

Міністерство освіти і науки України  
Центральноукраїнський національний технічний університет  
Кафедра «Машинобудування, мехатроніки і робототехніки»

# ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи  
на здобуття освітнього ступеня «Магістр»  
за спеціальністю 131 «Прикладна механіка»

на тему:

**«Забезпечення інструментального оснащення модульного типу  
токарних верстатів»**

**«Provision of tooling for modular lathes»**

Виконавець: здобувач гр. ПМ-22М-З

\_\_\_\_\_ Сергій ЩУР

Керівник: к.т.н., доц.

\_\_\_\_\_ Олександр ЛИСЕНКО

Рецензент:

\_\_\_\_\_ д.т.н., проф. Віктор АУЛІН

Зав. каф. ММіР: к.т.н., доц.

\_\_\_\_\_ Андрій ГРЕЧКА

## Центральноукраїнський національний технічний університет

|                              |                                              |
|------------------------------|----------------------------------------------|
| Факультет                    | Механіко-технологічний                       |
| Кафедра                      | Машинобудування, мехатроніки і робототехніки |
| Рівень вищої освіти          | другий (магістерський)                       |
| Галузь знань                 | 13 Механічна інженерія                       |
| Спеціальність                | 131 Прикладна механіка                       |
| Освітньо-професійна програма | Прикладна механіка                           |

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри ММіР  
Андрій ГРЕЧКА  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

### ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ДРУГИМ (МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Сергія ЩУРА

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Забезпечення інструментального оснащення модульного типу  
токарних верстатів»  
«Provision of tooling for modular lathes»

2. Керівник роботи: к.т.н., доц. Олександр ЛИСЕНКО

3. Строк подання роботи до захисту 05 січня 2024 р.

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи:

Мета роботи полягає проектуванні та організації виробництва системи збірних різців для забезпечення обробки на токарних верстатах з ЧПУ та обробних центрах.

#### Завдання:

- виконати огляд та аналіз різального інструменту, що використовується в сучасних верстатах з ЧПУ та обробних центрах;
- розробити модульну систему різального інструменту, яка б задовольняла вимогам сучасних верстатів з ЧПУ та обробних центрів;
- удосконалити технологічний процес виробництва різців, використанням сучасних обробних центрів
- виконати техніко-економічне обґрунтування роботи.

## 5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів

| Розділ                    | Консультант  | Підпис, дата   |                  |
|---------------------------|--------------|----------------|------------------|
|                           |              | Завдання видав | Завдання прийняв |
|                           |              |                |                  |
| Організаційно-економічний | Ірина ЖУРИЛО |                |                  |
|                           |              |                |                  |
|                           |              |                |                  |
|                           |              |                |                  |
|                           |              |                |                  |
|                           |              |                |                  |

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів роботи                 | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|-------------------------------------|-------------------------------|----------|
| 1.    | Огляд літературних джерел           | Вересень-жовтень 2023         |          |
| 2.    | Вступ                               | Вересень-жовтень 2023         |          |
| 3.    | Мета та задачі роботи               | Вересень-жовтень 2023         |          |
| 4.    | Методика роботи                     | Жовтень-листопад 2023         |          |
| 5.    | Теоретична робота                   | Жовтень-листопад 2023         |          |
| 6.    | Визначення економічної ефективності | Листопад-грудень 2023         |          |
| 7.    | Висновки                            | Грудень 2023                  |          |
| 8.    | Оформлення роботи                   | Грудень 2023                  |          |
|       |                                     |                               |          |
|       |                                     |                               |          |
|       |                                     |                               |          |
|       |                                     |                               |          |
|       |                                     |                               |          |
|       |                                     |                               |          |
|       |                                     |                               |          |

Дата видачі завдання « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Олександр ЛИСЕНКО  
(підпис)

Завдання прийнято до виконання « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

Здобувач \_\_\_\_\_ Сергій ЩУР  
(підпис)

### Анотація

ЩУР Сергій. Забезпечення інструментального оснащення модульного типу токарних верстатів. Випускна кваліфікаційна робота для освітнього ступеня «магістр»: ЦНТУ, 2024. – 113 с. Матеріали презентації 9 іл.

**Актуальність:** Аналіз інструменту модульної конструкції для обробки на верстатах з ЧПУ та обробних центрах показав, що вітчизняні інструменти та їх системи мають конструктивні та технологічні обмеження. Окремі закордонні зразки позбавлені окремих недоліків, але мають значну вартість. Тому питання створення модульної системи різального інструменту залишається актуальним.

У роботі наводиться опис спроектованого модульного інструментального блоку. Розроблений технологічний процес виробництва прохідного різця. Проаналізовані і розроблені конструкції установчих та контролюючого пристосувань.

**Практичне значення:** Запропоновані системи збірних різців для токарних верстатів із ЧПУ, обробних центрів, що включають у себе прохідні, контурні різці й інструментальні блоки для відрізання й обробки канавок. Для багатофункціональних обробних центрів розроблений спеціальний модульний блок, який забезпечує можливість зміни різального інструмента з поворотом модульної головки та застосування різців стандартної конструкції.

**Ключові слова:** точіння, різець, модульне інструментальне оснащення

## Summary

SHCHUR Serhii. Provision of tooling for modular lathes. Graduation thesis for the educational degree "Master": CNTU, 2024. - 113 p. Presentation materials 9 slides.

**Relevance:** The analysis of the tool of modular design for processing on CNC machines and machining centers showed that domestic tools and their systems have design and technological limitations. Certain foreign samples are free of individual defects, but have a significant cost. Therefore, the issue of creating a modular system of cutting tools remains relevant.

The work provides a description of the designed modular instrument block. The technological process for the production of a through cutter has been developed. Analyzed and developed designs of installation and control devices.

**Practical meaning:** Precast cutter systems are offered for CNC lathes, machining centers, including pass-through cutters, contour cutters, and tool blocks for cutting and grooving. A special modular unit has been developed for multifunctional machining centers, which provides the possibility of changing the cutting tool with the rotation of the modular head and the use of cutters of a standard design.

**Key words:** turning, cutter, modular tooling

## ЗМІСТ

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП.....                                                                                  | 7  |
| 1. ІСНУЮЧІ СИСТЕМИ МОДУЛЬНИХ ІНСТРУМЕНТІВ, МЕТА ТА<br>ЗАДАЧІ РОБОТИ.....                    | 8  |
| 1.1. Аналіз існуючого різального інструменту для точіння.....                               | 8  |
| 1.2. Вітчизняні системи збірних різців для верстатів з ЧПУ .....                            | 9  |
| 1.3. Системи модульного інструментального оснащення фірми Sandvik<br>Coromant (Швеція)..... | 16 |
| 1.4. Модульна інструментальна система фірми Hertel (Німеччина) .....                        | 34 |
| 1.5. Висновки, мета та задачі роботи.....                                                   | 37 |
| 2. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....                                               | 39 |
| 2.1. Розробка системи різців для горизонтальних обробних центрів.....                       | 39 |
| 2.2. Технологічна підготовка виробництва різців .....                                       | 43 |
| 2.3. Розрахунок та проектування установчих та вимірювальних<br>пристосувань.....            | 67 |
| 3. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ<br>МОДУЛЬНИХ РІЗЦІВ .....                  | 79 |
| 3.1. Розрахунок витрат на проектування різця .....                                          | 79 |
| 3.2. Витрати на технологічну підготовку виробництва інструменту .....                       | 80 |
| 3.3. Визначення повної собівартості та оптової ціни проектного<br>інструменту.....          | 80 |
| 3.4. Розрахунок показників економічної ефективності .....                                   | 84 |
| 3.5. Організація процесу проектування інструменту .....                                     | 85 |
| ВИСНОВКИ .....                                                                              | 94 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....                                                        | 96 |
| ДОДАТКИ .....                                                                               | 99 |

## ВСТУП

Розвиток сучасного машинобудування в Україні не можливе та потребує серйозної модернізації верстатного парку. І хоча, кожне підприємство по своєму підходить до розв'язку цієї проблеми всі вони, як правило, використовують три шляхи: перший – це самий економний пошук та закупівля верстатів в робочому стані виробництва колишнього СРСР; другий компромісний між першим та третім – закупівля або капітальний ремонт існуючого верстата з модернізацією сучасною системою ЧПУ та приводів; і нарешті третій самий витратний, але самий ефективний – закупівля нових сучасних обробних центрів провідних світових виробників верстатного обладнання. Однак при реалізації усіх вказаних випадків, постає проблема інструментального забезпечення придбаного верстатного оснащення. Вибір постає між дешевим інструментом вітчизняного виробництва, який має порівняно невисокі експлуатаційні якості, та дорогим інструментом відомих світових виробників металорізального інструменту.

Обидва вказані варіанти повністю машинобудівників не задовольняють, тому залишається проблема забезпечення виробництва якісним вітчизняним інструментом, з порівняно невеликою ціною та високими експлуатаційними якостями.

Якість інструмента залежить від його конструкції, матеріалу і технології виробництва. Основними технологічними напрямками розвитку інструментального виробництва є: наближення форми заготовки до форми готового виробу за рахунок застосування спеціального профілю штампів, заготовок, використання методів пластичного деформування порошкової металургії; автоматизація технологічних процесів, застосування автоматизованих завантажувальних пристроїв, роботів, спеціальних верстатів, автоматичних ліній і верстатів із ЧПУ; концентрація і поєднання операцій, застосування високоефективного оснащення; широке використання глибокого шліфування і заточування; застосування надтвердих абразивних матеріалів, новітніх методів термічної і термохімічної обробки, зносостійких покриттів; розширення галузі застосування електрофізичних і електрохімічних методів обробки. Ці напрями в кінцевому підсумку сприяють рішенню головних задач підвищення ефективності виробництва і якості випускаємої продукції.

# **1. ІСНУЮЧІ СИСТЕМИ МОДУЛЬНИХ ІНСТРУМЕНТІВ, МЕТА ТА ЗАДАЧІ РОБОТИ**

## **1.1. Аналіз існуючого різального інструменту для точіння**

Застосування модульного інструментального оснащення є одним з перспективних напрямів у виробництві. Модульність у застосуванні до інструментального оснащення дозволяє проводити складання необхідного інструменту з окремих уніфікованих елементів або вузлів – знімних модулів.

Модуль представляє собою інструментальний блок, що складається з робочої частини (як правило, це непереточувана різальна пластина, що відповідає геометрії, точності, формі стружкопдрібнювальної канавки та інструментального матеріалу) та корпусу, розрахованого на закріплення в оправці, встановленої на робочій позиції верстата. В одній оправці можна монтувати різноманітні модулі, що додає інструментальній системі гнучкість. Всі елементи, які входять у блок, уніфіковані й стандартизовані. Їх виготовляють завчасно і при першій необхідності шляхом складання перетворюють у різальний інструмент. Модулем є також і допоміжний інструмент, наприклад цанговий патрон для осьового інструмента і т.п. Модулі, які входять у набір для верстата, мають однакові хвостовики, що відповідають гнізду у верстаті під інструмент або гнізду перехідних оправок. Типи хвостовиків модулів різні.

Модульна інструментальна система забезпечує не тільки швидку, але й автоматизовану зміну модулів на робочих позиціях верстата (обробного центра) при використанні інструментальних магазинів і складів різних типів і конструкцій. Це в порівнянні зі стандартним різальним інструментом дозволяє: знизити вагу інструмента в 3...4 рази, підвищити ефективність роботи устаткування, підвищити продуктивність праці, скоротити терміни підготовки виробництва, знизити собівартість механічної обробки.

З друкованих джерел та аналізу факторів, які впливають на продуктивність точіння й собівартість обробленої деталі встановлено, що при виборі різального інструмента, перевагу варто віддавати інструментові зі змінними різальними

модулями [1, 2]. Подібний спосіб орієнтації та заміни різального інструмента, має ряд незаперечних переваг у порівнянні зі стандартним різальним інструментом. Найбільш вагомими перевагами є суттєве скорочення допоміжного часу на заміну інструмента і налагодження устаткування, і як наслідок цього, підвищення продуктивності та коефіцієнта використання устаткування, а значить скорочення часу на підготовку виробництва.

Модульна інструментальна система повинна відповідати певним вимогам, виконання яких, дозволить підвести економіко-технологічне обґрунтування застосування її у виробництві. До цих вимог відносяться: номенклатура і вартість інструмента, які входить з систему та повинні бути зведені до економічно обґрунтованого мінімуму; елементи системи повинні забезпечувати застосування інструмента з необхідною точністю, жорсткістю та вібростійкістю; елементи системи повинні забезпечувати при необхідності регулювання положення різальних кромek інструменту, відповідно координат технологічної системи; повинні бути зручними в обслуговуванні (бути швидкозмінними) і технологічними у виготовленні.

Переважна кількість існуючих конструкцій модульних інструментальних систем, це системи закордонного виробництва таких фірм як: Sandvik Coromant (Швеція), Hertel (Німеччина), Walter (Німеччина), Kennametal (США), Komet (Німеччина), Dornag (Швейцарія), Heinz Kaiser (Німеччина), Kelch (Німеччина) та ін.

## **1.2. Вітчизняні системи збірних різців для верстатів з ЧПУ**

Різальний інструмент для верстатів токарної групи з ЧПУ базується і закріплюється або в різцетримачах супортів, або безпосередньо в револьверних головках, або з використанням перехідних елементів (допоміжного інструмента).

Для одержання розмірів деталей без пробних проходів відповідно до керуючої програми необхідно в конструкції модульного інструментального оснащення передбачити елементи, які забезпечують регулювання положення різальних кромek, тобто настроювання інструмента на визначений виліт. Цим

обумовлена наявністю у верстатах із ЧПУ різноманітних перехідників (адаптерів). Хвостовик перехідника призначений для конкретного верстата, а передня затискна частина – для інструмента, зі стандартними приєднувальними поверхнями (призматичними, циліндричними і конічними за формою, з розмірами, регламентованими стандартами на інструмент). Перехідники створюють комплект допоміжного інструмента (різцетримачі, патрони, оправки і втулки різних конструкцій), що забезпечує закріплення інструмента необхідної номенклатури. Такий комплект у поєднанні з приладом попереднього налагоджування повинний забезпечити налагодження інструмента для роботи на обробному центрі або верстаті з ЧПУ.

На практиці часто комплект інструмента для конкретного верстата обмежений визначеними його типами (рис. 1.1). Природно, що до комплекту інструмента, додається і комплект допоміжного інструмента, що має відповідні базові елементи під інструмент і під посадкові поверхні супорта або револьверної головки верстата.

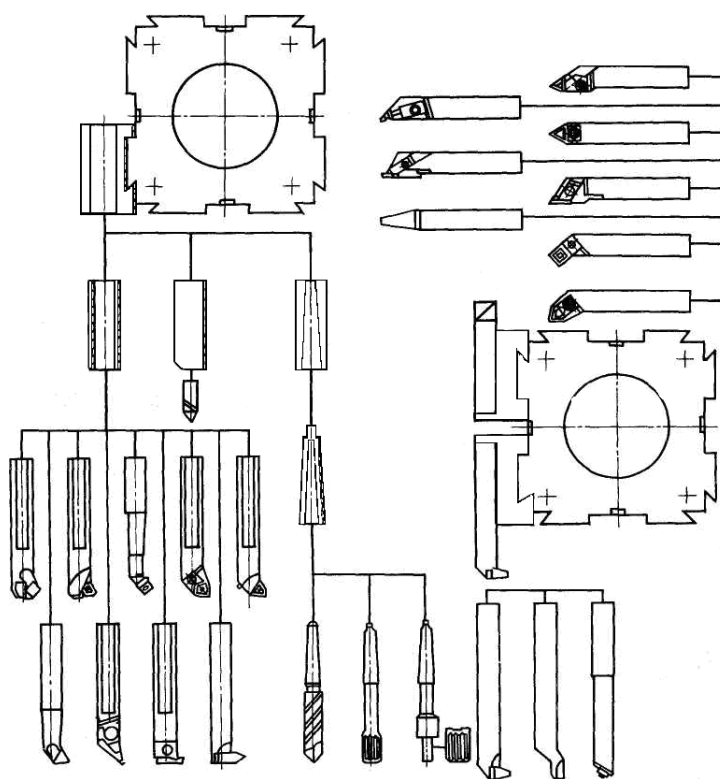


Рис. 1.1. Комплект різального інструмента для верстатів мод. 1723Ф3, 1734Ф3, 1751Ф3

Види перехідних елементів у токарних верстатів, як правило, відрізняються конструкцією базового вузла (єдиного для всіх елементів) і видом базової поверхні. Так, зустрічаються перехідні елементи з зубчастими базовими поверхнями (рис. 1.2), із двома опорними призмами (рис. 1.3), з циліндричним хвостовиком (рис. 1.4), з базуючою призмою (рис. 1.7) та ін.

Останні два види розгорнуті у підсистеми й особливо часто використовуються на верстатах вітчизняного виробництва. Подібні системи були розроблені одними з перших у вітчизняному машинобудуванні, і в сучасних обробних центрах не використовуються.

Переваги системи інструментів (рис. 1.2.):

- надійне закріплення модуля;
- технологічність конструкції в зв'язку з малою кількістю деталей.

Недоліки такої системи інструментів:

– обмежені умови по застосуванню через можливість повороту різцевого модуля тільки на  $90^\circ$ ;

– подібна конструкція використовується на вітчизняних токарних верстатах старого зразка.

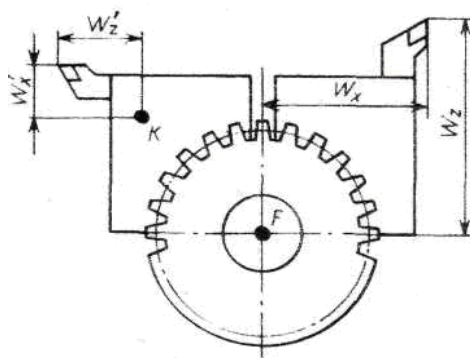


Рис. 1.2. Встановлення інструменту за допомогою зубчастих різцетримачів

Переваги системи інструментів (рис. 1.3):

- відносна простота виготовлення конструкції.

Недоліки даної системи інструментів:

– неточне базування в поперечному напрямі;

– обмежені умови по застосуванню через можливість повороту різцевого модуля тільки на  $90^\circ$ ;

- необхідно точне виконання базуючої призми;
- подібна конструкція використовується на вітчизняних токарних верстатах старого зразка.

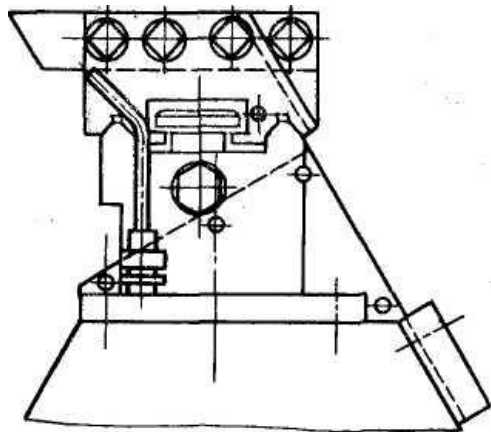


Рис. 1.3. Схема встановлення різця в різцетримачі з двома базуючими призмами

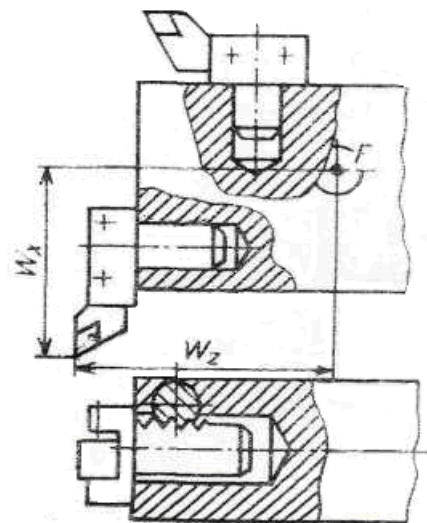


Рис. 1.4. Встановлення інструмента у різці з рифленим циліндричним хвостовиком

Система (ОСТ2-У16-2-18) призначена для верстатів із ЧПУ моделей 16K20T1, 1П756МФЗ, 1П732РФЗ, 1740РФЗ і ін. Різцетримачі 2.1-2.9 (рис. 1.5) призначені для закріплення різців з перетином від 16×16 до 40×40 мм. Перехідні втулки 2.10 дозволяють закріплювати різальний інструмент або перехідні елементи круглого перетину з діаметром 16-40 мм. Оправки 2.11 служать для закріплення перових свердел, а перехідні втулки 2.12 мають конусні отвори під інструмент 1.26 з конусом Морзе.

Самоустановлювальний патрон 2.13 з конусним отвором використовується для встановлення розгортки. У комплект входять також розточувальні оправки 2.14 і 2.15, патрони для мітчиків 2.16, втулки перехідні розрізні 2.17 і зі шпонковим пазом 2.18, 2.19 під відповідні оправки 1.20, 1.16, 1.17.

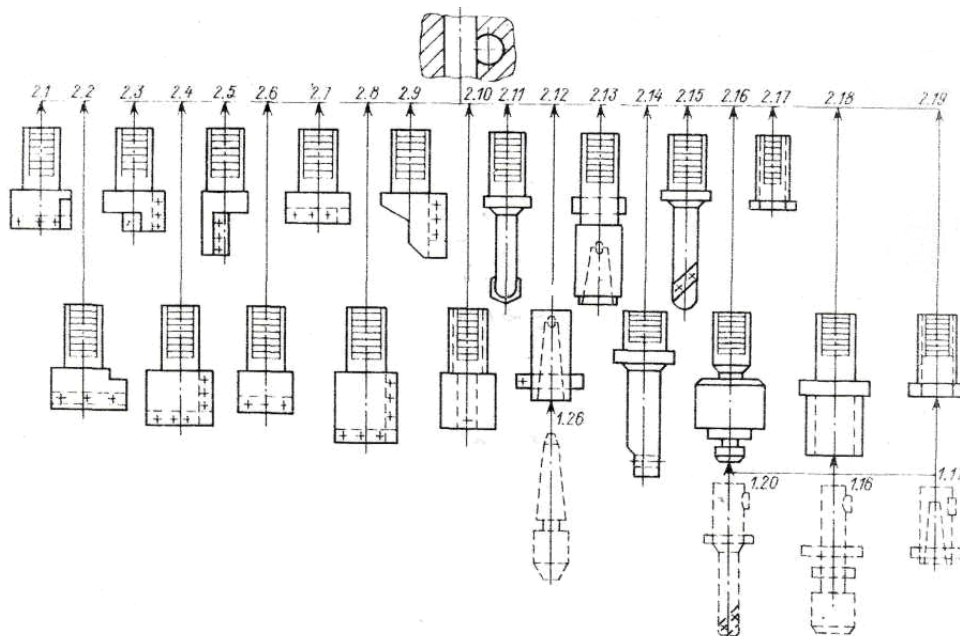


Рис. 1.5. Система збірного інструмента з циліндричним рифленим хвостовиком

Типовий різцетримач з циліндричним хвостовиком і з перпендикулярним відкритим пазом під різці різних типів приведений на рис. 1.6, а. Для встановлення різця на висоті центрів служить підкладка 3. Різець закріплюють за допомогою гвинтів і притискної планки 2. Подача змащувально-охолоджувальної рідини (ЗОР) у зону різання здійснюється через канал у корпусі 4, та закінчується кулькою 1, що дозволяє регулювати напрямок подачі ЗОР. Для полегшення налагодження положення вершин різців на задані координати в корпусі розміщені два регулювальних гвинти 5, розташованих під кутом  $45^\circ$  один до одного.

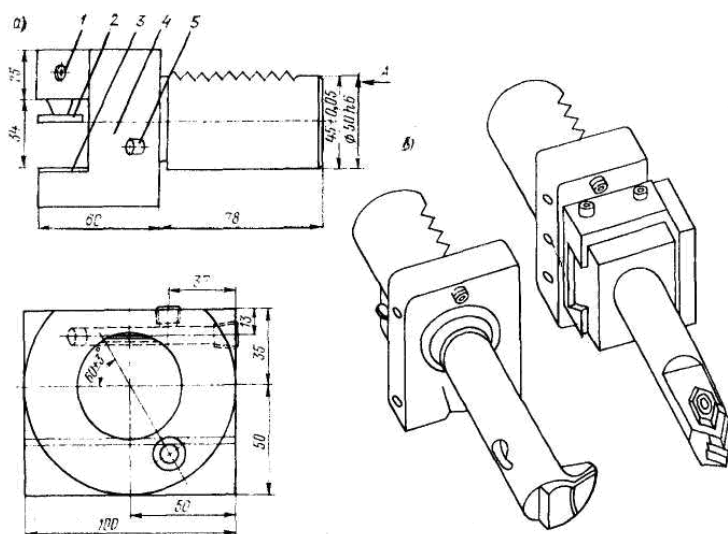


Рис. 1.6. Різцетримач з циліндричним хвостовиком та перпендикулярним відкритим пазом а) і комплект оправок для розточувальних різців б)

У розглянутій підсистемі (рис. 1.6) всі різцетримачі базуються по циліндру хвостовика (з рифленнями на лисці), що забезпечує точне кутове встановлення інструмента, і штифту. Такий інструмент кріпиться в револьверній голівці за допомогою сухаря або клину, що також має рифлення, але зміщений щодо рифлень хвостовика. У результаті опорна поверхня допоміжного інструмента притискається до револьверної голівки верстата з великим зусиллям, що гарантує високу твердість з'єднання.

Переваги даної системи інструментів:

- технологічність конструкції в зв'язку з малою кількістю деталей;
- жорстке і надійне закріплення;
- можливість закріплення різців широкого діапазону розмірів.

Недоліки даної системи інструментів:

- необхідно використовувати різці визначеної конструкції з рифленим циліндричним хвостовиком;
- підвищене спрацювання штифта;
- обмежені умови по застосуванню через можливість повороту різцевого модуля тільки на  $90^\circ$ .

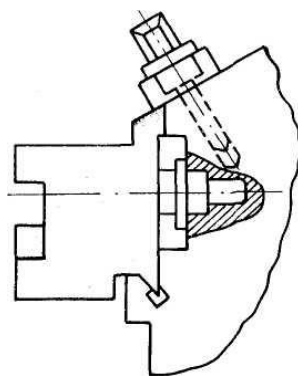


Рис. 1.7. Різцетримач із базуючою призмою

Система збірного інструмента з базувальною призмою (ОСТ УІ6-1-78) призначена для верстатів із ЧПУ моделей 1А734ФЗ, 1А751ФЗ, СМ710ФЗ, 16К30ФЗ і ін. Різцетримачі 3.1-3.3 (рис. 1.8) забезпечують закріплення різців у широкому діапазоні розмірів. Особливо універсальний тристоронній різцетримач 3.5. У комплект входить розподільник охолоджувальної рідини 3.4, призначений для підведення ЗОР у зону різання. За допомогою держателів 3.7 і 3.8

закріплюють державки з циліндричним хвостовиком і шпонкою. Базові елементи підсистеми дозволяють (через елементи 3.6) закріплювати інструмент (2.11, 2.12, 2.13 і ін.) з попередньої системи, що в ряді випадків розширює технологічні можливості верстатів, а також сприяє скороченню номенклатури допоміжного інструмента.

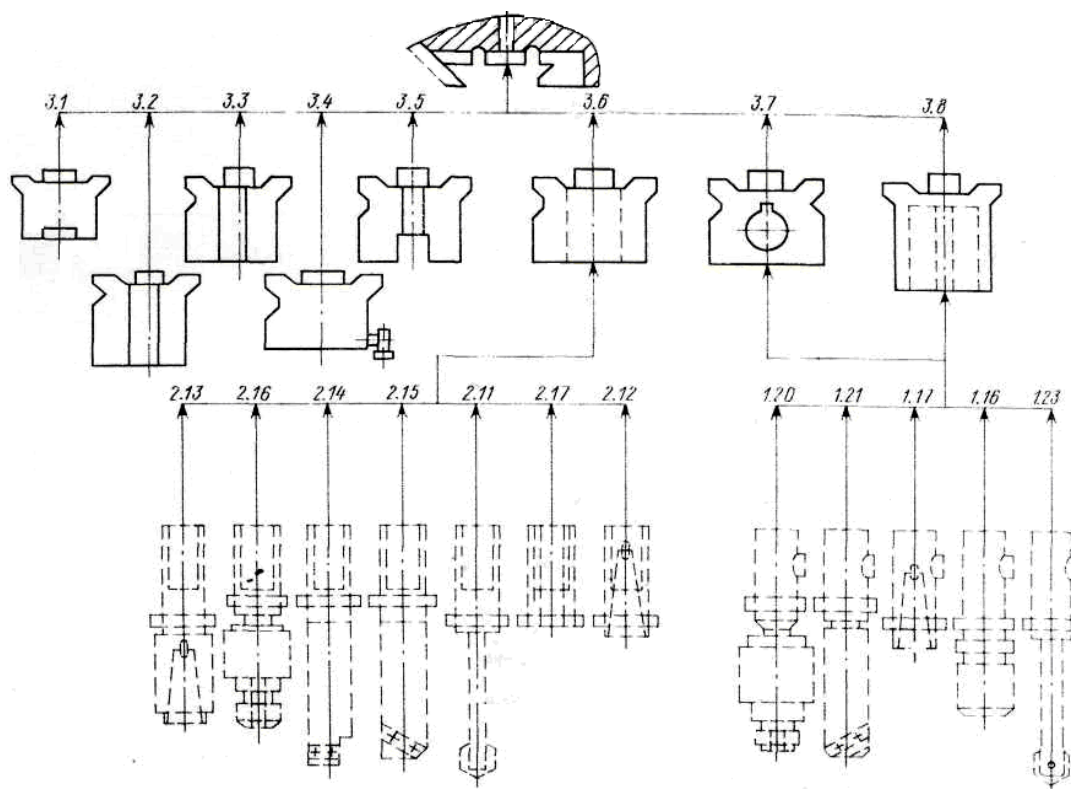


Рис. 1.8. Система збірного інструмента з базувальною призмою

Переваги цієї системи інструментів полягають в наступному:

- можливість закріплення різців широкого діапазону розмірів;
- можливість підведення ЗОР у зону різання при використанні одного з видів різцетримачів;

- простота зміни інструмента;
- технологічність конструкції в зв'язку з малим числом деталей.

