби на поверхнях канавок для стружки. Не зважаючи на це, стружка безперешкодно виходила із зони різання.

При роботі протяжок, що мали кут $\psi = 15^\circ$ і підйоми на зуб 0,1 мм, 0,2 мм, 0,2 мм спостерігалось менше деформування валика стружки. Це пояснюється тим, що зі збільшенням значення кута ψ об'єм канавки для стружки зростає.

При роботі протяжок з кутом $\psi = 20^\circ$ і приведеними вище підйомами на зуб спостерігався безперешкодний вихід стружки із зони різання, але валики стружки були деформовані більше.

На підставі отриманих результатів можна констатувати, що при куті ψ в межах $10^\circ \dots 15^\circ$ забезпечується безперешкодний вихід стружки при довжині протягування до 300 мм, проте його збільшення понад 15° тягне за собою зниження міцності зуба, тому, раціональним вважаємо кут $\psi = 15^\circ$.

Нахил дна канавки для стружки у протяжок з безперешкодним її виходом збільшує глибину канавки, але, разом з тим і висоту зуба протяжки, що, в свою чергу, негативно впливає на його міцність. Цей вплив тим більший, чим більша ширина протяжки. Тому, при проектуванні протяжок з безперешкодним виходом стружки потрібно враховувати цей факт і забезпечувати баланс між ефективністю їх роботи і міцністю зубів.

Максимально допустимий кут ψ нахилу дна канавок для стружки доцільно встановлювати після розрахунків зубів протяжки на міцність і призначення їх конструктивних параметрів. Обов'язково потрібно враховувати ширину протягування, оскільки з її збільшенням, на кут ψ накладаються додаткові обмеження. В загальному можна вважати, що для протяжок з безперешкодним виходом стружки, робоча ширина яких перевищує 40 мм, кут ψ не повинен бути більшим за 10° . Це стосується протяжок як з одно-, так і з двостороннім безперешкодним виходом стружки.

Значення кута ψ слід приймати якомога ближчим до максимально-допустимого значення. Це дозволить забезпечити безперешкодний вихід стружки із зони різання, покращити умови формування валика стружки та поліпшити проникнення змащувально-охолоджувальної рідини до зони різання.

Безперешкодний вихід стружки слід забезпечувати як за рахунок раціонального значення кута ψ , так і величини кроку t зубів протяжки. Наприклад, під час випробувань протяжки з двостороннім безперешкодним виходом стружки спочатку була досліджена протяжка з кутом $\psi = 15^\circ$ при ширині протягування 30 і 40 мм. В процесі її роботи спостерігалось розділення стружки на дві частини і вона сходила з поверхні зуба в два боки, тобто умови закручування стружок у валик були кращими у порівнянні з протяжками з одностороннім відведенням. Під час протягування поверхні шириною 30 мм протяжкою, що мала крок зубів 16 мм і $\psi = 15^\circ$ довжина протягування може бути практично необмеженою, за умови, що її підйом на зуб не буде більшим за 0,1 мм.

В початковий момент різання стружка закручується у спіральний конічний валик, який згодом трансформується у гвинтову циліндричну спіраль (рис. 2.4, а).

Збільшення кута ψ понад 20° та підйому на зуб до $s_z = 0,15$ мм дає змогу отримати спіральний валик циліндричної форми. Значення кута $\psi = 25^\circ$ дозволяє збільшити підйом на зуб до $0,3$ мм, що дозволяє підвищити довжину оброблення до 300 мм. Стружка за цих умов має форму гвинтовий циліндричного валика з більшим діаметром.

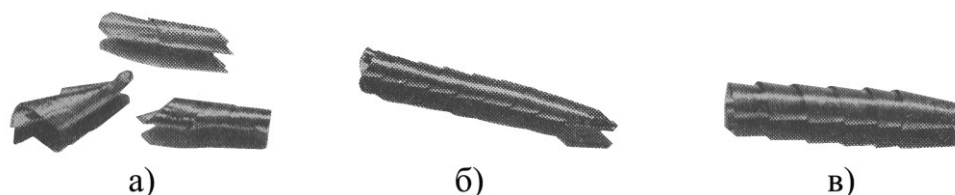


Рисунок 2.4 – Загальний вигляд стружки при обробленні протяжкою з двостороннім безперешкодним виходом стружки при $l_o = 300$ мм і $B = 30$ мм, :
а – $s_z = 0,1$ мм, $\psi = 15^\circ$; б – $s_z = 0,15$ мм, $\psi = 20^\circ$; в – $s_z = 0,3$ мм, $\psi = 25^\circ$

Результати оброблення чавунних зразків протяжками з двостороннім безперешкодним виходом стружки свідчать про те, протяжки з рекомендованими для оброблення сталі 45 значеннями кутів ψ також працюють належним чином.

Пошук раціональних значень для кроку зубів протяжок з одностороннім безперешкодним виходом стружки проводився з використанням протяжок з кутами нахилу зубів $\lambda = 15-30^\circ$ і кутами нахилу дна канавки для стружки $\psi = 10-15^\circ$. Підйом на зуб протяжок $s_z = 0,3$ мм.

При куті $\lambda = 15^\circ$ і обробленні зразків довжиною до 300 мм найбільш прийнятні значення кроку знаходяться в межах $t = 14-16$ мм, а при куті $\lambda = 30^\circ$ – раціональним є крок $t = 16$ мм. За цих умов відпадає потреба в обмеженні довжини оброблюваної заготовки і забезпечуються належні умови для безперешкодного виходу стружки.

Для протяжки з двостороннім безперешкодним виходом стружки визначали раціональний крок зубів при ширині протягування $30, 40$ і 70 мм. Протяжки мали такі конструктивні параметри: $\lambda = 0^\circ$; $\psi = 15.25^\circ$; $s_z = 0,2$ мм.

При протягуванні зразків шириною 30 і 40 мм раціональним є крок зубів 16 мм, а при протягуванні зразків шириною 70 мм такий крок вже є недостатнім, його потрібно збільшити до 18 мм, або можна зменшити величину підйому на зуб до 0,15 мм.

Під час досліджень визначали також залежність зовнішнього діаметру валика стружки від підйому на зуб протяжки на виході із зони різання при змінній довжині зразків. На підставі результатів досліджень побудовані графічні залежності зовнішнього діаметру валика стружки від підйому на зуб протяжки. Довжина протягування l_0 складала 100, 200 і 300 мм, криві 1; 2; 3 на графіках побудовані відповідно для кожної довжини (див. рис. 2.5). На рис. 2.5, а зображені графічні залежності діаметру валика стружки від підйому на зуб протяжки з одностороннім безперешкодним виходом стружки при протягуванні сталі 45 при протягуванні зразка шириною 30 мм, а на рис. 2.5, б – шириною 40 мм.

На підставі аналізу графічних залежностей можна стверджувати, що зі збільшенням довжини оброблення, діаметр валика стружки на виході із зони різання зростає. На підставі цього визначені граничні значення підйому на зуб для протяжок з одно- і двостороннім безперешкодним виходом стружки різної ширини при раціональних значеннях кутів λ і ψ та кроку зубів. Граничні значення підйому на зуб визначали, на підставі форми, яку мала стружка. Після протягування зразків певної довжини, валики стружки перевіряли на наявність слідів деформації, і для кожного значення підйому s_z заміряли зовнішній діаметр валика.

Було встановлено, що при ширині протягування понад 30 мм величина підйому на зуб s_z більш відчутно позначається на можливостях протягування поверхонь, що мають значну довжину. Це можна пояснити тим, що для широкої стружки умови закручування є значно гіршими. Для протяжки з двостороннім безперешкодним відведенням стружки граничні значення для підйомів на зуб визначали для ширини протягування до 70 мм. Інших параметри були такими самими, як і в попередніх дослідженнях.

Аналогічні дослідження були проведені щодо протягування зразків, виготовлених із чавуну СЧ150. Конструктивні параметри протяжок були такими самими, як і при протягуванні сталі 45. Протяжки з безперешкодним виходом стружки показали надійне виконання технологічного процесу. Сипка стружка, що утворювалася при протягуванні чавуну надійно відводилася із зони різання

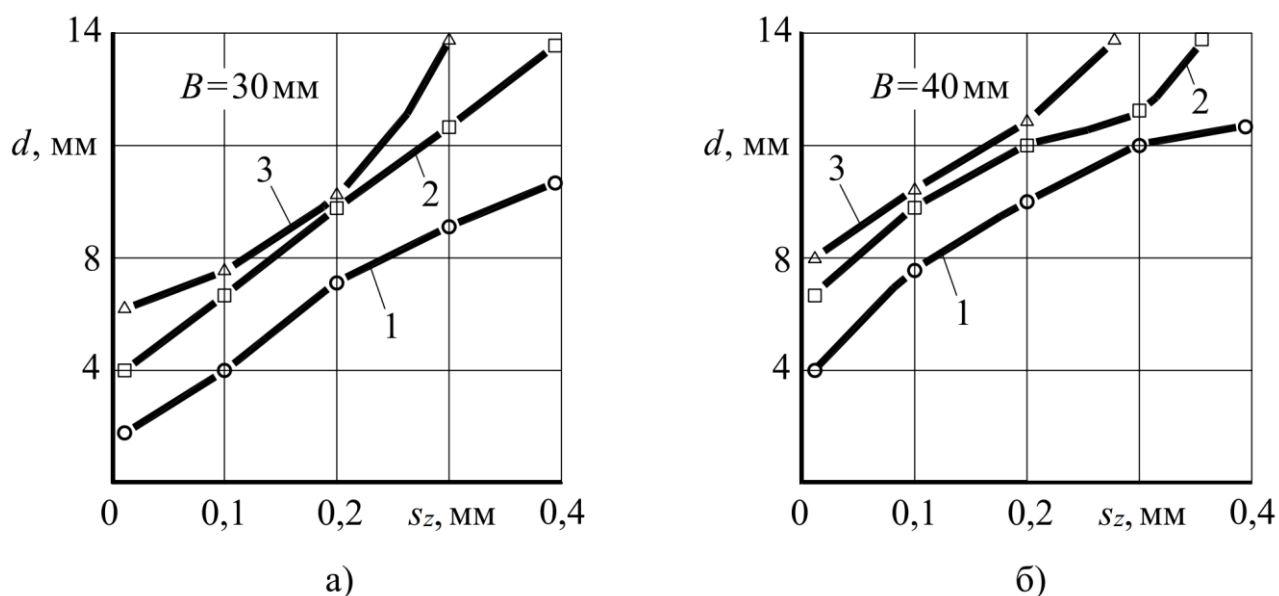


Рисунок 2.5 – Залежності діаметру валика стружки від підйому на зуб протяжки з одностороннім безперешкодним виходом стружки при протягуванні сталі 45:

1 – $l_0 = 100$ мм; 2 – $l_0 = 200$ мм; 3 – $l_0 = 300$ мм

В процесі виконання роботи проведені дослідження щодо встановлення залежності початкової глибини h канавки для стружки протяжки з безперешкодним виходом стружки від підйому на зуб. Зона працездатності протяжок визначалася стабільністю процесу утворення стружки. Початкову глибину канавки стружки вважали достатньою, коли стружка, утворена при протягуванні сталі, мала форму спірального валика конічної або циліндричної форми і вільно виходила із зони різання, а сипка чавунна стружка не нагромаджувалася у канавці для стружки канавку і також легко виходила із зони різання.

Дослідження проведені з використанням протяжки, що мала конструктивні параметри $\lambda = 30^\circ$ і $\psi = 15^\circ$. Отримані графічні залежності при протягуванні

чавуну СЧ150 представлені на рис. 2.6, а при протягуванні сталі 45 – на рис. 2.6, б.

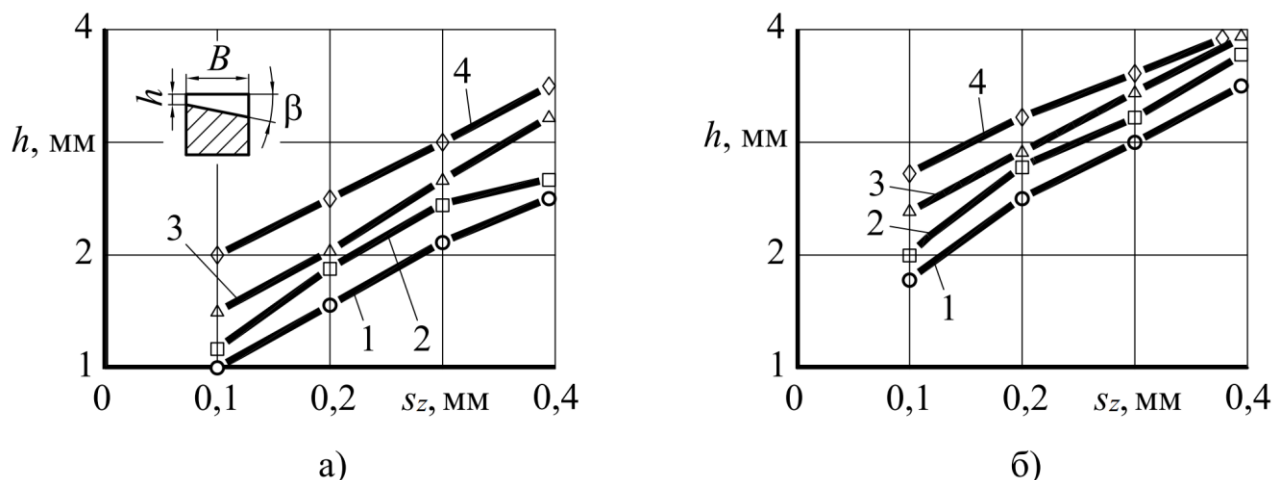


Рисунок 2.6 – Залежності глибини канавки для стружки протяжки з безперешкодним виходом стружки підйому на зуб при різних умовах роботи:

а – оброблення чавуну СЧ150; б – оброблення сталі 45;

1 – мінімально допустимі значення при ширині протягування $B = 10$ мм;

2 – мінімально допустимі значення при ширині протягування $B = 20$ мм;

3 – рекомендовані значення при ширині протягування $B = 10$ мм;

4 – рекомендовані значення при ширині протягування $B = 20$ мм.

2.3.2 Дослідження впливу конструктивних параметрів протяжки на якість оброблених поверхонь та сили різання

Під час дослідження впливу конструктивних параметрів протяжки на якість оброблених поверхонь була використана протяжка з наступними параметрами ріжучого клину: $\lambda = 30^\circ$; $\psi = 15^\circ$; $t = 12$ мм. Підйом на зуб s_z дослідної протяжки змінювався від 0,02 до 0,5 мм. Швидкість різання під час досліджень складала 3, 6, 8 і 10 м/хв. Матеріал дослідного зразка – сталь 45 ДСТУ 7809:2015 ($HB = 199 \dots 205$). Протягування здійснювалося з використанням змащувально-охолоджувальної рідини. Після кожного робочого ходу протяжки, визначали

шорсткість поверхні дослідного зразка за допомогою профілографа-профілометра. Результати дослідів зведені в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Шорсткість поверхні зразків, оброблених протяжкою з безперешкодним виходом стружки

Підйом на зуб протяжки s_z , мм	Швидкість різання v , м/хв	Шорсткість зразка Ra , мкм
0,02	3	0,2
0,10	3	1,5
0,20	3	3,2
0,30	3	4,0
0,40	3	4,5
0,50	3	5,0
0,02	6	2,0
0,10	6	4,8
0,20	6	5,6
0,30	6	5,9
0,02	8	1,0
0,10	8	2,5
0,20	8	4,0
0,30	8	4,7
0,40	8	5,2
0,50	8	5,5
0,02	10	0,5
0,10	10	1,7
0,20	10	2,7
0,30	10	3,4
0,40	10	3,9
0,50	10	4,1

На підставі аналізу отриманих даних встановлено, що при використанні протяжок з безперешкодним виходом стружки шорсткість обробленої поверхні не поступається результатам роботи звичайних протяжок.

