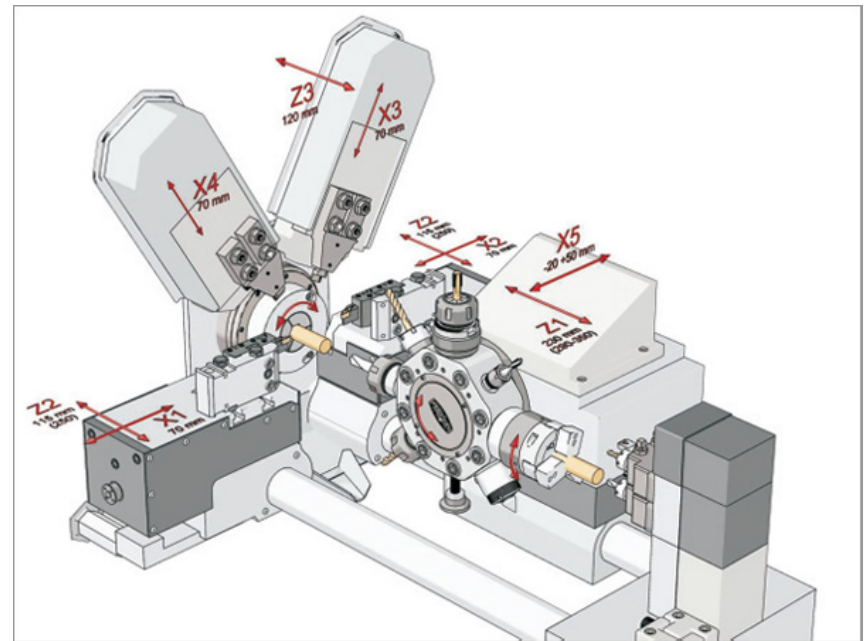


Р. Д. Іскович-Лотоцький, О. Д. Манжілевський

ОБЛАДНАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ ВИРОБНИЦТВ

ЧАСТИНА 1 ВЕРСТАТИ-АВТОМАТИ



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

Р. Д. Іскович-Лотоцький, О. Д. Манжілевський

**ОБЛАДНАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ ВИРОБНИЦТВ
ЧАСТИНА 1
ВЕРСТАТИ-АВТОМАТИ**

Навчальний посібник

Вінниця
ВНТУ
2017

УДК 621.941.23
ББК 34.63-5
I-86

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 2 від 24 вересня 2013 р.)

Рецензенти:

І. О. Сивак, доктор технічних наук, професор

В. Ф. Анісімов, доктор технічних наук, професор

І. П. Паламарчук, доктор технічних наук, професор

Іскович-Лотоцький, Р. Д.

I-86 Обладнання автоматизованих виробництв. Частина 1. Верстати-автомати : навчальний посібник / Р. Д. Іскович-Лотоцький, О. Д. Манжілевський – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 91 с.

Посібник містить основні поняття про автоматизацію металорізальних верстатів. В посібнику наведено класифікацію верстатів-автоматів і напівавтоматів, системи керування автоматичними верстатами, а також викладені основні відомості про конструкцію та принцип роботи найбільш розповсюджених кулачкових токарних автоматів і напівавтоматів. Призначений для студентів машинобудівних спеціальностей вищих навчальних закладів та коледжів.

УДК 621.941.23
ББК 34.63-5

© ВНТУ, 2017

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	4
ВСТУП.....	5
1 ВЕРСТАТИ АВТОМАТИ І НАПІВАВТОМАТИ. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ПРО АВТОМАТИЗАЦІЮ МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ.....	8
1.1 Основні поняття про автоматизацію металорізальних верстатів..	8
1.2 Класифікація верстатів-автоматів і напівавтоматів.....	9
1.3 Системи керування автоматичними верстатами.....	9
1.4 Системи керування з розподільчим валом.....	16
2 ТОКАРНІ АВТОМАТИ І НАПІВАВТОМАТИ (КУЛАЧКОВІ).....	32
2.1 Основні поняття про верстати-автомати і напівавтомати.....	32
2.2 Фасонно-відрізні автомати.....	32
2.3 Автомати поздовжнього точіння.....	36
2.4 Токарно-револьверні автомати.....	52
2.5 Багатошпindelьні токарні автомати.....	63
2.6 Одношпindelьні токарні напівавтомати.....	75
2.7 Багатошпindelьні токарні напівавтомати.....	78
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	89