Недоліками цієї системи інструментів є:

- знижена жорсткість конструкції;
- необхідність використання різців визначеної конструкції з циліндричним хвостовиком або з циліндричним хвостовиком і шпонкою;
- необхідно точне виконання базувальної призми;

— дана схема закріплення використовується на вітчизняних верстатах старого зразка.

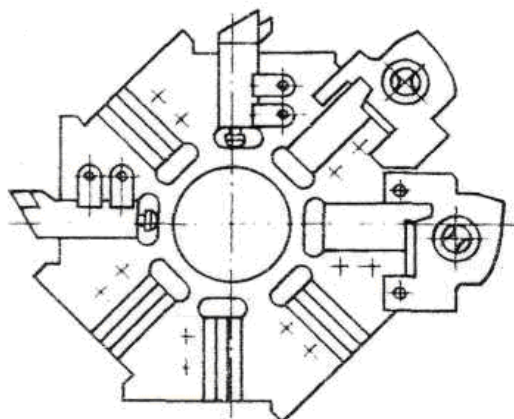


Рис. 1.9. Револьверна головка з різальним інструментом (вид з торця)

Переваги системи інструментів приведеної на рис. 1.9:

- можливість повороту револьверної головки на  $360^\circ$ ;
- надійне і жорстке закріплення різцевих модулів.

Недоліки даної конструкції:

- складність виготовлення різцевих модулів;
- необхідно використовувати різці особливої конструкції.

### 1.3. Системи модульного інструментального оснащення фірми Sandvik Coromant (Швеція)

Фірмою Sandvik Coromant (Швеція) для розточувальних операцій використовується модульне оснащення у вигляді одно- або двох-різцевих вставок з циліндричним хвостовиком, які закріплюються в перехіднику, що, у свою чергу, входить у втулку, монтуєму в шпинделі або револьверній головці верстата (рис. 1.10).

Розточувальні оправки зі змінними головками-модулями, споряджені змінними багатограними непереточувальними пластинами шведської фірми *Sandvik Coromant* показані на рис. 1.11. Головку, споряджену *T*-подібним пазом і гвинтом для радіального регулювання, закріплюють на оправці спеціальною тягою. Осьовий виліт інструмента регулюють гвинтами стопорного кільця, закріпленого на оправленні. Виліт  $L \leq 4D$  для оправок діаметром  $D \leq 32$  мм і  $L \leq 5D$  при  $D > 32$  мм.

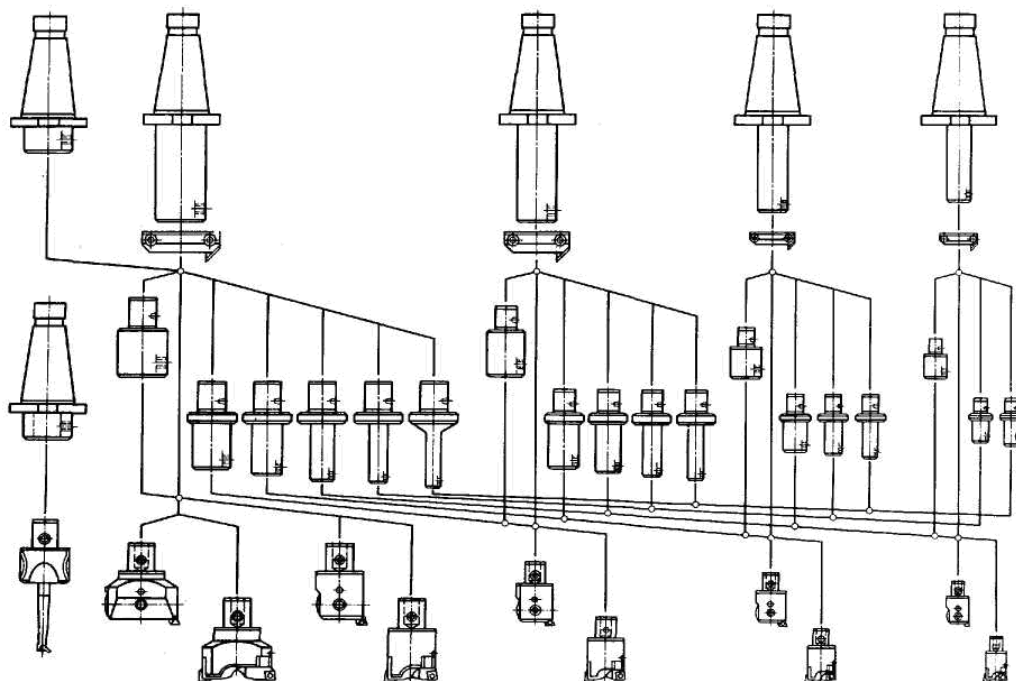


Рис. 1.10. Модульне інструментальне оснащення для розточувальних операцій

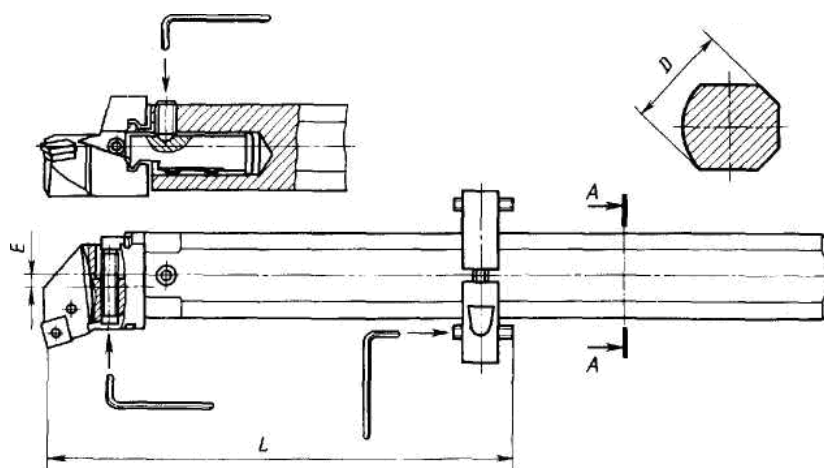


Рис. 1.11. Розточувальна оправка зі змінними головками

Подальший розвиток модульного інструментального оснащення передбачає не тільки швидкозмінну, але й автоматизовану зміну і закріплення модулів на робочих позиціях верстата. Гнучка модульна система представляє таку можливість. Блок інструмента в цій системі складається з прямої (рис. 1.12, а) або відігнутої державки (рис. 1.12, б), на якій закріплюють вручну або автоматично різноманітні головки-модулі зі СМП для виконання внутрішньої і зовнішньої обробки, а також цангові патрони (рис. 1.12, в). Хвостовик державки має параметри, що відповідають гнізду у верстаті під інструмент.

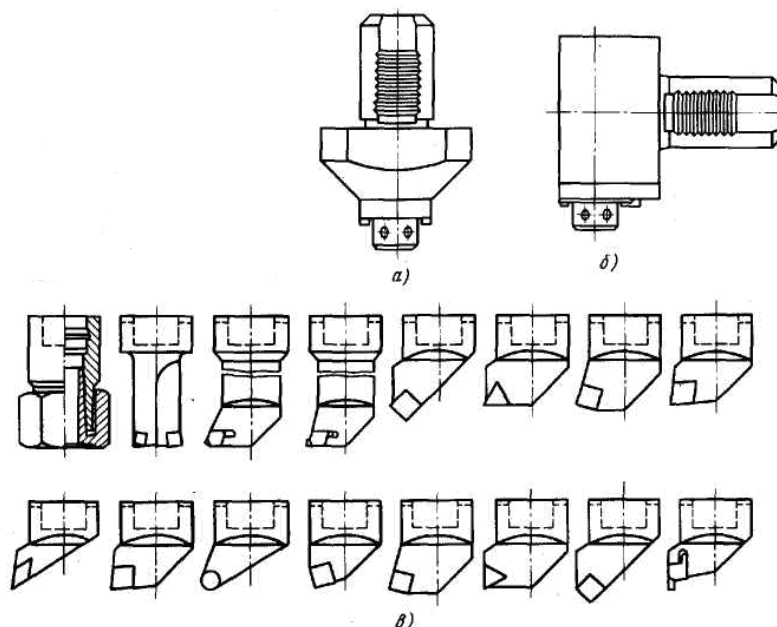


Рис. 1.12. Гнучка модульна система інструмента: а) з осьовим закріпленням модулів; б) з кутовим закріпленням модулів; в) модулі

Корпус робочої головки-модуля (рис. 1.13, а) споряджають посадковим отвором з кутовою кільцевою канавкою і двома торцевими пазами, а державку – центрувальним пальцем, двома торцевими шпонками, гвинтом з конічною головкою і двома плунжерами, розташованими під кутом до осі. Затягуванням трубчастої гайки, розташованої в хвостовику, із силою  $F$  зрушують центральний гвинт на величину  $l_F$ . При цьому конічна головка гвинта, взаємодіючи з плунжерами, притискає головку до базового торця державки. ЗОР у зону різання підводиться через канали в корпусі державки та отвір  $d_o$ . У відігнутій державці (рис. 1.13, б) затягування гвинта здійснюють підпружиненим плунжером. Якщо на верстаті немає вільного доступу до торця державки, модулі закріплюють вручну гвинтом розташованим під кутом, який взаємодіє з кутовою лискою на центральному гвинті (рис. 1.13, в). Ця система передбачає два типорозміри модулів, визначеного розміру.

Фірма «Sandvik Coromant» (Швеція) розробила систему Sandvik Coroplan (рис. 1.14), яку можна застосовувати з засобами автоматизації різного рівня для точіння як на звичайних токарних верстатах, так і на складних автоматизованих верстатах. Система забезпечує гнучкість і можливість виконання різноманітних операцій і переходів токарної обробки.

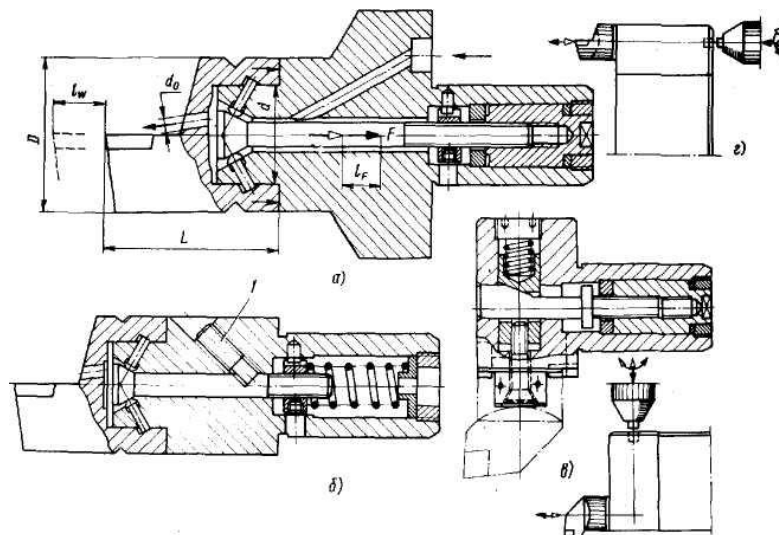


Рис. 1.13. Схема закріплення модулів на оправці: а, г – механічним шляхом з торця прямого оправлення; б – вручну гвинтом 1; в, д – механічним шляхом у відігнутій оправці

Система складається з:

- малогабаритних і легких інструментальних блоків з різальними елементами різних способів кріплення;
- ручних або автоматичних затискних механізмів;
- автооператора для зміни інструмента або всього інструментального магазину;
- засобів контролю експлуатації інструмента;
- засобів виміру для автоматичного настроювання інструмента;
- інструментів для обробки зовнішніх і внутрішніх поверхонь.

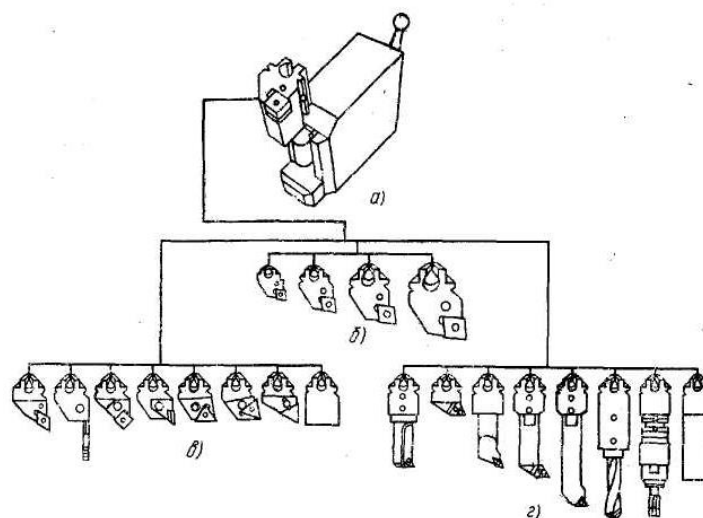


Рис. 1.14. Система блокового інструмента Sandvik Coroplan для автоматизованого устаткування (Sandvik Coromant, Швеція)

Дана модульна система інструмента передбачає швидкозмінне закріплення кожного модуля тягою, циліндрична ділянка якої пружно деформує центрувальні поверхні, і вибирає зазор (рис. 1.15, а, б). Ця система допускає автоматизацію зміни модулів, розташовуваних у магазині (рис. 1.15, в). Для орієнтації і захоплення модуля при його зміні служать V-подібні канавки на його корпусі.

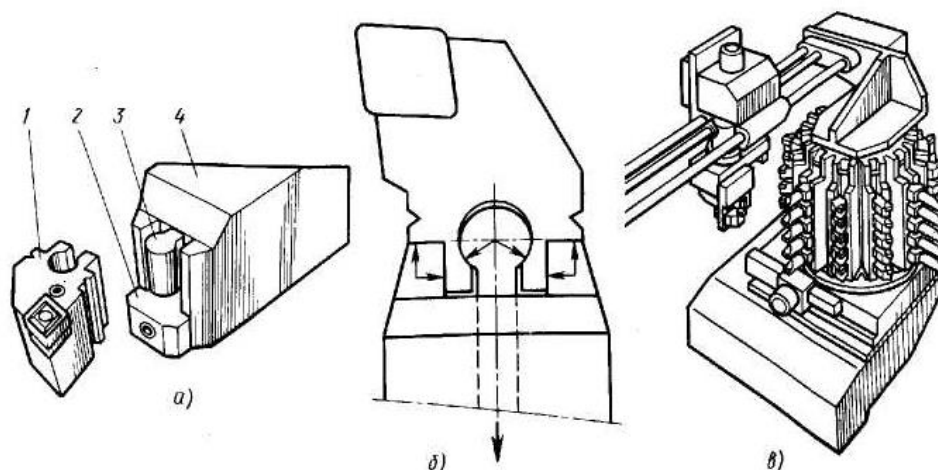


Рис. 1.15. Модульна система інструмента з циліндричною тягою:

- а) елементи системи: 1 – різцевий модуль; 2 – упор; 3 – тяга; 4 – корпус; б) – блок у затиснутому стані (стрілки вказують напрямок дії сил при затягуванні); в) – 120-вмістний інструментальний магазин

Усі блоки різальної системи мають базові поверхні з циліндричним отвором і пазом у середині хвостовика (рис. 1.16, а). При установці блоку 1 у гніздо оправки 3 (зверху вниз) блок поверхнями виступу *A* базується в прямокутному гнізді оправки. При цьому в циліндричний отвір і паз блоку входить фігурний виступ тяги 2 (рис. 1.16, б). При зсуві тяги 2 під дією сили  $Q$  відбувається закріплення блоку в гнізді оправки 3 (рис. 1.16, в).

Набір різноманітних блоків (рис. 1.17) до однієї оправки відкриває широкі технологічні можливості обробки деталей на кожному конкретному верстаті. Однаковість базових поверхонь блоків забезпечує простоту заміни інструмента в залежності від переходу (оброблюваної поверхні) операції.

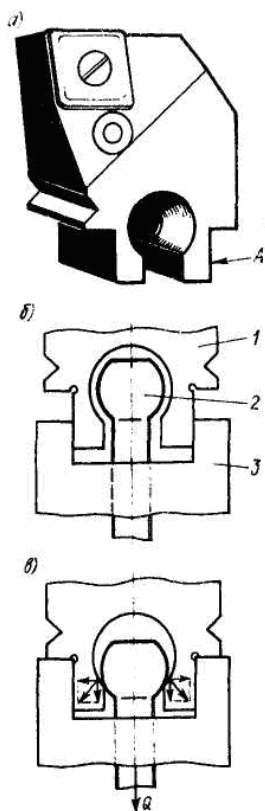


Рис. 1.16. Різцевий блок (а) і схема його закріплення на базовій оправці (б, в)

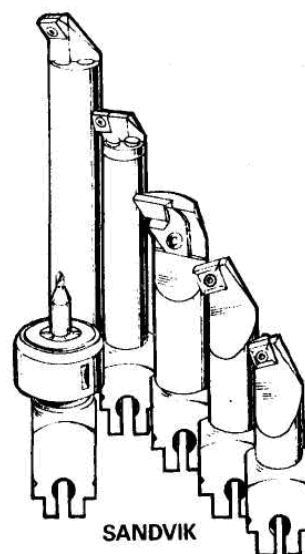


Рис. 1.17. Комплект інструментальних блоків

У загальному випадку оправки для закріплення інструментальних блоків можуть бути виконані у виді окремих (індивідуальних) елементів або бути базовими стаціонарними елементами револьверних головок (супортів). Індивідуальні оправки (рис. 1.18) для закріплення різцевих блоків можуть бути встановлені в різцетримачі супорта токарного верстата або в гнізді револьверної головки (через перехідну оправку). Базові площини оправки дозволяють з великою точністю встановлювати різцеві блоки і забезпечувати при цьому необхідне положення вершини різальної пластини по осі центрів верстата (рис. 1.18, а). Для встановлення різцевого блоку в оправці виступ 1 (тяги 2) повинний бути зміщений вліво (рис. 1.18, б). Це відбувається за допомогою ключа поворотом спеціального гвинта 4 через планку 3 зміщує тягу. Блок після його встановлення закріплюють поворотом гвинта 4 у зворотному напрямі. При цьому тяга 2 під дією тарілчастих пружин 5 (пружини розташовані в гнізді корпуса 7 оправці на тязі і підтиснуті гайкою 6) зміщується вправо. За допомогою виступу 1 відбувається закріплення різцевого блоку.

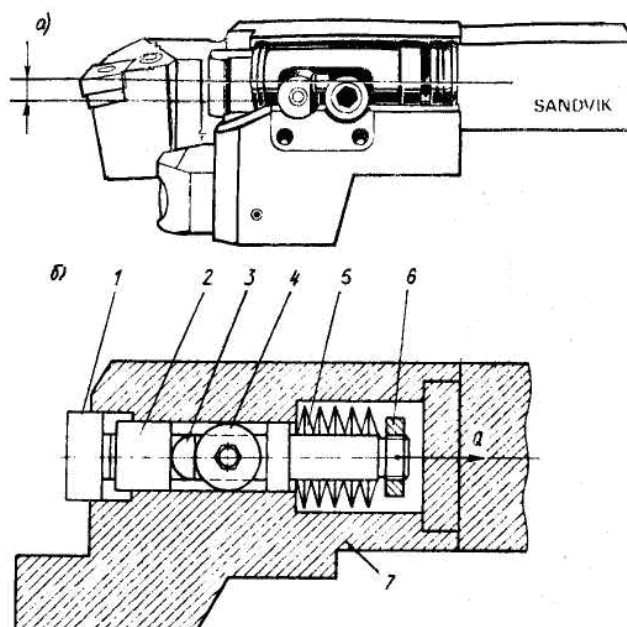


Рис. 1.18. Індивідуальні оправки для різцевих блоків: а) загальний вид, б) схема

Стаціонарна оправка (рис. 1.19) для закріплення інструментальних блоків гвинтами 3 стопориться на поверхні револьверної головки або супорта. Всередині оправки розміщена тяга 10, що хвостовиком 9 зв'язана з валиком 7. Хвостовик тяги і вушко валика 7 віссю скріплені з важелем 8, що може обертатися навколо осі 1. На циліндричному виступі корпуса 2 розташовані тарілчасті пружини 4, що підтискаються через фланець 5 гвинтом 6, різьбою зв'язаним з валиком 7. При впливі на торець гвинта 6 (силою  $P$ ) тарілчасті пружини стискаються, валик 7 зміщується вліво, важіль 8 повертається відносно осі 1, а тяга 10 (з виступом, що закріплює) також зміщується в напрямку зсуву валика 7. Після встановлення в оправці інструментального блоку і зняття дії сили  $P$  різцевий блок закріплюється в оправці дією пружини 4. Через фланець 5, гвинт 6 пружини зміщують валик 7, а отже, відбувається і зворотний поворот важеля 8 і переміщення тяги 10. Таким чином, встановлений інструментальний блок весь період роботи під дією сили, обумовленої тарілчастими пружинами. У залежності від розміру і конструкції оправки ця сила складає від 15 до 50 кН.

Використана в системі модульного інструменту схема базування і закріплення інструментальних блоків дозволяє досить просто автоматизувати як процес заміни блоків, так і їхнє закріплення.

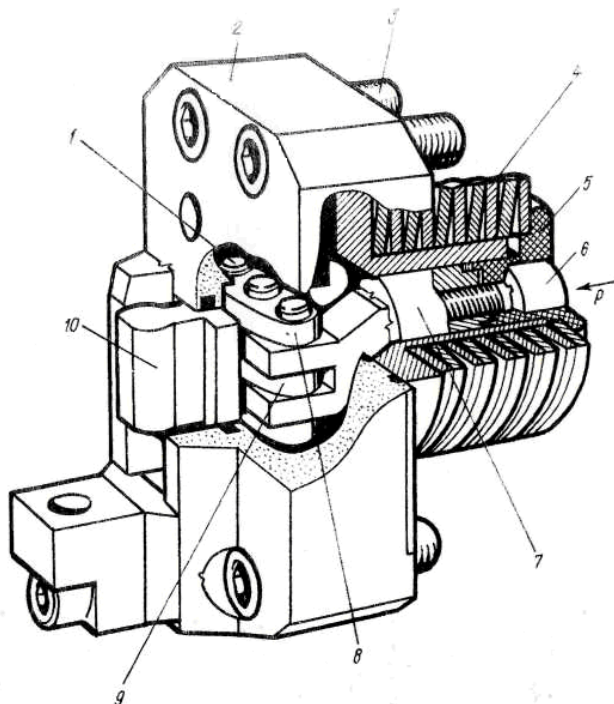


Рис. 1.19. Стационарна оправка для закріплення різцевих блоків

В одному з варіантів (рис. 1.20) пристрої закріплення-розкріплення блоків побудовані на базі замкнутих гідросистем. Вихідна гідросистема змонтована в корпусі 1 револьверної головки і складається з вихідного плунжера 2 і натискного поршня 3, між якими в каналах знаходиться пружне середовище (наприклад, мінеральне мастило). Дія на плунжер 2 зовнішніх джерел сили (рухомого елемента верстата або промислового робота) приводить до зсуву плунжера, а отже, і до робочого зсуву (на вихід) натискного поршня 3. У гнізді корпусу револьверної головки (співвісно з поршнем 3) можуть бути закріплені безпосередньо оправки 8 (4), 9 або перехідник 6. Перехідник має свою замкнену гідропорожнину, обмежену поршнями 5 і 7, і служить для розміщення оправки 4. Кутова конструкція перехідника забезпечує радіальне (відносно осі револьверної голівки) положення оправки 4, а отже, і інструментальних блоків.

Таким чином, розкріплення інструментальних блоків у розглянутому пристрої здійснюється при дії поршня 3 на торець гвинта в оправці (гвинт 6, рис. 1.19), якщо використовуються оправки 8 або 9. При використанні перехідника тиск на торець гвинта оправки 4 здійснюється поршнем 5, тобто шток поршня 3 через проміжну гідросистему перехідника.

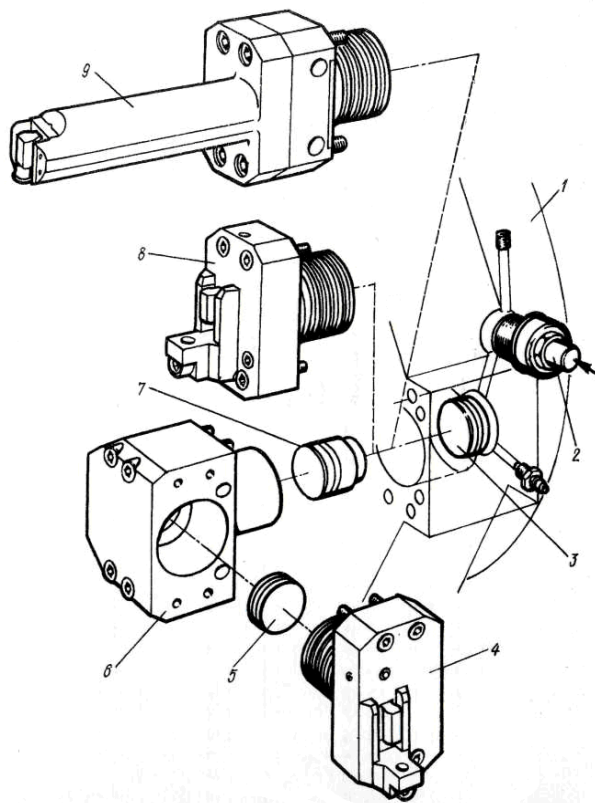


Рис. 1.20. Схема встановлення стаціонарних оправок на робочій площині револьверної головки

Закріплення інструментальних блоків на кожній з оправок (як це розглядалося вище, див. рис. 1.19) здійснюється за рахунок зусилля тарілчастих пружин при знятті тиску на вихідний плунжер 2.

Розглянута система досить універсальна. Вона може бути використана також на верстатах, револьверні головки яких або супорти мають базові отвори з механізмом закріплення за допомогою рифленого валика (див. рис. 1.12, а). У цьому випадку комплект системи повинний містити в собі базові оправки або перехідники з рифленими хвостовиками (рис. 1.21).

Переваги даної конструкції:

- можливість використання даної системи як на звичайних верстатах, так і на верстатах із ЧПУ та обробних центрах;
- використання в системі набору різноманітних блоків до однієї оправки;
- простота заміни інструмента в зв'язку з однаковістю базових поверхонь;
- надійність і жорсткість конструкції;
- універсальність системи, оскільки вона може бути використана і на верстатах з револьверними головками і із супортами.

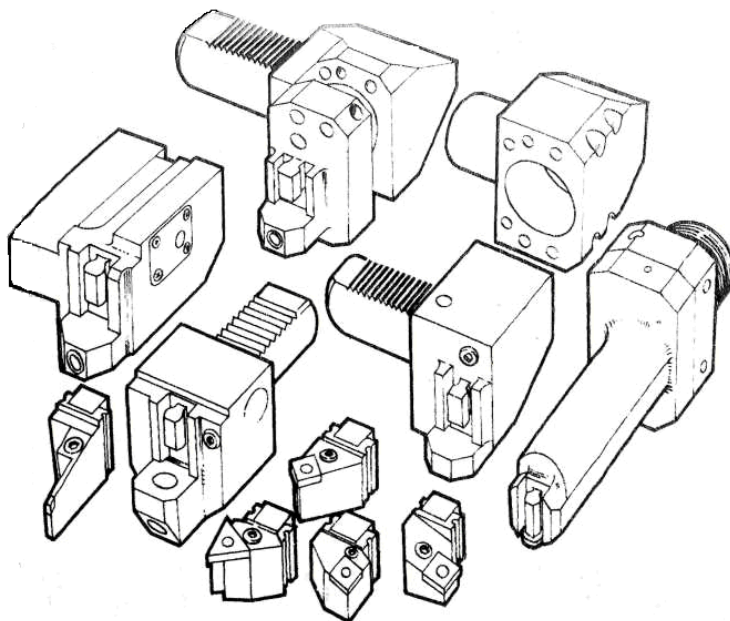


Рис. 1.21. Комплект інструмента для горизонтальних обробних центрів

Недоліки даної конструкції:

- висока вартість системи;
- складність виготовлення модулів з підвищеною точністю в порівнянні зі стандартними різцями.