На рис. 2.7 зображено залежності шорсткості Ra поверхонь дослідних зразків, після оброблення протяжкою з вільним виходом стружки від її підйому на зуб при різних швидкостях різання. На графіках видно, що шорсткість поверхонь, отриманих при різних швидкостях різання буде меншою при зменшенні підйомів на зуб, коли товщина зрізу буде меншою (рис. 2.7).

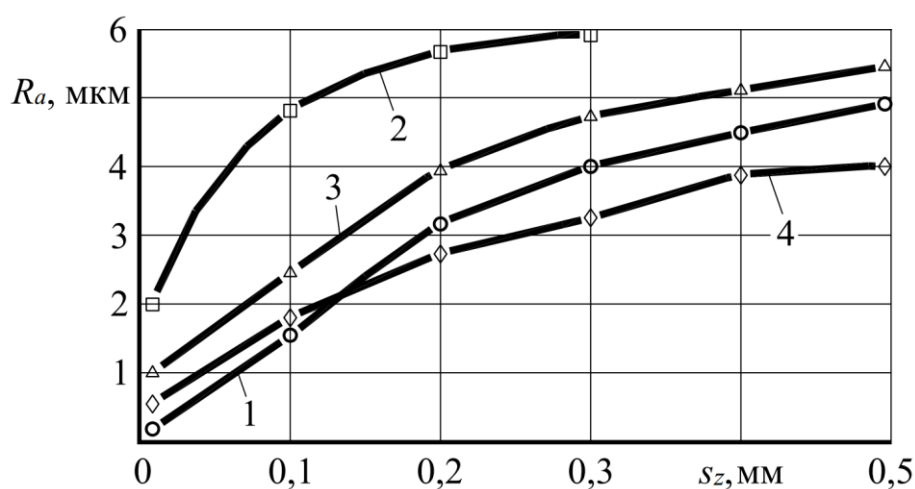


Рисунок 2.7 – Залежності шорсткості Ra поверхонь дослідних зразків, після оброблення протяжкою з безперешкодним виходом стружки від її підйому на зуб:

1 – $v = 3$ м/хв; 2 – $v = 6$ м/хв; 3 – $v = 8$ м/хв; 4 – $v = 10$ м/хв

Збільшення шорсткості обробленої поверхні при швидкості різання 6 м/хв пояснюється тим, що з метою отримання інформації про вплив застосування змащувально-охолоджувальної рідини на результати оброблення, при цій швидкості вона не застосовувалася.

Для порівняння сил різання, що виникають при роботі протяжок різних типів, були проведені аналогічні дослідні дії звичайною протяжкою, зуби якої були заточені аналогічно до зубів дослідної протяжки.

На підставі порівняння отриманих результатів було встановлено, що протяжки з безперешкодним виходом стружки забезпечують нижчу силу різання

у порівнянні зі звичайними. Це можна пояснити тим, що при роботі звичайних протяжок стружка збирається у міжзубній канавці і створює додатковий тиск на її поверхню, а при роботі протяжок з безперешкодним виходом стружки вона вільно відводиться із зони різання.

Під час оброблення деталей протяжками з безперешкодним виходом стружки процес утворення валика стружки відрізняється від того, що спостерігається при роботі звичайних протяжок. Це, безумовно, впливатиме на силу різання P_z , яка, разом з іншими чинниками, суттєво залежить від параметрів процесу утворення стружки. Під час виконання роботи були проведені дослідження величини сили різання P_z при роботі протяжок з безперешкодним виходом стружки.

Визначення питомої сили різання P_s даН/мм проводили на поздовжньо-стругальному верстаті моделі 7210.

У дослідних протяжок підйом на зуб був у межах 0,1-0,4 мм з кроком 0,05 мм. Оброблення проводили без змащувально-охолоджувальної рідини зі швидкістю різання $v = 6$ м/хв.

Дослідні зразки були виготовлені із сталі 45 ДСТУ 7809:2015 і чавуну СЧ150 ДСТУ 8833:2019. Заготовки були закріплені в лещатах, що в свою чергу були встановлені на робочому столі верстата. Дослідна протяжка була закріплена на супорті верстата.

На корпус протяжки попередньо були наклеєні тензодатчики. В процесі роботи корпус протяжки деформувався внаслідок дії тангенціальної сили P_z , що в свою чергу викликало відповідну деформацію тензодатчиків. Сигнал від тензодатчиків приймався підсилювачем і реєструвався осцилографом.

Сили різання, що виникають при обробленні зразків зі сталі та чавуну протяжками з безперешкодним виходом стружки, приведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Сили різання, що виникають при обробленні зразків зі сталі та чавуну протяжками з безперешкодним виходом стружки

Оброблю- ваний матеріал	Підйом на зуб s_z , мм	Радіус заокруглення ріжучого леза ρ , мм	Сила різання P_z , Н	Питома сила різання P_s , Н
Сталь 45 ДСТУ 7809:2015	0,1	0,08	2700	150
	0,2	0,08	5040	280
	0,3	0,08	7550	420
	0,4	0,08	9350	520
	0,1	0,3	3030	170
	0,2	0,3	5570	310
	0,3	0,3	8270	460
	0,4	0,3	10500	570
Чавун СЧ150 ДСТУ 8833:2019	0,1	0,08	1260	70
	0,2	0,08	2520	140
	0,3	0,08	3600	200
	0,4	0,08	4860	280
	0,1	0,3	1620	90
	0,2	0,3	2880	160
	0,3	0,3	4320	240
	0,4	0,3	5400	300

2.4 Висновки та пропозиції щодо використання результатів досліджень

1. Поєднання в конструкції протяжки з безперешкодним виходом стружки нахилу ріжучого леза та нахилу дна канавки для стружки сприяє безперервному і безперешкодному її в процесі різання.

2. Протяжки з безперешкодним виходом стружки дозволяють протягувати деталі значної довжини і гарантують повне і безвідмовне очищення протяжки від стружки без додаткових технічних засобів.

3. Застосування протяжок з безперешкодним виходом стружки дозволяє скоротити час оброблення деталі за рахунок скорочення машинного часу і потреби в очищенні від стружки протяжки після кожного робочого ходу.

4. Протяжки з безперешкодним виходом стружки можна використовувати для оброблення відкритих поверхонь деталей шириною 70...90 мм. Протягування поверхонь більшої ширини можливе із застосуванням комплекту протяжок, леза зубів яких мають зустрічний нахил.

5. При конструюванні протяжок відсутня потреба у розрахунку коефіцієнта K заповнення канавки для стружки, оскільки має місце безперешкодний вихід стружки за межі корпусу протяжки.

6. Оброблення поверхонь деталей протяжкою з безперешкодним виходом стружки проходить з меншими силами різання за рахунок зниження тиску стружки на поверхню канавки для стружки і оброблювану поверхню. Крім того, умови утворення стружки є більш сприятливими.

7. Протяжки з безперешкодним виходом стружки забезпечують якість оброблюваної поверхні не нижчу, ніж звичайні протяжки.

Отже, протяжки з безперешкодним виходом є прогресивними металорізальними інструментами, що значно розширюють технологічні можливості процесу оброблення металів протягуванням.

3 ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Службове призначення та характеристика об'єкту виробництва.

Аналіз технологічності виробу

Деталь «Корпус МП-47.105» входить у вузол механізму протягування дротів автомата для обробки монтажних проводів і призначене для компоновки механізму захоплення проводів. Вона є базовою деталлю механізму захоплення дротів. Деталь відноситься до корпусних деталей другого класу складності. Поверхня *A* розміром $110^{+0,054} \times 232$ із заглибленням $28^{+0,052}$ служить для встановлення деталі на направляючі, по яких деталь переміщається (див. рис. 3.1). Одночасно з установленням на напрямки деталь строго орієнтується відносно них. Площина *B* деталі служить для установки кришки за допомогою гвинтів, які встановлюються у 7 різьбових отворів *B*, розміщених на тій самій поверхні. Кришка запобігає зміщенню деталі відносно направляючих.

Два отвори *Г* і *Д* діаметром $80^{+0,046}$ служать для посадки бронзових втулок, які виконують функцію підшипників ковзання. Три отвори *Е* діаметром 8 мм служать для заливки мастила, необхідного для змащування підшипників ковзання і направляючих. Три отвори *І* діаметром 16 мм служать для установки пластмасових кришок, які запобігають попаданню бруду в мастило. Два отвори *К* $\varnothing 20^{+0,052}$ служать для установки осі, на якій встановлений важіль, за допомогою якого проходить переміщення деталі “корпус”. Сумісно з іншими деталями вузла механізму захоплення відносно направляючих. Отвори *Л* $\varnothing 30^{+0,033}$ служать для установки осей механізму захоплення дроту. Отвір *М* $\varnothing 15^{+0,027}$ служить для установки осі, на яку встановлюється важіль, призначений для відкриття і закриття губок, які захоплюють дріт. Три отвори *Н* з наскрізною різью М12-6Н служать для закріплення за допомогою гвинтів бронзової пластини, яка служить для зменшення тертя по направляючих.

Паз *О* шириною 60 мм служить для проходу штанги, пов'язаної з механізмом закриття захоплюючих губок.

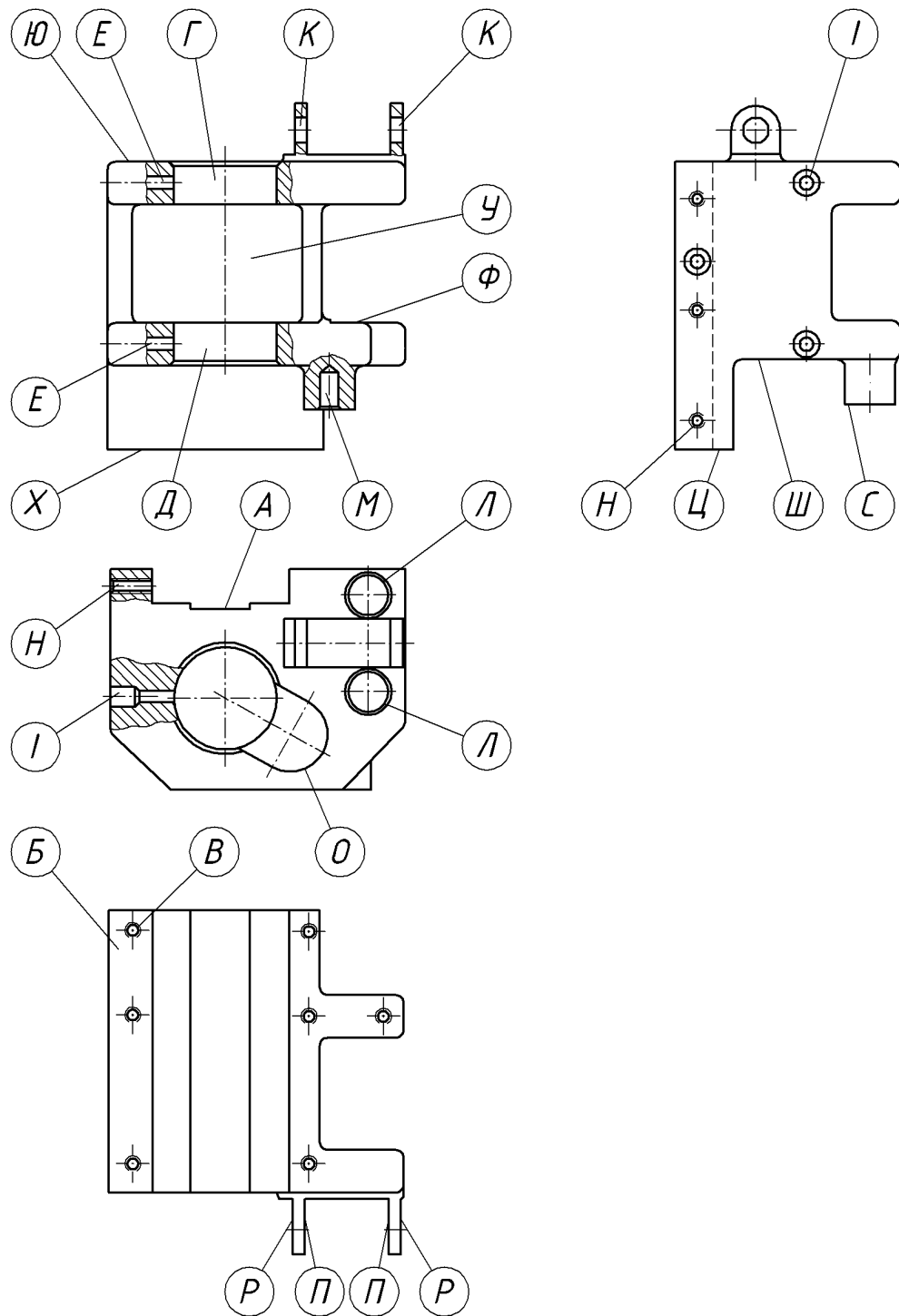


Рисунок 3.1 – Ескіз деталі з позначеними поверхнями

Оброблені плоскі поверхні *П*, *Р* і *С* служать для забезпечення необхідної точності складання вузла. Решта поверхонь є вільними.

На основі проведеного аналізу конструкції деталі і призначення поверхонь робимо висновок, що вирішальне значення для службового призначення деталі

мають наступні поверхні: поверхня пазу *A*; отвори *Г* і *Д*; отвори *К*; отвори *Л*; отвір *М*. Решта поверхонь мають другорядне значення.

Деталь виготовляється з сірого чавуну марки СЧ200 ДСТУ 8833:2019. Заготовку деталі отримують литтям другого класу точності. Хімічний склад і механічні властивості сірого чавуну представлені в таблицях 3.1 і 3.2.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад чавуну СЧ200 ДСТУ 8833:2019

C, %	Si, %	Mn, %	P, %	S, %
			не більше	
3,3-3,5	1,4-2,4	0,7-1,0	0,2	0,15

Таблиця 3.2 – Механічні властивості чавуну СЧ200 ДСТУ 8833:2019

σ_b , Н/мм ²	$\sigma_{зг}$, Н/мм ²	δ , %	ψ , %	НВ
200	390	9/3	75	143-255

Виходячи з технічних умов і вимог креслення деталі, методи виконання і контролю найбільш важливих поверхонь деталі зведемо в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 – Аналіз технічних умов

Позначення поверхні	Технічна умова або вимога	Метод досягнення	Метод контролю
1	2	3	4
<i>A</i>	Забезпечити точність виконання розмірів $110^{+0,054}$ і $28^{+0,052}$, також паралельність 0,05 відносно спільної осі отворів <i>Г</i> і <i>Д</i> , а також шорсткість поверхні <i>Ra</i> 0,8	Досягається виготовленням методом протягування за допомогою спеціального блоку протяжок	Пристрій для контролю спеціальний. Зразки шорсткості

Кінець таблиці 3.3

1	2	3	4
<i>Г, Д</i>	Забезпечити точність виконання розміру $\varnothing 80^{+0,046}$ у двох отворах, а також шорсткість поверхонь <i>Ra</i> 0,8	Досягається шляхом чорнового, чистового і тонкого розточування виконуваних при одній установці оброблюваної деталі.	Пристрій для контролю спеціальний. Зразки шорсткості
<i>К</i>	Забезпечити точність виконання розміру $\varnothing 20^{+0,052}$ у двох отворах, а також шорсткість поверхонь <i>Ra</i> 0,8	Досягається шляхом чорнового і чистового зенкування з наступним розвертуванням при одній установці оброблюваної деталі	Пристрій для контролю спеціальний. Зразки шорсткості
<i>Л</i>	Забезпечити точність виконання розміру $\varnothing 30^{+0,033}$ у чотирьох отворах, паралельність осей отворів 0,05 відносно спільної осі отворів <i>Г</i> і <i>Д</i> , а також шорсткість поверхонь <i>Ra</i> 0,8	Досягається шляхом послідовного чорнового, напівчистового і чистового розточування при одній установці оброблюваної деталі	Пристрій для контролю спеціальний. Зразки шорсткості
<i>М</i>	Забезпечити точність виконання розміру $\varnothing 15^{+0,027}$, паралельність 0,05 відносно спільної осі отворів <i>Г</i> і <i>Д</i> а також шорсткість поверхонь <i>Ra</i> 0,8	Досягається шляхом послідовного свердління, зенкування і розвертування при одній установці оброблюваної деталі	Пристрій для контролю спеціальний. Зразки шорсткості

Технологічний контроль креслення деталі і аналіз технологічності конструкції мають на меті встановити відповідність конструкції деталі сучасному рівню розвитку техніки, ступінь економічності обробки, вибір найбільш раціональних методів виготовлення [7].