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АЛ	автоматична лінія
ВО	виконавчий орган
ГВМ	гнучкий виробничий модуль
ГВС	гнучка виробнича система
МОР	мастильно-охолоджувальна рідина
РВ	розподільчий вал
СК	система керування
СПК	системи циклового програмного керування
СЦПК	системи програмного керування
ЧПК	числове програмне керування
ШБ	шпиндельна бабка

ВСТУП

Основні терміни та визначення

Металорізальний верстат – машина для розмірної обробки заготовок шляхом зняття стружки. Обробка проводиться переважно шляхом різання лезовим або абразивним інструментом. Використовуються також електрофізичні та електрохімічні методи обробки, поверхневе пластичне деформування, оптичні лазери. У верстаті створюються рухи для утворення ріжучим інструментом на заготовці однієї або декількох заданих поверхонь. Всі ці рухи є цілком визначеними, що відповідають заданому технологічному процесу. Для забезпечення необхідних закономірностей кожного руху встановлюють характерні його параметри і створюють у верстаті відповідні механізми.

Металорізальні верстати у відповідності зі службовим призначенням мають різні технологічні можливості і розміри. Сукупність всіх типів і розмірів верстатів, що випускаються за певний період часу, називається типажем.

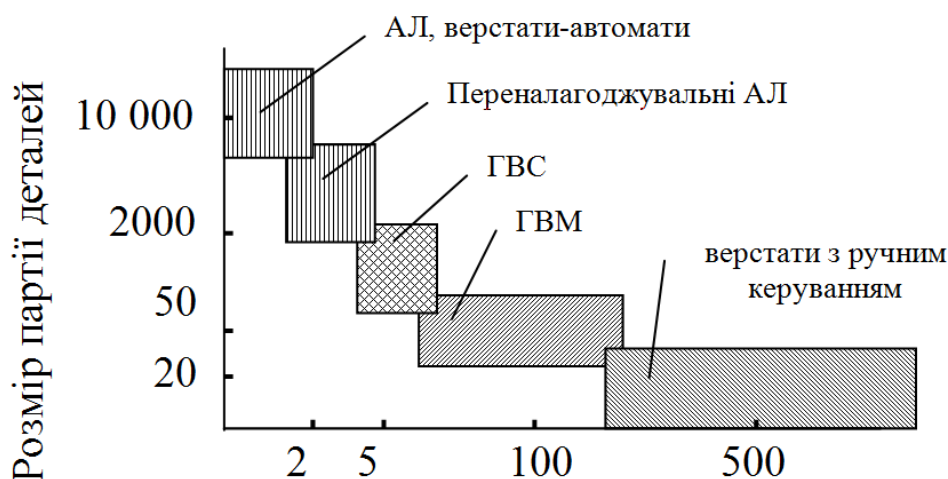
Верстати класифікуються за багатьма ознаками. Залежно від виду обробки і застосування ріжучого інструменту верстати поділяють на технологічні групи: токарні, свердлильні й розточувальні, фрезерні, шліфувальні і т. д. По класу точності розрізняють верстати нормальної (Н), підвищеної (П), високої (В), надвисокої (А) точностей і особливо точні верстати (С). За ступенем універсальності можна виділити універсальні (загального призначення), спеціалізовані та спеціальні верстати. За рівнем автоматизації виділяють: верстати-напівавтомати, верстати-автомати, верстати з ЧПК, гнучкі виробничі модулі. Залежно від маси прийнято розділяти верстати на легкі (до 1 т), середні (1 ... 10 т), важкі (більше 10 т) і унікальні (більше 100 т).

Процес обробки на верстатах здійснюється за допомогою рухів формоутворення, в яких беруть участь як інструмент, так і заготовка.

Формоутворюючі рухи можуть бути рухами різання і рухами подачі. Ці рухи в процесі різання утворюють на заготовці задані поверхні.

Крім технологічних операцій, пов'язаних із зміною форми і розмірів заготовок, на верстатах необхідні допоміжні операції для зміни різального інструменту і заготовок, їх затиску і контролю, для підведення в зону обробки мастильно-охолоджувальної рідини і видалення стружки, а також для керування верстатами, контролю та діагностування їх стану.

Області ефективного застосування окремих верстатів і верстатних комплексів показані нище.