Sandvik Coromant (Швеція) створили ще одну модульну швидкозмінну систему фірми Coromant Capto.

Coromant Capto – це модульна швидкозмінна інструментальна система, яка базується на досвіді застосування системи BlockTool, призначеної для токарного інструменту, і системи Varilock для осьового інструмента. Coromant Capto однаково ефективна для усіх видів інструмента – токарного, свердлильного, фрезерного та різного типів верстатів. Це дозволяє використовувати систему в комплексному автоматизованому виробництві зі змішаними видами обробки, організувати на підприємстві єдину систему інструментозабезпечення, придатну для використання на верстатах з ручною, напівавтоматичною й автоматичною зміною інструменту, створити єдину комплексну систему керування, збереження, ремонту і постачання інструментом, загальну систему ідентифікації, калібрування, вимірів і контролю і т.п.

Система Coromant Capto побудована досить просто (рис. 1.22). Всі інструментальні модулі 1 мають конусний хвостовик із трьома закругленими

гранями. Цим хвостовиком модуль базується в отворі (відповідної форми) базової перехідної оправки 2. Всередині хвостовика модуля є отвір з різьбою 6, що дозволяє здійснювати закріплення модулів по загальновідомій схемі – тягою з різьбою – практично на будь-якому верстаті чи обробному центрі.

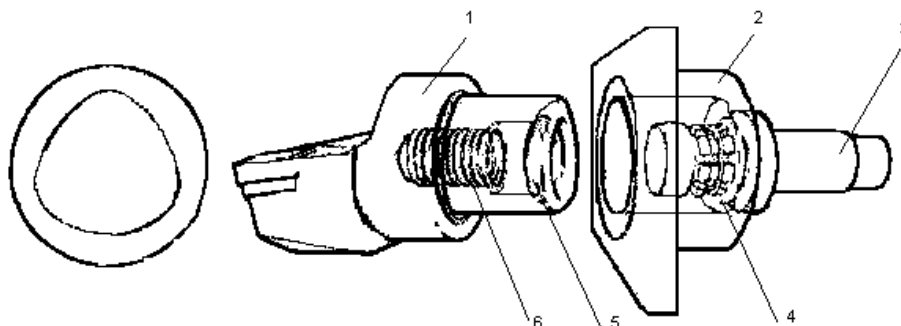


Рис. 1.22. Модульна інструментальна система Coromant Capto

Для швидкозмінного закріплення модулів у перехідниках 2 системи використовують спеціальні тяги 3 з розсувними захоплювачами 4. Ці захоплювачі взаємодіють з фігурною розточкою 5 у хвостовику модуля, виконаної співвісно з різьбою.

Пристрій захоплення системи діє за наступною схемою (рис. 1.23, а-д). Модуль 1 хвостовиком вручну або маніпулятором встановлюється в базовий отвір перехідної втулки 2 (рис. 1.23, а). Ця втулка може бути змонтована на будь-якому елементі верстата – шпинделі, револьверній головці, супорті, перехідній оправці та ін.

При встановленні модуля отвір його хвостовика входить на прийомну частину тяги 3 із захоплювачами 5. При переміщенні тяги „на захоплення” від привода, наприклад, від гідравлічного, конусна частина головки тяги розвертає захоплювачі, що упираються в сферичне розточення отвору хвостовика модуля (рис. 1.23, б). При подальшому переміщенні (рис. 1.23, в) тяги конус головки тяги ще більш зміщує захоплення в радіальному напрямку, модуль підтягується до упора своїм торцем у торець втулки, хвостовик модуля пружно деформується. Відбувається жорстке закріплення модуля і його беззасторожне центрування з визначеним натягом по поверхні базування.

Прийнята форма базових поверхонь і схема закріплення забезпечує в модульному інструменті Coromant Capto підвищену жорсткість і надійність закріплення інструментальних модулів, рівномірний розподіл напруг при передачі крутильного моменту (рис. 1.23, г), підвищену осьову жорсткість при консольних навантаженнях (рис. 1.23, д) і т.п.

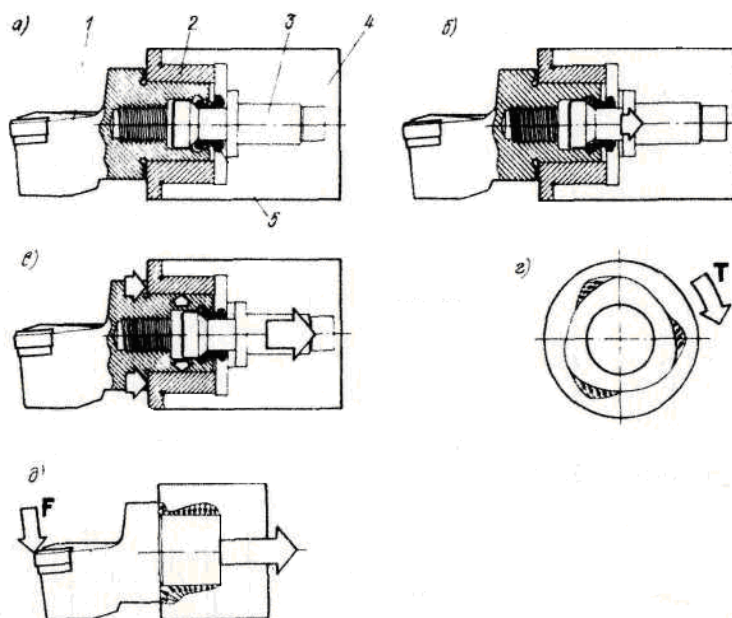


Рис. 1.23. Схема закріплення модулів у системі Coromant Capto

Переваги з'єднання:

- симетричність, що забезпечує точність базування;
- мінімальне биття і гарантована точність положення по осі центрів. При впливі будь-яких комбінацій сил різання навантаження на з'єднання розподіляється рівномірно, без концентрацій напруги. Це є причиною мінімально можливого биття (для обертового інструмента) і точного позиціонування по висоті осі центрів (для токарного інструмента).

- форма поверхні, що передає обертаючий момент, не має концентраторів напруг, таких як штифти, шпонки і т.п.

- точне виготовлення і щільна посадка гарантує безззорність з'єднання. Передача обертального моменту в будь-якому напрямі не призводить до зсуву положення різальної кромки, відносно осі центрів. Це особливо важливо при заточуванні, коли зсув різальної кромки, по висоті може привести до поломки інструмента.

– симетричний розподіл навантаження. При впливі зовнішніх сил на з'єднання навантаження розподіляється рівномірно і симетрично по всій поверхні контакту. Таким чином, з'єднання є по суті самоцентрувальним. Це, у свою чергу, гарантує підвищений термін служби самого з'єднання.

– контакт по двох поверхнях (значні сили затиску). Унаслідок високої точності виготовлення і спеціальної форми з'єднання забезпечується одночасний контакт як по поверхні конуса, так і по торцю з'єднання. Це додає з'єднанню максимально можливу жорсткість і високу силу затиску.

Внаслідок цього Coromant Capto має саму високу жорсткість з'єднання серед систем, представлених на ринку різальних інструмента.

У системі встановлені базові розміри хвостовиків, що використовують у модулях різних розмірів. Так, для токарних багатоцільових верстатів прийняті хвостовики з охоплюючими діаметрами, 32 мм (код C3), 40 мм (код C4), 50 мм (код C5), 63 мм (код C6) і 80 мм (код C8). Перехідні елементи системи Coromant Capto сприяють надійному стикуванню її з іншими модульними системами, що використовуються у виробництві.

У системі Coromant Capto так само, як і в системі Coroplan до базових модулів додається група перехідних державок з осьовим і радіальним розташуванням базових отворів, у яких безпосередньо або через перехідники кріпляться інструментальні блоки, інструменти, вимірювальні блоки і т.д. В умовах автоматизованого виробництва всі інструментальні блоки споряджені спеціальними інформаційними датчиками, розміщуються в спеціальних автоматичних магазинах, організовані єдиною інструментальною системою ідентифікації – CIS і програмно-математичним забезпеченням Corotas і Coroplan, що забезпечує сильну комп'ютерну підтримку всіх процесів по використанню інструмента у виробництві.

Переваги модульної інструментальної системи Coromant Capto:

1. Швидкозмінність – зниження загального часу обробки, завдяки значному скороченню часу переналагодження, заміна інструмента Coromant Capto здійснюється в 5 разів швидше стандартного (рис. 1.24);

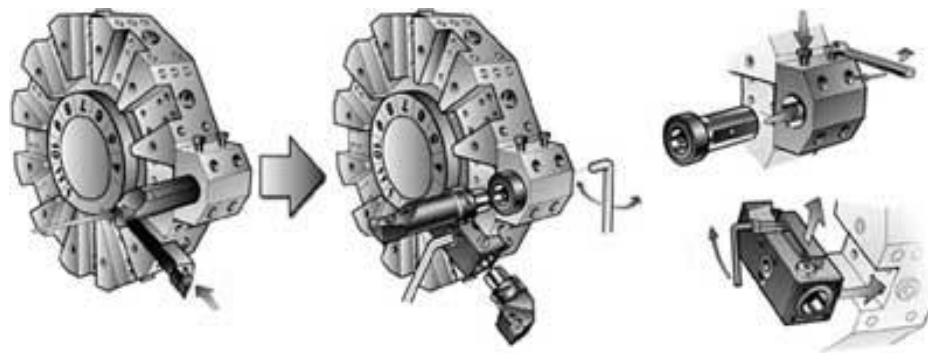


Рис. 1.24. Схема заміни Coromant Capto

2. Скорочення часу зміни пластин та інструментів на верстатах і обробних центрах, що дозволяє зекономити до 200 годин у рік;

3. Підвищена продуктивність при застосування зачистних пластин – використання пластин Wiper (рис. 1.25) дає можливість максимально збільшити продуктивність обробки і віддачу верстатів та обробних центрів. При подвоєній подачі скорочується машинний час і поліпшується стружкоподрібнення, а обробка зі звичайною подачею забезпечує більш високу якість поверхні.

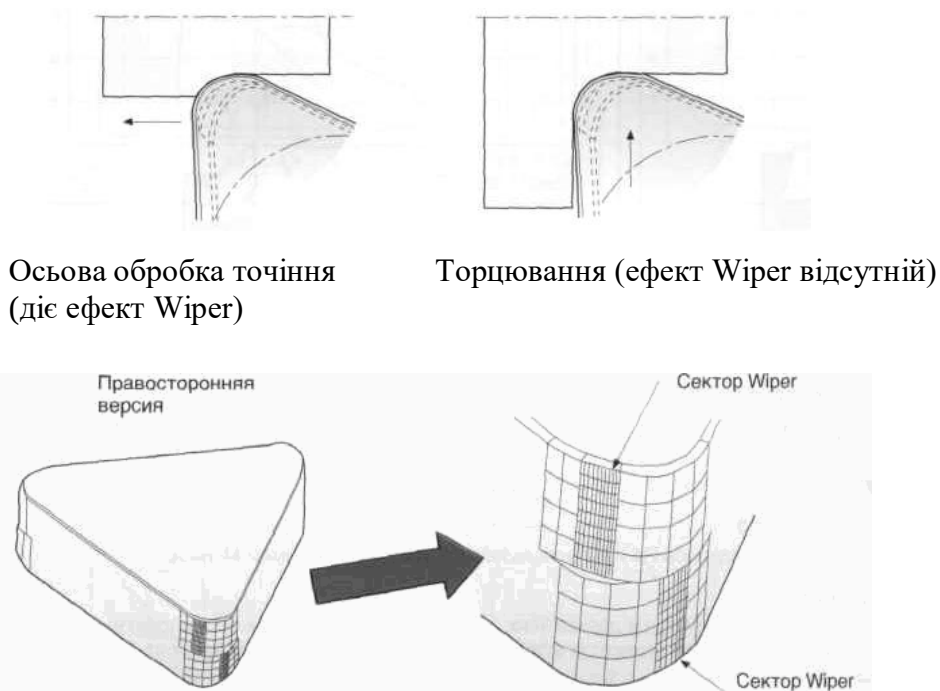


Рис. 1.25. Seco Crossbill Wiper пластина для високих подач

4. Модульність – взаємозамінні елементи модульного оснащення Coromant Capto дозволяють скласти численні інструментальні налагодження при різних поєднаннях складових модулів, що дозволяє зменшити необхідні запаси допоміжного інструмента на складі і скоротити витрати;

5. Жорсткість – збільшення продуктивності можливо за рахунок підвищення жорсткості. Висока жорсткість з'єднання елементів оснащення системи дозволяє підвищити рівень застосовуваних подач на 0,1 мм/об, що дозволяє зекономити щорічного до 250 годин.

6. Одержання деталей більш високої якості за рахунок високої чистоти обробки і стійкості інструмента.

7. Технологічна універсальність – ті ж самі елементи можуть бути використані на різних типах верстатів, що розширює технологічні можливості оснащення і дозволяє зменшити кількість інструмента на складі;

8. Особлива базова поверхня – спосіб одночасного базування по тригранній конічній поверхні і торцю при натягу з зусиллям порядку декількох тонн забезпечує високу жорсткість і хороший опір як згинаючому, так і крутильному моментам;

9. Точність – завдяки високій точності з'єднання і попередньому налагодженню інструмента. Це дозволяє заощадити до 200 годин робочого часу в рік. Тригранне з'єднання, будучи самоцентрувальним, гарантує найменше биття обертового інструмента й встановлення різальної кромки точно по центрі;

10. Підведення ЗОР – подача ЗОР через внутрішній отвір в інструменті усуває необхідність регулювання напрямку ЗОР при установці оснащення, що знижує час на переналагодження. Ефективна подача ЗОР підвищує стійкість пластин.

Система Coromant Capto застосовується як для верстатів з ручним закріпленням різального інструмента, так і для обробних центрів, де закріплення здійснюється маніпулятором. Тому для верстатів 1-го типу застосовуються базові державки для ручного закріплення різцевих головок де, як затискний елемент використовується як тяги, так і центральні болти (рис. 1.26). Тяга у свою чергу може переміщатися як ексцентриком, так і гвинтом. Ексцентрик розташовується в пазу тяги, а гвинт в хвостовику. Обертання ексцентрика для закріплення і розкріплення різцевої головки здійснюється шестигранним ключем, як і поворот гвинта здійснюється шестигранним ключем позаду базового держака. Для закріплення і розкріплення різцевої головки використовується болт,

розташований по центральній осі базового держака. Його обертання здійснюється шестигранним ключем позаду.

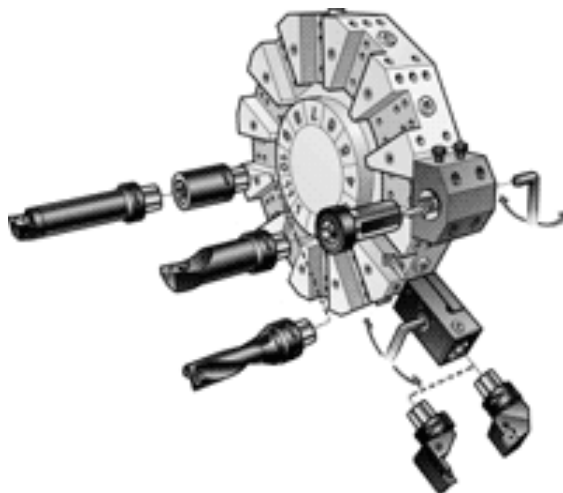


Рис. 1.26. Coromant Capto базові державки для револьверних головок

Звичайні револьверні головки можуть використовуватися з інструментами Coromant Capto, досить використовувати стандартні базові блоки, встановлювані в револьверну головку, а також Coromant Capto може бути інтегрована безпосередньо з револьверною головкою за допомогою стандартного механізму кріплення (рис. 1.27).

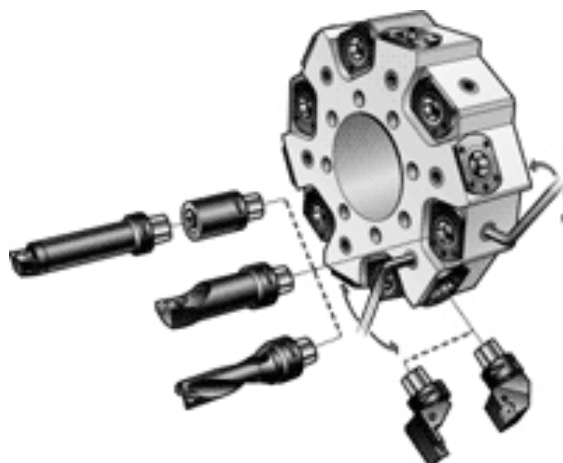


Рис. 1.27. Coromant Capto інтегрована в револьверну головку

Для внутрішньої обробки призначені базові державки для універсальних револьверних головок круглого перетину (тип 2000 і 3000) (рис. 1.28).

Особливості базових державок типу 2000:

– використання пелюсткової цанги із сегментами;

– тяга, що переміщується гвинтом.

Особливості базових державок типу 3000:

- закріплення центральним болтом (мінімум деталей),
- центральний затискної болт.



Рис. 1.28. Базовий блок типу NC2000 з тягою, що переміщується гвинтом

Встановлення базових деталей типу 2000 і 3000 аналогічна закріпленню звичайної розточувальної оправки.

Для зовнішньої обробки призначені базові конструкції державок для універсальних револьверних головок прямокутного перетину (тип 2085), що підходять до більшості револьверних верстатів із закріпленням клином різців квадратного перетину 20, 25 і 32 (рис. 1.29).

Особливості базових державок типу 2085:

- використання пелюсткової цанги із сегментами;
- тяга, переміщується ексцентриком.

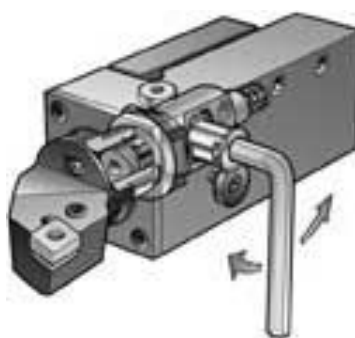


Рис. 1.29. Базовий блок типу NC2085 з тягою, переміщуваної ексцентриком

Встановлення здійснюється таким чином – розкріплюється клин і віддаляється разом з різцем, потім базова державка 2085 вставляється в паз револьверної головки і закріплюється клином.

Переваги такої конструкції:

- не потрібна зміна револьверної головки;
- внутрішнє підведення охолодження;
- мінімальний виліт забезпечує максимальні технологічні можливості;
- для закріплення головок для зовнішньої і внутрішньої обробки використовується один ключ;
- регулювання вильоту інструмента (при необхідності трубчасті державки можуть бути укорочені).

Коли приходить часто переналагоджувати устаткування на обробку партій різних деталей, необхідна достатня технологічна гнучкість інструментального оснащення, щоб можна було швидко складати різноманітні налагодження різної довжини, тим самим забезпечуючи найбільшу продуктивність. Тому для верстатів типу „Обробний центр” застосовуються базові державки з автоматичним закріпленням. Автоматичне переміщення тяги в обидва боки здійснюється гідравлічно, крім того, забезпечується виштовхування для видалення різцевої головки. Механізм закріплення є самозатягувальним, тобто в процесі різання тиск не подається. Тиск для закріплення і розкріплення різцевих головок Capto C4 складає 100 бар, а головок 35, 36, 38 – 80 бар.

Використання Coromant Capto на вертикальних обробних центрах забезпечує виняткову технологічну гнучкість і значне скорочення номенклатури застосовуваного інструмента (рис. 1.30).

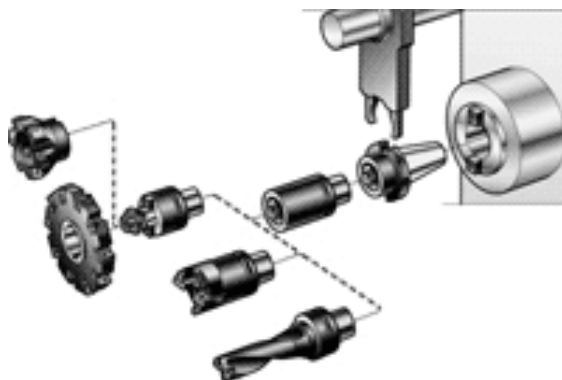


Рис. 1.30. Базові державки для кріплення Coromant Capto на вертикальних обробних центрах

Використання Coromant Capto на обробних центрах має наступні переваги (рис. 1.31):

- одна інструментальна система на обробний центр;
- обробний центр може експлуатуватися на повну потужність завдяки жорсткості з'єднання Coromant Capto;
- оснащення Coromant Capto порівняно невелике за розмірами та вагою.

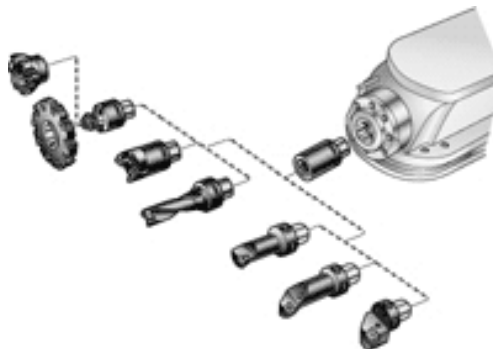


Рис. 1.31. Базові державки для закріплення Coromant Capto на обробних центрах

Традиційні верстати з ЧПУ можуть бути легко переоснащені на швидкозмінне оснащення Coromant Capto при використанні стандартних базових блоків. При цьому не потрібно ніякої доробки револьверної голівки і немає необхідності в спеціальних адаптерах. Тому система Coromant Capto найбільш застосовна в сучасних верстатах із ЧПУ і верстатах типу „Обробний центр”.

Недоліки даної конструкції модульної системи:

- складність виготовлення модулів;
- збільшення вартості інструмента, внаслідок того, тому що модулі складніше і точніше стандартних різців;
- зібраний інструмент має меншу жорсткість, однак у даному випадку має більшу здатність до гасіння вібрацій.

#### **1.4. Модульна інструментальна система фірми Hertel (Німеччина)**

Фірмою Hertel (Німеччина) розроблена гнучка система інструментального оснащення (рис. 1.32).

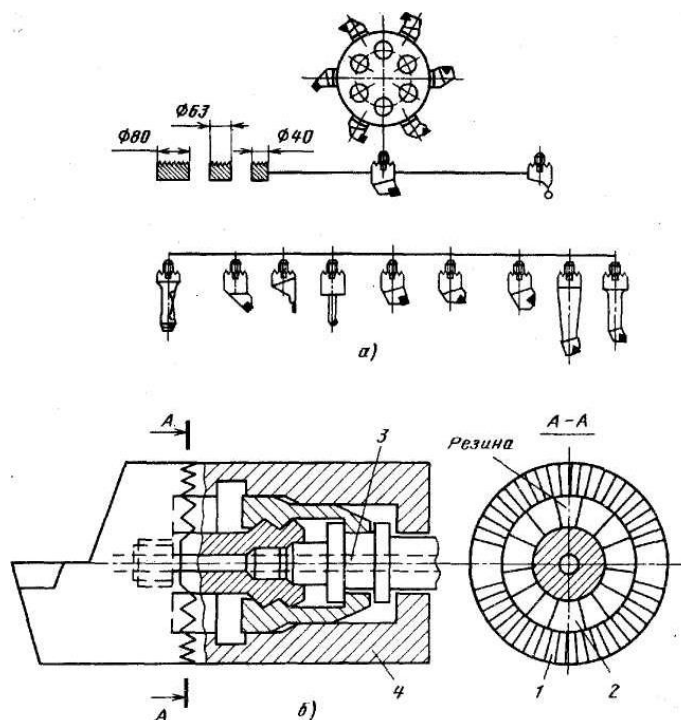


Рис. 1.32. Система блокового інструмента для автоматизованої зміни (фірма Hertel, Німеччина): а) загальна схема; б) вузол кріплення

Для цієї системи характерні наступні основні принципи:

- гнучкість, тобто єдина система закріплення інструмента для внутрішньої і зовнішньої обробки;
- можливість установки ліворіжучого і праворіжучого інструмента, нерухомого й обертового інструмента;
- можливість положення з базуванням під головкою інструмента.

Система забезпечує надійне закріплення інструмента. Наявність муфти не знижує гранично припустимого навантаження на головки інструмента в порівнянні з навантаженням на хвостовий різальний інструмент. Система дозволяє здійснювати швидку зміну інструмента. Висока точність і надійність системи добре поєднується з вимогами простого і легкого користування інструментом. Гнучка система інструментального оснащення припускає наявність великої кількості інструментів. Для забезпечення автоматичного пошуку кожний з цих інструментів має код, що забезпечує швидке і надійне розпізнавання їх системою.

Важливим конструктивним вузлом системи інструментів є блок затиску. Муфта між головкою інструмента і блоком затиску складається з торцевого зубчастого з'єднання 1, цанги 2, тяги 3 і корпусу 4 (рис. 1.32, б). Торцеве зубчасте з'єднання 1 гарантує високу точність фіксації і передачу значного крутильного моменту на різцеву головку.

Для зовнішньої і внутрішньої обробки, для ліворіжучих і праворіжучих інструментів при робочих операціях у нормальному положенні або у положенні з базуванням під головкою інструмента, а також для обертового інструмента потрібно лише один блок затиску. Блок затиску призначений для головок діаметром 40, 63 і 80 мм.

Підведення охолоджувальної рідини безпосередньо до різальної кромки, здійснюється через муфту і головку інструменту. При цьому муфта промивається, і тим самим унеможливується забруднення торцевого зубчастого з'єднання 1. Дослідження показали, що точність базування при використанні описаної муфти складає  $\pm 0,002$  мм.

Інструментальна державка є стандартним вставним елементом, що має однакові установчі розміри для головок діаметром 40 і 63 мм. Ці державки можуть бути встановлені в магазин типу планшайби, барабанного, багатопозиційного, плоского або ланцюгового типу. Крім того, можливе застосування комплектного барабанного магазину із системою керування або без неї в залежності від потреби. Взаємодія індексуєчого блоку, підйомно-захоплювальної системи і позиції передачі дозволяє вибирати інструмент, закодований у будь-якому блоці запам'ятовуючого пристрою.

Гнучка технологічна схема припускає наявність великої кількості інструментів у магазині верстата. Довільний вибір вимагає відповідної системи кодування місця відповідної головки інструмента для швидкого пошуку і ідентифікації коду, що підтверджує фактичну зміну передбаченого інструмента.

Код введений у головку інструмента за допомогою плати запам'ятовуючого пристрою і може бути зчитаний безпосередньо автооператором. Для кожної головки інструмента в пам'ять вводяться наступні дані: значення корекції; геометричний профіль багатогранної різальної пластини,

інструментальний матеріал; типорозмір і геометричний профіль різцевої головки. В описану гнучку систему інструментального оснащення входять і вимірювальні головки двох типів.

Переваги даної конструкції:

- можливість встановлення різцевого блоку під різними кутами;
- універсальність блоку затиску і можливість використання широкої гами різальних інструментів;
- підведення охолоджувальної рідини безпосередньо до різальної кромки інструмента;
- висока точність базування.

Недоліки даної конструкції:

- складність виготовлення системи;
- знижена жорсткість конструкції;
- чутливість до забруднення, тому в конструкції передбачене підведення охолоджувальної рідини.

### 1.5. Висновки, мета та задачі роботи

Проведений аналіз існуючого інструменту модульної конструкції для забезпечення обробки на модернізованих верстатах, верстатах з ЧПУ та обробних центрах показав, що вітчизняні конструкції інструментів та їх систем мають ряд конструктивних та технологічних обмежень. Окремі закордонні зразки позбавлені вказаних недоліків, але мають значну вартість.

Тому питання створення модульної системи різального інструменту для забезпечення сучасних токарних верстатів з ЧПУ та горизонтальних обробних центрів залишається актуальним.

**Мета роботи** полягає проектуванні та організації виробництва системи збірних різців для забезпечення обробки на токарних верстатах з ЧПУ та обробних центрах.

Із поставленої мети роботи виходять наступні **задачі**:

1. Виконати огляд та аналіз різального інструменту, що використовується в сучасних верстатах з ЧПУ та обробних центрах;

2. Розробити модульну систему різального інструменту, яка б задовольняла вимогам сучасних верстатів з ЧПУ та обробних центрів;
3. Удосконалити технологічний процес виробництва різців, використанням сучасних обробних центрів;
4. Виконати техніко-економічне обґрунтування роботи.