Матеріал деталі чавун СЧ200 володіє гарною оброблюваністю, невисокою вартістю і не являється дефіцитною. Тому заміна матеріалу на інший не доцільна.

Геометрична форма поверхні є раціональною для застосування високопродуктивного обладнання та інструменту. Оброблювані поверхні представляють собою площини, гладкі і різьбові отвори. Всі вони мають вільний доступ металорізального інструменту.

Конструкторські розміри проставлені раціонально для виготовлення деталі. Точні допуски встановлені на поверхні і їх положення, мають вирішальне службове призначення.

На решту поверхонь і їх положення встановлені розширені допуски по 12 квалітету точності. Шорсткість поверхонь по високих класах призначена на поверхні, які грають важливу роль у працездатності деталі.

Заготовка деталі отримується литтям і тому раціональний спосіб її отримання визначиться після розрахунку і порівняння собівартості двох варіантів.

Визначаємо значення кількісних показників технологічності, які повинні знаходитися у певних межах [8].

а) Рівень технологічності конструкцій по точності обробки [2]

$$K_{y.mch.} = \frac{K_{\bar{m}.i.}}{K_{mi}}, \quad (3.1)$$

де $K_{\bar{m}.i.}$, K_{mi} – відповідно базовий і досягнутий коефіцієнт точності обробки.

Коефіцієнт точності обробки визначаємо за формулою

$$K_{m.i.} = 1 - \frac{1}{T_{cp}}, \quad (3.2)$$

де T_{cp} – середній квалітет точності обробки деталі.

$$T_{сер} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{n_1 + 2n_2 + \dots + 17n_{17}}{n_1 + n_2 + \dots + n_{17}},$$

де n_i – число розмірів відповідного квалітету точності,

T_i – квалітет точності обробки поверхні.

$$T_{cp} = \frac{7 \cdot 2 + 8 \cdot 7 + 9 \cdot 2 + 11 \cdot 1 + 12 \cdot 6 + 17 \cdot 17}{2 + 7 + 2 + 1 + 6 + 17} = 13,14;$$

$$K_{m.i.} = 1 - \frac{1}{13,14} = 0,92.$$

Враховуючи, що в креслення деталі зміни не вносилися, то $K_{\delta.m.i.} = K_{m.i.}$

$$K_{y.m.} = \frac{0,92}{0,92} = 1.$$

б) Рівень технологічності конструкції за шорсткістю поверхні

$$K_{p.ш.} = \frac{K_{\delta.ш.}}{K_{ш.}},$$

де $K_{\delta.ш.}$, $K_{ш.}$ – відповідно базовий і досягнутий коефіцієнт шорсткості поверхні

Коефіцієнт шорсткості поверхні визначається за формулою

$$K_{ш.} = \frac{1}{Ш_{cp}}, \quad (3.3)$$

де $Ш_{cp}$ – середній клас шорсткості поверхні.

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{n_1 + 2n_2 + \dots + 14n_{14}}{n_1 + n_2 + \dots + n_{14}},$$

$Ш_i$ – клас шорсткості поверхні;

n_{im} – кількість поверхонь відповідного класу шорсткості.

$$Ш_{cp} = \frac{4 \cdot 6 + 5 \cdot 19 + 6 \cdot 1 + 7 \cdot 9}{6 + 19 + 1 + 9} = 5,38;$$

$$K_{ш.} = \frac{1}{5,38} = 0,186;$$

$$K_{p.ш.} = \frac{0,186}{0,186} = 1.$$

в) Коефіцієнт використання матеріалу визначається за формулою

$$K_{im} = \frac{M_d}{M_z}, \quad (3.4)$$

де M_d – маса готової деталі, $M_d = 6,5$ кг;

M_m – маса заготовки, $M_m = 7,3$ кг.

$$K_{im} = \frac{15,0}{16,8} = 0,89.$$

г) Рівень технологічності конструкції за використанням матеріалу

$$K_{p.v.} = \frac{K_{б.в.м.}}{K_{в.м.}}, \quad (3.5)$$

де $K_{б.в.м.}$, $K_{в.м.}$ – відповідно базовий і досягнутий коефіцієнт використання матеріалу.

$$K_{p.v.} = \frac{0,89}{0,89} = 1.$$

На основі проведеного аналізу деталі висновок, що деталь достатньо технологічна і дозволяє застосувати прогресивні методи обробки, високопродуктивного обладнання та інструмент.

3.2 Розроблення маршрутно-операційного технологічного процесу виготовлення виробу

3.2.1 Вибір заготовки

Деталь виготовляється з сірого чавуну марки СЧ200. Отже, заготовку отримуємо методом лиття.

Приймаємо два способи лиття [9]:

- лиття в піщані форми з використанням стержнів;
- лиття в оболонкові форми з використанням стержнів.

Собівартість заготовки, яка отримується литтям в піщані форми.

Вартості однієї тони заготовок [10] і відходів [11] прийняті станом на 24.11.2025, значення коефіцієнтів – згідно [9]. Вартість заготовки визначається за формулою

$$C_3 = \left(\frac{C_i}{1000} Q k_m k_c k_m k_\epsilon k_{cm} \right) - (Q - q) \frac{C_{відх}}{1000}, \quad (3.6)$$

де C_i – базова вартість однієї тони заготовок, грн.;

Q – маса заготовки, кг;

k_m – коефіцієнт, що залежить від точності розмірів, $k_m = 1,32$;

k_c – коефіцієнт, що залежить від конструктивної і технологічної складності, $k_c = 1,19$;

k_m – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу, $k_m = 1,2$;

k_ϵ – коефіцієнт, що залежить від маси, та від річного замовлення заготовок, $k_\epsilon = 1,0$;

k_{cm} – коефіцієнт, що враховує зменшення товщини основних стінок виливка відносно базової товщини, $k_{cm} = 1,1$;

q – маса деталі, кг;

$C_{відх}$ – ціна однієї тони відходів, $C_{відх} = 3000$ грн.

Маса деталі вибирається з креслення деталі. Маса заготовки визначається з урахуванням припусків, які додаємо до маси готової деталі.

Отже

$$\begin{aligned} V_{з1} = & \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 0,002^2 \cdot 0,02}{4} + \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,003^2 \cdot 0,01}{4} + \frac{0,003^2 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,2}{4} + \\ & + \frac{9 \cdot 0,006^2 \cdot 3,14 \cdot 0,032}{4} + \frac{3 \cdot 0,005^2 \cdot 3,14 \cdot 0,032}{4} + 0,004 \cdot 0,232 \cdot 0,240 + 0,003 \cdot 0,045 \cdot 0,172 + \\ & + 0,003 \cdot 0,15 \cdot 0,24 + 0,006 \cdot 0,0325 \cdot 0,232 + 0,003 \cdot 0,05 \cdot 0,232 + \frac{0,03^2 \cdot 3,14 \cdot 0,002}{4} + \\ & + 0,006 \cdot 0,155 \cdot 0,06 + 0,012 \cdot 0,04 \cdot 0,04 + 0,003 \cdot 0,04 \cdot 0,06 + 0,006 \cdot 0,003 \cdot 0,13 = 0,0054 \text{ м}^3 \end{aligned}$$

Масу визначаємо за формулою

$$Q_1 = (V_{31} \cdot \rho) + q,$$

де ρ – густина чавуну, $\rho = 7820 \text{ кг/м}^3$.

Тоді

$$Q_1 = (0,00054 \cdot 7820) + 15 = 19,22 \text{ кг.}$$

Підставивши значення відповідних коефіцієнтів, отримаємо вартість заготовки

$$C_{31} = \left(\frac{80000}{1000} 19,22 \cdot 1,32 \cdot 1,19 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \right) - (19,22 - 15) \frac{6000}{1000} = 3162,83 \text{ грн.}$$

б) Собівартість заготовки, яка отримується литтям в оболонкові форми

$$\begin{aligned} V_{32} = & \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 0,03 \cdot 0,03^2}{4} + \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,003^2 \cdot 0,01}{4} + \frac{0,002^2 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,02}{4} + \\ & + \frac{9 \cdot 0,006^2 \cdot 3,14 \cdot 0,032}{4} + \frac{3 \cdot 0,004^2 \cdot 3,14 \cdot 0,032}{4} + 0,0032 \cdot 0,232 \cdot 0,24 + \\ & + 0,002 \cdot 0,045 \cdot 0,172 + 0,002 \cdot 0,15 \cdot 0,24 + 0,006 \cdot 0,0325 \cdot 0,232 + 0,002 \cdot 0,05 \cdot 0,232 + \\ & + \frac{0,03^2 \cdot 3,14 \cdot 0,002}{4} + 0,004 \cdot 0,155 \cdot 0,06 + 0,012 \cdot 0,04 \cdot 0,04 + 0,002 \cdot 0,04 \cdot 0,06 + \\ & + 0,006 \cdot 0,003 \cdot 0,13 = 0,00041 \text{ м}^3 \end{aligned}$$

Визначаємо масу виливка, отриманого литтям в оболонкові форми

$$Q_2 = (0,00041 \cdot 7820) + 15 = 18,2 \text{ кг.}$$

Вартість заготовки визначаємо за формулою (3.6), врахувавши нові значення коефіцієнтів та маси виливка.

Згідно рекомендацій [3]: $k_m = 1,32$; $k_c = 1,19$; $k_{\text{м}} = 1,2$; $k_{\text{в}} = 1,0$; $k_{\text{см}} = 1,1$.

$$C_{32} = \left(\frac{80000}{1000} 18,2 \cdot 1,32 \cdot 1,19 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \right) - (18,2 - 15) \frac{6000}{1000} = 2725,30 \text{ грн.}$$

Порівнюючи собівартість заготовок по двох варіантах, робимо висновок, що собівартість заготовки, яка отримана литтям в оболонкові форми, менша собівартості заготовки, яка отримана литтям в піщані форми.

Приймаємо спосіб виготовлення заготовок – литтям в оболонкові форми. Такий спосіб застосовується у багатосерійному і масовому виробництві для утворення фасонних та складних за формою заготовок.

Економічний ефект від порівняння двох методів отримання визначаємо за формулою

$$E_z = (S_{zaz1} + S_{zaz2}) \cdot N; \quad (3.7)$$

де N – річна програма випуску деталей, $N = 20000$ шт.

$$E_z = (3162,83 - 2725,30)20000 = 8750600 \text{ грн.}$$

3.2.2 Вибір методів оброблення, технологічних і вимірювальних баз

Завдання, що вирішуються на першій операції, зводяться, до необхідності встановлення зв'язків, які визначають відстані та повороти оброблюваних поверхонь відносно поверхонь, що залишилися необробленими, і рівномірного розподілу фактичних припусків між поверхнями.

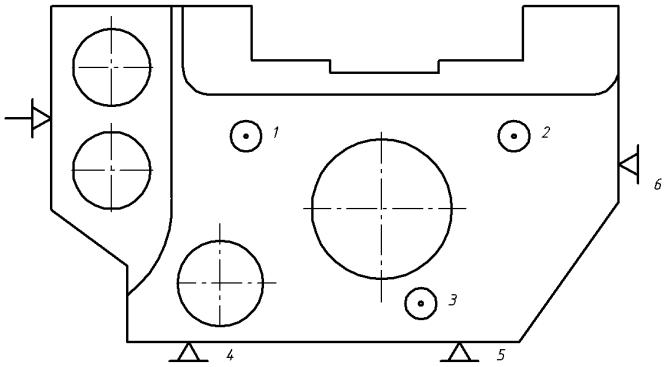
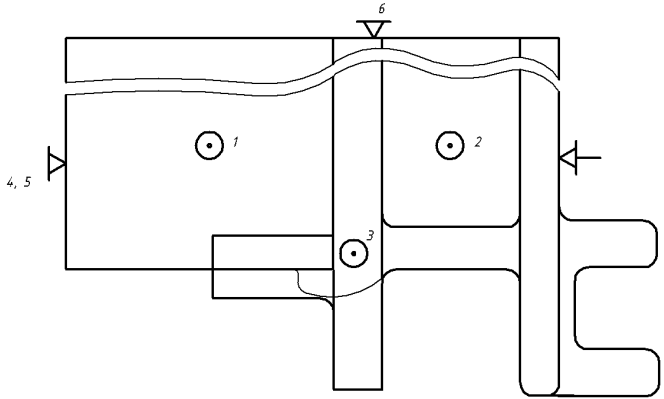
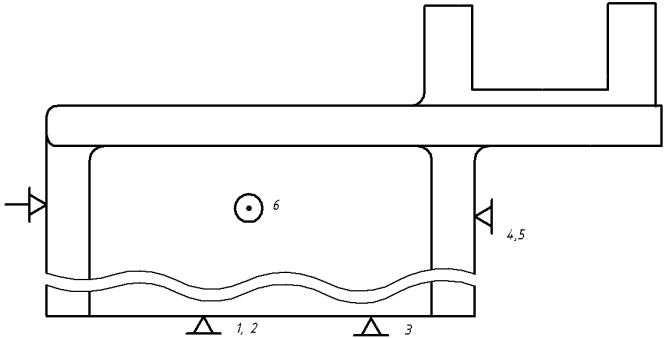
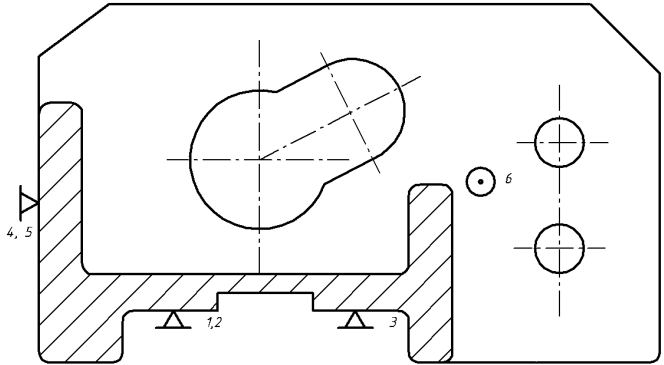
Вибору баз на першій операції передуює визначення поверхонь, що будуть використовуватись як бази на подальших операціях. Такими поверхнями є основні бази, від яких задана більшість розмірів, що координують розташування інших відповідальних поверхонь. Базові поверхні повинні мати достатню протяжність, вони повинні бути чистими, для забезпечення однозначності базування. Важливим є принцип єдності і суміщення баз.

Технологічні бази по операціях технологічного маршруту показані в таблиці 3.4.