На рисунку позначено: АЛ – автоматичні лінії; ГВС – гнучкі виробничі системи; ГВМ – гнучкі виробничі модулі.

Історично склалося, що першим видом металорізального устаткування є універсальні верстати з ручним керуванням, які постійно удосконалюються і навіть забезпечуються окремими засобами автоматизації. Основні недоліки верстатів – низька продуктивність і виконання робітником всього необхідного циклу управління роботою верстата.

Зазвичай технологічний процес виготовлення деталі на верстаті дозволяє одночасно закріплювати заготовку, змінювати ріжучий інструмент, встановлювати необхідні режими різання. Але практично на верстаті з ручним керуванням робочий всі ці допоміжні операції виконує послідовно. Аналогічна ситуація має місце і з робочими операціями. У більшості випадків, технологічний процес можна виконувати кількома одночасно працюючими інструментами, однак при ручному управлінні всі робочі операції виконуються послідовно.

Збільшення масштабів виробництва, потреба у виготовленні великої кількості однакових машин, зумовили появу універсальних верстатів-автоматів і напівавтоматів. Автомат – це верстат, що автоматично і багаторазово виконує всі робочі і холості (допоміжні) елементи циклу обробки деталі, крім наладки. Напівавтомат – це верстат з автоматичним циклом, повторюваним за участю робітника.

Особливістю верстатів-автоматів є висока продуктивність. Так, наприклад, токарний шестишпindelний автомат може замінити за продуктивністю до 20 універсальних токарних верстатів з ручним керуванням, що досягається шляхом поєднання допоміжних і робочих операцій, високими швидкостями виконання всіх допоміжних переміщень, великою кількістю одночасно працюючих інструментів.

Хоча верстати-автомати розглянутого виду і називають універсальними, можливість їх переналагодження значно нижча, ніж верстатів з ручним керуванням. Наприклад, робітник може встановлювати і закріплювати в шпindelі токарного верстата однаково просто як пруток, так і штучні за-

готовки; в токарному автоматі механізми завантаження і затиску, які створені для пруткового матеріалу, непридатні для штучних заготовок. Цим і пояснюється велика різноманітність (і відповідно велика кількість типорозмірів) універсальних автоматів.

На верстаті з ручним керуванням робітник, завершивши виготовлення чергової деталі, може одразу ж приступити до виготовлення за іншим кресленнями абсолютно іншої деталі. На універсальному верстаті-автоматі таке переналаштування займає кілька годин, а підготовка до переналаштування (проектування та виготовлення кулачків, копіїв, розробка циклограм і карт налагодження) – кілька днів. Тому фактична продуктивність автоматів в умовах дрібносерійного виробництва виявляється низькою.

Таким чином, універсальні автомати і напівавтомати найбільш ефективні в тому виробництві, де не потрібно часто переналаштовувати обладнання, тобто у багатосерійному виробництві.

Прагнення максимально підвищити продуктивність при великих масштабах виробництва призвело до створення спеціалізованих і спеціальних верстатів-автоматів. Спеціалізованими називаються верстат-автомати, які можуть бути переналагоджені на обробку невеликої групи однотипних деталей (наприклад, кілець підшипників кочення). Спеціальні верстат-автомати створюються для обробки однієї єдиної деталі (наприклад, колінчастого валу). Вузька спеціалізація такого обладнання призводить до значного спрощення його конструювання, конструкції і системи управління.

Крім того, проектуючи верстат-автомат для обробки будь-якої конкретної деталі, можна обрати оптимальними технологічний процес і режими різання, поєднати операції, спростити наладку, управління та обслуговування. Все це дозволяє забезпечити більш високу продуктивність і ефективність у порівнянні з універсальними автоматами в умовах багатосерійного і масового виробництва.

1 ВЕРСТАТИ АВТОМАТИ І НАПІВАВТОМАТИ. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ПРО АВТОМАТИЗАЦІЮ МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ

1.1 Основні поняття про автоматизацію металорізальних верстатів

Машинобудівне виробництво за своїм характером поділяється на масове, серійне і одиничне (з внутрішнім підрозділом на дрібносерійне, середньосерійне і багатосерійне).

При масовому виробництві технологічне обладнання спеціалізується на виконання однакових, повторюваних операцій технологічного процесу.

При серійному виробництві технологічне обладнання спеціалізується на виконанні двох або декількох закріплених операцій, що чергуються в певній послідовності.