#### **Практична цінність роботи.**

Запропоновані системи збірних різців для токарних верстатів із ЧПУ, обробних центрів, що включають у себе прохідні, контурні різці й інструментальні блоки для відрізання й обробки канавок.

Для багатофункціональних обробних центрів розроблений спеціальний модульний блок, який забезпечує можливість зміни різального інструмента з поворотом модульної головки та застосування різців стандартної конструкції.

## 2. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1. Розробка системи різців для горизонтальних обробних центрів

#### 2.2.1. Проектування інструментального модуля

Як було з'ясовано в першому розділі, на сьогодні найбільш перспективним напрямком вважається застосування модульного інструментального оснащення. Переваги модульного інструментального оснащення полягають в швидкозміненості, багатопозиційності, можливості монтувати в одній оправці різноманітні модулі, але з єдиним посадковим отвором, при чому надійно й жорстко.

Застосування модульного інструментального оснащення в верстатах із ЧПУ та обробних центрах дозволяє скоротити допоміжний час на переналагодження й зміну різального інструменту, а також дозволяє підвищити режими різання при використанні надійних схем кріплення модульного інструменту.

Саме для багатофункціональних горизонтальних обробних центрів, призначена запропонована модульна система збірних різців для повної обробки вала діаметром від 18 мм до 450 мм довжиною 650 мм.

Модульний блок складається з модульної державки 1, що самоцентрується клина 2, гвинта 3 і різця 4 і 5.

У трапецеподібний паз модульної державки 1 встановлюється різець 4 з квадратним перетином державки  $H_x = 25 \times 25$  мм, що у свою чергу затискається самоцентрувальним клином 2 тригранного перетину з бічного торця й клиновим виступом зверху. Надійне закріплення клина здійснюється нестандартним гвинтом 3 зі збільшеною шириною головки й довжиною 45 мм.

Щоб уникнути виступів гострих крайок всі рухливі елементи – різці, клини, гвинт утоплюються в тіло модульної державки.

Переваги подібної конструкції наступні:

1. Багатопозиційність, що дозволяє скоротити допоміжний час на зміну різального інструменту;

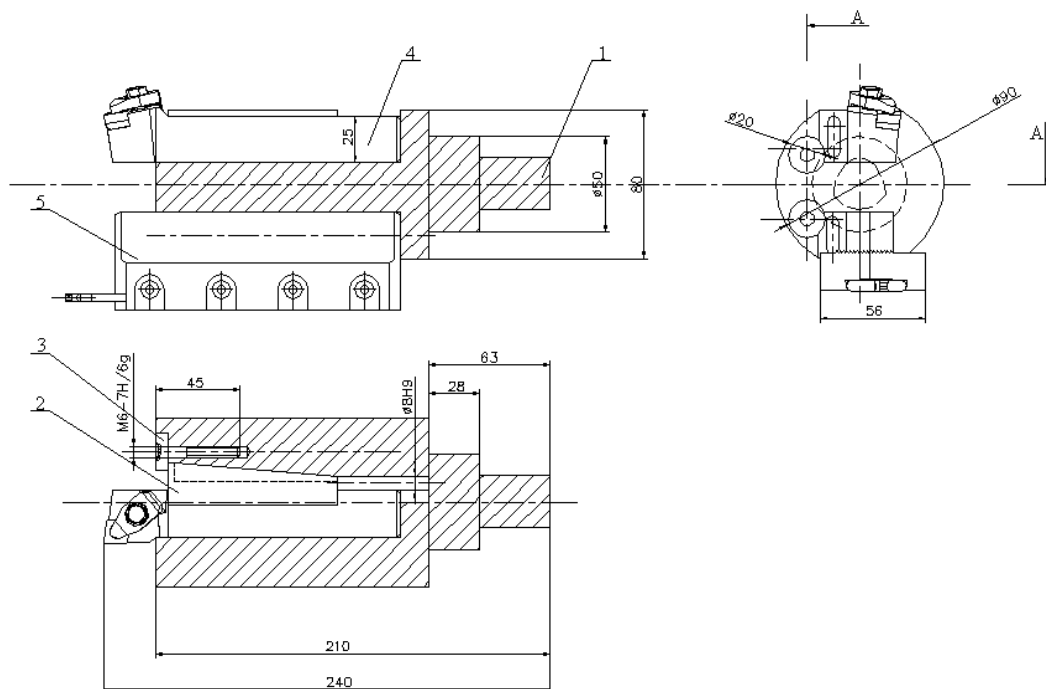


Рис. 2.1. Модульний інструментальний блок

2. Надійне й жорстке закріплення в шпинделі верстата, за рахунок використання тригранного конуса, розробленого фірмою Sandvik Coromant (Швеція);

3. Можливість зміни різального інструменту з поворотом модульної головки;

4. Швидкозмінність, за рахунок використання самоцентрувального клина й гвинта, а також спеціальної шпильки для вибивання клина з паза;

5. Застосування різців стандартної конструкції з перетином державки  $H_x = 25 \times 25$  мм.

Недоліки системи збірного інструмента наступні:

1. Необхідність забезпечення точності виготовлення деталей;
2. Збільшення габаритних розмірів модуля;
3. Потреба в додатковому ручному налагодженні;
4. Вища вартість при порівнянні із застосуванням звичайних різців.

Однак вказані недоліки характерні практично для всіх модульних систем, що і є стримуючим чинником для їх розповсюдження у вітчизняному машинобудуванні.

Подібну конструкцію модульного інструмента доцільно застосовувати на верстатах з обмеженням по вазі, встановлюваного інструмента, а також при великих обсягах виробництва й номенклатури виготовляємих деталей.

### 2.2.2. Проектування збірного різця $H \times B = 25 \times 25$ мм

Різальний інструмент є складовою частиною горизонтального обробного центру, який забезпечує його ефективну експлуатацію. Від вибору й підготовки інструмента залежать продуктивність верстата й точність обробки. Для забезпечення автоматичного циклу роботи потрібна висока надійність інструмента.

При обробці деталей на горизонтальних обробних центрах використовують свердла, зенкери, мітчики, рідше фрези деяких типів та ін. Але найбільшого поширення набули різці.

Різці для верстатів зі ЧПУ та обробних центрів мають певні типові конструкції. Всі вони є збірними й оснащуються багатограними пластинами із твердого сплаву, мінерало- та металокераміки або надтвердих матеріалів.

На рис. 2.2 показаний перетин робочої частини різця зі змінною багатогранною твердосплавною пластиною. Різець складається з державки 1, клин-прихвата 2, гвинта 3, змінної багатогранної ріжучої пластини 4 із центральним отвором, опорної пластинки 5, штифта 6. Закріплення ріжучої пластини 4 здійснюється таким чином: двохплечовий прихват виступом притискає ріжучу пластину до опорної поверхні, а другому клиновим виступом створює зусилля для закріплення пластини з боку упорної поверхні. Гвинт 3 служить для закріплення клин-прихвата, а штифт 6 – для закріплення опорної поверхні.

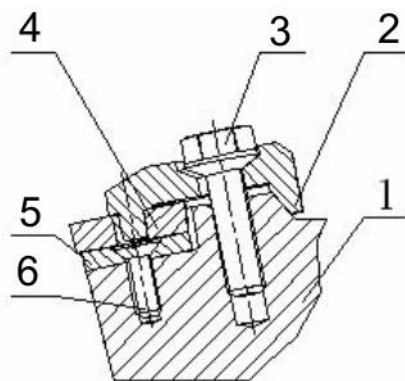


Рис. 2.2. Конструкція збірного прохідного різця

Переваги даної конструкції:

- технологічність конструкції через малу кількість деталей кріплення;
- конструкція різця універсальна, його можна застосовувати для обробки типових поверхонь різних деталей на різних моделях верстатів;
- максимально можливе використання пластин, що не переточуються, та закріплюються механічно на корпусі різця, забезпечує сталість його конструктивних і геометричних параметрів у процесі експлуатації;
- у конструкції інструмента використана пластина паралелограмної форми, що забезпечує універсальність інструмента, тобто дозволяє обробляти одним різцем максимальну кількість поверхонь деталі, а так що само характеризується надійним кріпленням пластини в корпусі різця;
- допускається можливість роботи різця в прямому й переверненому положеннях;
- висока пристосованість до обслуговування (швидка заміна ріжучої пластини);
- надійне дроблення стружки за рахунок застосування клин-прихвата й відведення її по канавках, утвореним у процесі пресування й спікання твердого сплаву на передніх поверхнях пластини;
- висока надійність закріплення, за рахунок подвійного притиску, як з боку опорної поверхні, так і з боку упорної.

Недоліки даної конструкції:

- застосування пластини з отвором знижує її міцність;
- необхідність у забезпеченні підвищеної точності різця;
- трудомісткість виготовлення клин-прихвата.

### **2.2.3. Оцінка застосовуваності розробленої системи різців**

Обґрунтування робочої програми різців проводимо шляхом розрахунку кількості верстатів, що використовують протягом року дані різці

$$C = \frac{N}{R}, \quad (2.1)$$

де  $C$  – кількість верстатів;

$N$  – річна програма випуску різців;

$R$  – витрата різців на 1 верстат протягом року.

Витрата на 1 верстат розраховуємо, виходячи з довговічності державок. Для середніх верстатів сумарна стійкість (довговічність) державок при обробці сталі становить 120 годин ( $\Sigma T = TK = 120$  ч) [4, с. 77].

Витрата різців у рік на 1 верстат складе

$$R' = \frac{\Phi}{TK}, \quad (2.2)$$

де  $\Phi$  – дійсний річний фонд роботи верстата зі ЧПУ при 2-х змінній роботі;  $\Phi = 3890$  ч.

$$R' = \frac{3890}{120} \approx 33 \text{ різця}$$

Фактична витрата визначали з урахуванням коефіцієнта випадкового збитку  $K = 1,2$  [4]

$$R = R' K = 33 \cdot 1,2 \approx 40 \text{ різців} \quad (2.3)$$

Кількість верстатів, що буде забезпечено річною програмою випуску різців

$$C = \frac{160000}{40} = 4000 \text{ верстатів.}$$

Таким чином, ми забезпечуємо можливість реалізації річної програми в 160 тисяч шт. системи різців, призначеної для 4000 токарних верстатів зі ЧПУ та обробних центрів.

## 2.2. Технологічна підготовка виробництва різців

### 2.2.1. Обґрунтування типу виробництва

Відповідно ГОСТ 14.004-83 розрізняють три основні класифікаційні категорії виробництва:

– вид виробництва, що характеризується застосуванням методом виготовлення виробу, зокрема ливарне, зварювальне, механоскладальне й ін.;

– тип виробництва, що поділяється за ознаками величини номенклатури, регулярності, стабільності й обсягу випуску продукції (розрізняють одиничний, серійний і масовий типи виробництва);

– форма організації виробництва – потокова або непотокова, що характеризується рівнем спеціалізації робочих місць і принципом розташування устаткування.

Тип виробництва, відповідно ГОСТ 14.004-83, характеризується коефіцієнтом закріплення операцій  $K_{з.о.}$ , що визначається як відношення суми всіх різних технологічних операцій  $\Sigma O$  до кількості робочих місць  $C$ :

$$K_{з.о.} = \frac{\Sigma O}{C} . \quad (2.4)$$

Для різних типів виробництва цей коефіцієнт приймає різні значення.

При укрупненому проектуванні тип виробництва орієнтовно визначається по кількості оброблюваних деталей і їхній масі (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1

#### Характеристика типів виробництва

| Тип<br>виробництва | Кількість оброблюваних деталей одного типорозміру в рік |                                 |                            |
|--------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------|
|                    | важких<br>(масою більше 100 кг)                         | середніх<br>(масою 10...100 кг) | легких<br>(масою до 10 кг) |
| Одиничне           | До 5                                                    | До 10                           | До 100                     |
| Дрібносерійне      | 5...100                                                 | 10...200                        | 100...500                  |
| Середньoserійне    | 100...300                                               | 200...500                       | 500...5 000                |
| Багатoserійне      | 300... 1000                                             | 500...5 000                     | 5 000...50 000             |
| Масове             | Більше 1 000                                            | Більше 5 000                    | Більше 50 000              |

Виходячи з маси виробу  $m = 1,6$  кг і річної програми випуску  $N = 160000$  шт. приймаємо масове виробництво, що визначається великим обсягом випуску виробів, виготовляємих безупинно тривалий час, протягом якого на більшості робочих місць виконується одна технологічна операція.

#### 2.2.2. Вибір і обґрунтування типу заготовки

Метод виготовлення заготовок для різального інструменту, визначається призначенням і конструкцією інструмента, матеріалом, технічними вимогами, масштабом і серійністю випуску, а також економічністю виготовлення.

Вибір заготовки завжди повинний ґрунтуватися на техніко-економічному розрахунку. Від цього залежить витрата металу, кількість операцій,

трудомісткість обробки, продуктивність праці, вибір устаткування і собівартість виробу в цілому.

Для одержання корпусу прохідного різця зазвичай використовують прокат квадратного перетину або штамповану заготовку. Необхідно прагнути щоб, форми і розміри заготовки максимально наближалися до форми і розмірів готового виробу, тому що заготовки простої конфігурації дешевше.

Подальший розрахунок ведемо по собівартості заготовки, отриманої різними способами.

Для прокату:

$$M_1 = Q_1 S_1 - (Q_1 - q) S_{omx}, \quad (2.5)$$

де  $Q_1$  – маса заготовки з прокату, кг;

$S_1$  – базова вартість 1 кг матеріалу, грн.;

$q$  – маса деталі, кг ;

$S_{omx}$  – вартість 1 кг відходів, грн.

Масу заготовки визначають, використовуючи наступну формулу:

$$Q_1 = \rho BHL; \quad (2.6)$$

$\rho$  – щільність матеріалу заготовки кг/мм<sup>3</sup>,  $\rho = 7800$  кг/м<sup>3</sup>.

$B, H, L$  – габарити заготовки, мм.

$$Q_1 = 0,0078 \cdot 36,5 \cdot 36,5 \cdot 165 = 0,0078 \cdot 219,82 = 1,72 \text{ кг}$$

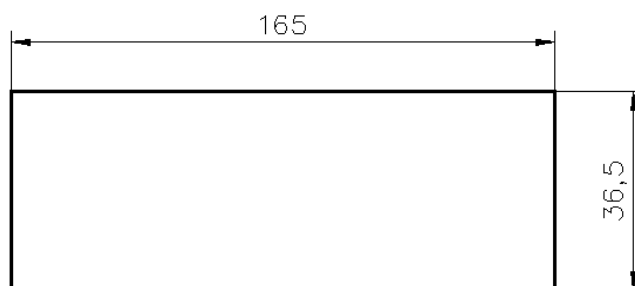


Рис. 2.3. Заготовка з прокату

$$M_1 = 1,72 \cdot 0,185 - (1,72 - 1,6) \cdot 0,023 = 0,32 \text{ грн}$$

Для штампування:

$$M_2 = Q_2 S_2 K_1 K_2 K_3 K_4 - (Q_2 - q) S_{oom}, \quad (2.7)$$

де  $Q_2$  – маса штампованої заготовки, кг;

$S_2$  – вартість 1 кг матеріалу, кг;

$K_1$  – коефіцієнт, що враховує складність кування;  $K_1 = 0,85$ ;

$K_2$  – коефіцієнт, що враховує масу заготовки;  $K_2 = 1,0$ ;

$K_3$  – коефіцієнт, що враховує програму випуску;  $K_3 = 1,8$ ;

$K_4$  – коефіцієнт, що вибирається в залежності від матеріалу заготовки;

$$K_4 = 1,2.$$

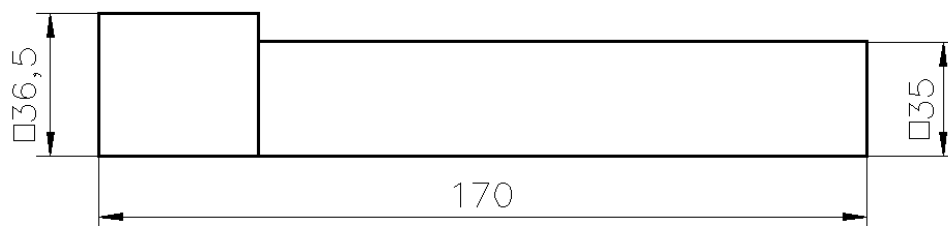


Рис. 2.4. Заготовка-штампування

$$Q_1 = \rho \cdot (V_1 \cdot V_2) = 0,0078 \cdot (48,63 + 171,5) = 1,69 \text{ кг} ;$$

$$M_1 = 1,67 \cdot 0,373 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \cdot 1,8 \cdot 1,2 - (1,69 - 1,6) \cdot 0,023 = 1,14 \text{ грн} .$$

Визначення ефективності варіанта виконується по формулі:

$$E = |M_1 - M_2| = |0,32 - 1,4| = 0,82 \text{ грн} , \quad (2.8)$$

$$\text{Внаслідок} \quad \frac{E}{M_{\text{MAX}}} \cdot 100\% = \frac{0,82}{1,14} \cdot 100\% = 71,9\% > 5\% , \quad \text{робимо висновок, що}$$

доцільно прийняти прокат квадратного перетину.

### 2.2.3. Проектування маршруту техпроцесу

Оптимальним технологічним процесом вважається той технологічний процес, який забезпечує високу продуктивність праці при механічній обробці, знижує витрати і скорочує час на технологічну підготовку виробництва при забезпеченні необхідних якостей виробу. Тому проєктований технологічний процес повинний враховувати недоліки базового техпроцеса і забезпечити зниження трудомісткості і собівартості виготовленої деталі.

При розробці техпроцеса виготовлення корпусу прохідного різця, прихвата і болта М6-7Н був використаний базовий технологічний процес виготовлення цього інструмента для одиничного виробництва. Для обробки цих деталей у

проектованому технологічному процесі було прийнято більш продуктивне устаткування і різальний інструмент. Зокрема різальні інструменти з напаяними пластинами були замінені на збірні з механічним кріпленням твердосплавних пластин, використані блочно-модульні системи інструментів.

У базовий технологічний процес внесені наступні зміни:

1) вертикально-фрезерні верстати нормальної точності були замінені на більш сучасні і продуктивні вертикально-фрезерні верстати з ЧПУ мод. PICOMAX 80 CNC 3/W фірми FEHLMANN (Швейцарія) і на 5-осьовий обробний центр мод. MU-400VA фірми Okuma (Японія);

2) слюсарні роботи з нарізування різьб були замінені на свердлильні, що значно підвищує продуктивність обробки;

3) вертикально-фрезерні операції і свердлильні для одержання місця під пластину в корпусі різця були замінені на координатно-розточувальну, виконувану на верстаті з ЧПУ мод. S620 фірми Ferrari (Італія);

4) плоскошліфувальні універсальні верстати були замінені на плоскошліфувальні верстати з ЧПУ німецької фірми Modulo мод. BU C85 CNC;

5) для підвищення культури виробництва слюсарні операції виключені з технологічного процесу.

Порівняння базового і проектного технологічного процесу приведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Маршрутний технологічний процес виготовлення різця

| Базовий технологічний процес          |            | Пропонуємий технологічний процес |                    |
|---------------------------------------|------------|----------------------------------|--------------------|
| Найменування операції                 | Обладнання | Найменування операції            | Обладнання         |
| 1                                     | 2          | 3                                | 4                  |
| Корпус $H \times B = 25 \times 25$ мм |            |                                  |                    |
| Вертикально-фрезерна                  | 6T104      | Вертикально-фрезерна             | PICOMAX 80 CNC 3/W |
| Вертикально-фрезерна                  | 6T104      | Вертикально-фрезерна             | PICOMAX 80 CNC 3/W |
| Вертикально-фрезерна                  | 6T104      | Вертикально-фрезерна             | PICOMAX 80 CNC 3/W |

| 1                    | 2      | 3                    | 4                  |
|----------------------|--------|----------------------|--------------------|
| Вертикально-фрезерна | 6T104  | Вертикально-фрезерна | PICOMAX 80 CNC 3/W |
| Вертикально-фрезерна | 6T104  | Вертикально-фрезерна | PICOMAX 80 CNC 3/W |
| Слюсарна             | —      | Вертикально-фрезерна | MU-400VA           |
| Вертикально-фрезерна | 6T104  | Свердлильна          | PICOMAX 80 CNC 3/W |
| Вертикально-фрезерна | 6T104  | Координатно-розточна | S620               |
| Слюсарна             | —      | ОТК                  | —                  |
| Вертикально-фрезерна | 6T104  | ТО                   | —                  |
| Вертикально-фрезерна | 6T104  | Плоскошліфувальна    | BU C85 CNC         |
| Вертикально-фрезерна | 6T104  | Плоскошліфувальна    | BU C85 CNC         |
| Вертикально-фрезерна | 6T104  | ХТО                  | —                  |
| Розмічувальна        | —      | Маркувальна          | —                  |
| Свердлильна          | 2532   | ОТК                  | —                  |
| Вертикально-фрезерна | 6T104  |                      |                    |
| Вертикально-фрезерна | 6T104  |                      |                    |
| Розмічувальна        | —      |                      |                    |
| Свердлильна          | 2532   |                      |                    |
| Слюсарна             | —      |                      |                    |
| Токарна              | 16K20  |                      |                    |
| Свердлильна          | 2532   |                      |                    |
| Слюсарна             | —      |                      |                    |
| Токарна              | 16K20  |                      |                    |
| ОТК                  | —      |                      |                    |
| ТО                   | —      |                      |                    |
| Плоскошліфувальна    | 3Л722В |                      |                    |
| Плоскошліфувальна    | 3Л722В |                      |                    |
| Гальванічна          | —      |                      |                    |

| 1                    | 2      | 3                    | 4                  |
|----------------------|--------|----------------------|--------------------|
| Маркувальна          | —      |                      |                    |
| ОТК                  | —      |                      |                    |
| Прихват              |        |                      |                    |
| Стругальна           | —      | Вертикально-фрезерна | PICOMAX 80 CNC 3/W |
| Вертикально-фрезерна | 6P13   | Вертикально-фрезерна | PICOMAX 80 CNC 3/W |
| Вертикально-фрезерна | 6P13   | Вертикально-фрезерна | PICOMAX 80 CNC 3/W |
| Вертикально-фрезерна | 6P13   | Вертикально-фрезерна | PICOMAX 80 CNC 3/W |
| Вертикально-фрезерна | 6P13   | Координатно-розточна | S620               |
| Слюсарна             | —      | ТО                   | —                  |
| Розмічувальна        | —      | Плоскошліфувальна    | BU C85 CNC         |
| Вертикально-фрезерна | 6P13   | Плоскошліфувальна    | BU C85 CNC         |
| Термічна             | —      | ХТО                  | —                  |
| Плоскошліфувальна    | 3Л722В | Маркувальна          | —                  |
| Плоскошліфувальна    | 3Л722В | ОТК                  | —                  |
| Гальванічна          | —      |                      |                    |
| Маркувальна          | —      |                      |                    |
| ОТК                  | —      |                      |                    |
| Болт М6-7Н           |        |                      |                    |
| Слюсарна             | —      | Токарна              | Masturn CNC32      |
| Токарна              | 1751   | Вертикально-фрезерна | MU-400VA           |
| Токарна              | 1751   | ТО                   | —                  |
| Вертикально-фрезерна | 6P13   | Маркувальна          | —                  |
| Вертикально-фрезерна | 6P13   | ОТК                  | —                  |
| Слюсарна             | —      |                      |                    |
| ТО                   | —      |                      |                    |
| Маркувальна          | —      |                      |                    |
| ОТК                  | —      |                      |                    |
| Складання            |        |                      |                    |

Заміна універсальних верстатів на верстати з числовим програмним керуванням і сучасні обробні центри значно підвищує точність обробки і дає більш високу продуктивність, чим верстати загального призначення. До основних умов доцільності застосування верстатів із ЧПУ при багатосерійному і масовому виробництві можна віднести наступне:

1) обробку поверхонь складної геометричної форми, що вимагають застосування декілька послідовно працюючих інструментів;

2) необхідність побудови процесу за принципом концентрації операцій, тобто зосередження можливо більшої кількості однотипних видів обробки на одному робочому місці;

3) зменшення частки допоміжного часу, що витрачається на зміну режимів різання, перехід з однієї обробки однієї поверхні на іншу, зміною різального інструмента;

4) обробку кількох аналогічних деталей на одному верстаті, у цьому випадку можна скоротити час на переналагодження устаткування;

5) можливість скорочення кількості операторів введенням багатOVERSTATного обслуговування.

Основні переваги обробних центрів, що і дозволяють застосувати їх у даному техпроцесі:

1) автоматизація всього циклу обробки (формоутворення, зміна режимів різання, і виконання допоміжних рухів);

2) багатоінструментальність;

3) швидкодія при виконання допоміжних команд і установчих переміщень, підвищення частки основного часу в операційному;

4) висока точність обробки;

5) можливість швидкого переналагодження;

6) автоматичний контроль розмірів;

7) застосування адаптивних систем керування.

Перевагою проектного техпроцеса в порівнянні з базовим є зниження основного і допоміжного часу за рахунок зміни режимів обробки на деяких операціях, більш точна обробка поверхонь, зменшення кількості верстатів завдяки застосування верстатів із ЧПУ й обробного центра і використання автоматизованих установчих пристосувань.

## 2.2.4. Розрахунок припусків

Припуски визначаємо на дві поверхні корпусу різця: висоту й довжину.

а) Розрахунок припусків на обробку поверхні  $h = 32h_{10}$  мм.

1. Заготовка – прокат:  $R_z = 150$ ;  $T = 250$  мкм;  $d = 3500$  мкм; 17 кв.
2. Фрезерування чорнове:  $R_z = 50$ ;  $T = 50$  мкм;  $d = 620$  мкм; 14 кв.
3. Фрезерування чистове:  $R_z = 10$ ;  $T = 15$  мкм;  $d = 250$  мкм; 12 кв.
4. Шліфування:  $R_z = 5$ ;  $T = 15$  мкм;  $d = 100$  мкм; 10 кв.

$$\rho_z = \Delta_{кор} \ell_{cm},$$

$$\text{де } \rho_z = \Delta_{кор} l_{cm} = 1 \cdot 160 = 160 \text{ мкм} = 0.16 \text{ мм}$$

$\Delta_k = 1$  – кривизна в мкм на 1 мм довжини заготовки.

Залишкове просторове відхилення:

- після фрезерування чорнового  $\rho_1 = 0,05 \rho_z = 0,06 \cdot 160 = 8$  мкм;
- після фрезерування чистового  $\rho_2 = 0,02 \rho_z = 0,02 \cdot 160 = 3,2$  мкм.

Похибка встановлення при фрезеруванні чорновому

$$\varepsilon_1 = \sqrt{(\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2)},$$

де  $\varepsilon_6$  – похибка базування;  $\varepsilon_6 = 50$  мкм.

$\varepsilon_3$  – похибка закріплення заготовки;  $\varepsilon_3 = 100$  мкм.

Тоді похибка установки при фрезеруванні чорновому

$$\varepsilon_1 = \sqrt{(50^2 + 100^2)} = 111,8 \text{ мкм} \approx 112 \text{ мкм}$$

Залишкова похибка установки при фрезеруванні чистовому

$$\varepsilon_2 = 0,05 \varepsilon_1 + \varepsilon_{ind} = 0,05 \cdot 112 + 0 = 5,6 \text{ мкм} \approx 6 \text{ мкм}.$$

Так як чорнове й чистове фрезерування здійснюється за одну установку, то  $\varepsilon_{ind} = 0$ .

Похибкою установки при шліфуванні можна знехтувати.