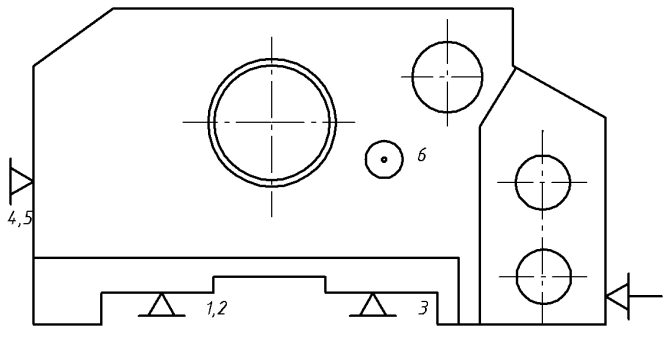
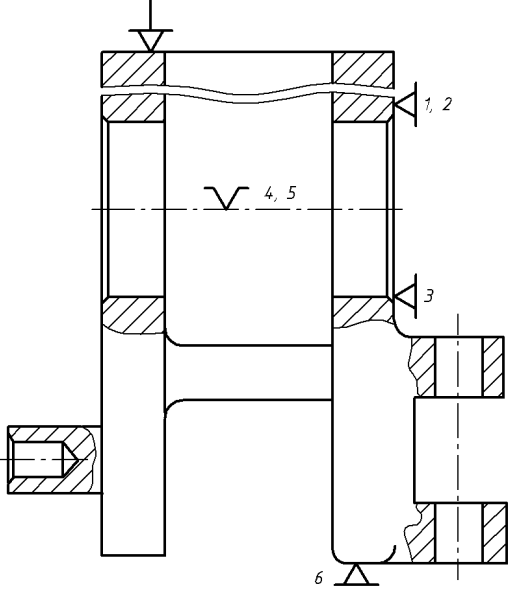
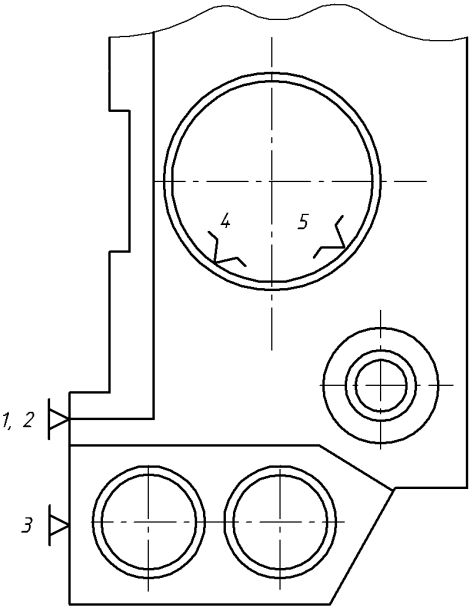
Таблиця 3.4 – Вибір баз

Номер операції	Назва операції	Ескіз обробки і технологічні бази
1	2	3
005	Вертикально-фрезерна	
010	Агрегатна	
015	Горизонтально-фрезерна	

Продовження таблиці 3.4

1	2	3
020	Вертикально-протяжна	
025	Горизонтально-фрезерна	
030	Горизонтально-фрезерна	
035	Вертикально-фрезерна	

Продовження таблиці 3.4

1	2	3
040	Агрегатно-розточна	
045	Агрегатно-свердлильна	
050	Агрегатно-розточна	

Кінець таблиці 3.4

1	2	3
055	Агрегатно-свердлильна	
060	Агрегатно-свердлильна	
065	Плоскошліфувальна	
070	Плоскошліфувальна	

3.2.3 Формування маршрутно-операційного технологічного процесу виготовлення виробу

Для обробки деталей використаємо неперервну потокову лінію. Порівняємо два варіанта технологічного процесу виготовлення деталей. Для двох варіантів виділяють наступні операції:

б) згідно першого варіанту: отримання заготовки литтям в оболонкові форми; чистове фрезерування поверхні *A* на горизонтально-фрезерному верстаті 6Н83Г; шліфування поверхні *A* на плоскошліфувальному верстаті 3Б722;

а) згідно другого варіанту: отримані заготовки литтям у піщані форми; чистове протягування поверхні *A* на вертикально протяжному верстаті моделі 776.

Представимо варіанти маршруту обробки в таблицях 3.5 та 3.6.

Таблиця 3.5 – Перший варіант маршруту обробки корпусу МП-47.105

№ операції	Назва операції	Обладнання
005	Вертикально-фрезерна	Вертикально-фрезерний 6М12П
010	Агрегатна	Агрегатний ГВ1-Д
015	Горизонтально-фрезерна	Горизонтально-фрезерний 6Н83Г
020	Горизонтально-фрезерна	Горизонтально-фрезерний 6Н83Г
025	Горизонтально-фрезерна	Горизонтально-фрезерний 6Н83Г
030	Горизонтально-фрезерна	Горизонтально-фрезерний 6Н83Г
035	Вертикально-фрезерна	Вертикально-фрезерний 6М12П
040	Агрегатно-розточна	Агрегатний Г2Б
045	Агрегатно-свердлильна	Агрегатний Г2П
050	Агрегатно-розточна	Агрегатний Г2Б
055	Агрегатно-свердлильна	Агрегатний Г2П
060	Агрегатно-свердлильна	Агрегатний Г2П
065	Плоскошліфувальна	Плоскошліфувальний 3Б722
070	Плоскошліфувальна	Плоскошліфувальний 3Б722

Таблиця 3.6 – Другий варіант маршруту обробки корпусу МП-47.105

№ операції	Назва операції	Обладнання
005	Вертикально-фрезерна	Вертикально-фрезерний 6М12П
010	Агрегатна	Агрегатний ГВ1-Д
015	Горизонтально-фрезерна	Горизонтально-фрезерний 6Н83Г
020	Вертикально-протяжна	Вертикально-протяжний 7Б76
025	Горизонтально-фрезерна	Горизонтально-фрезерний 6Н83Г
030	Горизонтально-фрезерна	Горизонтально-фрезерний 6Н83Г
035	Вертикально-фрезерна	Вертикально-фрезерний 6М12П
040	Агрегатно-розточна	Агрегатний Г2Б
045	Агрегатно-свердлильна	Агрегатний Г2П
050	Агрегатно-розточна	Агрегатний Г2Б
055	Агрегатно-свердлильна	Агрегатний Г2П
060	Агрегатно-свердлильна	Агрегатний Г2П
065	Плоскошліфувальна	Плоскошліфувальний 3Б722
070	Плоскошліфувальна	Плоскошліфувальний 3Б722

Другий варіант вважаємо більш прийнятним, оскільки протягування є більш продуктивним процесом, який часто застосовується у великосерійному виробництві.

3.2.4 Вибір різального, вимірювального та допоміжного інструменту

Вибираємо різальний і вимірювальний інструмент для кожної операції і переходу і заносимо в таблицю 3.7.

Таблиця 3.7 – Різальний і вимірювальний інструмент

№ опер	Назва операції	Різальний інструмент	Вимірювальний інструмент
1	2	3	4
005	Вертикально-фрезерна	Фреза торцева ВК6	Калібр-скоба 182. Штангенциркуль ШЦ-I 125-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018
010	Агрегатна	Фреза торцева ВК6	Калібр-скоба 182. Штангенциркуль ШЦ-I 125-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018
015	Горизонтально-фрезерна	Фреза циліндрична ВК8. Фреза дискова ВК6	Калібр-пробка 105
020	Вертикально-протяжна	Блок протяжок Р6М5 спеціальний	Пристрій для контролю
025	Горизонтально-фрезерна	Фреза дискова ВК6	Пристрій для контролю
030	Горизонтально-фрезерна	Фреза дискова ВК8	Калібр спеціальний
035	Вертикально-фрезерна	Фреза кінцева ВК6	Калібр-пробка. Штангенциркуль ШЦ-I 125-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018
040	Агрегатно-розточна	Різець розточний ВК8 ГОСТ 9795-73	Пристрій для контролю
045	Агрегатно-свердлильна	Свердло Ø13,7. Зенкер Ø19 Р6М5. Зенкер Ø14,89 Р6М5. Зенкер Ø19,75 Р6М5. Розвертка Ø15. Розвертка Ø20 Р6М5	Пристрій для контролю
050	Агрегатно-розточна	Різець розточний ВК8	Пристрій для контролю

Кінець таблиці 3.7

1	2	3	4
055	Агрегатно-свердлильна	Свердло Ø10,2. Свердло Ø16 Р6М5. Свердло Ø8 Р6М5. Мітчик М12-7Н.	Пристрій для контролю. Шаблон спеціальний
060	Агрегатно-свердлильна	Свердло Ø10,2. Мітчик М12-7Н.	Пристрій для контролю. Шаблон спеціальний
065	Плоско-шліфувальна	Круг ПП400×50×80 К48.16.С1-6Б	Скоба 180
070	Плоско-шліфувальна	Круг ПП400×50×80 К48.16.С1-6Б	Скоба 232

3.2.5 Визначення режимів різання та технічних норм часу

Розрахунок режимів різання для операцій та переходів технологічного процесу проводимо табличним методом [12] і зводимо результати в таблицю 3.8.

Для крупносерійного виробництва визначаємо штучно-калькуляційний час для кожної операції за формулою [12]

$$T_{шт.к} = T_0 + T_{\partial} + T_{обб} + T_{від} + \frac{T_{н.з}}{n}, \quad (3.8)$$

де T_0 – основний технологічний час, хв;

T_{∂} – допоміжний час, хв;

$$T_{\partial} = t_{\partial 1} + t_{\partial 2} + t_{\partial 3}, \quad (3.9)$$

де $t_{\partial 1}$ – час на встановлення і зняття деталі;

$t_{\partial 2}$ – час на керуванням верстатом;

$t_{\partial 3}$ – час на заміри деталі.

$T_{обс}$ – час на обслуговування робочого місця, хв.

Таблиця 3.8 – Зведена таблиця режимів різання по операціях технологічного процесу

Номер і назва операції і переходу	Глибина різання, t	Довжина різання, l_{piz}	Довжина робочого ходу, L_{px}	Стійкість інструменту, T_{xe}	Подача, мм/об, мм/зуб s		Швидкість різання і частота обертання шпинделя				Технологічний час, t_0 , хв	Сила різання, P_z , Н	Крутний момент, M_{kp} , Н·м	кВт		Потужність різання, N_p	Потужність верстата, N_e
					згідно норм	згідно паспорту	розрахункове		прийняте								
							$v_{p'}$ м/с	$n_{p'}^{-1}$ с	$n_{p'}^{-1}$ с	$v_{p'}$ м/с							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
005 Вертикально-фрезерна 1. Фрезерувати праву площину у розмір 180	2,0	160	220	240	0,08	0,08	0,36	2,2	2,1	1,32	1,37	1438	-	2,3	4,5		
010 Агрегатно-фрезерна 1. Фрезерувати ліві площини у розміри 180 і 232 начорно. 2. Фрезерувати ліві площини у розміри 180 і 232 начисто.	2,0	240	345	240	0,13	0,125	1,6	1,7	1,67	1,57	1,25	5985	-	9,4	11		
	0,75	240	345	240	0,10	0,10	2,4	2,5	2,1	1,38	1,25	1,25	-	2,8	3,0		
015 Горизонтально-фрезерна 1. Фрезерувати бокові сторони і дно пазу 110×28 начисто.	2,0	232	254	180	0,08	0,05	1,7	3,4	3,3	1,66	1,6	5300	-	8,8	10		

Продовження таблиці 3.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
020 Вертикально-протяжна 1. Протягнути паз 110×28 начисто.	2,5	232	254	180	0,05	0,05	0,07	-	-	0,07	0,5	-	-	18	22
025 Горизонтально-фрезерна 1. Фрезерувати поверхні у розміри 44, 80, 14	2,0	84	180	180	0,1	0,05	1,8	3,6	3,3	1,66	1,14	5000	-	8,3	10
030 Горизонтально-фрезерна 1. Фрезерувати поверхні у розміри 60 і 80 начисто	2,0	40	115	180	0,10	0,05	1,7	3,4	3,3	1,66	0,8	4456	-	7,4	10
035 Вертикально-фрезерна 1. Фрезерувати паз 60×60 радіусом R30 начисто.	2,0	20	60	180	0,07	0,08	1,2	6,4	5,25	0,99	0,96	2830	-	2,8	4,5
040 Агрегатно-розточна 1. Розточити 2 отв. Ø79 начорно. 2. Розточити 2 отв. Ø79,8 начисто. 3. Розточити 2 отв. Ø80 ^{+0,046} тонко.	1,5 0,4 0,1	20 20 20	23 23 23	60 60 60	0,2 0,1 0,06	0,2 0,1 0,06	1,48 2,07 2,17	5,9 8,24 8,64	5,25 8,3 8,3	1,32 2,08 2,08	0,4 0,5 0,8	376 60 10	- - -	0,6 0,16 0,125	0,75 0,25 0,25
045 Агрегатно-свердлильна 1. Свердлили отвір Ø13,7 і зенкерувати 2 отв. Ø19. 2. Зенкерувати отвір Ø14.82 і 2 отв. Ø19,75. 3. Розвернути отвір Ø15 ^{+0,027} і 2 отв. Ø20 ^{+0,033} .	6,8 0,5 0,13	80 80 80	86 86 86	45 45 45	0,5 0,8 2,6	0,5 0,8 2,6	0,7 0,67 1,1	11,1 10,6 17,5	10,5 10,5 16,7	0,66 0,66 10,5	0,3 0,2 0,15	- - -	27,3 12,1 3,8	1,8 0,8 0,4	2,2 1,1 1,1

Кінець таблиці 3.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
050 Агрегатно-розточна															
1. Розточити 4 отв. Ø29 начорно.	1,5	20	23	60	0,2	0,2	1,8	19,1	16,7	1,6	0,12	562	-	0,9	1,1
2. Розточити 4 отв. Ø29,8 начисто.	0,4	20	23	6,0	0,1	0,1	2,1	22,3	20,4	19,6	0,2	306	-	0,6	0,75
3. Розточити 4 отв. Ø30 ^{+0,033} тонко.	0,1	20	23	60	0,06	0,06	2,4	25,5	20,8	1,96	0,31	204	-	0,4	0,55
055 Агрегатно-свердлильна															
1. Свердлилити 3 отв. Ø10,2 під різьбу M12-7H.	5,1	3,2	37	45	0,16	0,16	0,4	12,7	10,5	0,33	0,4	-	12,1	0,8	1,1
2. Свердлилити 3 отв. Ø16.	8	20	25	45	0,2	0,2	0,45	8,9	8,3	0,42	0,25	-	17,3	0,9	1,1
3. Свердлилити 3 отв. Ø 8.	4	32	38	45	0,14	0,14	0,4	16,0	13,3	0,33	0,34	-	10,3	0,86	1,1
4. Нарізати різьбу у 3-х отв. M12-7H.	0,8	32	38	45	1,75	1,75	0,14	3,7	2,67	0,1	0,14	-	17,9	0,3	0,55
060 Агрегатно-свердлильна															
1. Свердлилити 6 отв. Ø10,2 під різьбу M12-7H.	5,1	3,0	35	45	0,16	0,16	0,4	12,7	10,5	0,33	0,4	-	12,1	0,8	1,1
2. Нарізати різьбу у 6-ти отв. M12-7H.	0,8	24	34	45	1,75	1,75	0,14	3,7	2,67	0,1	0,14	-	17,9	0,3	0,55
065 Плоскошліфувальна															
1. Шліфувати ліву поверхню по розміру 180 у розмір 28 ^{+0,052} .	0,45	240	255	25	0,01	0,01	0,17	-	-	0,17	1,1	-	-	8,2	10
070 Плоскошліфувальна															
1. Шліфувати ліву поверхню у розмір 232 начисто.	0,45	172	188	25	0,01	0,01	0,17	-	-	0,17	1,0	-	-	8,2	10

$$T_{обс} = (T_0 + T_{\partial}) \cdot \frac{a_{обс}}{100}, \quad (3.10)$$

де $a_{обс}$ – частка від оперативного часу на обслуговування, %;

$T_{від}$ – час на відпочинок і особисті потреби;

$$T_{від} = (T_0 + T_{\partial}) \cdot \frac{a_{від}}{100}, \quad (3.11)$$

де $a_{від}$ – частка від оперативного часу на відпочинок, %;

$T_{н.з}$ – підготовчо-заключний час на партію деталей;

n – кількість деталей в партії.

Проведемо нормування для операції 005 – вертикально-фрезерної за наступними даними: $T_0 = 1,37$ хв; $t_{\partial 1} = 0,3$ хв; $t_{\partial 2} = 0,08$ хв; $t_{\partial 3} = 0,03$ хв; $a_{обс} = 4,5$ %; $a_{від} = 4,0$ %; $T_{н.з} = 38$ хв.

$$T_{\partial} = 0,3 + 0,08 + 0,02 = 0,4 \text{ хв.}$$

$$T_{обс} = (1,37 + 0,4) \cdot \frac{4,5}{100} = 0,071 \text{ хв.}$$

$$T_{від} = (1,37 + 0,4) \cdot \frac{4,0}{100} = 0,06 \text{ хв.}$$

$$T_{ум} = 1,37 + 0,4 + 0,071 + 0,06 = 1,9 \text{ хв.}$$

На всі інші операції визначаємо елементи штучного часу за таблицями проводимо аналогічні розрахунки і заносимо результати в таблицю 3.9.

На підставі проведених розрахунків складаємо карти технологічного процесу [13], що представлені в додатку А.