При одиничному виробництві технологічне обладнання завантажується різними роботами і не має закріплених операцій або об'єктів виробництва.

Найважливішим показником, що характеризує тип виробництва, є номенклатура і кількість випущених виробів. При цьому, на одному і тому ж підприємстві виробництво може мати різний характер. Так, при серійному характері виробництва основної продукції, виробництво нормалей (болтів, гвинтів, гайок і т. д.) може носити масовий характер, а продукція інструментальних цехів – дрібносерійний або навіть одиничний.

Характер виробництва висуває певні вимоги до технологічного обладнання. Якщо в умовах масового виробництва зі стабільними характеристиками випуску продукції головною вимогою до робочих машин є висока продуктивність, то для умов серійного й одиничного виробництва першочергового значення набуває універсальність і мобільність засобів виробництва при забезпеченні відповідної якості продукції.

Під універсальністю розуміється здатність обладнання до переналагодження на широкий діапазон оброблюваних виробів.

Мобільність визначається швидкістю переходу з випуску одних виробів на інші.

Як правило, чим вище продуктивність обладнання і ступінь його автоматизації, тим нижчі показники універсальності і мобільності.

Таким чином, масове виробництво одних і тих же виробів протягом тривалого періоду часу вимагає створення дорогих, максимально автоматизованих, високопродуктивних машин, що тривалий час зберігають свої експлуатаційні якості. До таких машин відносяться, перш за все, верстативавтомати та напівавтомати, а в умовах серійного виробництва – верстатив з ЧПК. З таких верстатив компонуються гнучкі виробничі модулі та системи, автоматичні лінії.

Обробка деталей на металорізальних верстатах складається з робочих та допоміжних операцій. Під час робочих операцій здійснюється форму-

вання необхідної поверхні, тобто проводиться процес різання. До допоміжних відносять операції керування верстатом, установки, закріплення та зняття оброблюваної деталі, операції підведення і відведення інструментів, контролю розмірів і т. д.

Автоматами називають верстати, в яких весь цикл виготовлення деталі, починаючи від завантаження заготовок і закінчуючи вивантаженням готових виробів, повністю автоматизований, тобто процес виготовлення деталей відбувається без участі оператора. Оператор здійснює лише завантаження верстата на партію оброблених деталей і початковий пуск.

Напівавтоматами називають верстати, в яких весь цикл обробки деталей автоматизований, а операції завантаження верстата штучними заготовками, вивантаження готових виробів, а також операції керування верстатом, тобто його ввімкнення і вимкнення виконуються оператором вручну при кожному циклі.

До верстатів з ЧПК зазвичай відносять універсальні верстати, в системі автоматичного керування якими вводять числа або символи, що відображають величину і характер переміщень інструмента і деталі щодо один одного, і працюють за заданою програмою. Як правило, такі верстати характеризуються великою гнучкістю, маневреністю і універсальністю в умовах динамічного виробництва.

1.2 Класифікація верстатів-автоматів і напівавтоматів

Автоматизовані верстати в основному поділяють за розмірами, типу оброблювальної заготовки, технологічними можливостями (виконувальними операціями), за точністю обробки, принципом дії, по конструкції, числу різних органів (шпинделів) і за типами (див. рис. 1.1).

Всі автоматизовані верстати можна поділити на вертикальні і горизонтальні, які, у свою чергу діляться на автомати і напівавтомати, одношпиндельні і багатошпиндельні і т. д.

Вертикальні верстати зазвичай є більш важкими і потужними, ніж горизонтальні і використовуються для обробки деталей великого діаметра і відносно невеликої довжини.

Токарні автомати і напівавтомати застосовують для обробки деталей з прутка або штучних заготовок, дозволяючи виконати наступні операції: точіння поздовжнє і поперечне, підрізання торців, центрування отворів, свердління, розточування, зенкування, нарізання зовнішніх та внутрішніх різьб, накочування рифлень, фасонну обробку, відрізання деталей, а при оснащенні верстатів спеціальними пристосуваннями – фрезування шліців, лисок та інші операції.

1.3 Системи керування автоматичними верстатами

Системи автоматичного керування забезпечують роботу верстата за раніше заданою програмою. Головна відмінність автомата від звичайного

універсального верстата полягає в тому, що він за точною, задалегідь складеною програмою виконує певний повторюваний цикл роботи.