Значення припусків:

$$Z_{\min i} = R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i,$$

$$Z_{\min 1} = 150 + 250 + 160 + 112 = 672 \text{ мкм};$$

$$Z_{\min 2} = 50 + 50 + 8 + 6 = 114 \text{ мкм};$$

$$Z_{\min 3} = 10 + 15 + 3,2 = 28,2 \text{ мкм}.$$

Розрахунковий розмір:

$$h_{ном} = 31,9 \text{ мм};$$

$$h_3 = h_{ном} + Z_{\min 3} = 31,9 + 0,0282 \approx 31,928 \text{ мм};$$

$$h_2 = h_3 + Z_{\min 2} = 31,928 + 0,114 \approx 32,0422 \text{ мм};$$

$$h_1 = h_2 + Z_{\min 1} = 32,0422 + 0,672 \approx 32,7142 \text{ мм};$$

Мінімальний розмір:

$$h_{ном} = 31,9 \text{ мм};$$

$$h_3 = 31,93 \text{ мм};$$

$$h_2 = 32,04 \text{ мм};$$

$$h_1 = 32,7 \text{ мм}.$$

Максимальний розмір:

$$h_{\max} = h_{\min} + \delta;$$

$$h_4 = h_{4\min} + \delta = 31,9 + 0,1 = 32,0 \text{ мм};$$

$$h_3 = h_{3\min} + \delta = 31,93 + 0,25 = 32,18 \text{ мм};$$

$$h_2 = h_{2\min} + \delta = 32,04 + 0,62 = 32,66 \text{ мм};$$

$$h_1 = h_{1\min} + \delta = 32,7 + 3,5 = 36,2 \text{ мм}.$$

Граничні значення припусків:

$$Z_{\max} = h_{\max_i} - h_{\max_{i-1}};$$

$$Z_{\max 1}^{np} = 32,18 - 32,0 = 0,18 \text{ мм} = 180 \text{ мкм};$$

$$Z_{\max 2}^{np} = 32,66 - 32,18 = 0,48 \text{ мм} = 480 \text{ мкм};$$

$$Z_{\max 3}^{np} = 36,2 - 32,66 = 3,54 \text{ мм} = 35400 \text{ мкм}.$$

$$Z_{\min} = h_{\min_i} - h_{\min_{i-1}};$$

$$Z_{\min 1}^{np} = 31,93 - 31,9 = 0,03 \text{ мкм} = 30 \text{ мм};$$

$$Z_{\min 2}^{np} = 32,04 - 31,93 = 0,11 \text{ мкм} = 110 \text{ мм};$$

$$Z_{\min 3}^{np} = 32,7 - 32,04 = 0,66 \text{ мкм} = 660 \text{ мм}.$$

Перевірка:

$$Z_{\max_i}^{np} - Z_{\min_i}^{np} = \delta_i - \delta_{i-1};$$

$$Z_{\max 1}^{np} - Z_{\min 1}^{np} = 3540 - 660 = 2880 \text{ мкм};$$

$$Z_{\max 2}^{np} - Z_{\min 2}^{np} = 480 - 110 = 370 \text{ мкм};$$

$$Z_{\max 3}^{np} - Z_{\min 3}^{np} = 180 - 30 = 150 \text{ мкм};$$

$$\delta_4 - \delta_3 = 3500 - 620 = 2880 \text{ мкм};$$

$$\delta_3 - \delta_2 = 620 - 250 = 370 \text{ мкм};$$

$$\delta_2 - \delta_1 = 250 - 100 = 150 \text{ мкм}.$$

Всі розрахунки зведені в табл. 2.3. Аналізуючи розрахунки приймаємо прокат квадратного перетину  $h = 36,5$  мм.

Таблиця 2.3.

Розрахунок припусків і граничних розмірів на обробку поверхні 32h10 мм

| Технологічні переходи | Елементи припуску |     |      |               | Мінімальний припуск $Z_{\min}$ , мкм | $h_p$ , мм | $\delta$ , мкм | Граничний розмір |                 | Граничний допуск      |                       |
|-----------------------|-------------------|-----|------|---------------|--------------------------------------|------------|----------------|------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|
|                       | $R_z$             | $T$ | $P$  | $\varepsilon$ |                                      |            |                | $h_{\min}$ , мм  | $h_{\max}$ , мм | $Z_{\max}^{np}$ , мкм | $Z_{\min}^{np}$ , мкм |
| Заготовка             | 150               | 250 | 160  | —             | —                                    | 32,71      | 3500           | 32,7             | 36,2            | —                     | —                     |
| Фрезерування чорнове  | 50                | 50  | 8    | 112           | 672                                  | 32,042     | 620            | 32,04            | 32,66           | 3540                  | 660                   |
| Фрезерування чистове  | 10                | 15  | 6,52 | 6             | 114                                  | 31,928     | 250            | 31,93            | 32,18           | 480                   | 110                   |
| Шліфування            | 5                 | 15  | 3,26 | —             | 28,2                                 | 31,9       | 100            | 31,9             | 32,0            | 180                   | 30                    |

б) Розрахунок припусків на розмір  $L = 160$ h12 мм.

1. Заготовка – прокат:  $R_z = 150$ ;  $T = 250$  мкм;  $d = 3500$  мкм; 17 кв.

2. Фрезерування чорнове:  $R_z = 50$ ;  $T = 50$  мкм;  $d = 1000$  мкм; 14 кв.

3. Фрезерування чистове:  $R_z = 10$ ;  $T = 15$  мкм;  $d = 400$  мкм; 12 кв.

$$\rho_z = \Delta_{кор} \ell_{ст}$$

де  $\rho_{кор} = \Delta_k \cdot L = 1 \cdot 160 = 160$  мкм;

$\Delta_k = 1$  – кривизна в мкм на 1 мм довжини заготовки.

Залишкове просторове відхилення:

– після фрезерування чорнового  $\rho_1 = 0,05\rho_z = 0,06 \cdot 160 = 8$  мкм;

– після фрезерування чистового  $\rho_2 = 0,02\rho_z = 0,02 \cdot 160 = 3,2$  мкм.

Похибка установки при фрезеруванні чорновому

$$\varepsilon_1 = \sqrt{(\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2)},$$

де  $\varepsilon_6$  – похибка базування;  $\varepsilon_6 = 50$  мкм.

$\varepsilon_3$  – похибка закріплення заготовки;  $\varepsilon_3 = 100$  мкм.

Тоді похибка установки при фрезеруванні чорновому

$$\varepsilon_1 = \sqrt{(50^2 + 100^2)} = 111,8 \text{ мкм} \approx 112 \text{ мкм}$$

Залишкова похибка установки при фрезеруванні чистовому

$$\varepsilon_2 = 0,05\varepsilon_1 + \varepsilon_{\text{нд}} = 0,05 \cdot 112 + 0 = 5,6 \text{ мкм} \approx 6 \text{ мкм}.$$

Так як чорнове й чистове фрезерування здійснюється за одну установку, то  $\varepsilon_{\text{нд}} = 0$ .

Значення припусків:

$$Z_{\min 1} = 150 + 250 + 160 + 112 = 672 \text{ мкм};$$

$$Z_{\min 2} = 50 + 50 + 8 + 6 = 114 \text{ мкм};$$

Мінімальний граничний розмір:

$$L_{\text{ном}_2} = 159,6 \text{ мм};$$

$$L_1 = L_2 + Z_{\min 1} = 159,6 + 0,114 \approx 159,7 \text{ мм};$$

$$L_2 = L_3 + Z_{\min 2} = 159,7 + 0,672 \approx 160,4 \text{ мм}.$$

Максимальний розмір:

$$L_{\max 3} = L_{\min 3} + \delta_3 = 159,6 + 0,4 = 160 \text{ мм};$$

$$L_{\max 1} = L_{\min 1} + \delta_2 = 159,7 + 1,0 = 160,7 \text{ мм};$$

$$L_{\max 1} = L_{\min 1} + \delta_1 = 160,4 + 3,5 = 163,9 \text{ мм}.$$

Граничні значення припусків:

$$Z_{\max} = L_{\max}^{np} - L_{\max_{i-1}}^{np};$$

$$Z_{\max 2} = 160,7 - 160 = 0,7 \text{ мм} = 700 \text{ мкм};$$

$$Z_{\max 1} = 163,9 - 160,7 = 3,2 \text{ мм} = 3200 \text{ мкм}.$$

$$Z_{\min} = L_{\min}^{np} - L_{\min_{i-1}}^{np};$$

$$Z_{\min 2} = 159,7 - 159,6 = 0,1 \text{ мм} = 100 \text{ мкм};$$

$$Z_{\min 1} = 160,4 - 159,7 = 0,7 \text{ мм} = 700 \text{ мкм}.$$

Перевірка:

$$Z_{\max_i}^{np} - Z_{\min_i}^{np} = \delta_i - \delta_{i-1};$$

$$Z_{\max 1}^{np} - Z_{\min 1}^{np} = 3200 - 700 = 2500 \text{ мкм};$$

$$Z_{\max 2}^{np} - Z_{\min 2}^{np} = 700 - 100 = 600 \text{ мкм};$$

$$\delta_3 - \delta_2 = 3500 - 1000 = 2500 \text{ мкм};$$

$$\delta_2 - \delta_1 = 1000 - 400 = 600 \text{ мкм}.$$

Всі розрахунки зведені в табл. 2.4.

Приймаємо довжину  $L = 165 \text{ мм}$ .

Таблица 2.4.

Розрахунок припусків і граничних розмірів на розмір  $L = 160 \text{ мм}$

| Технологічні переходи | Елементи припуску |     |        |               | Мінімальний припуск $Z_{\min}$ , мкм | $L_p$ , мм | $\delta$ , мкм | Граничний розмір |                 | Граничний допуск      |                       |
|-----------------------|-------------------|-----|--------|---------------|--------------------------------------|------------|----------------|------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|
|                       | $R_z$             | $T$ | $\rho$ | $\varepsilon$ |                                      |            |                | $L_{\min}$ , мм  | $L_{\max}$ , мм | $Z_{\max}^{np}$ , мкм | $Z_{\min}^{np}$ , мкм |
| Заготовка             | 150               | 250 | 160    | —             | —                                    | 160,38     | 3500           | 160,4            | 163,9           | —                     | —                     |
| Фрезерування чорнове  | 50                | 50  | 8      | 112           | 672                                  | 159,71     | 1000           | 159,7            | 160,7           | 3200                  | 700                   |
| Фрезерування чистове  | 10                | 15  | —      | 6             | 114                                  | 159,6      | 400            | 159,6            | 160             | 700                   | 100                   |

На інші поверхні призначаємо припуски табличним методом:

1) 36,5 мм: припуск на чорнове фрезерування опорних і бічних площин становить  $Z_{\min} = 1,0 \text{ мм}$  на сторону;

2)  $L = 165 \text{ мм}$ : припуск на чорнове підрізання торців становить  $Z_{\min} = 1,0 \text{ мм}$  на сторону;

3) 32,18 мм: припуск на чистове фрезерування опорних і бічних площин становить  $Z_{\min} = 0,4 \text{ мм}$  на сторону;

4) 25h12 мм: припуск на чистове фрезерування поверхні становить  $Z_{\min} = 0,4 \text{ мм}$  на сторону;

5)  $2 \times 45^\circ$ : припуск на фрезерування фаски становить  $Z_{\min} = 0,3 \text{ мм}$  ;

6)  $h = 32 \text{ мм}$ : припуск на шліфування опорної поверхні становить  $Z_{\min} = 0,2 \text{ мм}$  на сторону;

7)  $25h12 \text{ мм}$ : припуск на шліфування бічної поверхні становить  $Z_{\min} = 0,15 \text{ мм}$  на сторону.

### 2.2.5. Розрахунок режимів різання

Приведемо розрахунок режимів різання при чорновому фрезеруванні бічних поверхонь із одержанням розміру 32,18. Інші режими різання наведені в додатку А.

1. Модель верстата приймаємо залежно від розмірів заготовки й глибини різання. Вибираємо вертикально-фрезерний верстат із ЧПУ мод. PICOMAX 80 CNC 3/W. Визначаємо глибину різання:  $t = 2,16 \text{ мм}$ ;

2. Матеріал ріжучої частини фрези вибираємо в залежності від властивостей оброблюваного матеріалу й виду фрезерування по табл. 2.3 [5]. Приймаємо матеріал ріжучої частини – твердий сплав Т15К6.

Габаритні розміри фрези:

– зовнішній діаметр збірної торцевої фрези  $D_\phi = 160 \text{ мм}$ ;

– кількість зубів  $z = 10$ ;

– діаметр посадкового отвору  $d = 32 \text{ мм}$ .

3. При чорновому фрезеруванні подачу призначають на один зуб фрези  $S_z$  по табл. 33,38 [5] залежно від типу фрези, її розмірів і матеріалу ріжучої частини, від глибини різання, твердості технологічної системи й потужності верстата. Приймаємо  $S_z = 0,2 \text{ мм/зуб}$ .

4. Розрахунок швидкості різання:

Швидкість різання розраховують за формулою:

$$V = \frac{C_v D_\phi^{q_v}}{T^m t^{x_v} S_z^{y_v} B^{u_v} z^{p_v}} K_v,$$

Значення постійного коефіцієнта  $C_v$  й показників ступеня  $q_v, m, x_v, y_v, u_v, p_v$  визначаємо по табл. 39 [5]. Значення періоду стійкості  $T$  визначають по табл. 40 [5] залежно від типу фрези і її діаметра  $T = 180 \text{ хв}$ .

Величину поправочного коефіцієнта на швидкість різання, що враховує відмінні від табличних умови різання, визначають по формулі:

$$K_v = K_{\mu v} K_{nv} K_{uv},$$

де  $K_{\mu v}$  – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу;

$K_{nv}$  – коефіцієнт, що відбиває стан заготівлі;

$K_{iv}$  – коефіцієнт, що враховує якість матеріалу інструмента.

Значення коефіцієнтів  $K_{\mu v}$ ,  $K_{nv}$ ,  $K_{uv}$  вибирають по табл. 1...6 [5].

Коефіцієнт розраховується по формулі:

$$K_{\mu v} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1,0 \left( \frac{750}{750} \right)^1 = 1,0;$$

$$K_{nv} = 0,9;$$

$$K_{uv} = 0,65.$$

де  $\sigma_B$  – фактичний параметр, що характеризує оброблюваний матеріал, для якого розраховується швидкість різання;  $\sigma_B = 750$  МПа;

$K_{\Gamma}$  – коефіцієнт, що характеризує групу сталі по оброблюваності; для матеріалу інструмента із твердого сплаву  $K_{\Gamma} = 1,0$ ;

$n_v$  – показник ступеня, при обробці фрезами із твердого сплаву  $n_v = 1,0$ .

$$V = \frac{332 \cdot 100^{0,2}}{180^{0,2} \cdot 2,16^{0,1} \cdot 0,2^{0,4} \cdot 128,72^{0,2} \cdot 10^0} 0,64 = 231 \text{ м/хв}$$

5. Визначення частоти обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 201}{3,14 \cdot 100} = 441 \text{ хв}^{-1},$$

де  $V$  – швидкість різання, м/хв;  $V = 231$  м/хв;

$D_{\phi}$  – діаметр фрези, мм;  $D_{\phi} = 160$  мм.

Корегують значення  $n$  по паспорту верстата. При цьому приймають найближче менше значення  $n_{верст} \leq n$ . Приймаємо  $n_{верст} = 400 \text{ хв}^{-1}$ .

За прийнятим значенням  $n_{верст}$  визначають дійсну швидкість різання:

$$V_{\partial} = \frac{\pi D n_{np}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 160 \cdot 400}{1000} = 201 \text{ м/хв},$$

де  $n_{верст}$  – скорегована по паспорту верстата частота обертання;

$$n_{верст} = 400 \text{ хв}^{-1}.$$

## 6. Визначення величини хвилинної подачі.

Визначимо розрахункове значення хвилинної подачі (мм/хв):

$$S_{xв} = S_z Z n_{сн},$$

де  $S_z$  – подача на один зуб фрези, мм/зуб;  $S_z = 0,24$  мм/зуб;

$z$  – кількість зубів фрези;  $z = 10$ ;

$$S_{xв} = 0,24 \cdot 10 \cdot 400 = 960 \text{ мм/хв}.$$

Корегують величину  $S_{xв}$  по паспорту верстата. Варто приймати найближче менше значення, тобто  $S_{xв.вр} \leq S_{xв}$ .

Приймаємо  $S_{xв.вр} = 800$  мм/хв. За прийнятим значенням  $S_{xв.вр}$  визначаємо дійсне значення подачі на зуб фрези:

$$S_{z_{\partial}} = \frac{S_{\text{мін.вр}}}{Z n_{вр}} = \frac{800}{10 \cdot 400} = 0,2 \text{ мм/зуб}.$$

## 7. Визначення основного часу.

Основний технологічний час при фрезеруванні визначають за формулою:

$$T_m = \frac{L}{S_{xв.вр}},$$

$$L = \ell + \ell_{вр} + \ell_{пер},$$

де  $\ell$  – довжина фрезеруємої деталі, мм;  $\ell = 160$  мм;

$\ell_{пер}$  – довжина перебігу фрези, мм;  $\ell_{пер} = 1$  мм;

$\ell_{вр}$  – довжина врізання, мм;  $\ell_{вр} = 80$  мм.

При торцьовому фрезеруванні

$$\ell_{вр} = \frac{D_{\phi}}{2} = \frac{160}{2} = 80 \text{ мм};$$

$$L = 160 + 80 + 1 = 241 \text{ мм};$$

$$T_m = \frac{241}{800} = 0,31 \text{ хв}.$$

Приведемо розрахунок режимів різання при шліфуванні розміру 25h12. Інші режими різання наведені в додатку А.

1. Модель верстата приймаємо в залежності від розмірів заготовки й глибини різання. Вибираємо плоскошліфувальний верстат із ЧПУ мод. BU C85 CNC. Визначаємо глибину різання:  $t = 0,01$  мм;

2. Вибираємо шліфувальне коло ПП300х50х63 24А40ПСМ1К8 ГОСТ 2424-67.

Матеріал шліфувального круга вибираємо в залежності від властивостей оброблюваного матеріалу й виду шліфування по табл. 2...3 [5]. Приймаємо шліфувальний матеріал – білий електрокорунд 24А.

Габаритні розміри круга:

- зовнішній діаметр шліфувального кола  $D_{кр} = 300$  мм;
- висота  $h = 63$  мм;
- діаметр посадкового отвору  $d = 50$  мм.

3. При остаточному шліфуванні подачу визначають у частках ширини кола по табл. 55 [5] в залежності від характеру шліфування і якості обробленої поверхні типу фрези. Приймаємо  $S_n = 1,5$  мм/подв.хід.

4. Розрахунок швидкості різання:

При звичайному шліфуванні швидкість кола вибираємо по табл. 55 [5]. Приймаємо швидкість кола  $V_{кр} = 35 \frac{м}{с}$ .

5. Визначення частоти обертання шліфувального круга:

$$n_{кр} = \frac{1000 \cdot V_{кр} \cdot 60}{\pi D_{кр}} = \frac{1000 \cdot 35 \cdot 60}{3,14 \cdot 300} = 2675,16 \text{ хв}^{-1}$$

де  $V_{кр}$  – швидкість кола, м/с;  $V = 35$  м/с;

$D_{кр}$  – діаметр кола, мм;  $D_{кр} = 300$  мм.

Корегують значення  $n$  по паспорту верстата. При цьому необхідно приймати найближче менше значення  $n_{вр} \leq n$ . Приймаємо  $n_{ст} = 2500 \text{ хв}^{-1}$ .

За прийнятим значенням пст визначають дійсну швидкість різання:

$$V_{кр \partial} = \frac{\pi D_{кр} n_{вр}}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 300 \cdot 2500}{1000 \cdot 60} \cong 35 \text{ м/с},$$

де  $n_{вр}$  – скорегована по паспорту верстата частота обертання;

$n_{вр} = 2500 \text{ хв}^{-1}$ .

6. Визначення основного часу.

Основний технологічний час при плоскому шліфуванні визначають за формулою:

$$T_o = \frac{HLh}{1000V_\partial S_n t m} K;$$

де  $H$  – переміщення кола в напрямку поздовжньої подачі, мм,

$$H = b + B_k + 5 \text{ мм},$$

де  $b$  – сумарна ширина поверхонь деталей, що шліфуються, установлених на столі;

$B_k$  – ширина круга;

$$H = 25 + 63 + 5 = 93 \text{ мм}$$

$L$  – довжина поздовжнього ходу стола, мм;

$\ell_1$  – сумарна довжина деталей, установлених на столі;

$h$  – припуск на обробку;  $h = 0,03 \text{ мм}$ ;

$V_\partial$  – швидкість руху деталі (стола), м/хв;

$S_n$  – поперечна подача круга, мм/подв.хід;

$t$  – глибина шліфування, мм;

$m$  – число деталей, одночасно встановлюваних на столі верстата;

$K$  – коефіцієнт точності, що враховує час на “виходжування”. При чистовому шліфуванні  $K = 1,4$ .

$$L = \ell_1 + 10 = 160 + 10 = 170 \text{ мм};$$

$$T_o = \frac{93 \cdot 170 \cdot 0,03}{1000 \cdot 45 \cdot 1,5 \cdot 0,01 \cdot 1} 1,25 = 0,65 \text{ хв.}$$

### 2.2.6 Визначення трудомісткості виготовлення виробу по проектуваному техпроцесу

Трудомісткість виготовлення виробу характеризується штучним часом. Розраховуємо штучний час на дві операції виготовлення корпусу різця.

#### **10 Вертикально-фрезерна ЧПУ:**

Основний технологічний час на операцію

$$T_m = \frac{L}{S_{хв.вр.}},$$

$$L = \ell + \ell_{вр} + \ell_{пер},$$

де  $\ell$  – довжина фрезеруємої деталі, мм;  $\ell = 160$  мм;

$\ell_{пер}$  – довжина перебігу фрези, мм;  $\ell_{пер} = 1$  мм;

$\ell_{вр}$  – довжина врізання, мм;  $\ell_{вр} = 80$  мм.

Допоміжний час на операцію

$$T_{доп.} = T_{в.з.} + T_{уп} + T_{вим},$$

де  $T_{в.з.}$  – час на встановлення/зняття деталі,  $T_{в.з.} = 0,33$  хв.;

$T_{уп}$  – час на прийоми управління верстатом,  $T_{уп} = 0,25$  хв.;

$T_{вим}$  – час на вимір деталі, хв  $T_{вим} = 0,39$  хв.;

$$T_{доп} = 0,33 + 0,35 + 0,39 = 1,1 \text{ хв}$$

Визначимо штучний час на операцію:

$$T_{шт} = (T_o + T_{доп}) \left( 1 + \frac{x}{100} \right);$$

де  $T_{шт}$  – штучний час на операцію, хв;

$T_o$  – основний час на операцію, хв;

$T_{доп}$  – допоміжний час на операцію, хв;

$x = 10$ ;

$$T_{шт} = (0,31 + 1,1) \left( 1 + \frac{10}{100} \right) = 1,55 \text{ хв.}$$

### 55 Плоскошліфувальна:

Основний технологічний час на операцію шліфування

$$T_o = \frac{HLh}{1000V_\delta Stm} k;$$

$$H = 25 + 63 + 5 = 93 \text{ мм}$$

– переміщення круга в напрямку поздовжньої подачі;

$$L = \ell_1 + 10 = 160 + 10 = 170 \text{ мм}$$

– довжина поздовжнього ходу стола;

$$T_o = \frac{93 \cdot 170 \cdot 0,03}{1000 \cdot 45 \cdot 1,5 \cdot 0,01 \cdot 1} 1,25 = 0,64 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на операцію

$$T_{\text{доп.}} = T_{\text{в.з.}} + T_{\text{уп}} + T_{\text{вим}},$$

де  $T_{\text{в.з.}}$  – час на встановлення/зняття деталі,  $T_{\text{в.з.}} = 0,36$  хв.;

$T_{\text{уп}}$  – час на прийоми управління верстатом,  $T_{\text{уп}} = 0,35$  хв.;

$T_{\text{вим}}$  – час на вимір деталі, хв  $T_{\text{вим}} = 0,38$  хв.;

$$T_{\text{доп}} = 0,36 + 0,35 + 0,38 = 1,09 \text{ хв}$$

Визначимо штучний час на операцію:

$$T_{\text{шт}} = (T_o + T_{\text{доп}}) \left( 1 + \frac{x}{100} \right);$$

де  $T_{\text{шт}}$  – штучний час на операцію, хв;

$T_o$  – основний час на операцію, хв;

$T_{\text{доп}}$  – допоміжний час на операцію, хв;

$x = 10$ ;

$$T_{\text{шт}} = (0,64 + 1,09) \left( 1 + \frac{10}{100} \right) = 1,91 \text{ хв.}$$

Таблиця 2.5

Зведена таблиця розрахунку трудомісткості виготовлення виробу

| №<br>опер.         | Найменування операції    | $T_o$ ,<br>хв | $T_{\text{доп.}}$ ,<br>хв | $T_{\text{шт.}}$ ,<br>хв |
|--------------------|--------------------------|---------------|---------------------------|--------------------------|
| 1                  | 2                        | 3             | 4                         | 5                        |
| Корпус НхВ=25х25мм |                          |               |                           |                          |
| 05                 | Вертикально-фрезерна ЧПУ | 0,38          | 1,13                      | 1,66                     |
| 10                 | Вертикально-фрезерна ЧПУ | 0,31          | 1,1                       | 1,55                     |
| 15                 | Вертикально-фрезерна ЧПУ | 0,38          | 1,21                      | 1,75                     |
| 20                 | Вертикально-фрезерна ЧПУ | 0,67          | 1,56                      | 2,45                     |
| 25                 | Вертикально-фрезерна ЧПУ | 0,12          | 0,97                      | 1,2                      |
| 30                 | Вертикально-фрезерна ЧПУ | 0,5           | 1,88                      | 2,62                     |
| 35                 | Свердлильна ЧПУ          | 0,02          | 0,62                      | 0,7                      |

| 1          | 2                        | 3     | 4    | 5     |
|------------|--------------------------|-------|------|-------|
| 40         | Координатно-розточна ОЦ  | 2,49  | 3,91 | 7,04  |
| 45         | ВТК                      | —     | —    | —     |
| 50         | ТО                       | —     | —    | —     |
| 55         | Плоскошліфувальна ЧПУ    | 0,65  | 1,09 | 1,91  |
| 60         | Плоскошліфувальна ЧПУ    | 0,65  | 1,09 | 1,91  |
| 65         | ХТО                      | —     | —    | —     |
| 70         | Маркувальна              | —     | —    | —     |
| 75         | ВТК                      | —     | —    | —     |
| Прихват    |                          |       |      |       |
| 05         | Вертикально-фрезерна ЧПУ | 0,22  | 1,05 | 1,4   |
| 10         | Вертикально-фрезерна ЧПУ | 0,25  | 1,12 | 1,51  |
| 15         | Вертикально-фрезерна ЧПУ | 0,18  | 0,98 | 1,3   |
| 20         | Координатно-розточна ОЦ  | 1,8   | 1,98 | 4,16  |
| 25         | ТО                       | —     | —    | —     |
| 30         | Плоскошліфувальна ЧПУ    | 0,35  | 1,18 | 1,68  |
| 35         | Плоскошліфувальна ЧПУ    | 0,35  | 1,1  | 1,6   |
| 40         | ХТО                      | —     | —    | —     |
| 45         | Маркувальна              | —     | —    | —     |
| 50         | ВТК                      | —     | —    | —     |
| Болт М6-7Н |                          |       |      |       |
| 05         | Токарна ЧПУ              | 3,85  | 2,11 | 6,56  |
| 10         | Вертикально-фрезерна ЧПУ | 0,6   | 1,1  | 1,87  |
| 15         | ТО                       | —     | —    | —     |
| 20         | Маркувальна              | —     | —    | —     |
| 25         | ВТК                      | —     | —    | —     |
| Σ          |                          | 13,77 | 24,1 | 42,87 |

Таким чином повна обробка прохідного різця займає  $\sum T_{um} = 45$  хв.

### 2.2.7. Проектування операційного технологічного процесу

За допомогою операційного технологічного процесу визначаємо конкретні розміри заготовки, які необхідно одержати на кожній операції й переході, остаточно вибираємо устаткування, визначаємо режими різання, розраховуємо норми часу.

Вертикально-фрезерні й свердлильні операції виконуємо на верстаті з ЧПУ мод. PICOMAX 80 CNC 3/W фірми FEHLMANN (Швейцарія) і на 5-осьовому обробному центрі мод. MU-400VA фірми Okuma (Японія).

Застосування 5-осьового обробного центра дозволяє поєднати в одній операції токарні, фрезерні й свердлильно-розточувальні роботи, що різко скорочує кількість необхідного оснащення й трудомісткість виготовлення виробу.

Основні переваги обробного центра мод. MU-400VA

- високошвидкісні переміщення, зниження допоміжного часу;
- винятково жорстка портална конструкція верстата;
- відмінна термостабільність;
- шпинделі для різних видів обробок;
- високоточна вимірювальна система Renishaw;
- Hi-Cut control – функція керуваннями подачами для високоточної швидкісної обробки кутів і округлень;
- Hi-G control – функція керування швидкістю розгону/гальмування мотор-шпинделя для зменшення допоміжного часу;
- Не складне технічне обслуговування.

У якості різального інструменту для обробки поверхні застосовуємо торцеві фрези різних типорозмірів із вставними твердосплавними пластинками, а також із застосування надтвердих матеріалів MC 2210, MC 2215, що підвищують якість оброблюваної поверхні ГОСТ 9473-80; кінцеві фрези різних типорозмірів фірми Sandvik Coromant (Швеція); калібри – скоби за ГОСТ 2616-84 3-9 класу точності. Дана зміна призводить до скорочення маршруту обробки деталі, дозволяє підвищити якість обробки виробу, а також скорочує штучний час, що у свою чергу веде до зменшення постійних витрат, які входять у собівартість продукції.