Таблиця 3.9 – Норми часу на операції технологічного процесу (час в хв)

Номер і назва операції	Основний час T_0	Допоміжний час T_{∂}			Оперативний час $T_{оп}$	Час на обслуговування $T_{об}$	Час на відпочинок $T_{від}$	Штучний час $T_{шт}$	Штучно-калькуляційний час $T_{шт-к}$
		$t_{\partial 1}$	$t_{\partial 2}$	$t_{\partial 3}$					
005 Фрезерна	1,37	0,30	0,08	0,02	1,77	0,07	0,06	1,9	2,07
010 Агрегатна	1,25	0,30	0,10	0,02	1,67	0,08	0,07	1,82	1,94
015 Фрезерна	1,60	0,30	0,08	0,02	2,00	0,10	0,08	2,18	2,35
020 Протягувальна	1,50	0,30	0,08	0,03	1,91	0,04	0,03	1,98	1,13
025 Фрезерна	1,14	0,60	0,08	0,03	1,85	0,08	0,06	1,99	2,16
030 Фрезерна	0,80	0,60	0,08	0,02	1,50	0,06	0,05	1,61	1,78
035 Фрезерна	0,96	0,40	0,08	0,02	1,46	0,07	0,06	1,59	1,74
040 Агрегатна	0,80	0,30	0,10	0,04	1,24	0,06	0,05	1,35	1,47
045 Агрегатна	0,50	0,30	0,10	0,03	0,93	0,04	0,04	1,37	1,49
050 Агрегатна	0,31	0,30	0,10	0,03	0,74	0,03	0,03	0,80	0,92
055 Агрегатна	0,40	0,30	0,10	0,03	0,83	0,04	0,03	0,90	1,02
060 Агрегатна	0,40	0,30	0,08	0,03	0,81	0,04	0,03	0,82	0,92
065 Шліфувальна	1,10	0,68	0,20	0,28	2,26	0,10	0,09	2,45	2,63
070 Шліфувальна	1,00	0,60	0,20	0,03	2,10	0,09	0,08	2,27	2,45

3.3 Визначення кількості обладнання

Кількість верстатів для кожної операції визначаємо за формулою [14]

$$m_p = \frac{N \cdot T_{шт}}{60 F_{\partial} \eta_{з.н.}}, \quad (3.12)$$

де N – річна програма, шт;

$T_{шт}$ – штучний час, хв;

F_{∂} – дійсний і річний фонд часу, год;

$\eta_{з.н.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання.

Коефіцієнти завантаження обладнання по операціях технологічного процесу визначають за формулою

$$\eta_z = \frac{m_p}{m_n}. \quad (3.13)$$

Коефіцієнт використання обладнання за основним часом визначають за формулою

$$\eta_o = \frac{T_o}{T_{\text{шт.-к}}}. \quad (3.14)$$

Коефіцієнт використання обладнання за потужністю визначаємо за формулою

$$\eta_n = \frac{N_e}{N_{\text{дв}}}, \quad (3.15)$$

де N_e – ефективна потужність різання, кВт;

$N_{\text{дв}}$ – потужність електродвигуна верстата, кВт.

Проведемо розрахунки для операції 005.

$$m_{p005} = \frac{20000 \cdot 1,9}{60 \cdot 4055 \cdot 0,75} = 0,21.$$

Приймаємо число верстатів $m_{n1} = 1$.

Коефіцієнт завантаження обладнання на операції

$$\eta_{z005} = \frac{0,21}{1} = 0,21.$$

Коефіцієнт використання обладнання за основним часом

$$\eta_{o005} = \frac{1,37}{2,07} = 0,66.$$

Коефіцієнт використання обладнання за потужністю визначаємо за формулою

$$\eta_{n005} = \frac{2,3}{4,5} = 0,51.$$

Для решти операцій розрахунків проводимо аналогічно і дані заносимо в таблицю 3.10.

Таблиця 3.10 – Результати розрахунків щодо обладнання

Назва операції	T_{um}	m_p	m_n	η_z	η_o	η_n
005 Фрезерна	1,9	0,21	1	0,21	0,66	0,51
010 Агрегатна	1,82	0,20	1	0,20	0,64	0,85
015 Фрезерна	2,18	0,24	1	0,24	0,68	0,88
020 Протягувальна	0,98	0,11	1	0,11	0,70	0,82
025 Фрезерна	1,99	0,22	1	0,22	0,53	0,83
030 Фрезерна	1,61	0,18	1	0,18	0,45	0,74
035 Фрезерна	1,59	0,17	1	0,17	0,55	0,62
040 Агрегатна	1,35	0,15	1	0,15	0,54	0,14
045 Агрегатна	1,37	0,15	1	0,15	0,34	0,40
050 Агрегатна	0,8	0,09	1	0,09	0,34	0,16
055 Агрегатна	0,9	0,10	1	0,10	0,39	0,14
060 Агрегатна	0,82	0,09	1	0,09	0,43	0,14
065 Шліфувальна	2,45	0,27	1	0,27	0,42	0,55
070 Шліфувальна	2,27	0,25	1	0,25	0,41	0,55
Всього			14			

З урахуванням визначених коефіцієнтів, будуємо графіки завантаження і використання обладнання, які зображені на рис. 3.2, 3.3 і 3.4.

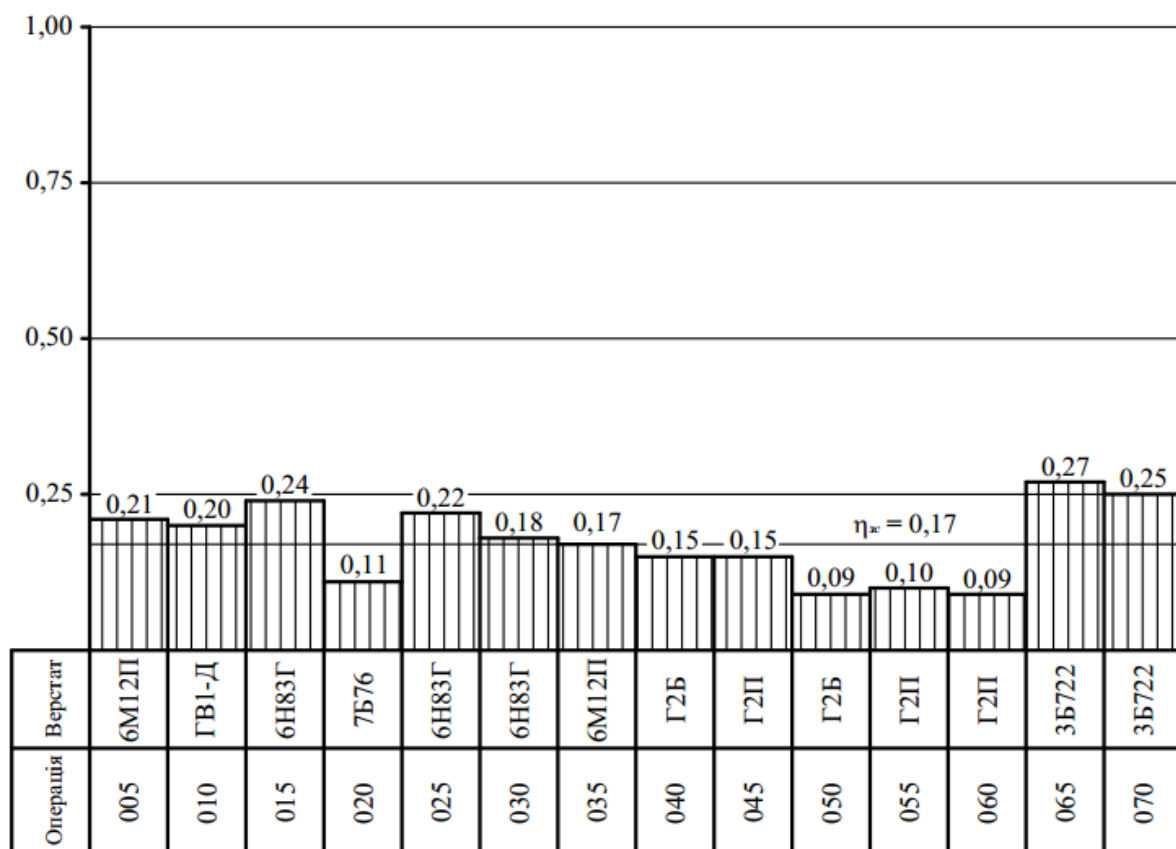


Рисунок 3.2 – Графік завантаження обладнання

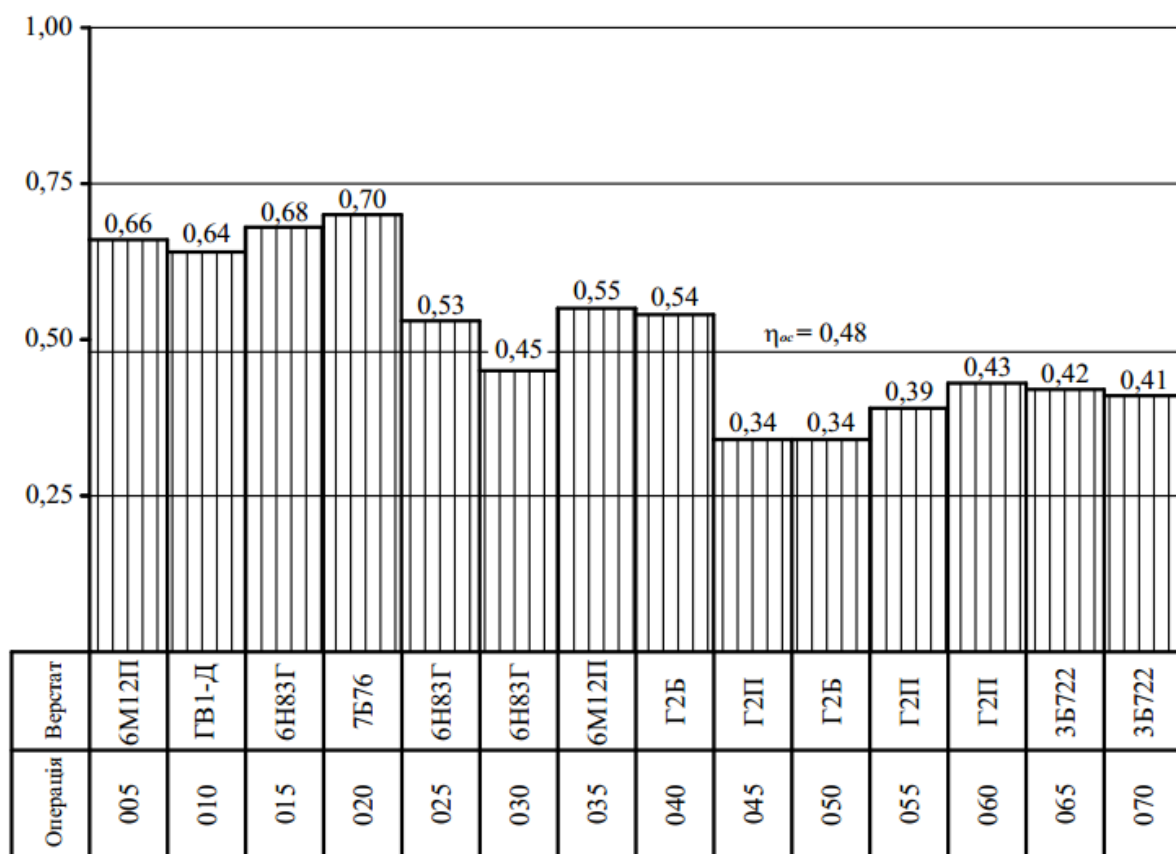


Рисунок 3.3 – Графік використання обладнання за основним часом

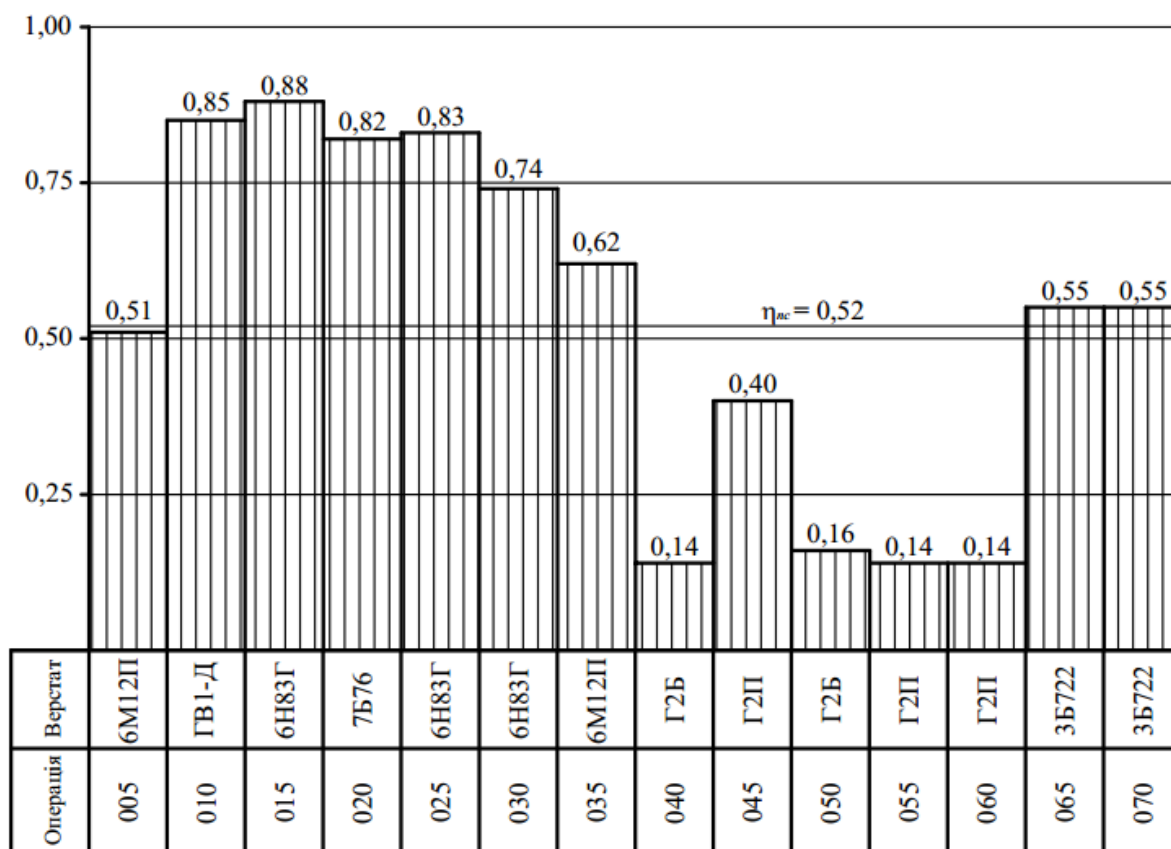


Рисунок 3.4 – Графік використання обладнання за потужністю

3.4 Конструювання спеціального оснащення

3.4.1 Пристрій для фрезерування

Пристрій призначено для фрезерування фасонної поверхні в деталі МП-47.105. Він встановлюється на верстаті 6Н83Г. Загальний вигляд пристрою представлено на рис. 3.5, а його складальне креслення в графічній частині роботи.

В корпусі (поз. 1) змонтовані всі механізми оснащення. Установочні пальці (поз. 23) і опорні качалки (поз. 22) служать для встановлення деталі в оснащенні. Упор (поз. 2) і прихват (поз. 3) служать для закріплення деталі. Корпус (поз. 4) служить для переміщення прихвата (поз. 3).

На нижньому кінці важеля (поз. 7) встановлений ролик (поз. 9), який вільно обертається на осі (поз. 10). Ролик знаходиться в контакті з клиновим штовхачем (поз. 12), який може переміщатися вздовж своєї осі. Тяга (поз. 13) служить для передачі зусилля від штока (поз. 15) пневмоциліндра (поз. 12).

Проведемо розрахунок пристрою за вихідними даними операції 005:

- колова сила різання $P_2 = 2930 \text{ Н}$,
- зусилля подачі $P_1 = 0,3 \cdot P_2 = 879 \text{ Н}$.