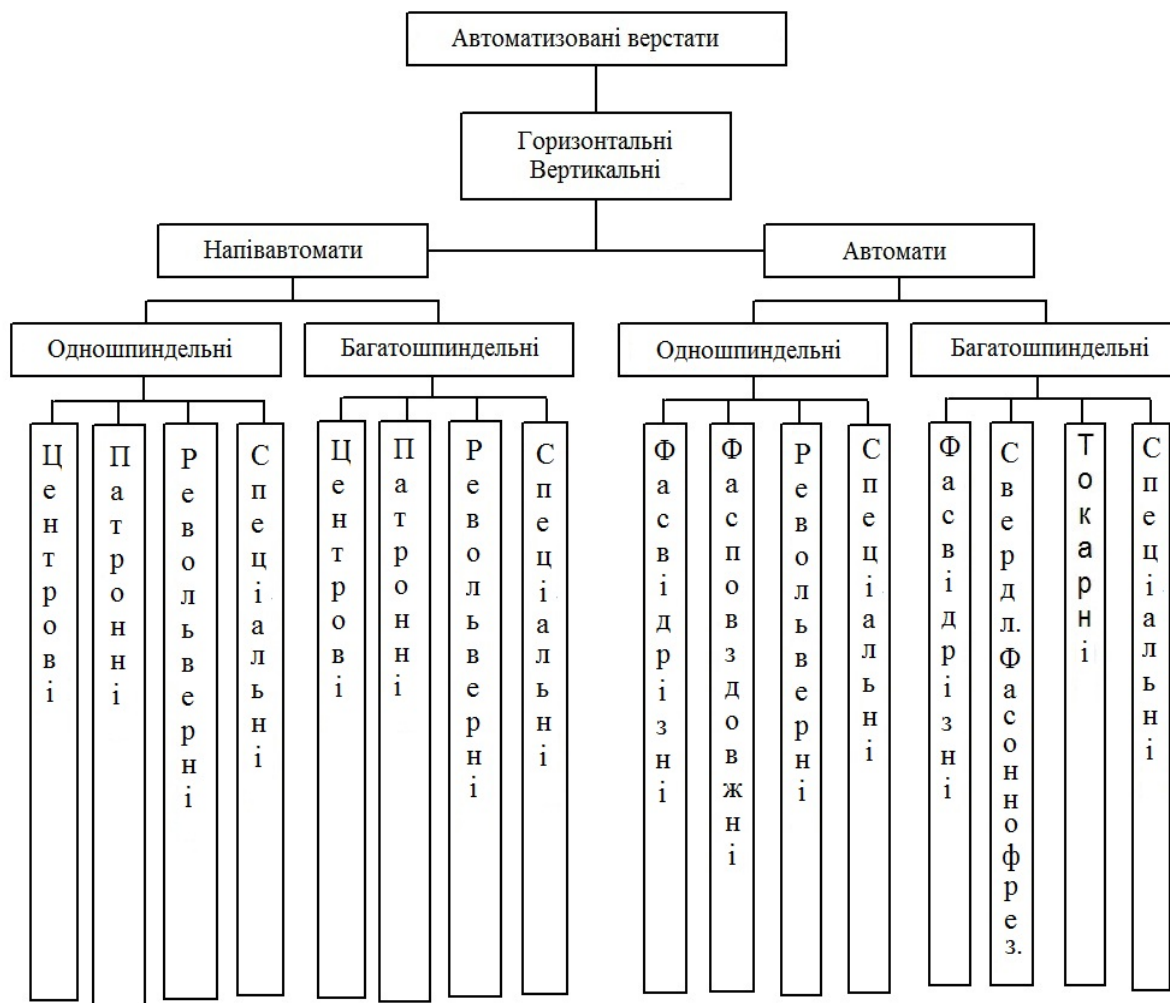


Рисунок 1.1 – Класифікація верстатів-автоматів і напівавтоматів

Вибір системи керування багато в чому залежить від специфіки технологічного процесу, від конкретних виробничих умов, в яких буде експлуатуватися верстат і від вимог економіки.

Крім того, система керування накладає свої особливості на кінематику і конструкцію верстатів, систему транспортних і допоміжних пристроїв, оскільки вони невіддільні від системи керування.