Для виготовлення місця під пластину в корпусі різця використовується координатно-розточувальний верстат зі ЧПУ мод. S620 фірми Ferrari (Італія).

Основні переваги координатно-розточувального верстата зі ЧПУ мод. S620

– шпиндельний вузол спеціальної конструкції верстата може переміщуватися по трьох осях, у той час як оброблювана заготовка нерухома.

– лінійні напрямні забезпечують точність обробки, завдяки їх самоцентруванню за рахунок V-подібної форми.

– верстат стійкий до термічних короблень. Він оснащений системами компенсації і автоматичного корегування температурних короблень системами напрямних по осях координат.

– відсутність зазорів у лінійних напрямних збільшує швидкість обробки.

– система автоматичних вимірів розпізнає поточну позицію й дозволяє продовжити роботу з останньої виконуваної операції.

– відмінною рисою є 100% комплектація всіх елементів і окремих блоків від однієї фірми – С.В. Ferrari. Все устаткування виконане в єдиній ідеології й оснащено системами ЧПУ CNC E570.

Обробку проводять кінцевими фрезами різних типорозмірів ГОСТ 17026-71; свердли спіральні різних типорозмірів ГОСТ 6647-74; для одержання отвору й фаски одночасно застосовується свердло-зенкер ГОСТ 10902-60, що скорочує час на обробку й підвищує продуктивність процесу.

Плоскошліфувальні операції виконуються на верстаті зі ЧПУ німецької фірми Modulo мод. BU C85 CNC. Для обробки поверхні застосовуємо шліфувальний круг ПП Dхdхb 24A25HSM1K8 35 м/с різних типорозмірів ГОСТ 2424-83; для контролю застосовуються шаблони спеціальні й калібри – скоби за ГОСТ 2616-84 3-9 класи точності.

Спроектований техпроцес має наступні переваги:

1. менший штучний час на обробку виробу, що зменшує трудомісткість виготовлення;

2. підвищення продуктивності праці;

3. зменшення матеріальних витрат на виробництво.

Докладний техпроцес виготовлення корпусу прохідного різця наведений у додатку А.

### 2.2.8. Вибір засобів і методів контролю виробу

В багатосерійному і масовому виробництвах для зниження часу на вимірювання безпосередньо в процесі обробки, тобто не знімаючи заготовку з верстата, використовують калібри й спеціальні шаблони.

Перевагами калібрів є:

- простота конструкції, відносна легкість виготовлення, а, отже, і невисока вартість;
- контроль відбувається в умовах, наближених до умов складання, що забезпечує з високою ймовірністю збирання деталей і забезпечення взаємозамінності;
- завдяки простоті застосування вони доступні операторам невисокої кваліфікації;
- висока зносостійкість.

Недоліками калібрів є:

- відсутність числових даних про розмір об'єкта;
- невідома похибка контролю, так як вона обумовлена не тільки розмірами калібру, але й розмірами деталі, станом її поверхні, невизначеним вимірювальним зусиллям, температурними деформаціями й т.д.
- не виявляється практично похибка геометричної форми при існуючих конструкціях калібрів, що приводить до швидкого зношування контрольованих об'єктів у роботі.

Граничні калібри широко поширені в промисловості. Цьому сприяють відзначені вище переваги.

Контроль виробу відповідно до даного технологічного процесу здійснюється поопераційно. У якості вимірювальних і контрольних інструментів при виготовленні фрези використовуємо: шаблони спеціальні, калібри-скоби, калібру-пробки.

Шорсткість поверхні контролюємо шляхом порівняння оброблених поверхонь зі зразками шорсткості.

## 2.3. Розрахунок та проектування установчих та вимірювальних пристосувань

### 2.3.1 Розрахунок і проектування установчих пристосувань

У даній роботі в якості спеціального установчого пристосування застосовуються механізовані поворотні лещата з гідравлічним приводом.

Дане пристосування призначене для механічного закріплення призматичних державок різців з можливістю повороту в одній площині, використовується в даному проекті на вертикально-фрезерному верстаті з ЧПУ мод. PICOMAX 80 CNC 3/W фірми FEHLMANN (Швейцарія).

Технічні дані лещат

1. Робочий тиск рідини до 10 МПа (100 кгс/см<sup>2</sup>).
2. Розрахункове зусилля затиску при тиску 10 МПа – 45 кН (4,5 т).
3. Величина ходу рухливої губки – 10 мм.
4. Для переналагодження лещат на роботу вручну, упор поз. 5 повернути на зачіп поз. 4 до упора при висунутому штоку циліндра поз 2; штуцери поз. 18 заглушити.
5. Допускається експлуатація лещат без поворотної частини поз. 12,14,15.

Конструкція поворотних лещат з гідравлічним приводом представлена на рис 2.5.

Принцип роботи пристосування наступний. Деталь установлюється на горизонтальну підставу й упирається в нерухому губку 9. Керування рухомою губкою 8, установлені на направляючих 3, здійснюється за допомогою гідроциліндра 7. При попаданні робочої рідини в ліву порожнину гідроциліндра, відбувається відтиск губки 8 вліво, при цьому додаткове зусилля затиску забезпечується подачею робочої рідини в другу камеру через канал усередині нерухомого поршня 2 і рухлива губка переміщається в повздовжньому напрямку на величину ходу  $t = 10$  мм, підтискуючи і фіксуючи в лещатах два корпуси різців. При подачі робочої рідини в праву порожнину гідроциліндра, рухлива губка займає вихідне положення. Лещата можуть повертатися на підставі 15. Для

цього необхідно розкрити затискні болти 22, повернути корпус 3 лещат по лімбу диска повороту і зафіксувати болти гайками 29.

До переваг механічних поворотних лещат з гідроприводом варто віднести:

1. простота керування за рахунок використання гідроприводу;
2. висока жорсткість, тому що механізм лещат складається з двох рухливих частин: рухливої губки і поворотного столу.

До недоліків можна віднести – великі габаритні розміри лещат.

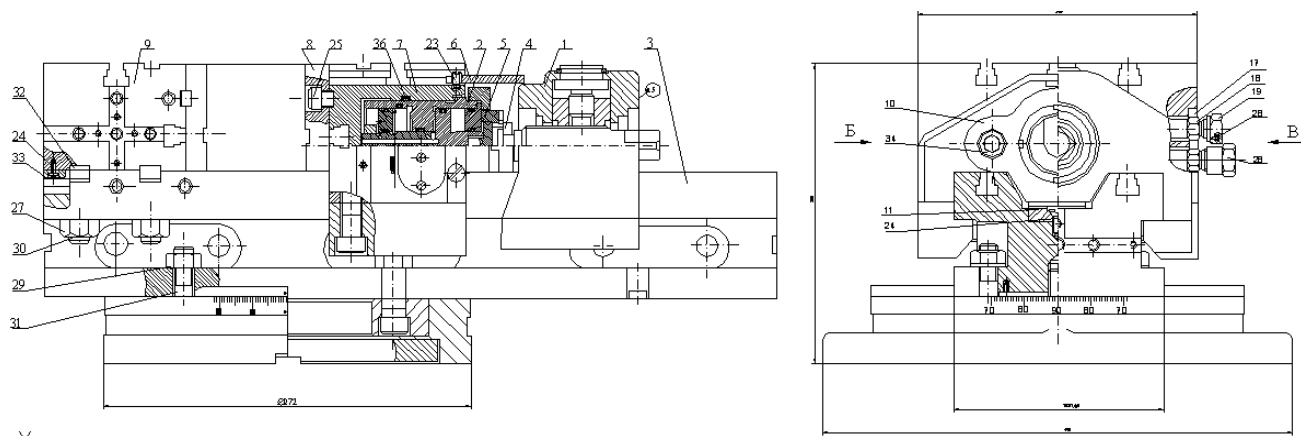


Рис. 2.5. Механічні поворотні лещата з гідроприводом

Визначимо силу затиску  $Q$ , кН, для чого зобразимо схему сил, що діє на деталь, встановлену в лещатах при фрезеруванні площин. Очевидно, що напрямок і характер можливого зсуву деталі при обробці дозволяє вибрати місце дії сили закріплення з боку рухливої губки лещат у точці  $K$ , а початок системи координат виберемо в точці  $O$  контакту деталі з нерухомою губкою лещат (рис. 2.6).

Для заданих умов обробки величину моменту по формулі:

$$M = \frac{P_Z D}{2 \cdot 1000} , \quad (2.9)$$

де  $P_Z$  – тангенціальна складова сили різання, Н.

$$P_Z = \frac{9,8 C_p t^{x_p} S^{y_p} B^{u_p} Z}{n^{w_p} D^{q_p}} K_p , \quad (2.10)$$

де  $C_p$  – постійний коефіцієнт сили різання;  $C_p = 825$ ; по табл. 41 [5],

$x_p, y_p, u_p, q_p, w_p$  – показники ступенів для даних умов різання,

$x_p = 1.0, y_p = 0.75, u_p = 1.1, q_p = 1.3, w_p = 0.2$ ;

$t$  – глибина різання, мм;  $t = 2,16$  мм;

$S_z$  – подача на зуб, мм/зуб;  $S_z = 0,2$  мм/зуб;

$B$  – ширина фрезерування, мм;  $B = 146$  мм;

$D$  – діаметр фрези, мм;  $D = 160$  мм;

$n_{cm}$  – частота обертання шпинделя по верстаті,  $\text{хв}^{-1}$ ;  $n_{cm} = 400 \text{ хв}^{-1}$ ;

$K_p$  – поправочний коефіцієнт

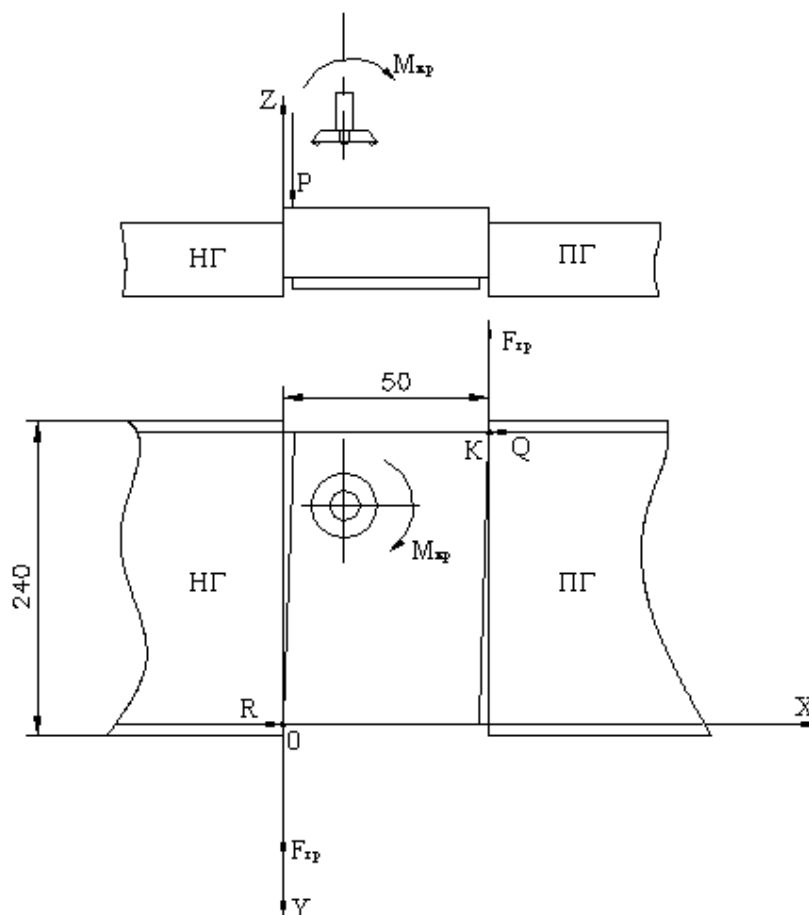


Рис. 2.6. Схема для розрахунку сили закріплення  $Q$

$$K_p = K_{mp} = \left( \frac{\sigma_b}{750} \right)^{n_p}; \quad (2.11)$$

де  $n_p$  – показник ступеня;  $n_p = 1,0$ .

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_b}{750} \right)^{n_p} = \left( \frac{700}{750} \right)^1 = 0,9;$$

$$P_z = \frac{9,8 \cdot 825 \cdot 2,16^{1,0} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 50^{1,1} \cdot 10}{160^{1,3} \cdot 400^{0,2}} = 1328,3H;$$

$$M_p = \frac{1328,3 \cdot 160}{2 \cdot 1000} = 106,264 \text{ Нм.}$$

Для визначення сили затиску складемо рівняння дії моментів сил відносно вісі  $Z$

$$\Sigma M_{oz} = 0; M_p - Q240 - F50 = 0.$$

Виразимо силу тертя через силу нормального тиску  $F = fQ$  і підставимо її значення в рівняння, отримаємо:

$$Q = \frac{M}{240 + 50f} K, \quad (2.12)$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя в місці контакту базової поверхні деталі з губкою лещат;  $f = 0,6$ ;

$K$  – коефіцієнт запасу, що враховує динаміку процесу різання;  $K = 1,5$ ;

$$Q = \frac{106,264 \cdot 1000}{240 + 50 \cdot 0,6} = 393,5 \text{ Н}$$

Вихідна сила на штоці буде дорівнює силі затиску, тобто  $W = Q$ .

Тому що гідроциліндр двокамерний, те уточнюючий коефіцієнт  $K = 1/2$ .

Визначимо діаметр гідроциліндру за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4W}{\pi(1-0,25)P\eta}} \cdot \frac{1}{2}; \quad (2.13)$$

де  $P$  – робочий тиск повітря системи, МПа;  $P = 0,94$  МПа;

$\eta$  – КПД гідроциліндра;  $\eta = 0,6$ ;

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 393,5}{3,14(1-0,25)0,94 \cdot 0,6}} \cdot \frac{1}{2} = 72,3 \text{ мм},$$

приймаємо  $D = 75$  мм.

Таким чином, для закріплення деталі в лещатах при заданих режимах різання потрібен гідроциліндр діаметром  $D = 75$  мм із робочим тиском  $P = 0,94$  МПа. Приймаємо діаметр штока  $d = 50$  мм.

У якості установчого пристосування для обробки різця по трьох площинах використовуємо 3-х координатні верстатні лещата.

Призначення: лещата трьохкоординатні призначені для закріплення різців з метою подальшої обробки задніх поверхонь голівки й опорних поверхонь під різальну пластину

Технічні дані лещат

|    |                                  |             |
|----|----------------------------------|-------------|
| а) | Робочий тиск, МПа                | 0,6         |
| б) | Зусилля затиску, Н               | 7000        |
| в) | Кут повороту в площині zu, град. | 90          |
| г) | Кут повороту в площині zx, град. | 360         |
| і) | Кут повороту в площині ху, град. | 360         |
| д) | Габарити, мм                     | 460x429x266 |
| е) | Маса, кг, не більш               | 20          |
| ж) | Пневматичний хід, мм             | 5           |
| з) | Найбільший затиск, мм            | 80          |

Лещата 3-х координатні призначені для установки на столи фрезерних верстатів. Лещата мають дві рухливі губки (повзуни). Одна застосовується для грубого попереднього настроювання на розмір. Вона приводиться в рух за допомогою гвинта 13, що має різьбове з'єднання з повзуном 11. Налагодження здійснюється вручну. Затиск заготовки здійснюється стисненням повітрям у наступному порядку: за допомогою рукоятки 47 відбувається керування двокоординатним розподільним краном, до складу якого входить чавунний корпус, бронзовий золотник 16 із двома взаємоперпендикулярними отворами, для забезпечення герметичності використовується прокладка. Повороти золотника на кут 60° від середнього положення здійснюються рукояткою 47 через валик, виконаний заодно з золотником. Пружина забезпечує постійний контакт добре притертого золотника з кришкою крана, а стиснене повітря, що надходить у порожнину крана, з мережі, додатково притискає золотник до її торця, що забезпечує додаткову герметичність. У золотнику мається 2 отвори. Через один, повітря надходить з мережі в пневмокамеру. При повороті рукоятки перпендикулярний йому отвір зв'язує пневмоциліндр з атмосферою, а перший закривається. Пневмокамера, що є силовим вузлом односторонньої дії, складається з корпуса, у який за допомогою різьби приєднане різьбове кільце, що регулює хід

штока. Між корпусом 41 і різьбовим кільцем 22 через шайбу 42 затиснута діафрагма. При впуску стиснутого повітря в порожнину пневмокамери діафрагма натискає на сталевий диск 19, прикріплений до штока, і переміщає останній. При зворотному русі штока під дією пружини 23 діафрагма стає плоскою. Збільшення сили затиску відбувається за допомогою проміжного механізму: зміщуючи, шток 8 обертає навколо осі кулачок 9, той у свою чергу переміщає штовхальник 10. Штовхальник 10 надає руху повзуніві 4. Попереджає зсув штовхальника від заданого положення штифт 57. Повернення повзуна у вихідне положення здійснює пружина 7. Хід повзуна регулює гвинт 5. Максимальне переміщення повзуна 5 мм. Пневмокамера може обертатися щодо корпуса лещат.

Дані лещата дозволяють у трьох площинах задати необхідний кут нахилу виробів. У площині ZY робочі органи лещат можуть переміщатися на кут  $90^\circ$ . Сектор 3 переміщається в направляючі корпуси лещат, що мають вигляд "ластівчиного хвоста". Притиск здійснюється гвинтами через планку 25, 26, затягування болтом 54 за допомогою клина 27. Після налагодження на необхідний кут фіксацію здійснюють гвинтами по дузі 28. У площині ZX обертання корпуса 20 на  $360^\circ$  здійснюється по Т-подібному пазу. У площині XY обертання на  $360^\circ$  плити 2 щодо підстави 1 здійснюється на пальці 24.

Налагодження здійснюється по відповідних лімбах. Повзун 11 переміщається по напрямних, які мають вигляд «ластівчиного хвоста» і фіксується після налагодження гвинтом 36. Лещата мають можливість закріплення деталей, як типу тіло обертання, так і призматичних. У якості налагоджень мають 2 змінні губки з насічкою і з призмою. Керування лещатами механізоване і здійснюється за допомогою, рукоятки розподільного крана.

При технічному обслуговуванні персонал повинний бути ознайомлений з конструкцією лещат, технічним умовам ТУ 24.11.03 212-84 і технічним описам і конструкцією по експлуатації.

Порядок роботи. Вивернути лещата в 3-х напрямках на потрібні кути і зафіксувати. Завантаження, закріплення і видалення корпусів різців здійснюється в ручному режимі. Одним з основних переваг лещат є можливість застосовувати

їх при вертикальному і горизонтальному фрезеруваннях. Так, як у площині ZY робочі органи лещат можуть повертатися на кут  $90^\circ$ .

Конструкція поворотних лещат з гідравлічним приводом представлена на рис. 2.7.

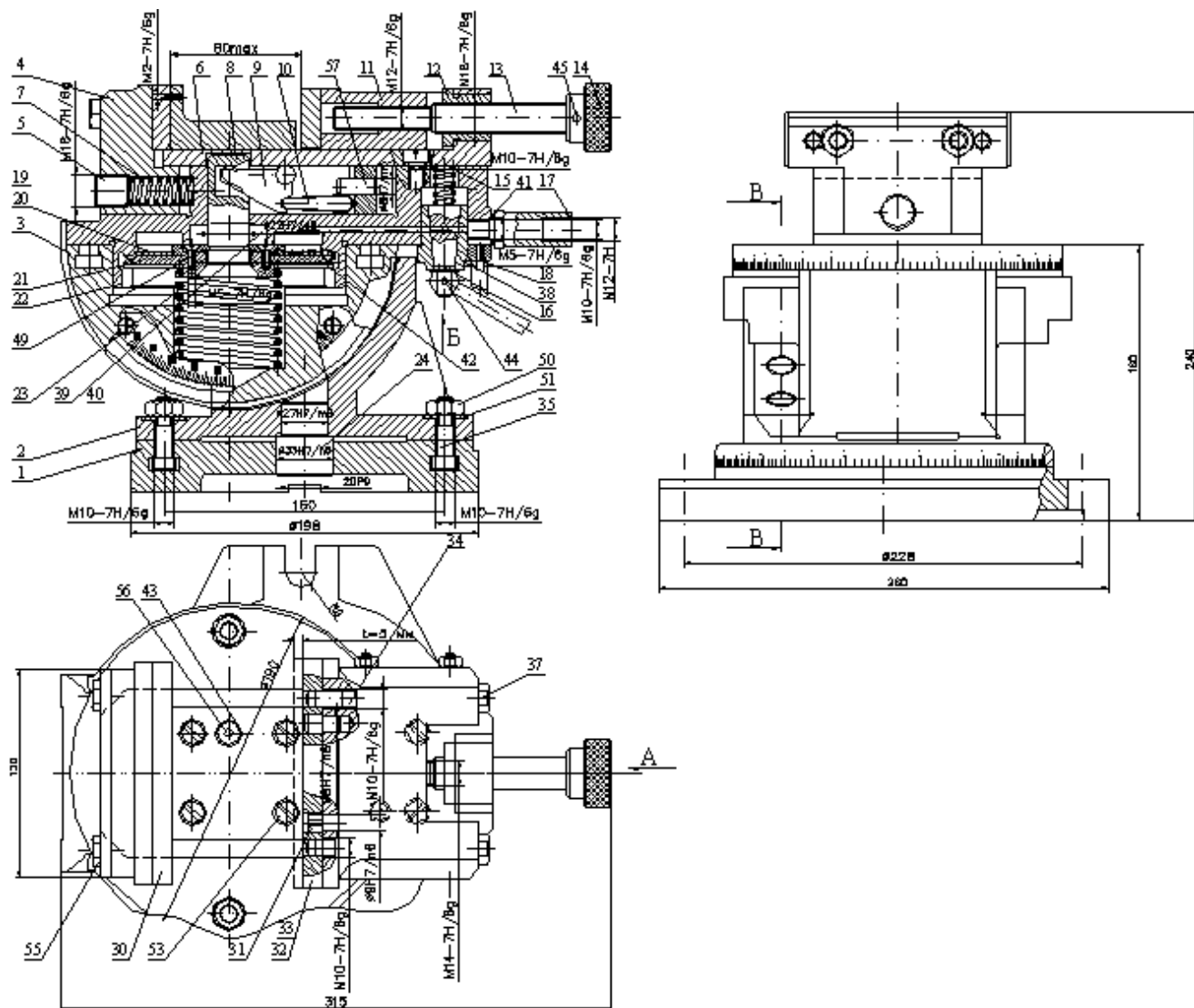


Рис. 2.7. Лещата пневматичні трикоординатні

Розглянемо сили, що діють на заготовку в процесі обробки. План сил схематично представлений на рис. 2.8.

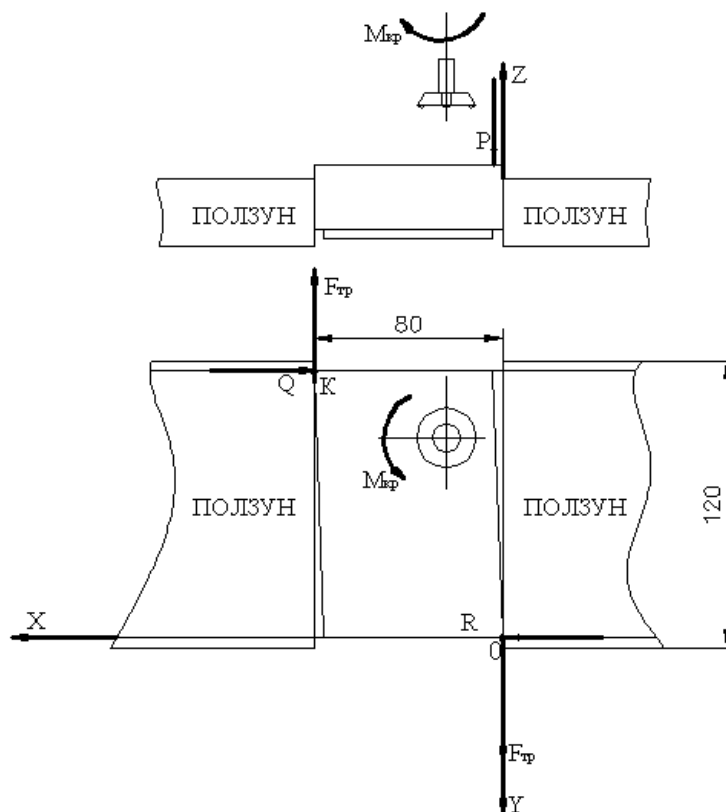


Рис. 2.8. Схема для розрахунку сили закріплення  $Q$  для триповоротних лещат

Для заданих умов обробки визначимо величину моменту по формулі:

$$M = \frac{P_z D}{2 \cdot 1000},$$

де  $P_z$  – сила різання, Н.

$$P_z = \frac{9,8 C_p t^{x_p} S^{y_p} B^{u_p} Z}{n^{w_p} D^{q_p}} K_p,$$

де  $C_p$  – постійний коефіцієнт сили різання;  $C_p = 12,5$ ; по табл. 41 [5];

$x_p, y_p, u_p, q_p, w_p$  – показники ступенів;  $x_p = 0,85$ ;  $y_p = 0,75$ ;  $u_p = 1,0$ ;  
 $q_p = 0,73$ ;  $w_p = -0,13$ ;

$t$  – глибина різання, мм;  $t = 2,0$  мм;

$S_z$  – подача на зуб, мм/зуб;  $S_z = 0,4$  мм/зуб;

$B$  – ширина фрезерування, мм;  $B = 25$  мм;

$D$  – діаметр фрези, мм;  $D = 50$  мм;

$n_{cm}$  – частота обертання шпинделя по верстаті,  $\text{хв}^{-1}$ ;  $n_{cm} = 315 \text{ хв}^{-1}$ ;

$K_p$  – поправочний коефіцієнт

$$K_p = K_{mp} = \left( \frac{\sigma_b}{750} \right)^{n_p}$$

де  $n_p$  – показник ступеня;  $n_p = 1,0$ .

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_b}{750} \right)^{n_p} = \left( \frac{700}{750} \right)^1 = 0,9;$$

$$P_z = \frac{9,8 \cdot 12,5 \cdot 2,0^{0,85} \cdot 0,4^{0,75} \cdot 25^{1,0} \cdot 5}{50^{-0,13} \cdot 315^{0,73}} 0,9 = 1921,3H;$$

$$M_P = \frac{1921,3 \cdot 50}{2 \cdot 1000} = 48,04 \text{ Нм.}$$

Для визначення сили затиску складемо рівняння дії моментів сил відносно вісі Z

$$\Sigma M_{oz} = 0; M_p - Q120 - F80 = 0.$$

Виразимо силу тертя через силу нормального тиску і підставимо її значення в рівняння, одержимо:

$$Q = \frac{M_P}{120 + 80 f} K ,$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя в місці контакту базової поверхні деталі з губкою лещат;  $f = 0,6$ ;

$K$  – коефіцієнт запасу, що враховує динамікові процесу різання;  
 $K = 1,5$ ;

$$Q = \frac{48,04 \cdot 1000}{120 + 80 \cdot 0,6} = 285,95 \text{ Н};$$

Вихідна сила на штоку буде дорівнює силі затиску, тобто  $W = Q$ .

Так як гідроциліндр двокамерний, те уточнюючий коефіцієнт  $K = 1/2$ .

Визначимо діаметр гідроциліндра за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4W}{\pi(1-0,25)P\eta} \frac{1}{2}} ;$$

де  $P$  – робочий тиск повітря системи, МПа;  $P = 0,94$  МПа;

$\eta$  – ККД гідроциліндра;  $\eta = 0,6$ ;

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 285,95}{3,14(1 - 0,25)0,94 \cdot 0,6} \cdot \frac{1}{2}} = 26,8 \text{ мм} ,$$

приймаємо  $D = 28$  мм.

Таким чином, для закріплення деталі в лещатах при заданих режимах різання потрібен гідроциліндр діаметром  $D = 28$  мм із робочим тиском  $P = 0,94$  МПа. Приймаємо діаметр штока  $d = 22$  мм.

### 2.3.2 Розрахунок і проектування контрольного пристосування

Сконструйоване контрольно-вимірювальне пристосування призначене для контролю перпендикулярності торця і бічної грані основи токарних прохідних різців.

Пристосування (рис. 2.9) складається з основи 1, на яку змонтована стійка 2, на якій закріплені на кронштейнах два індикатори 14 і 15 годинникового типу ИЧ-10 ДСТ577-68.