Схема затиску заготовки зображена на рис. 3.6.

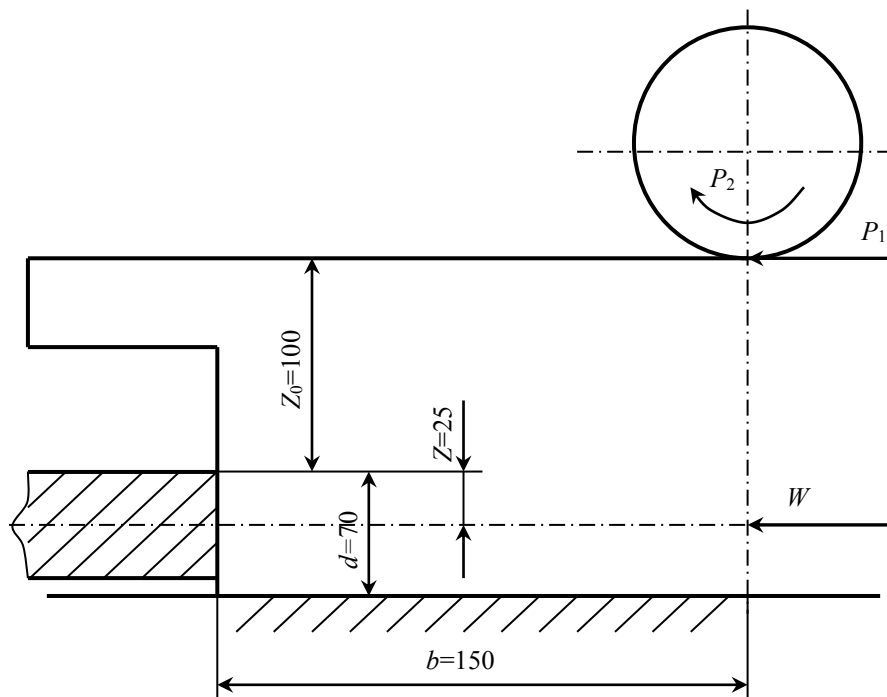


Рисунок 3.6 – Схема затиску заготовки

Розрахунок зусилля затискання визначаємо за формулою [15]

$$W = k \frac{P_2(b + af) + P_1 Z_0}{af^2 + bf + z}, \quad (3.16)$$

де k – коефіцієнт запасу,

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5,$$

де $k_0 = 1,5$ – гарантійний коефіцієнт запасу для всіх випадків;

$k_2 = 1,2$ – коефіцієнт, який враховує зміну сил різання при затупленні інструмента;

$k_1 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує стискання поверхні заготовки;

$k_3 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання через його переривання;

$k_4 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує характер сил затискання;

$k_5 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховується тільки при наявності крутних моментів.

$Y = 0,45$ – коефіцієнт тертя на робочих поверхнях затискачів, для затискачів з хрестоподібно нарізаними канавками [16].

$$k = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,8;$$

$$W = 1,8 \frac{2930(0,15 + 0,07 \cdot 0,45) + 879 \cdot 0,1}{0,07 \cdot 0,45^2 + 0,15 \cdot 0,45 + 0,025} = 10458 \text{ Н.}$$

Для створення необхідного зусилля використовуємо клиновий механізм з одним скошеним клином і роликом, відповідно схеми 3.7.

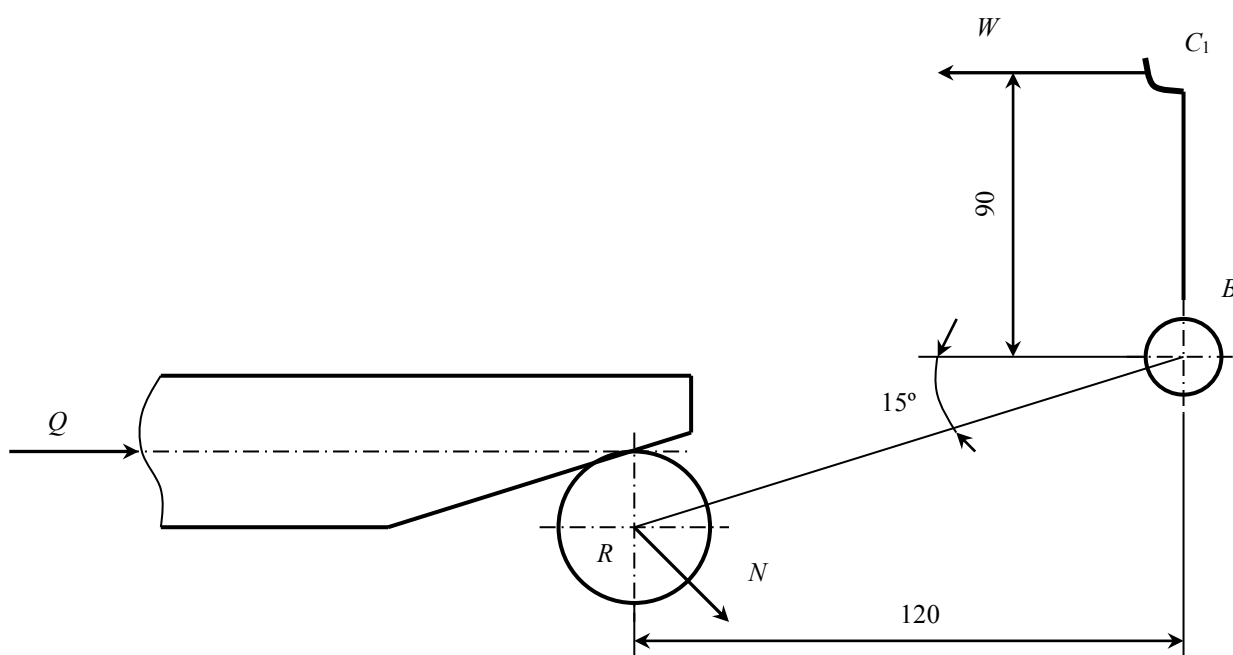


Рисунок 3.7 – Розрахункова схема клинового механізму з роликом

Зусилля прикладене до клина Q визначаємо за формулою

$$Q = W[\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1] \quad (3.17)$$

Враховуючи передаточне відношення важеля $i = \frac{AB}{CB}$ і к.к.д., отримаємо

$$Q = \frac{W \cdot CB}{AB \cdot \eta \cdot i}, \quad (3.18)$$

де $CB = 90$ мм – довжина верхньої частини важеля;

AB – довжина верхньої частини важеля;

$\eta = 0,63$ – к.к.д. клинового механізму [15];

i – передаточне відношення сил, при куті скосу клина 15° .

$$AB = \frac{120}{\cos 15^\circ} = 124 \text{ мм};$$

$$i = \frac{1}{\operatorname{tg}(15^\circ + 10^\circ) + \operatorname{tg} 12^\circ} = 2,37;$$

$$Q = \frac{10458 \cdot 90}{124 \cdot 0,63 \cdot 2,37} = 5084 \text{ Н}$$

Необхідний діаметр поршня пневмоциліндра

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot P \cdot \eta}}, \quad (3.19)$$

де $Q = 5084$ Н – зусилля на клині,

$P = 0,4$ МПа = $0,4 \cdot 10^6$ Н/м² – тиск повітря у пневмосистемі;

$\eta = 0,85$ – к.к.д. пневмоциліндра.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 5084}{3,14 \cdot 0,85 \cdot 0,4 \cdot 10^6}} = 0,138 \text{ м}.$$

Приймаємо діаметр поршня пневмоциліндра $D = 150$ мм; хід поршня $L = 55$ мм.

3.4.2 Протяжка для зовнішнього протягування

Розрахуємо розтяжку для зовнішнього протягування.

1. Вибираємо величину припуску під протягування $A = 2,5$ мм.

2. Величину підйому на зуб приймаємо з [2].

$S_z = (0,06 \dots 0,12)$ мм – для чавуну. $S_z = 0,1$ мм.

3. Глибина впадини зуба визначається за формулою

$$h = 1,13 \sqrt{S_z L k} = 1,13 \sqrt{0,1 \cdot 232 \cdot 2,5} = 8,6 \text{ мм},$$

де k – коефіцієнт заповнення впадини зуба [2],

$k = 3,5$ – для сталі;

$k = 2,5$ – для чавуну;

L – довжина протягування, $L = 232$ мм.

4. Попередній крок ріжучих зубів t' встановлюємо за формулою

$$t' = (2,5 \dots 2,8)h = 2,6 \cdot 9 = 23,4 \text{ мм}.$$

Приймаємо $t' = 24$ мм.

5. Максимальне число одночасно працюючих зубів $Z_{\max}$ знаходимо за формулою

$$Z_{\max} = \frac{L}{t'} + 1 = \frac{232}{24} + 1 = 10,7 \approx 11.$$

Отримана при обчисленні величина $Z_{\max}$ округляється до цілого числа. В будь-якому випадку $Z_{\max}$ повинно бути більше 3.

6. Визначаємо уточнений крок ріжучих зубів t . Даному значенню $Z_{\max}$ відповідає ряд кроків t' . Найменший крок t , який відповідає прийнятому значенню $Z_{\max}$ визначаємо за формулою:

$$t = \frac{L}{Z_{\max}} = \frac{232}{11} = 21 \text{ мм}.$$

З метою отримання кращої якості обробленої поверхні, крок ріжучих зубів протяжок робиться змінним і рівним $t = t(0,5 \dots 1,0)$ мм.

7. Розраховуємо величину найбільшої сили протягування $P_{\max}$ і нахил канавок.

У протяжок a довжиною ріжучої кромки вище 10-12 мм з метою здійснення більш плавної роботи, ріжучі зуби можуть бути виконані нахиленими.

Кут нахилу ω приймається рівним $10 \dots 15^\circ$. Рівномірне протягування буде в тому випадку, коли один із уклонів $k_L = \frac{L}{t}$ або $k_H = \frac{H}{t} \operatorname{tg} \omega$, буде цілим числом.

Підбираючи відповідну величину кута ω або кроку t , можна досягнути рівномірності сили протягування.

В випадку, коли k_L і k_H не є цілими числами, сума довжини ріжучих кромок Σb , що одночасно знаходяться в роботі, буде змінною величиною.

Для визначення сили різання при протягуванні необхідно знати найбільшу загальну довжину ріжучих кромок Σb , що одночасно знаходяться в роботі.

Ця сума залежить від відношення дробових частин k_{Ld} – коефіцієнта k_L і k_{Hd} – коефіцієнта k_H при $k_{Ld} > k_{Hd}$,

$$\Sigma b_{\max} = \frac{L \cdot H}{t \cdot \cos \omega} + \frac{t}{\sin \omega} k_{Hd} (1 - k_{Ld}), \quad (3.20)$$

де H – розмір прямокутної сторони.

При $k_{Ld} < k_{Hd}$

$$\Sigma b_{\max} = \frac{L \cdot H}{t \cdot \cos \omega} + \frac{t}{\sin \omega} k_{Ld} (1 - k_{Hd}), \quad (3.21)$$

де $k_L = \frac{232}{21} = 11$; $k_H = \frac{60}{21} \operatorname{tg} 15^\circ = 0,77$; $k_{Ld} = 1,64$; $k_{Hd} = 0,135$;

$$\Sigma b_{\max} = \frac{232 \cdot 60}{21 \cdot \cos 15^\circ} + \frac{21}{\sin 15^\circ} 1,64 (1 - 0,135) = 801 \text{ мм.}$$

Найбільша сила різання при розтягуванні для протяжок з нахиленими зубами визначається за формулою

$$P_{\max} = c_p \cdot S_Z^X \sum b_{\max} (1 + 0,28\mu \cdot \operatorname{tg}\omega) gh\omega k_\gamma k_c k_u \cos\omega, \quad (3.22)$$

де $c_p = 125$; $X=0,73$ при $HB = 190$ – для чавуну [2];

$k_\gamma = 1,1$ при $\gamma = 5^\circ$; $k_u = 1$; $k_c = 1$ [2];

$S_Z = 0,128$ мм [2];

$g = 9,8$ м/с².

μ – коефіцієнт тертя між боковою поверхнею протяжки і направляючою оснащення, $\mu = 0,23$ – при протягуванні без змащування,

k_ω – коефіцієнт, рівний для сталі і чавуну.

$$\omega = 0^\circ - k_\omega = 1; \omega = 15^\circ - k_\omega = 1,04;$$

$$\omega = 30^\circ - k_\omega = 1,08; \omega = 45^\circ - k_\omega = 1,11.$$

Якщо протяжка має зуби з двох сторін, то підраховану за формулою величину $P_{\max}$ необхідно подвоїти.

$$P_{\max} = 125 \cdot 0,1^{0,73} \cdot 801(1 + 0,28 \cdot 0,23 \cdot \operatorname{tg}15^\circ) \cdot 9,8 \cdot 1,01 \cdot \cos15^\circ = 199460 \text{ Н.}$$

8. Висота першого зуба H_1 приймається з конструктивних міркувань в залежності від використовуваних пристосувань. Приймаємо $H_1 = 30$ мм.

9. Розмір калібруючих зубів.

$$H_k = H_1 + A = 30 + 2,5 = 32,5 \text{ мм.}$$

де A – припуск під протягування, $A = 2,5$ мм.

10. Підраховуємо розміри ріжучих зубів. При цьому, до висоти першого зуба, обчисленою згідно п. 8, для визначення висоти кожного наступного зуба додаємо величину S_Z . У наступних двох-трьох ріжучих зубів підйом зменшується до калібруючих зубів.

$$H_1 = 30 \text{ мм}; \quad H_{15} = 31,4 \text{ мм};$$

$$H_2 = 30,1 \text{ мм}; \quad H_{16} = 31,5 \text{ мм};$$

$$H_3 = 30,2 \text{ мм}; \quad H_{17} = 31,6 \text{ мм};$$

$$H_4 = 30,3 \text{ мм}; \quad H_{18} = 31,7 \text{ мм};$$

$H_5 = 30,4 \text{ мм};$	$H_{19} = 31,8 \text{ мм};$
$H_6 = 30,5 \text{ мм};$	$H_{20} = 31,9 \text{ мм};$
$H_7 = 30,6 \text{ мм};$	$H_{21} = 32 \text{ мм};$
$H_8 = 30,7 \text{ мм};$	$H_{22} = 32,1 \text{ мм};$
$H_9 = 30,8 \text{ мм};$	$H_{23} = 32,2 \text{ мм};$
$H_{10} = 30,9 \text{ мм};$	$H_{24} = 32,3 \text{ мм};$
$H_{11} = 31 \text{ мм};$	$H_{25} = 32,4 \text{ мм};$
$H_{12} = 31,1 \text{ мм};$	$H_{26} = 32,45 \text{ мм};$
$H_{13} = 31,2 \text{ мм};$	$H_{27} = 32,48 \text{ мм};$
$H_{14} = 31,3 \text{ мм};$	$H_{28} = 32,5 \text{ мм}.$

11. Підраховуємо число ріжучих зубів Z_p . За результатами розрахунків згідно п.10. $Z_p = 26$.

12. Визначаємо число калібруючих зубів, приймаючи $Z_k = 4 \dots 5$, $Z_k = 5$.