Однак, будь-яка система керування, незалежно від її технологічного призначення, повинна відповідати ряду наступних основних вимог:

- високоточне виконання команд на переміщення;
- синхронізація переміщень у різних циклах;
- висока надійність роботи;
- мобільність при зміні об'єкта виробництва;
- простота конструкції і низька вартість;

- оптимальне регулювання процесу обробки;
- короткий цикл підготовки програми роботи;
- виконання великої кількості команд (перемикання подач і частот обертання шпинделя, поворот різцевої головки, ввімкнення і вимкнення МОР, зміна інструмента і т. д.);
- керування тривалими циклами обробки без зміни програмного носія.

Системи керування автоматів і напівавтоматів можна розрізнити за такими ознаками: за принципом синхронізації, ступеня централізації керування, за методом впливу, числу керованих координат, типу програмного носія, за наявності або відсутності зворотного зв'язку і т. д.

Централізовані системи керування характеризуються тим, що керування всім технологічним циклом здійснюється з центрального командного пристрою (командного апарата, пульта, розподільчого валу, стрічкопротяжного пристрою) незалежно від дії та положення виконавчого органу (ВО). У таких систем керування (СК) тривалість робочого циклу для кожного ВО є, як правило, величиною сталою. Завдяки простоті схеми керування, надійності в роботі, зручності обслуговування та налаштування централізовані СК отримали найбільше застосування в автоматах і напівавтоматах. До числа недоліків подібних систем можна віднести необхідність додаткових запобіжних пристроїв, оскільки, команди з центрального пульта подаються незалежно від дії та положення виконавчих та робочих органів.

Децентралізовані СК (іноді називаються шляховими), здійснюють керування за допомогою датчиків (найчастіше шляхових перемикачів і кінцевих вимикачів), що вмикаються рухомими ВО. Ці системи базуються на керуванні упорами. Всі ВО пов'язані між собою так, що кожний наступний рух може відбуватися тільки лише після закінчення руху попереднього ВО. Перевагою цієї системи керування є відсутність блокування, оскільки команди подаються тільки лише після закінчення попередньої операції. Однак, датчики розташовані в робочій зоні верстатів і нерідко виходять з ладу через попадання стружки, пилу, мастила і видають неправильні команди внаслідок закорочення електричних ланцюгів. Крім того, такі датчики є ще недостатньо надійними в роботі.

Змішані СК є комбінацією перших двох систем. Тут керування деякими елементами циклу здійснюється як у децентралізованій системі, а іншими (рештою) від центрального командного пристрою. Наприклад, керування усім циклом обробки деталі здійснюється централізовано, а контроль виконання чергових команд – за допомогою шляхових датчиків.

Найбільш важливим і характерною ознакою будь-якої системи програмного керування (ПК) є спосіб завдання програми обробки, вибір якого багато в чому залежить від призначення СК, від структурної особливості та економічної доцільності. Будь-яка СК виконує лише певний, заздалегідь запланований комплекс операцій з обробки деталі, складений у вигляді програми роботи автомату. Тому система ПК має програмний носій, який в

той чи іншій спосіб відображає величину, траєкторію, швидкість і напрям переміщення деталі та інструмента.

За способом задання програми та виду програмування наявні:

- системи керування упорами;
- системи керування копірами;
- системи керування розподільчим валом;
- системи циклового програмного керування СЦПК (упори, комутатори, штекерне табло);
- системи ЧПК (перфокарти, перфострічки, магнітні стрічки і т. д.).

Найбільш високою надійністю володіє СК розподільчим валом. Вона являє собою характерний приклад централізованої розімкнута СК без зворотного зв'язку, яка забезпечує надійну і точну синхронізацію робочого циклу будь-якої складності. Ця СК набула в автоматах найширшого розповсюдження.

СК упорами знайшли широке поширення в сучасних агрегатних верстатах та автоматичних лініях.

СК копірами, маючи цілу низку переваг (можливість обробки деталей зі складними поверхнями, універсальність і мобільність при налагодженні, широка можливість автоматизації верстатів і т. д.) мають і недолік – неможливість роботи кількома інструментами, автоматизація тільки робочих ходів і порівняно висока трудомісткість виготовлення копіїв.

Циклові СПК, на відміну від СЧПК, більш прості за структурою побудови, конструкції і схеми їх вузлів. Вони мають меншу вартість, меншу складність освоєння, достатньо високу надійність роботи, простоту усунення виникаючих несправностей, але і менш широкі можливості, ніж СЧПК.