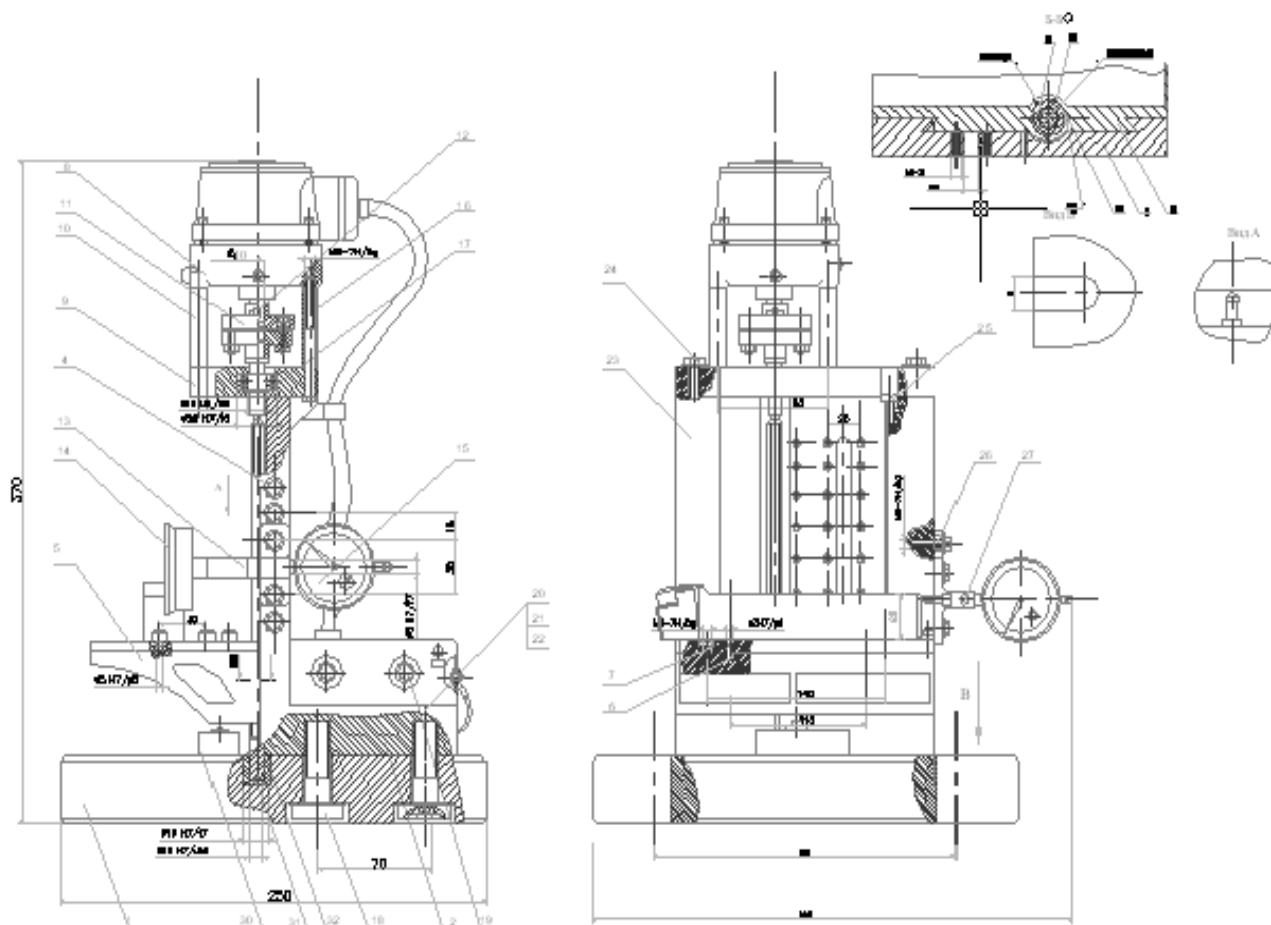


Рис. 2.9. Спеціальне пристосування для виміру перпендикулярності торця і бічної поверхні основи

Стіл переміщається по вертикальним напрямним 3, на столі за допомогою опорних пальців 32 встановлюється корпус різця. Необхідно забезпечити точне базування торця різця, встановлюваного на стіл і точне базування осі гвинта 29 по осі втулки 32.

При контролі радіального биття і перпендикулярності торця бічної грані основи, індикатор установлюють перпендикулярно до контрольованої поверхні і за допомогою електродвигуна 33 переміщаємо стіл 5 з корпусом униз, попередньо обнулив індикатори. Обидва щупи індикаторів 14 і 15 з нижньої точки перейдуть в верхню, тим самим забезпечуючи показаннями по точності обробленої поверхні. Коли стіл 5 увійде в контакт із мікровимикачем 30, рух припиниться.

Контрольне пристосування по своїй конструкції і прийнятому методу виміру знаходиться в строгій відповідності з прийнятим технологічним процесом і забезпечує необхідну точність контролю. Конструкція пристосування забезпечує зручність і простоту експлуатації. Його застосування економічно обґрунтоване.

Основні параметри індикатора годинного типу ИЧ-10 ДСТ 577-68:

- ціна поділки 10 мм;
- клас точності 0.

Основним розрахунком пристосування є розрахунок на точність. Загальна похибка пристосування  $\Delta_{\text{заг}}$  не повинна перевищувати допуску на вимірюваний розмір  $T_p$ .

$$\Delta_{\text{заг}} \leq T_p. \quad (2.14)$$

Загальна похибка виміру розраховується по формулі:

$$\Delta_{\text{заг}} = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2}, \quad (2.15)$$

де  $\Delta_1$  – похибка з'єднання рухливої планки і штатива;  $\Delta_1 = 0,01$  мм

$\Delta_2$  – половина ціни поділки індикатора;  $\Delta_2 = 0,5 \cdot 0,01 = 0.005$  мм

$\Delta_3$  – похибка установки приладу на верстаті;  $\Delta_3 = 0,001$  мм

$\Delta_4$  – похибка міжосьової відстані;  $\Delta_4 = 0,003 - 0,005$  мм, приймаємо  $\Delta_4 = 0,003$  мм.

Тоді  $\Delta_{zag} = \sqrt{0,01^2 + 0,005^2 + 0,001^2 + 0,003^2} = 0,011$  мм.

Звідси робимо висновок, що максимальна похибка вимірювального пристосування складає  $\Delta_{zag} = 0,011$  мм.

Допуск на розмір складає 0,05 мм.

Таким чином, умова  $\Delta_{zag} \leq T_p (0,011 < 0,05)$  виконується, отже, пристосування відповідає пропонованим вимогам по точності виміру.

### 3. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ МОДУЛЬНИХ РІЗЦІВ

Систему збірних різців запропоновано з метою розширення технологічних можливостей інструменту та його використання при різних способах обробки. Завдяки лише заміні знімальної різальної частини різця, він здатен виконати цілий ряд чорнових, напівчистових і чистових операцій точіння, замінивши тим самим відповідний перелік різновидів різців. Орієнтовна потреба у проектному інструменті складає 1600 штук на рік.

#### 3.1. Розрахунок витрат на проектування різця

Визначаємо за формулою:

$$B_{нк} = H_{ор} \cdot T_{кон} \cdot Z_{сг}^к \cdot \left(1 + \frac{\kappa_{\partial}}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{B_c}{100}\right) + H_{\epsilon}, \quad (3.1)$$

де  $H_{ор}$  – кількість найменувань оригінальних деталей, які входять до конструкції інструменту, шт.;

$T_{кон}$  – сумарна кількість годин на розробку усіх видів конструкторської документації, яка в середньому припадає на одне найменування оригінальних деталей, нормо-год.;

$Z_{сг}^к$  – середньогодинна заробітна плата конструктора, грн./год.;

$\kappa_{\partial}$  – додаткова заробітна плата конструктора, %;

$B_c$  – відрахування у соціальні фонди від заробітної плати конструкторів, %;

$H_{\epsilon}$  – накладні витрати, грн. (визначаються в процентах від основної заробітної плати конструктора).

$$B_{нк} = 2 \cdot 21,5 \cdot 111,12 \cdot \left(1 + \frac{10}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{22}{100}\right) + 2 \cdot 21,5 \cdot 111,12 \cdot \frac{45}{100} = 8563 \text{ грн.}$$

### 3.2. Витрати на технологічну підготовку виробництва інструменту

$$B_m = H_{op} \cdot T_{mex} \cdot Z_{ce}^m \cdot \left(1 + \frac{\kappa_d}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{B_c}{100}\right) + H_e, \quad (3.2)$$

де  $T_{mex}$  – сумарна трудомісткість технологічних робіт, які припадають на одне найменування оригінальних деталей, нормо-год.;

$Z_{ce}^m$  – середньогодинна заробітна плата технолога, грн./год.

$$B_m = 2 \cdot 19 \cdot 109,86 \cdot \left(1 + \frac{10}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{22}{100}\right) + 2 \cdot 19 \cdot 109,86 \cdot \frac{65}{100} = 8316,0 \text{ грн.}$$

### 3.3. Визначення повної собівартості та оптової ціни проектного інструменту

Після визначення трудомісткості виготовлення проектного різця розраховуємо:

а) основну заробітну плату виробничих робітників:

$$Z_{op} = \sum_{i=1}^n C_{ri} \cdot T_i, \quad (3.3)$$

де  $n$  – кількість  $i$ -тих видів робіт;

$C_{ri}$  – середньогодинна тарифна ставка робітників, які виконують  $i$ -й вид робіт з урахуванням умов праці, грн.

Так, основна заробітна плата виробничих робітників на механічних роботах:

$$Z_{op} = 77,979 \cdot 2,1 = 163,76 \text{ грн.}$$

б) витрати на утримання та експлуатацію обладнання:

$$B_o = \sum_{i=1}^n Z_{opi} \cdot \frac{\Pi_{pp_i}}{100}, \quad (3.4)$$

де  $\Pi_{\text{рр}_i}$  – процент витрат на утримання та експлуатацію обладнання по кожному  $i$ -му виду робіт за заводською калькуляцією.

в) цехові витрати:

$$B_{\text{цех}} = \sum_{i=1}^n Z_{\text{ор}_i} \cdot \frac{\Pi_{\text{цр}_i}}{100}, \quad (3.5)$$

де  $\Pi_{\text{цр}}$  – процент цехових витрат по кожному  $i$ -му виду робіт за заводською калькуляцією.

Так, для механічних робіт:

$$B_o = 163,76 \cdot \frac{245}{100} = 393,01 \text{ грн.}$$

$$K_{\text{цех}} = 163,76 \cdot \frac{132}{100} = 379,91 \text{ грн.}$$

Аналогічно виконуємо розрахунки даних статей на інших роботах, результати заносимо до табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Трудомісткість виготовлення та окремі види витрат, які включені до собівартості інструменту

| Види робіт   | Трудомісткість робіт<br>н-год | Середній розряд | Середньогодинна<br>тарифна ставка<br>робітників, грн./год | Основна заробітна<br>платя робітників $Z_{\text{ор}}$ ,<br>грн | Витрати на<br>утримання та<br>експлуатацію<br>обладнання,<br>$B_o$ , грн. |        | Загальноце-<br>хові витрати<br>$K_{\text{цех}}$ , грн. |        |
|--------------|-------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|--------|--------------------------------------------------------|--------|
|              |                               |                 |                                                           |                                                                | %                                                                         | грн.   | %                                                      | грн.   |
| Заготівельні | 0,6                           | 4               | 84,217                                                    | 50,53                                                          | 245                                                                       | 123,80 | 132                                                    | 66,70  |
| Механічні    | 2,1                           | 4               | 77,979                                                    | 163,76                                                         | 240                                                                       | 393,01 | 232                                                    | 379,91 |
| Термічні     | 0,5                           | 3               | 87,048                                                    | 47,88                                                          | 260                                                                       | 124,48 | 282                                                    | 135,01 |
| Складальні   | 0,1                           | 4               | 77,979                                                    | 7,80                                                           | 210                                                                       | 16,38  | 242                                                    | 18,87  |
| Всього       | 3,3                           | -               | -                                                         | 269,96                                                         | -                                                                         | 657,67 | -                                                      | 600,50 |

Собівартість (повну) виготовлення інструменту розраховуємо за статтями витрат за допомогою отриманих на підприємстві кошторисних та звітних калькуляцій базових конструкцій. Розрахунок виконуємо за формулою:

$$C_{пов} = M_o + M_d + \Pi_n + B_n + T_v - B_{зв} + E_{тех} + \Pi_{тех} + \\ + Z_{ор} + Z_{др} + B_c + B_o + B_{цех} + B_{зав} + B_{ін} + B_{нев}, \quad (3.6)$$

де  $M_o, M_d$  – відповідно витрати на основні та допоміжні матеріали, грн.;

$\Pi_n$  – покупні напівфабрикати, комплектуючі вироби та послуги інших підприємств, грн.;

Розрахунок витрат на основні матеріали, покупні напівфабрикати та зворотні відходи зведено до табл. 2.

$T_v$  – транспортно-заготівельні витрати, грн.;

$B_n$  – напівфабрикати власного виробництва, грн.;

$B_{зв}$  – зворотні відходи, які реалізуються (віднімаються), грн.;

$E_{тех}, \Pi_{тех}$  – енергія та паливо на технологічні цілі, грн.;

$Z_{ор}$  – допоміжна заробітна плата виробничих робітників, грн.;

$B_c$  – відрахування у соціальні фонди, грн.;

$B_{зав}, B_{нев}$  – загальнозаводські та поза виробничі витрати, грн.;

$B_{ін}$  – інші виробничі витрати, грн.

Таблиця 3.2

#### Склад матеріальних витрат на інструмент

| № п/п                         | Матеріали, покупні напівфабрикати та комплектуючі вироби | Одиниця | Витрати (шт, кг) | Ціна, грн. | Витрати на виріб, грн. |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------|---------|------------------|------------|------------------------|
| <u>Основні матеріали</u>      |                                                          |         |                  |            |                        |
| 1                             | Сталь 40Х                                                | кг      | 0,8              | 44,70      | 35,76                  |
| 2                             | Сталь 20                                                 | кг      | 3                | 54,00      | 162,00                 |
|                               | Всього основних матеріалів                               |         |                  |            | 197,76                 |
| <u>Покупні напівфабрикати</u> |                                                          |         |                  |            |                        |
| 1                             | Штифт                                                    | шт.     | 1                | 8,42       | 8,42                   |
| 2                             | Гвинт                                                    | шт.     | 1                | 14,22      | 14,22                  |
| 3                             | Ріжуча пластина                                          | шт.     | 1                | 315,0      | 315,0                  |
| 4                             | Опорна пластина                                          | шт.     | 1                | 29,50      | 29,50                  |
| Всього                        |                                                          | —       | —                | —          | 367,14                 |

Розрахунок собівартості зводимо до табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Повна собівартість виготовлення інструменту та його оптова ціна

| №<br>п.п | Стаття калькуляції                                                             | Коротке<br>позначення | Метод розрахунку,<br>джерело інформації | Результат,<br>сума, грн. |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------|--------------------------|
| 1.       | Матеріали основні                                                              | $M_o$                 | табл. 3.2                               | 197,76                   |
| 2.       | Матеріали допоміжні                                                            | $M_d$                 | 4% від $M_o$                            | 7,91                     |
| 3.       | Покупні напівфабрикати,<br>комплектуючі вироби та<br>послуги інших підприємств | $П_n$                 | табл. 3.2                               | 367,14                   |
| 4.       | Зворотні відходи                                                               | $-B_{зв}$             | 6% від $M_o$                            | 11,87                    |
| 5.       | Транспортно-заготівельні<br>витрати                                            | $T_v$                 | 5,0% від<br>( $M_o + M_d + П_n$ )       | 22,91                    |
| 6.       | Паливо та енергія на<br>технологічні цілі                                      | $П_{tex}, E_{tex}$    | 78% від $З_{op}$                        | 210,57                   |
| 7.       | Всього матеріальні витрати                                                     |                       |                                         | 794,43                   |
| 8.       | Основна заробітна плата<br>виробничих робітників                               | $З_{op}$              | табл. 3.1                               | 269,96                   |
| 9.       | Додаткова заробітна плата<br>виробничих робітників                             | $З_{dp}$              | 10% від $З_{op}$                        | 27,00                    |
| 10.      | Відрахування в фонд<br>соціального страхування                                 | $B_{cc}$              | 22% від ( $З_{op} + З_{dp}$ )           | 65,33                    |
| 11.      | Витрати на утримання та<br>експлуатацію обладнання                             | $B_o$                 | табл. 3.1                               | 657,67                   |
| 12.      | Цехові витрати                                                                 | $K_{цех}$             | табл. 3.1                               | 600,50                   |
| 13.      | Загальнозаводські витрати                                                      | $K_{зав}$             | 180% від $З_{op}$                       | 485,93                   |
| 14.      | Інші виробничі витрати                                                         | $B_{ін}$              | 2% від $З_{op}$                         | 2,70                     |
| 15.      | Виробнича собівартість                                                         | $C_{вир}$             | $\Sigma(7 \div 15)$                     | 2903,50                  |
| 16.      | Позавиробничі витрати                                                          | $K_{пв}$              | 1% від $C_{вир}$                        | 29,04                    |
| 17.      | Повна собівартість                                                             | $C_{пов}$             | $C_{вир} + K_{пв}$                      | 2933,33                  |
| 18.      | Прибуток                                                                       | $П_n$                 | 20% від $C_{пов}$                       | 586,67                   |
| 19.      | Оптова ціна підприємства                                                       | $Ц_{опт}$             | $C_{пов} + П_n$                         | 3520,0                   |

### 3.4. Розрахунок показників економічної ефективності

Річний економічний ефект від впровадження інструменту у виробництво:

$$E_{\text{рв}} = (C_{\text{опт}}^{\text{пр}} - C_{\text{пов}}^{\text{пр}}) \cdot \Pi_{\text{в}} - E_{\text{н}} \cdot K_{\text{в}}, \quad (3.7)$$

де  $C_{\text{опт}}^{\text{пр}}$  – оптова ціна проектного інструменту, грн.;

$C_{\text{пов}}^{\text{пр}}$  – повна собівартість проектного інструменту, грн.;

$\Pi_{\text{в}}$  – програма виробництва різців, шт./рік;

$E_{\text{н}}$  – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень ( $E_{\text{н}} = 0,16$ );

$K_{\text{в}}$  – додаткові капітальні витрати у виробника, грн.

$$K_{\text{в}} = B_{\text{пк}} + B_{\text{т}} = 8563 + 8316 = 16879 \text{ грн.}, \quad (3.8)$$

де  $B_{\text{пк}}$ ,  $B_{\text{т}}$  – відповідно вартість конструкторської та технологічної підготовки виробництва інструменту, грн.

$$E_{\text{рв}} = (3520 - 2933,33) \cdot 1000 - 0,16 \cdot 16879 = 584000 \text{ грн.}$$

Строк окупності додаткових капітальних вкладень у виробника:

$$T_{\text{окв}} = \frac{K_{\text{в}}}{(C_{\text{опт}}^{\text{пр}} - C_{\text{пов}}^{\text{пр}}) \cdot \Pi_{\text{в}}} = \frac{16879}{(3520 - 2933,33) \cdot 1000} = 10 \text{ днів.} \quad (3.9)$$

Розраховані величини річного економічного ефекту і строку окупності капітальних вкладень підприємство-виробник зможе отримати у випадку, якщо йому не потрібні додаткові виробничі потужності для налагодження випуску зазначеної програми випуску інструменту.

### 3.5. Організація процесу проектування інструменту

#### 3.5.1. Розробка плану виконання комплексу робіт з конструкторської підготовки виробництва

Складання плану виконання комплексу робіт виконуємо з використанням сітьових методів планування й організації виробництва. Комплекс робіт, на який необхідно розробити оптимізований план, представимо у вигляді сітьової моделі (рис. 3.1). Дані про тривалість виконання кожної роботи та попередньо прийняту кількість виконавців зводимо до табл. 3.4.

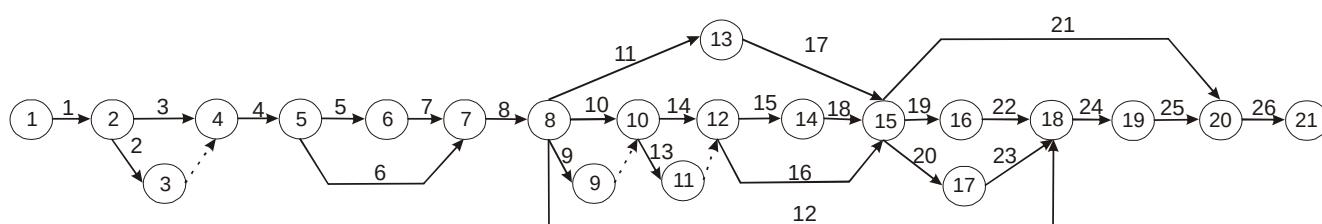


Рис. 3.1. Сітьова модель комплексу робіт

#### 3.5.2. Визначення очікуваної тривалості робіт

Тривалість робіт, яка визначається за нормативами, задається однозначно або у вигляді мінімально ( $t_{\min}$ ) та максимально ( $t_{\max}$ ) можливих значень. Для таких робіт очікувану тривалість визначаємо за формулою:

$$t_{\text{оч}} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5}. \quad (3.10)$$

Так, наприклад, для роботи 2–4:

$$t_{\text{оч}_{2-4}} = \frac{3 \cdot 6 + 2 \cdot 8}{5} = 7 \text{ роб.днів}$$

Результати розрахунків округляємо до цілих чисел і записуємо до табл. 3.5, а також наносимо на вихідну сітьову модель (рис. 3.2). При цьому тривалість роботи вказуємо над стрілкою, кількість виконавців – під нею.

Таблиця 3.4

## Дані про комплекс робіт з проектування різця

| Номер роботи | Шифр роботи | Зміст роботи                                                                    | Тривалість виконання, роб. дні | Кількість виконавців, чол |
|--------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| 1.           | 1–2         | Розробка технічної пропозиції на проектування інструменту                       | 5–8                            | 2                         |
| 2.           | 2–3         | Аналіз науково-технічної літератури                                             | 2–4                            | 2                         |
| 3.           | 2–4         | Аналіз патентної літератури                                                     | 6–8                            | 3                         |
| 4.           | 4–5         | Дослідження конструкції інструменту                                             | 3–4                            | 2                         |
| 5.           | 5–6         | Розрахунок параметрів інструменту                                               | 2–3                            | 2                         |
| 6.           | 5–7         | Розробка методики проектування інструменту                                      | 5–7                            | 1                         |
| 7.           | 6–7         | Розрахунок геометрії і профілю інструменту                                      | 2–3                            | 2                         |
| 8.           | 7–8         | Розробка конструкції інструменту                                                | 6–8                            | 1                         |
| 9.           | 8–9         | Деталювання інструменту                                                         | 1–2                            | 1                         |
| 10.          | 8–10        | Аналіз технологічності інструменту                                              | 2–3                            | 1                         |
| 11.          | 8–13        | Розробка карти налагодження                                                     | 1                              | 1                         |
| 12.          | 8–18        | Перевірка конструкції на патентну частоту                                       | 5–7                            | 2                         |
| 13.          | 10–11       | Розробка техпроцесу виготовлення інструменту                                    | 1                              | 1                         |
| 14.          | 10–12       | Розробка техпроцесу виготовлення деталей різця                                  | 2–3                            | 2                         |
| 15.          | 12–14       | Розробка конструкції оснащення для обробки деталей інструменту                  | 2–3                            | 1                         |
| 16.          | 12–15       | Розробка техпроцесу складання інструменту                                       | 1–2                            | 1                         |
| 17.          | 13–15       | Перевірка конструкції на відповідність вимогам техніки безпеки та промисловості | 1–2                            | 1                         |
| 18.          | 14–15       | Розрахунок розмірів профілю різця для обробки інструменту                       | 1–2                            | 1                         |
| 19.          | 15–16       | Перевірка креслень на технологічність                                           | 1                              | 1                         |
| 20.          | 15–17       | Розробка відомостей специфікацій                                                | 1                              | 1                         |
| 21.          | 15–20       | Виготовлення оснащення                                                          | 1                              | 1                         |
| 22.          | 18–20       | Нормоконтроль креслень                                                          | 1                              | 1                         |
| 23.          | 17–18       | Розрахунки показників економічної ефективності                                  | 2–3                            | 1                         |
| 24.          | 18–19       | Передача комплекту документації на науково-технічну раду (НТР)                  | 1                              | 2                         |
| 25.          | 19–20       | Доробка креслень по зауваженням НТР                                             | 2–3                            | 2                         |
| 26.          | 20–21       | Виготовлення дослідного зразка різця                                            | 1                              | 1                         |

### 3.5.3. Розрахунок параметрів сітьового графіка

До основних параметрів сітьового графіка відносяться ранні  $T_p$  та пізні  $T_n$  строки здійснення подій, резерви часу подій  $P_n$  та робіт  $P_p$ , коефіцієнти напруженості робіт  $K_n$ , тривалість критичного шляху.

Ранній строк здійснення  $i$ -тої події визначається тривалістю максимального шляху від початкової події до даної (табл. 3.6).

Ранній строк здійснення кінцевої події дорівнює тривалості критичного шляху  $L_{кр}$ . В даному випадку він складає 43 робочих днів.

Пізні строки здійснення подій розраховуємо за наступною формулою, а отримані величини заносимо до табл. 6.

$$T_{п_i} = L_{кр} - L_{max_{i-c}}, \quad (3.11)$$

де  $L_{max_{i-c}}$  – тривалість максимального шляху від даної  $i$ -тої події до кінцевої  $c$ -тої події.

Наприклад:

$$T_{п(3)} = 43 - 30 = 13 \text{ роб.днів.}$$

Резерви часу здійснення подій визначаємо за наступною формулою, а отримані величини заносимо до табл. 3.6.

$$P_{п_i} = T_{п_i} - T_{р_i}. \quad (3.12)$$

Наприклад:

$$P_{п(3)} = 13 - 9 = 4 \text{ роб. днів.}$$

Кількісна оцінка рівня напруженості некритичних робіт відносно лімітуючих робіт критичного шляху проводиться за допомогою коефіцієнтів напруженості робіт  $K_n$ . Цей коефіцієнт для робіт, які лежать на критичному шляху, дорівнює одиниці, а для фіктивних робіт він дорівнює нулю.

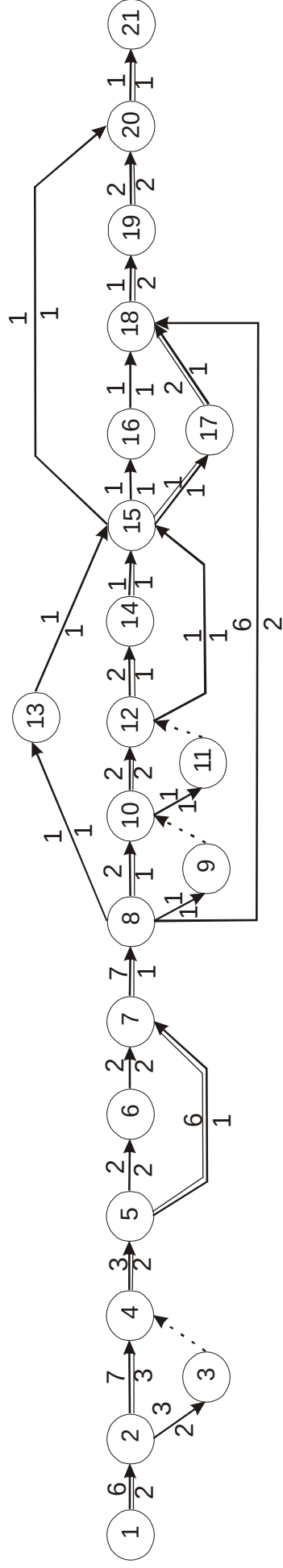


Рис. 3.2. Вихідний сітговий графік

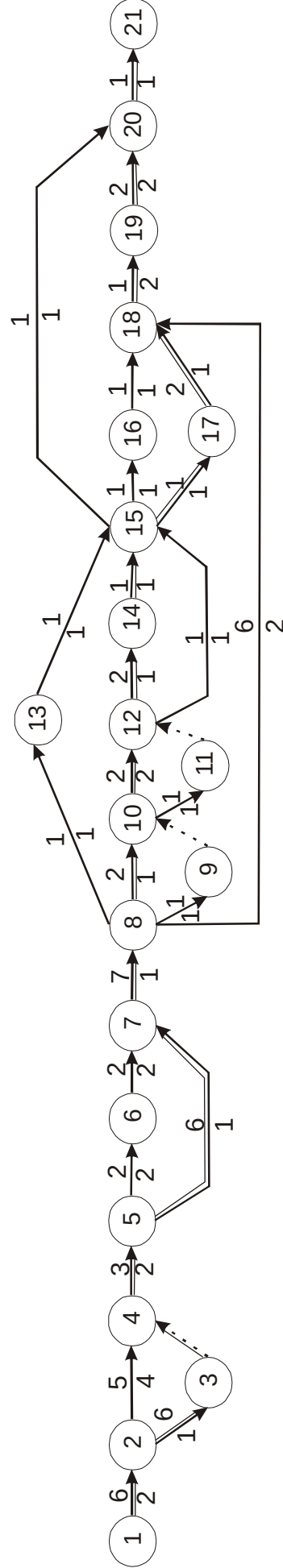


Рис. 3.3. Оптимізований сітговий графік

Для некритичних робіт коефіцієнт напруженості менше одиниці. Його визначають за формулою:

$$K_{H_{i-k}} = \frac{L_{\max} - L_{\text{кр.с}}}{L_{\text{кр}} - L_{\text{кр.с}}}, \quad (3.13)$$

де  $L_{\max}$  – тривалість максимально повного шляху, який проходить через дану роботу;

$L_{\text{кр.с}}$  – відрізок цього шляху, який співпадає з критичним шляхом.