13. Визначаємо загальну довжину протяжки за формулою

$$L_0 = t(Z_p - 1 + Z_k) + 1,2t + b \cdot \operatorname{tg} \omega = 21(28 - 1 + 5) + 1,2 \cdot 21 + 30 \cdot \operatorname{tg} 15^\circ = 663 \text{ мм}.$$

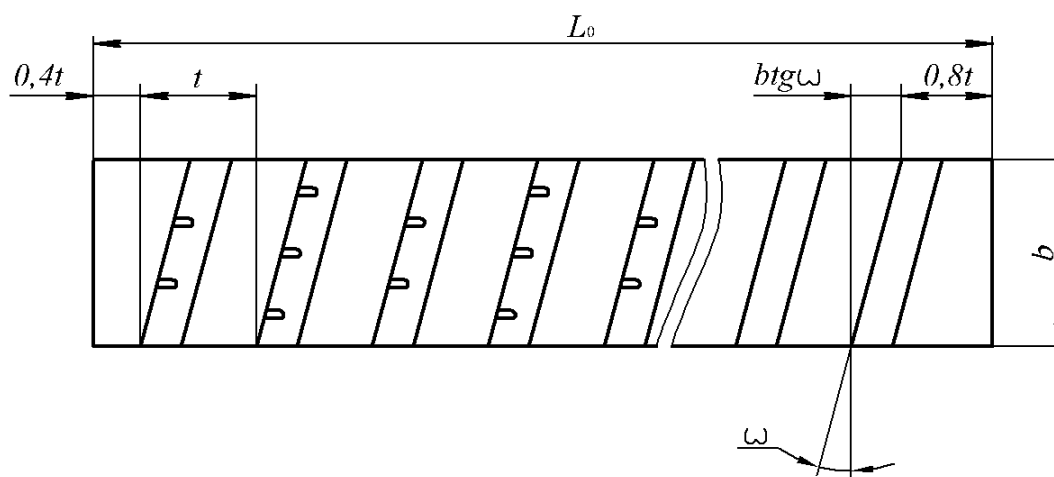


Рисунок 3.8 – Схема для розрахунку довжини протяжки

У протяжок для обробки випуклих поверхонь довжину секції приймають рівною 70...120 мм, в інших випадках – від 400 до 500 мм.

14. Визначаємо елементи профілю зубів протяжки в її осьовому перерізі. Насамперед вибираємо форму впадин зуба. Приймаємо основну форму впадини.

Елементи профілю зуба і його впадини:

а) ширина стінки $g = (0,25 \dots 0,40) t = 0,3 \cdot 21 = 7$ мм, причому менші величини ширини стінки приймаються для подовженої форми зуба;

б) радіус заокруглення впадини: $r = (0,50 \dots 0,75) h = (0,50 \dots 0,75) 9 = (4,5 \dots 6,75)$ мм, приймаємо $r = 5$ мм.

в) кут стінки або радіус стінки r визначаються при побудові профілю зуба і приймаються в межах $\eta = 40 \dots 60^\circ$ або в межах $R = (0,65 \dots 0,70)t = (0,65 - 0,7)21 = (13,65 \dots 14,7)$ мм. Приймаємо $R = 14$ мм.

г) передній кут γ ріжучих і коливальних зубів визначається з [2]. $\gamma = 4 \dots 8^\circ$, приймаємо $\gamma = 5^\circ$.

е) головний задній кут α вибираємо в межах $\alpha = 7 \dots 10^\circ$.

Рекомендується кут α виконувати на ріжучих зубах ближче до верхньої межі, а на останніх двох-трьох перехідних зубах – ближче до нижнього.

є) величина фаски f на ріжучих зубах допускається не більше 0,5 мм, на калібруючих зубах її плавно зменшують від першого калібруючого зуба до останнього з 0,2 до 0,11 мм.

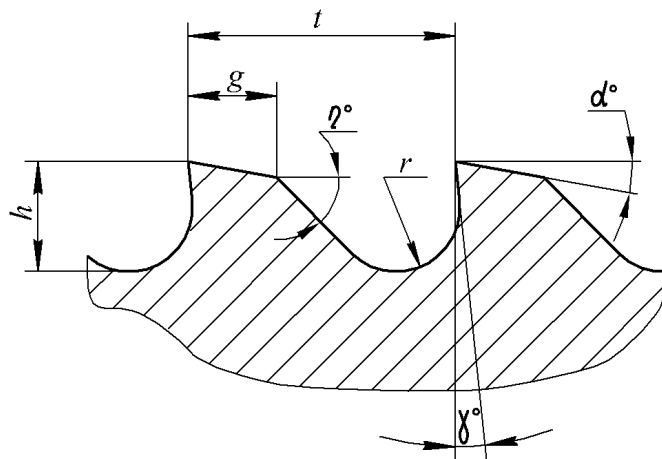


Рисунок 3.9 – Схема для розрахунку профілю зубів

15. Визначаємо розміщення канавок для дроблення стружки. Канавки розміщуємо в шаховому порядку, виконуємо тільки на ріжучих зубах. Осі канавок завжди направлені вздовж осі протяжки незалежно від нахилу зубів.

16. Кількість стружкорозділювальних канавок – через 10 мм по довжині ріжучої кромки.

3.4.3 Пристрій для контролю

Пристрій (рис. 3.10) призначений для контролю розміру $75 \pm 0,05$ мм в деталі корпус МП-47.105. Він складається з осі 1, на якій, з можливістю переміщення і фіксації, встановлено кронштейни 2 і 3. В кожному з кронштейнів закріплені калібри 5.

Рухомий кронштейн 3 з'єднаний з упором 4, який контактує з ніжкою індикатора годинникового типу ИЧ10.

Перед вимірюваннями кронштейни 2 і 3 виставляють в нульове положення і закріплюють гвинтами.

В процесі вимірювань розміру $75 \pm 0,05$ мм, калібри встановлюють в отвори $\varnothing 30^{+0,033}$ мм деталі і зчитують покази зі шкали індикатора. Конструкція пристрою забезпечує пряме вимірювання розміру, без поправочних коефіцієнтів.

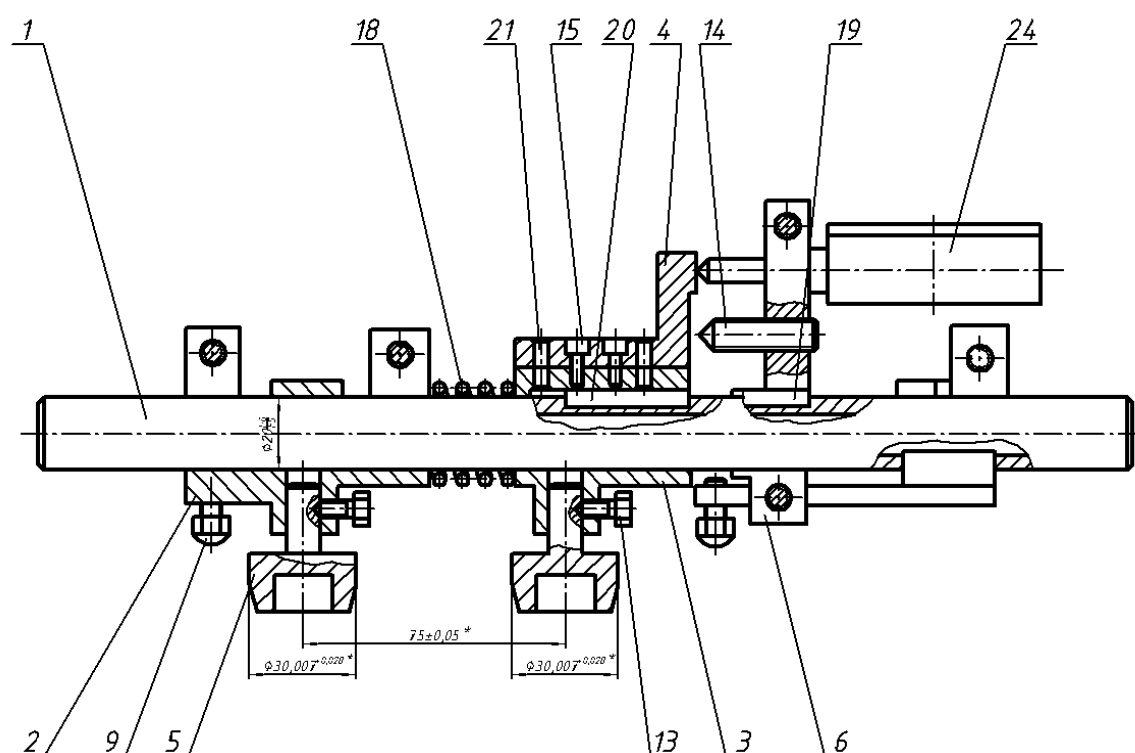


Рисунок 3.10 – Пристрій для контролю розміру $75 \pm 0,05$ мм

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Інструктажі з питань охорони праці

За характером і часом проведення інструктажі з питань охорони праці поділяються на вступний, первинний, повторний, позаплановий та цільовий [17].

Всі працівники, яких приймають на постійну чи тимчасову роботу і при подальшій роботі, повинні проходити на підприємстві навчання в формі інструктажів з питань охорони праці, надання першої допомоги потерпілим від нещасних випадків, а також з правил поведінки та дій при виникненні аварійних ситуацій, пожеж і стихійних лих.

Вступний інструктаж проводиться спеціалістом служби охорони праці, а в разі відсутності на підприємстві такої служби – іншим фахівцем, на якого наказом керівника підприємства покладені ці обов'язки. Вступний інструктаж проводиться в кабінеті охорони праці або в приміщенні, що спеціально для цього обладнане, з використанням сучасних технічних засобів навчання, навчальних та наочних посібників за програмою розробленою службою охорони праці з урахуванням особливостей виробництва. Запис про проведення вступного інструктажу робиться в журналі реєстрації вступного інструктажу, який зберігається в службі охорони праці або в працівника, що відповідає за проведення вступного інструктажу, а також у документі про прийняття працівника на роботу.

Первинний інструктаж проводиться індивідуально або з групою осіб одного фаху за діючими на підприємстві інструкціями з охорони праці відповідно до виконуваних робіт, а також з урахуванням вимог орієнтовного переліку питань первинного інструктажу.

Повторний інструктаж проводиться індивідуально з окремим працівником або з групою працівників, які виконують однотипні роботи, за обсягом і змістом переліку питань первинного інструктажу, але не рідше:

- на роботах з підвищеною небезпекою – один раз на 3 місяці;
- для решти робіт – один раз на 6 місяців.

Позаплановий інструктаж проводиться індивідуально з окремим працівником або з групою працівників одного фаху. Обсяг і зміст позапланового інструктажу визначаються в кожному окремому випадку залежно від причин і обставин, що спричинили потребу його проведення:

- при введенні в дію нових або переглянутих нормативних актів про охорону праці, а також при внесенні змін та доповнень до них;
- при зміні технологічного процесу, устаткування, приладів, інструментів, матеріалів та інших факторів, що впливають на стан охорони праці;
- при порушеннях працівником вимог охорони праці, що можуть призвести або призвели до травм, аварій, пожеж тощо;
- при виявленні особами, які здійснюють нагляд за охороною праці, незнання вимог безпеки стосовно робіт, що виконуються працівником;
- при перерві в роботі більш ніж на 30 календарних днів – для робіт з підвищеною небезпекою, а для решти робіт – понад 60 днів.

Цільовий інструктаж проводиться індивідуально з окремим працівником або з групою працівників. Обсяг і зміст цільового інструктажу визначається залежно від виду робіт, що ними виконуватимуться.

Первинний, повторний, позаплановий і цільовий інструктажі проводить безпосередній керівник робіт (начальник виробництва, цеху, дільниці, майстер). Ці види інструктажу завершуються перевіркою знань у вигляді усного опитування або за допомогою технічних засобів, а також перевіркою набутих навичок безпечних методів праці. Знання перевіряє особа, яка проводила інструктаж. При незадовільних результатах перевірки знань, умінь і навичок щодо безпечного виконання робіт після первинного, повторного чи позапланового інструктажів для працівника упродовж 10 днів додатково проводяться інструктаж і повторна перевірка знань. При незадовільних результатах повторної перевірки знань питання щодо працевлаштування працівника вирішується згідно з чинним законодавством.

При незадовільних результатах перевірки знань після цільового інструктажу допуск до виконання робіт не надається. Повторна перевірка знань при цьому не передбачена.

Про проведення первинного, повторного, позапланового та цільового інструктажів та про допуск до роботи особою, якою проводився інструктаж вноситься запис до журналу реєстрації інструктажів з питань охорони праці. При цьому обов'язкові підписи як того, кого інструктували, так і того, хто інструктував. Сторінки журналу реєстрації повинні бути пронумеровані, журнали прошнуровані і скріплені печаткою.

4.2 Розрахунок місцевої вентиляції при абразивній обробленні деталі

Вентиляція на промислових підприємствах влаштовується, щоб створити належні санітарно-гігієнічні умови для робітників у зоні їх перебування, а також, щоб успішно вести технологічний процес і зберігати устаткування.

При абразивній обробленні деталі виділяється велика кількість абразивно-металевого пилу, який потрібно видаляти з робочої зони. Для цього необхідно встановлювати місцеву витяжну вентиляцію.

До місцевих відсмоктувачів закритого типу належать витяжні шафи, кожухи, вітринні відсмоктувачі. Кожухами, повітроприймачами обладнуються верстати з абразивними кругами.

Об'єм повітря, яке слід видалити від абразивного верстата, можна обчислити за методикою [18]

$$L=3600 \cdot F_k \cdot V_0, \text{м}^3/\text{год} \quad (4.1)$$

де F_k – площа поперечного перерізу кожуха на виході, м^2 ;

V_0 – швидкість у повітроприймачі отвору, м/с .

$$V_0=0,25 \cdot V_k, \quad (4.2)$$

де V_k – максимальна колова швидкість обертання круга, м/с .

Розрахуємо місцеву вентиляцію для плоскошліфувальний верстата 3Б722 з діаметром круга $d_k = 600$ мм, площа поперечного перерізу кожуха $F_k = 0,0095$ м², колова швидкість обертання $V_k = 5,3$ м/с.

Обчислюємо швидкість у отворі повітроприймача

$$V_0 = 0,25 \cdot 5,3 = 1,33 \text{ м/с.}$$

Тоді

$$L_0 = 3600 \cdot 0,0095 \cdot 1,33 = 45,6 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Отже, для забезпечення нормальних умов праці на шліфувальному верстаті слід видаляти 45,6 м³/год забрудненого повітря.

4.3 Ідентифікація об'єктів підвищеної небезпеки

Статтею 9 Закону України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» передбачена вимога щодо ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки та розробки декларації безпеки.

Будь-який об'єкт, де використовується, виготовляється, переробляється чи транспортується небезпечна речовина, вважається потенційно небезпечним.

Для ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки [19] всі небезпечні речовини поділені на 7 категорій:

- 1) горючі гази;
- 2) горючі рідини;
- 3) легкозаймисті рідини та горючі рідини під тиском;
- 4) вибухові речовини;
- 5) речовини-окисники;
- 6) токсичні речовини;
- 7) речовини, небезпечні для довкілля.

За видами аварій та впливом уражальних факторів ці категорії об'єднуються в три групи:

- група 1 (вибух): горючі гази, легкозаймисті рідини, горючі рідини під тиском, вибухові речовини, речовини-окисники, речовини, що реагують з водою з виділенням горючих/вибухонебезпечних/токсичних газів;

- група 2 (пожежа): горючі гази, горючі рідини, легкозаймисті рідини, горючі рідини під тиском, речовини-окисники, речовини, що реагують з водою з виділенням горючих/вибухонебезпечних/токсичних газів;

- група 3 (шкідливі): високотоксичні речовини, токсичні речовини, речовини, небезпечні для довкілля, речовини, що реагують з водою з виділенням горючих/вибухонебезпечних/токсичних газів.

Об'єкт визнається потенційно небезпечним за наявності хоча б одного джерела небезпеки, здатного ініціювати НС місцевого, регіонального або державного рівнів.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Поєднання в конструкції протяжки з безперешкодним виходом стружки нахилу ріжучого леза та нахилу дна канавки для стружки сприяє безперервному і безперешкодному її в процесі різання.

2. Застосування протяжок з безперешкодним виходом стружки зменшує час оброблення деталі за рахунок скорочення машинного часу і потреби у видаленні стружки з поверхні протяжки після кожного робочого ходу.

3. Протяжки з безперешкодним виходом стружки дозволяють обробляти деталі значної довжини і забезпечують повне і безвідмовне видалення стружки із зони різання без додаткових технічних засобів.

4. Протяжки з безперешкодним виходом стружки можна використовувати для оброблення відкритих поверхонь деталей шириною 70-90 мм. Оброблення деталей більшої ширини можна виконувати комплектом протяжок, робочі леза яких мають зустрічний нахил.