Наприклад, для роботи 2–3:

$$K_{H_{(2-3)}} = \frac{39 - 36}{43 - 36} = 0,43.$$

Отриманні величини  $K_H$  заносимо до табл. 3.5.

### 3.5.4. Оптимізація сітьового графіка

Для скорочення тривалості критичного шляху та забезпечення рівномірного завантаження виконавців, переведемо одного виконавця з роботи 2–3 на роботу 2–4. При переводі виконавців з однієї роботи на іншу, змінюється їхня тривалість. Нова тривалість роботи:

$$t'_{\text{оч}_{i-k}} = \frac{t_{\text{оч}_{i-k}} \cdot K_{\text{вик}_{i-k}}}{K'_{\text{вик}_{i-k}}}, \quad (3.14)$$

де  $t_{\text{оч}_{i-k}}$ ,  $K_{\text{вик}_{i=k}}$  – відповідно очікувана тривалість роботи  $i-k$  та кількість її виконавців до оптимізації;

$K'_{\text{вик}_{i=k}}$  – кількість виконавців, яка запланована для виконання роботи  $i-k$  після їх перерозподілу.



Так, для роботи 2–4 після перерозподілу виконавців нова тривалість:

$$t'_{\text{оч}(2-4)} = \frac{7 \cdot 3}{4} = 5 \text{ роб. днів}.$$

Отримані нові значення очікуваної тривалості робіт та їх виконавців заносимо до табл. 5 і наносимо на сітьовий графік. Такий графік показано на рис. 3, а розрахунки його параметрів у табл. 5, 6.

Тривалість критичного шляху сітьового графіку після оптимізації складає 42 робочий день. В порівнянні з вихідним графіком вона скоротилася на 1 робочий день.

Таблиця 3.6

Параметри подій (роб. дні)

| Шифр<br>подій | До оптимізації |       |       | Після оптимізації |       |       |
|---------------|----------------|-------|-------|-------------------|-------|-------|
|               | $T_p$          | $T_n$ | $P_n$ | $T_p$             | $T_n$ | $P_n$ |
| 1             | 0              | 0     | 0     | 0                 | 0     | 0     |
| 2             | 6              | 6     | 0     | 6                 | 6     | 0     |
| 3             | 9              | 13    | 4     | 12                | 12    | 0     |
| 4             | 13             | 13    | 0     | 12                | 12    | 0     |
| 5             | 16             | 16    | 0     | 15                | 15    | 0     |
| 6             | 18             | 20    | 2     | 17                | 19    | 2     |
| 7             | 22             | 22    | 0     | 21                | 21    | 0     |
| 8             | 29             | 29    | 0     | 28                | 28    | 0     |
| 9             | 30             | 31    | 1     | 29                | 30    | 1     |
| 10            | 31             | 31    | 0     | 30                | 30    | 0     |
| 11            | 32             | 33    | 1     | 31                | 32    | 1     |
| 12            | 33             | 33    | 0     | 32                | 32    | 0     |
| 13            | 30             | 35    | 5     | 29                | 34    | 5     |
| 15            | 36             | 36    | 0     | 35                | 35    | 0     |
| 16            | 37             | 38    | 1     | 36                | 37    | 1     |
| 17            | 37             | 37    | 0     | 36                | 36    | 0     |
| 18            | 39             | 39    | 0     | 38                | 38    | 0     |
| 19            | 40             | 40    | 0     | 39                | 39    | 0     |
| 20            | 42             | 42    | 0     | 41                | 41    | 0     |
| 21            | 43             | 43    | 0     | 42                | 42    | 0     |

### 3.5.5. Розробка карти проекту

Для досягнення мінімізації потреби в одночасно необхідних виконавцях будують карту проекту. При цьому сітьовий графік перетворюють в лінійний і створюють діаграму зайнятості виконавців (рис. 3.4).

Як видно з побудованої діаграми, потрібна кількість виконавців коливається від 1 до 5 чоловік. Зменшити потрібну кількість виконавців і раціонально їх завантажити в окремі проміжки часу можливо за рахунок переміщення вправо некритичних робіт, що мають резерви часу. Для цього зміщуємо роботи 9–10, 12–15, 13–15, 15–20 вправо, у межах їхніх резервів, що дає можливість зменшити у певні проміжки часу максимальну кількість виконавців. Нове положення робіт на графіку та діаграмі зображуємо суцільною лінією, а початкове положення цих робіт – пунктиром.

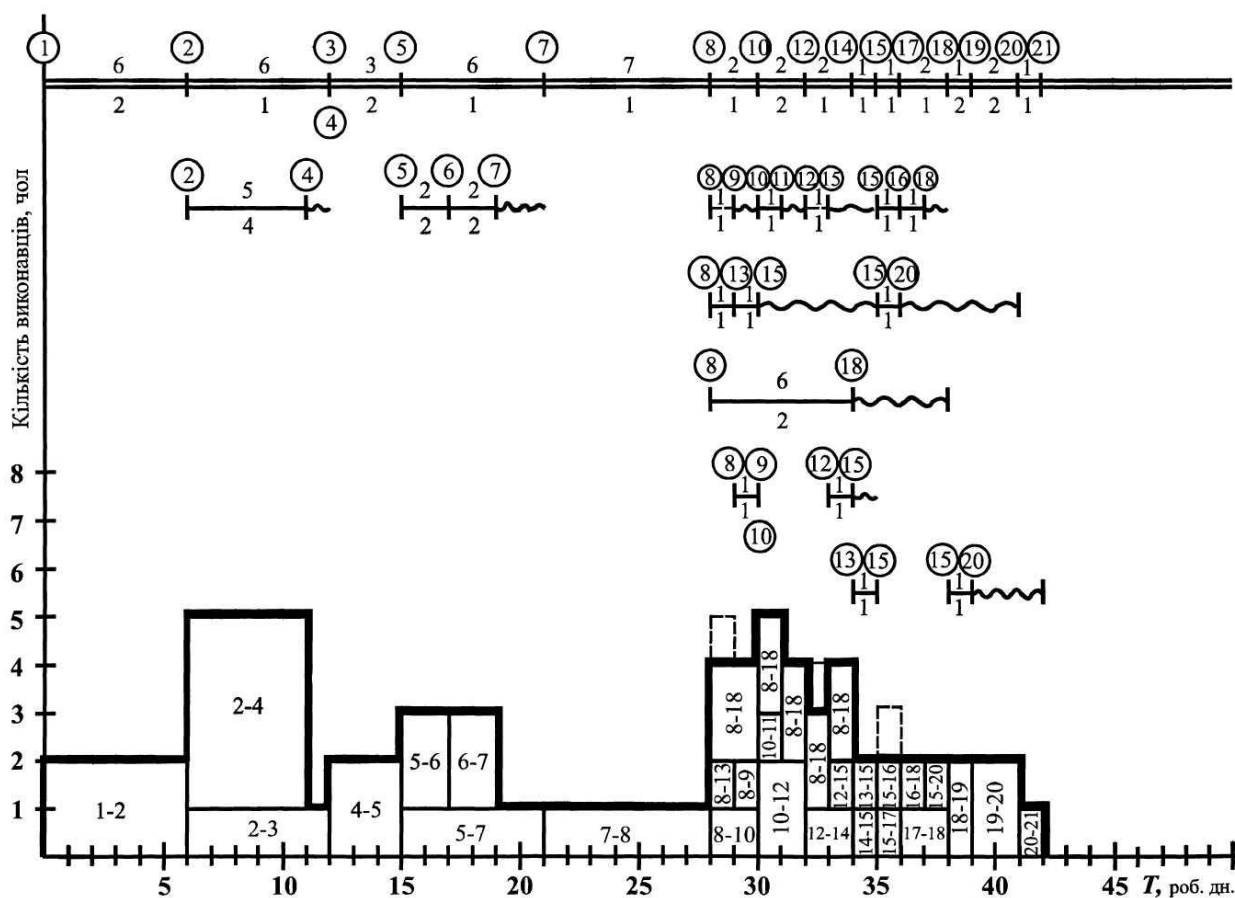


Рис. 3.4. Карта проекту: а) лінійний графік комплексу робіт;  
 б) діаграма завантаження виконавців

### 3.5.6. Оцінка можливих відхилень тривалості критичного шляху

Тривалість ряду робіт, які лежать на критичному шляху, задана ймовірними оцінками, а розрахунок шляхів виконано за середніми значеннями. В результаті фактична тривалість критичного шляху може виявитися більше або менше розрахованої.

Встановлення максимальної та мінімальної тривалості критичного шляху визначається із врахуванням середньоквадратичного відхилення. Для цього спочатку розраховуємо дисперсії тривалості виконання робіт, які лежать на критичному шляху, за формулою:

$$\sigma_{i-k}^2 = 0,04(t_{\max_{i-k}} - t_{\min_{i-k}})^2. \quad (3.15)$$

Результати розрахунків заносимо до табл. 5. Наприклад, дисперсія тривалості роботи 1–2:

$$\sigma_{(1-2)}^2 = 0,04(8 - 5)^2 = 0,36 \text{ роб.днів.}$$

Середньоквадратичне відхилення тривалості критичного шляху:

$$\sigma_{\text{кр}} = \pm \sqrt{\sum \sigma_{i-k}^2}, \quad (3.16)$$

$$\sigma_{\text{кр}} = \pm \sqrt{1,12} = \pm 1,0 \text{ роб.день.}$$

З врахуванням розрахованого відхилення планова тривалість критичного шляху складає:

$$L_{\text{кр}} = 42 \pm 1 \text{ роб.дня}$$

## ВИСНОВКИ

Проведений аналіз існуючого інструменту модульної конструкції для забезпечення обробки на модернізованих верстатах, верстатах з ЧПУ та обробних центрах показав, що вітчизняні конструкції інструментів та їх систем мають ряд конструктивних та технологічних обмежень. Окремі закордонні зразки позбавлені вказаних недоліків, але мають значну вартість.

На основі проведеного аналізу запропоновані системи збірних різців для токарних верстатів із ЧПУ, обробних центрів, що включають у себе прохідні, контурні різці й інструментальні блоки для відрізання й обробки канавок.

Для багатофункціональних обробних центрів розроблений спеціальний модульний блок, що складається з модульної самоцентрувальної державки, клина, гвинта і різців. Який має наступні переваги: багатопозиційність; надійне і жорстке кріплення в шпинделі верстата, за рахунок використання тригранного конуса; можливість зміни різального інструмента з поворотом модульної головки; швидкозмінність, за рахунок використання самоцентрувального клина і гвинта; застосування різців стандартної конструкції з перетином державки  $H=25 \times 25$  мм.

Для роботи в складі модульного блоку спроектовано збірний прохідний різець, що має наступні переваги: технологічність конструкції через малу кількість деталей кріплення; універсальність конструкції; високу пристосованість до обслуговування (швидка заміна різальної пластини); надійне подрібнення стружки за рахунок застосування клин-прихвата; високу надійність закріплення, за рахунок подвійного притиску, як з боку опорної поверхні, так і з боку упорної.

Спроектовано технологічний процес виготовлення збірних різців, що за рахунок застосування автоматизованого устаткування, швидкодіючого технологічного оснащення, сучасного інструмента і режимів різання дозволяє одержати мінімальну трудомісткість виготовлення і високу якість збірних різців.

Для виготовлення різців спроектовані механізовані поворотні лещата з гідроприводом і з урахуванням зусиль різання розраховані основні параметри гідроциліндру. Лещата забезпечують точне базування і надійне закріплення державок різців при виконанні фрезерних операцій.

Для обробки поверхонь державок різців під опорні пластини спроектовані 3-х координатні верстатні лещата, що дозволяють задавати необхідний кут нахилу оброблюваному виробові. З урахуванням діючих сил різання розраховані основні параметри гідроприводу лещат.

Для контролю відхилення від перпендикулярності торця і бічної грані спроектоване спеціальне контрольне пристосування індикаторного типу. За допомогою спеціального електродвигуна переміщається стіл з державкою, забезпечуючи рух щупів індикаторів уздовж контрольованих поверхонь. Пристосування забезпечує точність контролю до 0,011 мм.

Виконано техніко-економічне обґрунтування роботи.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гжиров, Р.И. Инструментальные системы автоматизированного производства: учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / Р.И. Гжиров, В.А. Гречишников, В.Г. Логашев и др. – Спб.: Политехника, 1993.– 399 с.
2. Гжиров, Р.И. Программирование обработки на станках с ЧПУ: Справочник/ Р.И. Гжиров, Л.П. Серебrenицкий – Л.– Машиностроение, Ленингр. отделение, 1990.– 588 с.
3. Горохов, В.А. Проектирование и расчет приспособлений / В.А. Горохов. – Минск: Высшая школа, 1986.– 489 с.
4. Гуревич Я.Л. Режимы резания труднообрабатываемых материалов. Справочник 2- е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1986. – 240 с.
5. Справочник технолога – машиностроителя: В 2т. / Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М: Машиностроение, 1985. – Т.1 – 496 с.; Т.2 - 496 с.
6. Справочник технолога-машиностроителя. В 2. Том 2. Под ред. д-ра техн. наук проф. А.Н. Малова. – М.: Машиностроение, 1972. – 568 с.
7. Нефедов, Н.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту / Н.А. Нефедов, К.А.Осипов. – М.: Машиностроение, 1976. – 288 с.
8. Великанов, П.М. Расчеты экономической эффективности новой техники / П.М. Великанов. – Л.: Машиностроение, 1989. – 340 с.
9. Горбачев, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А.Ф. Горбачев, В.А. Шкред. – М.: Высшая школа, 1983. – 256 с.
10. Нормативы расхода резцов с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин при обработке на средних токарных станках/ Г.Л. Хае, М.Г. Коткина, Г.П. Клименко и др. – М.: НИИмаш, 1981. – 69 с.
11. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. – М.: ВПТИ, 1965. – 294 с.

12. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Мелкосерийное и единичное производство. – М.: ВПТИ, 1967. – 316 с.

13. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. – М.: Машиностроение, 1974. – 416 с.

14. Общемашиностроительные нормативы режимов резания резцами с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин. – М.: НИИмаш, 1979. – 81с.

15. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. – 4.1. Токарные работы / А.Д. Локтев, Г.Л. Хае, Г.П. Клименко и др. – М.: НИИмаш, 1986. – 142 с.

16. Общемашиностроительные нормативы режимов резания: Справочник. – Т1. Токарные и карусельные работы. Фрезерные работы/ А.Д. Локтев, Г.П. Клименко, И.Ф. Гуцин и др. – М.: Машиностроение, 1991. – 634 с.

17. Общемашиностроительные нормативы: Справочник. – Т2. Нарезание резьбы, строгание и долбление, протягивание, зуб обработка / А.Д. Локтев, Г.П. Клименко, И.Ф. Гуцин и др. – М.: Машиностроение, 1991. – 482 с.

18. Okuma. Металлообрабатывающее оборудование. – 2007. – 25 с.

19. Sandvic Coromant. Corokey: Руководство по выбору инструмента. Точение – фрезерование – сверление. – 1998. – N4. – 169 с.

20. Sandvic Coromant. Выбор токарного инструмента и режимов резания. – 1978. – 57с.

21. Iscar tools. Инструменты для токарной обработки. – 2000. – с. 25.

22. Хае, Г.Л. Сборный твердосплавный инструмент / Г.Л. Хае, В.М. Гах, В.С. Губенко. – М.: Машиностроение, 1989. – 254 с.

23. Корсаков, В.С. Основы конструирования приспособлений: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1987. – 277 с.:ил.

24. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. – Т.1 / Под ред. Б.Н. Вардашкина, А.Л. Шатилова. – М.: Машиностроение, 1984. – 592 с.

25. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. – М.: Машиностроение, 1978. – 557с.: ил.
26. Анкерев, М.А. Приспособления для металлорежущих станков / Под ред. Н.Г. Гунтер. – 4-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1975. – 600с.
27. Болотин, Х.Л. Станочные приспособления / Х.Л. Болотин. – М.: Машиностроение, 1983. – 500 с.
28. Схиртладзе, Л.Г. Альбом станочных приспособлений. – М.: Машиностроение, 1987. – 150 с.
29. Фрумин, Ю.А. Комплексное проектирование инструментальной оснастки / Ю.А. Фрумин. – М.: Машиностроение, 1987. – 344с.: ил.
30. Филиппов, Г.В. Режущий инструмент / Г.В. Филиппов. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд.-е, 1981. – 392с.: ил.
31. Панов, А.А. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм. – М.: Машиностроение, 1988. – 736 с.

# ДОДАТКИ



[illegible]☐





[illegible]

| Форм. | Зона | Поз. | Позначення | Найменування             | Кільк. | 105<br>Примітка |
|-------|------|------|------------|--------------------------|--------|-----------------|
|       |      |      |            |                          |        |                 |
|       |      |      |            | <u>Документація</u>      |        |                 |
|       |      |      |            |                          |        |                 |
|       |      |      |            | Складальне креслення     | 2      |                 |
|       |      |      |            |                          |        |                 |
|       |      |      |            | <u>Деталі</u>            |        |                 |
|       |      | 1    |            | Упор                     | 1      |                 |
|       |      | 2    |            | Поршень                  | 1      |                 |
|       |      | 3    |            | Напрямні                 | 1      |                 |
|       |      | 4    |            | Гайка                    | 1      |                 |
|       |      | 5    |            | Втулка                   | 1      |                 |
|       |      | 6    |            | Лінійка                  | 1      |                 |
|       |      | 7    |            | Корпус                   | 1      |                 |
|       |      | 8    |            | Накладна губка           | 1      |                 |
|       |      | 9    |            | Нерухома губка           | 1      |                 |
|       |      | 10   |            | Кришка                   | 1      |                 |
|       |      | 11   |            | Притиск                  | 1      |                 |
|       |      | 12   |            | Основа                   | 1      |                 |
|       |      | 13   |            | Губка                    | 1      |                 |
|       |      | 14   |            | Корпус                   | 1      |                 |
|       |      | 15   |            | Вставка                  | 1      |                 |
|       |      | 16   |            | Планка                   | 1      |                 |
|       |      | 17   |            | Вставка                  | 1      |                 |
|       |      | 18   |            | Гайка                    | 1      |                 |
|       |      |      |            |                          |        |                 |
|       |      |      |            | <u>Стандартні вироби</u> |        |                 |
|       |      | 19   |            | Штуцер                   |        |                 |
|       |      |      |            | ГОСТ 3456-78             | 1      |                 |
|       |      |      |            |                          |        |                 |

|           |              |          |        |      |                                                                                                                                                                                                                |  |  |  |  |
|-----------|--------------|----------|--------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|
|           |              |          |        |      |                                                                                                                                                                                                                |  |  |  |  |
|           |              |          |        |      |                                                                                                                                                                                                                |  |  |  |  |
| Зм.       | Лист         | № докум. | Підпис | Дата |                                                                                                                                                                                                                |  |  |  |  |
| Розроб.   | Щур С.Е.     |          |        |      | <div>Механічні поворотні<br/>лещата з<br/>гідроприводом</div> <div> <div>Літера</div> <div>Лист</div> <div>Листів</div> </div> <div> <div></div> <div>1</div> <div>3</div> </div> <div>ЦНТУ, гр.ПМ-22М-3</div> |  |  |  |  |
| Перевірів | Лисенко О.В. |          |        |      |                                                                                                                                                                                                                |  |  |  |  |
|           |              |          |        |      |                                                                                                                                                                                                                |  |  |  |  |
| Н. контр. |              |          |        |      |                                                                                                                                                                                                                |  |  |  |  |
| Затв.     |              |          |        |      |                                                                                                                                                                                                                |  |  |  |  |

[illegible]

[illegible]

| Форм.     | Зона         | Поз.     | Позначення | Найменування         | Кільк.                                                                               | 108<br>Примітка |
|-----------|--------------|----------|------------|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
|           |              |          |            |                      |                                                                                      |                 |
|           |              |          |            | <u>Документація</u>  |                                                                                      |                 |
|           |              |          |            |                      |                                                                                      |                 |
|           |              |          |            | Складальне креслення | 1                                                                                    |                 |
|           |              |          |            |                      |                                                                                      |                 |
|           |              |          |            | <u>Деталі</u>        |                                                                                      |                 |
|           |              | 1        |            | Основа               | 1                                                                                    |                 |
|           |              | 2        |            | Корпус               | 1                                                                                    |                 |
|           |              | 3        |            | Сектор повороту      | 1                                                                                    |                 |
|           |              | 4        |            | Повзун               | 1                                                                                    |                 |
|           |              | 5        |            | Пробка               | 1                                                                                    |                 |
|           |              | 6        |            | Планка               | 1                                                                                    |                 |
|           |              | 7        |            | Пружина              | 1                                                                                    |                 |
|           |              | 8        |            | Шток                 | 1                                                                                    |                 |
|           |              | 9        |            | Кулачок              | 1                                                                                    |                 |
|           |              | 10       |            | Штовхач              | 1                                                                                    |                 |
|           |              | 11       |            | Повзун               | 1                                                                                    |                 |
|           |              | 12       |            | Гайка                | 1                                                                                    |                 |
|           |              | 13       |            | Гвинт                | 1                                                                                    |                 |
|           |              | 14       |            | Рукоятка             | 1                                                                                    |                 |
|           |              | 15       |            | Пружина              | 1                                                                                    |                 |
|           |              | 16       |            | Золотник             | 1                                                                                    |                 |
|           |              | 17       |            | Труба                | 1                                                                                    |                 |
|           |              | 18       |            | Труба                | 1                                                                                    |                 |
|           |              | 19       |            | Мембрана             | 1                                                                                    |                 |
|           |              | 20       |            | Діафрагма            | 1                                                                                    |                 |
|           |              | 21       |            | Сталевий диск        | 1                                                                                    |                 |
|           |              | 22       |            | Кільце               | 1                                                                                    |                 |
|           |              |          |            |                      |                                                                                      |                 |
|           |              |          |            |                      |                                                                                      |                 |
|           |              |          |            |                      |                                                                                      |                 |
| Зм.       | Лист         | № докум. | Підпис     | Дата                 | <div>Лещата поворотні</div> <div>трьохкоординатні</div> <div>ЦНТУ, гр.ПМ-22М-3</div> |                 |
| Розроб.   | Щур С.Е.     |          |            |                      |                                                                                      |                 |
| Перевірів | Лисенко О.В. |          |            |                      |                                                                                      |                 |
| Н. контр. |              |          |            |                      |                                                                                      |                 |
| Затв.     |              |          |            |                      |                                                                                      |                 |
|           |              |          |            |                      | Літера                                                                               | Лист            |
|           |              |          |            |                      |                                                                                      | 1               |
|           |              |          |            |                      |                                                                                      | 3               |

| Форм. | Зона | Поз.     | Позначення | Найменування             | Кільк. | 109<br>Примітка |
|-------|------|----------|------------|--------------------------|--------|-----------------|
|       |      | 23       |            | Пружина                  | 1      |                 |
|       |      | 24       |            | Палець                   | 1      |                 |
|       |      | 25       |            | Планка                   | 1      |                 |
|       |      | 26       |            | Планка                   | 1      |                 |
|       |      | 27       |            | Клин                     | 1      |                 |
|       |      | 28       |            | Дуга                     | 1      |                 |
|       |      | 29       |            | Клин                     | 1      |                 |
|       |      | 30       |            | Накладка                 | 1      |                 |
|       |      |          |            |                          |        |                 |
|       |      |          |            | <u>Стандартні вироби</u> |        |                 |
|       |      | 31       |            | Штифт діам.3             |        |                 |
|       |      |          |            | ГОСТ 7244-70             | 1      |                 |
|       |      | 32       |            | Гвинт М10х1,5            |        |                 |
|       |      |          |            | ГОСТ 1485-84             | 2      |                 |
|       |      | 33       |            | Гвинт М10х0,8            |        |                 |
|       |      |          |            | ГОСТ 1485-84             | 2      |                 |
|       |      | 34       |            | Шпилька М15-6g           |        |                 |
|       |      |          |            | ГОСТ 22032-76            | 1      |                 |
|       |      | 35       |            | Болт М12-6g              |        |                 |
|       |      |          |            | ГОСТ 7798-70             | 2      |                 |
|       |      | 36       |            | Втулка                   |        |                 |
|       |      |          |            | ГОСТ 9877-80             | 1      |                 |
|       |      | 37       |            | Манжета                  |        |                 |
|       |      |          |            | ГОСТ 4567-79             | 1      |                 |
|       |      | 38       |            | Гвинт М2                 |        |                 |
|       |      |          |            | ГОСТ 1485-84             | 1      |                 |
|       |      | 39       |            | Прокладка                |        |                 |
|       |      |          |            | ГОСТ 3289-76             | 1      |                 |
|       |      | 40       |            | Прокладка                |        |                 |
|       |      |          |            | ГОСТ 3289-76             | 1      |                 |
|       |      | 41       |            | Гвинт М15х1,5            |        |                 |
|       |      |          |            | ГОСТ 1485-84             | 1      |                 |
|       |      |          |            |                          |        |                 |
|       |      |          |            |                          |        |                 |
|       |      |          |            |                          |        |                 |
| Зм.   | Лист | № докум. | Підпис     | Дата                     |        | Лист<br>2       |

[illegible]

| Форм. | Зона | Поз. | Позначення | Найменування              | Кільк. | 111<br>Примітка |
|-------|------|------|------------|---------------------------|--------|-----------------|
|       |      |      |            |                           |        |                 |
|       |      |      |            | <u>Документація</u>       |        |                 |
|       |      |      |            |                           |        |                 |
|       |      |      |            | Складальне креслення      | 1      |                 |
|       |      |      |            |                           |        |                 |
|       |      |      |            | <u>Складальні одиниці</u> |        |                 |
|       |      | 1    |            | Напівмуфта                | 1      |                 |
|       |      | 2    |            | Перетворювач струму       | 1      |                 |
|       |      |      |            |                           |        |                 |
|       |      |      |            | <u>Деталі</u>             |        |                 |
|       |      | 3    |            | Стійка                    | 1      |                 |
|       |      | 4    |            | Основа                    | 1      |                 |
|       |      | 5    |            | Кронштейн                 | 1      |                 |
|       |      | 6    |            | Кінцевий вимикач          | 1      |                 |
|       |      | 7    |            | Кулька                    | 1      |                 |
|       |      | 8    |            | Втулка                    | 1      |                 |
|       |      | 9    |            | Індикатор                 | 1      |                 |
|       |      | 10   |            | Кронштейн                 | 1      |                 |
|       |      | 11   |            | Індикатор                 | 1      |                 |
|       |      | 12   |            | Фланець нижній            | 1      |                 |
|       |      | 13   |            | Стійка                    | 1      |                 |
|       |      | 14   |            | Фланець верхній           | 1      |                 |
|       |      | 15   |            | Каретка                   | 1      |                 |
|       |      | 16   |            | Щока                      | 1      |                 |
|       |      | 17   |            | Підкладка                 | 1      |                 |
|       |      |      |            |                           |        |                 |
|       |      |      |            |                           |        |                 |
|       |      |      |            |                           |        |                 |
|       |      |      |            |                           |        |                 |

|           |              |          |        |      |                                                          |  |  |                   |      |        |  |
|-----------|--------------|----------|--------|------|----------------------------------------------------------|--|--|-------------------|------|--------|--|
|           |              |          |        |      |                                                          |  |  |                   |      |        |  |
|           |              |          |        |      |                                                          |  |  |                   |      |        |  |
| Зм.       | Лист         | № докум. | Підпис | Дата | Пристрій для контролю перпендикулярності поверхонь різни |  |  | Літера            | Лист | Листів |  |
| Розроб.   | Щур С.Е.     |          |        |      |                                                          |  |  |                   |      |        |  |
| Перевірів | Лисенко О.В. |          |        |      |                                                          |  |  |                   |      |        |  |
|           |              |          |        |      |                                                          |  |  |                   |      |        |  |
| Н. контр. |              |          |        |      |                                                          |  |  |                   |      |        |  |
| Затв.     |              |          |        |      |                                                          |  |  | ЦНТУ, гр.ПМ-22М-3 |      |        |  |

Пристрій для  
контролю  
перпендикулярності  
поверхнини різця

[illegible]

[illegible]