5. При конструюванні протяжок з безперешкодним виходом стружки не потрібно розраховувати коефіцієнт заповнення канавки для стружки, оскільки в процесі її роботи відведення стружки із зони різання відбувається безперервно.

6. Оброблення поверхонь деталей протяжкою з безперешкодним виходом стружки проходить з меншими силами різання за рахунок зниження тиску стружки на поверхню канавки для стружки і оброблювану поверхню. Крім того, умови утворення стружки є більш сприятливими.

7. Протяжки з безперешкодним виходом стружки забезпечують якість оброблюваної поверхні не нижчу, ніж звичайні протяжки.

8. Інженерні рішення, прийняті в роботі щодо оптимізації верстатного парку забезпечили можливість концентрації операцій, а також скорочення затрат на реалізацію технологічного процесу.

9. В роботі розроблено питання з охорони праці і безпеки у надзвичайних ситуаціях.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Окіпний І. Б., Сенчишин В. С., Ткаченко І. Г., Комар Р. В., Дячун А. Є. Кваліфікаційна робота магістра : методичні вказівки для здобувачів другого (освітньо-професійного) рівня вищої освіти за спеціальністю G9 Прикладна механіка галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво. Тернопіль : ТНТУ, 2025. 40 с.
2. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.
3. Посвятенко Е.К. Інженерія деталей, оброблених протягуванням / Е.К. Посвятенко, Я.Б. Немировський, С.Є. Шейкін, І.В. Шепеленко, О.В. Чернявський / ІНМ ім. Бакуля НАН України, ЦНТУ МОН України, Кропивницький: видавець Лисенко В.Ф., 2021. 466 с.
4. Немировський Я. Б. Поділ стружки при комбінованому протягуванні деталей із чавунів / Я. Б. Немировський, О. В. Чернявський, П. М. Єрьомін // Резание и инструмент в технологических системах = Cutting & tool in technological system : междунар. науч.-техн. сб. Харків : НТУ "ХПИ", 2016. Вип. 86. С. 127-135.
5. Протягування – висока якість поверхні за один прохід : веб сайт. URL: <https://www.informdom.com/metallrobrobotka/2018/5/protyaguvannya-visoka-yakst-poverhn-za-odin-prohd.html> (дата звернення: 25.11.2025).
6. Галенда О. С. Специфіка оброблення складних поверхонь фасонними протяжками // Збірник тез доповідей XIV Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 11-12 грудня 2025 року. Тернопіль : ТНТУ, 2025. С. 71.
7. Ткаченко І. Г., Радик Д. Л., Данильченко Л. М. Методичні вказівки до виконання курсового проєкту з дисципліни «Технологічна підготовка та організація виробництва» для здобувачів вищої освіти освітнього рівня магістр за спеціальністю G9 Прикладна механіка. Тернопіль : ТНТУ, 2025. 28 с.

8. Ткаченко А. Є., Капаціла Ю. Б., Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г. Методичний посібник з виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія оброблення типових деталей та складання машин». Тернопіль : ТНТУ, 2016. 75 с.
9. Боженко Л. І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні. Київ : НМК ВО, 1990. 264 с.
10. Вартість виливків : веб сайт. URL: <https://flagma.ua/uk/virobnictvo-chavunnogo-ta-stalevogo-littya-o14147809.html> (дата звернення: 24.11.2025).
11. Вартість металобрухту : веб сайт. URL: <https://metal-lom.com/ua/tsina-metalobruhtu/> (дата звернення: 24.11.2025).
12. Паливода Ю. Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної оброблення : навч.-метод. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2019. 240 с.
13. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с.
14. Капаціла Ю. Б., Комар Р. В. Проектування машинобудівних виробництв : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2017. 40 с.
15. Дичковський М. Г. Спеціальна технологічна оснастка. Тернопіль : ТНТУ, 2014. 243 с.
16. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Проектно-конструкторські розрахунки пристосувань : Навч. посіб. Тернопіль : ТДТУ, 2001. 277 с.
17. Гасило Ю. А., Крюковська О. А., Левчук К. О., Романюк Р. Я. Охорона праці в галузі та цивільний захист : навч. посіб. Кам'янське : ДДТУ, 2017. 369 с.
18. Ткаченко І. Г., Левенець В. Б. Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Охорона праці в машинобудуванні». Тернопіль : ТДТУ, 2002. 31 с.
19. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях : Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня “магістр” всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2022. 156 с.

ДОДАТОК А

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ

на технологічний процес механічного оброблення корпуса МП-47.105

[illegible]

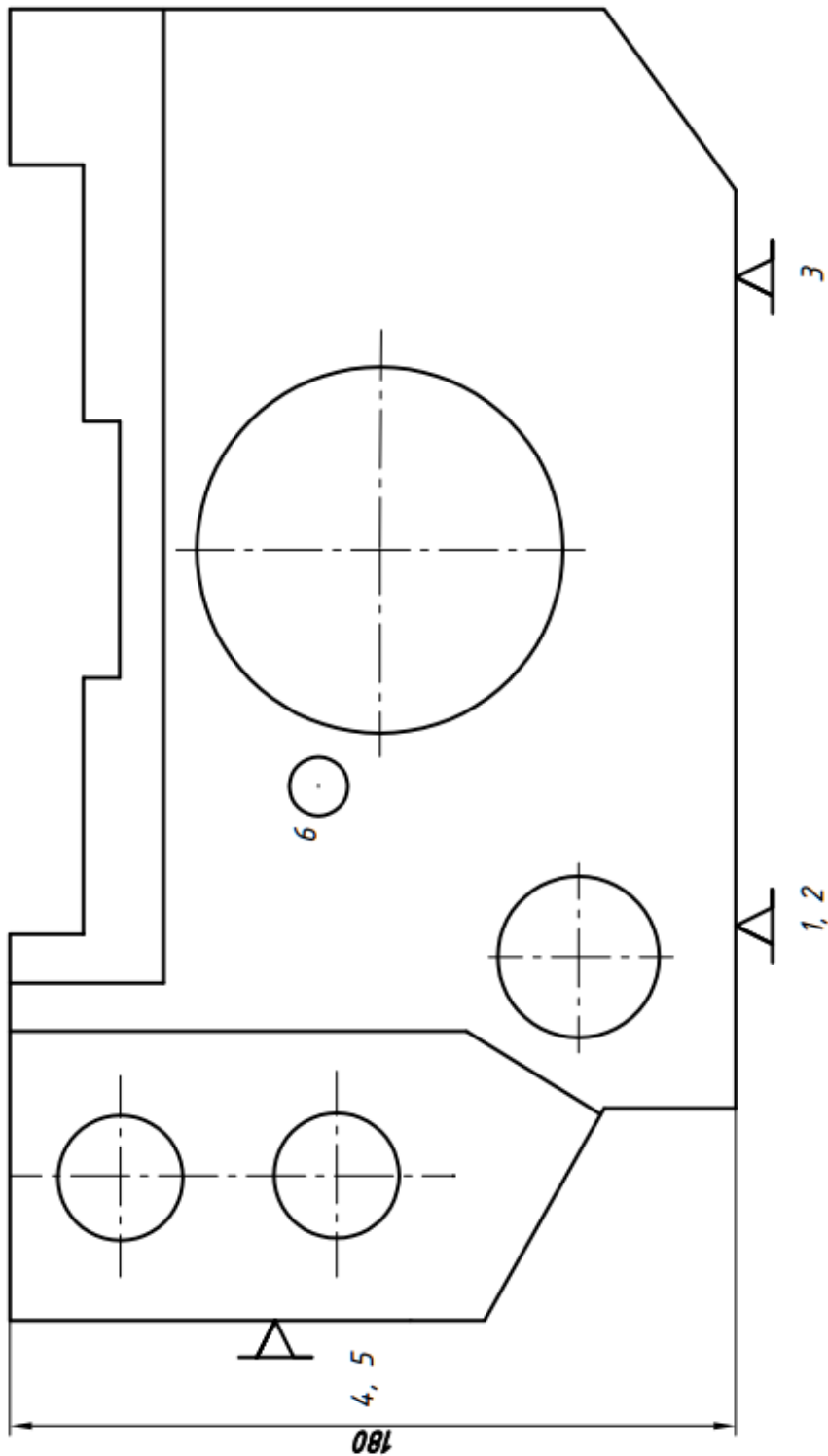
[illegible]

[illegible]

[illegible]

Дубл. Взам. Підп.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
-------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

$\sqrt{Ra0,8}$



ДОДАТОК Б
СПЕЦИФІКАЦІЇ

Б.1 Пристрій для фрезерування КРМ 24-243.03.00.

Б.2 Блок протяжок КРМ 24-243.04.00.

Б.3 Пристрій для контролю розміру $75 \pm 0,05$ мм КРМ 24-243.05.00.

[illegible]

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка	
		21	КРМ 24-243.03.23	Шпилька	4		
		22	КРМ 24-243.03.24	Вісь	1		
		23	КРМ 24-243.03.25	Опора	2		
		24	КРМ 24-243.03.26	Плунжер	1		
		25	КРМ 24-243.03.27	Пружина	1		
		26	КРМ 24-243.03.28	Планка	1		
		27	КРМ 24-243.03.29	Планка	1		
		28	КРМ 24-243.03.31	Поршень	1		
		29	КРМ 24-243.03.32	Прокладка	3		
		30	КРМ 24-243.03.33	Прокладка	1		
				Стандартні вироби			
				Гвинти ГОСТ 8878-93			
		35		М8-6g.16.14Н	1		
		36		М8-6g.20.14Н	1		
				Болти ГОСТ 7805-70			
		37		М10-6g×20.58.019	4		
		38		М10-6g×25.58.019	2		
		39		М12-6g×35.58.019	4		
		40		Болт М10-6g×20.58			
				ГОСТ 7798-70	4		
				Гайки ГОСТ 5918-73			
		41		М20-6Н.5	8		
		42		М24-6Н.5	1		
		43		Шайба 20.65Г			
				ГОСТ 6402-70	4		
		44		Болт М10-6g×35.58.019			
				ГОСТ 7805-70	4		
		45		Штифт 10×45			
				ГОСТ 3128-70	1		
				КРМ 24-243.03.00			Арк.
							2
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

[illegible]

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
*			KPM 24-243.04.00 СК	Складальне креслення		*2А1
				<u>Деталі</u>		
		1	KPM 24-243.04.01	Корпус	1	
		2	KPM 24-243.04.02	Упор	1	
		3	KPM 24-243.04.03	Прихват	1	
		4	KPM 24-243.04.04	Кронштейн	1	
		5	KPM 24-243.04.05	Планка	2	
		6	KPM 24-243.04.06	Гвинт	1	
		7	KPM 24-243.04.07	Важіль	1	
		8	KPM 24-243.04.08	Вісь	1	
		9	KPM 24-243.04.09	Ролик	1	
		10	KPM 24-243.04.11	Вісь	1	
		11	KPM 24-243.04.12	Втулка	1	
		12	KPM 24-243.04.13	Клин	1	
		13	KPM 24-243.04.14	Штовхач	1	
		14	KPM 24-243.04.15	Болт	1	
		15	KPM 24-243.04.16	Шток	1	
		16	KPM 24-243.04.17	Проставка	1	
		17	KPM 24-243.04.18	Циліндр	1	
		18	KPM 24-243.04.19	Кришка	1	
		19	KPM 24-243.04.21	Планка	1	
		20	KPM 24-243.04.22	Упор	1	
		21	KPM 24-243.04.23	Шпилька	4	
		22	KPM 24-243.04.24	Вісь	1	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРМ 24-243.04.00 Блок протяжок	
Розроб.	Галенда					
Перев.	Ткаченко					
Рецензент						
Н. контр.	Ткаченко					
Затв.	Окіпний				ТНТУ, ФМТ, каф. МТ, гр. МП _М -61	
					Літ.	Аркуш
						2

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
		23	KPM 24-243.04.25	Опора	2	
		24	KPM 24-243.04.26	Плунжер	1	
		25	KPM 24-243.04.27	Пружина	1	
		26	KPM 24-243.04.28	Планка	1	
		27	KPM 24-243.04.29	Планка	1	
		28	KPM 24-243.04.31	Поршень	1	
		29	KPM 24-243.04.32	Прокладка	3	
		30	KPM 24-243.04.33	Прокладка	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
				Гвинти ГОСТ 8878-93		
		35		M8-6g.16.14H	1	
		36		M8-6g.20.14H	1	
				Болти ГОСТ 7805-70		
		37		M10-6g×20.58.019	4	
		38		M10-6g×25.58.019	2	
		39		M12-6g×35.58.019	4	
		40		Болт M10-6g×20.58		
				ГОСТ 7798-70	4	
				Гайки ГОСТ 5918-73		
		41		M20-6H.5	8	
		42		M24-6H.5	1	
		43		Шайба 20.65Г		
				ГОСТ 6402-70	4	
		44		Болт M10-6g×35.58.019		
				ГОСТ 7805-70	4	
		45		Штифти ГОСТ 3128-70		
				10×45	1	
		46		10×60	2	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	KPM 24-243.04.00	
					Арк.	
					2	

[illegible]

ДОДАТОК В

Галенда О. С. Специфіка оброблення складних поверхонь фасонними протяжками // Збірник тез доповідей XIV Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 11-12 грудня 2025 року. Тернопіль : ТНТУ, 2025. С. 71.

УДК 621.919

О. С. Галенда

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

СПЕЦИФІКА ОБРОБЛЕННЯ СКЛАДНИХ ПОВЕРХОНЬ ФАСОННИМИ ПРОТЯЖКАМИ

O. S. Halenda

SPECIFICS OF PROCESSING COMPLEX SURFACES USING SHAPED BROACHES

Аналізуючи форми поверхонь деталей, що обробляються методом протягування, можна відзначити, що якщо раніше підлягали протягуванню, в основному, прості поверхні, площини, пази, уступи в деталях порівняно невеликих довжин, то в даний час часто зустрічаються поверхні складного профілю і великої довжини [1].

Ускладнення форм і збільшення розмірів оброблюваних поверхонь вимагають створення нових типів протяжного устаткування. Окремі типи верстатів дозволяють обробляти деталі завдовжки до 1300, 1600 мм і навіть до 11 метрів, зокрема верстат моделі 7203300К. Оброблення складних поверхонь такої довжини звичайними протяжками вимагає збільшення кроку зубів, що призводить до значного зростання довжини комплекту інструменту, збільшення числа проходів і до зниження продуктивності процесу. Найбільш радикальним способом розв'язання цих проблем є вільне відведення стружки від ріжучого леза в процесі різання. Цей метод відведення стружки закладений в конструкцію протяжок з вільним відведенням стружки.

Протяжки із вільним боковим відведенням стружки є принципово новим видом протяжного інструменту. Вони відрізняються від звичайних генераторних протяжок з вільним виходом стружки тим, що ними можна здійснювати обробку складних фасонних поверхонь і уступів в деталях великих довжин. При цьому вони забезпечують плавність роботи протяжного верстата [2].

Застосування цих протяжок дозволяє:

- вирішити питання очистки протяжок від стружки в процесі роботи;
- поліпшити умови роботи протяжок за рахунок відведення тепла від ріжучих лез разом із стружкою;
- виготовляти протяжки без урахування коефіцієнта стружкозаповнення, що дає змогу проєктувати протяжки невеликої довжини незалежно від довжини оброблюваної деталі;
- скоротити довжину робочого ходу верстата за рахунок зменшення довжин протяжок;
- збільшити продуктивність процесу протягування за рахунок скорочення машинного часу, а також за рахунок зменшення допоміжного часу.

Все це дозволяє розширити сферу застосування процесу протягування при виготовленні деталей зі складними поверхнями і ширше використовувати його технічні можливості. Отже, розроблення нових конструкцій протяжок з вільним відведенням стружки є актуальним завданням.

Література

1. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капачіла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.
2. Посвятенко Е.К. Інженерія деталей, оброблених протягуванням / Е.К. Посвятенко, Я.Б. Немировський, С.Є. Шейкін, І.В. Шепеленко, О.В. Чернявський / ІНМ ім. Бакуля НАН України, ЦНТУ МОН України, Кропивницький: видавець Лисенко В.Ф., 2021. 466 с.