Системи ЧПК більш складні, ніж ЦСПК, більш універсальні, мають високу гнучкість і переналагоджувальність обладнання на обробку нової деталі, але і менш надійні. Незважаючи на досить високу їх вартість і складність в обслуговуванні, вони знаходять все більше і більше застосування, особливо, при обробці складних корпусних і дорогих деталей.

Вибір тієї чи іншої СК робить істотний вплив на всі техніко-економічні показники автоматів і напівавтоматів: їх продуктивність, надійність в роботі і економічну ефективність.

Продуктивність робочих машин – це величина, зворотна тривалості робочого циклу і сумарних позациклових втрат. Враховуючи тільки власні позациклові втрати, отримаємо:

$$Q = \frac{1}{t_p + t_x + \sum C_i + t_e + t_{nep}}, \quad (1)$$

де t_p – час робочих ходів циклу;

t_x – час холостих ходів;

ΣC_i – втрати по інструменту;
 t_e – втрати по обладнанню;
 t_{nep} – втрати по переналагодженню:

$$t_{nep} = \frac{\Theta_{nep}}{a},$$

де Θ_{nep} – час, що витрачається на переналагодження верстата при переході на обробку іншої деталі;
 a – розмір партії оброблювальних деталей, ($1 < a < \infty$).

Застосування різних СК значною мірою залежить від втрат на холості ходи робочого циклу t_x і тривалість переналагодження верстата Θ_{nep} .

За принципом здійснення холостих ходів всі автомати і напівавтомати можна поділити на три групи.

В автоматах першої групи величина втрат холостих ходів пропорційна зміні величини робочих ходів. За цим принципом побудовані СК майже всіх неметалоріжучих верстатів з розподільчим валом (РВ) – харчових, текстильних, електровакуумних та ін., а також металорізальних для нескладних робіт. До цієї ж групи належать верстати з ПК з керуванням на магнітних носіях (магнітні стрічки) при постійній швидкості її протягування. При цьому, циклова продуктивність $Q_{цл}$ пропорційна технологічній K , тобто:

$$Q_{цл} = K \cdot \left(1 - \frac{\beta}{2\pi}\right) = K \cdot \eta_1, \quad (2)$$

де η_1 – коефіцієнт продуктивності, $\eta_1 = \text{const}$.

$$\eta_1 = \left(1 - \frac{\beta_1}{2\pi}\right).$$

β_1 – кут холостого ходу (без урахування суміщень).

$$K = \frac{1}{t_p}.$$

В автоматах другої групи СК побудована таким чином, що зміна величини робочих ходів і технологічної продуктивності не впливає на тривалість холостих ходів, які залишаються постійними. До автоматів цієї групи належать: наприклад, гідрокопіювальні верстати, де тривалість затиску деталей, швидкого підведення і відведення супортів та інших холостих ходів не залежить від зміни режимів і тривалості обробки. До цієї групи належать і токарні багатшпиндельні автомати, автоматичні лінії з агрегатних

верстатів з системою керування упорами та ін. Їх загальною ознакою є умова: $t_{xx} = const$.

Циклова продуктивність автоматів другої групи виражається за формулою:

$$Q_{uII} = \frac{K}{K \cdot t_{xxII} + 1} = K \cdot \eta_{II}. \quad (3)$$

Автомати третьої групи (проміжної) поєднують характерні ознаки автоматів першої та другої груп. Їх СК будуються таким чином, що при зміні тривалості робочих ходів одна частина холостих ходів змінюється пропорційно, а інша – залишається незмінною. Отже, для автоматів даної групи характерні обидві ознаки: $\eta_I = const$; $t_{xII} = const$.

За цим принципом побудовані, наприклад, багато автоматів в електровакуумному машинобудуванні, які крім основного розподільчого валу, що обертається з постійною швидкістю, мають високообертальний вал, що періодично вмикається, від кулачка якого відбувається поворот каруселі.

В автоматах третьої групи тривалість робочого циклу:

$$T = t_p + t_{xI} + t_{xII}, \quad (4)$$

де t_{xI} – холості ходи, що виконуються по групі 1 (залежні від зміни t_p);
 t_{xII} – холості ходи, що виконуються по групі 2 (незалежні від вимірювання t_p).

Циклова продуктивність автоматів третьої групи виражається за формулою:

$$Q_{uIII} = K \cdot \left(1 - \frac{\beta}{2\pi}\right) \cdot \frac{1}{1 + K \cdot t_{xxII}} = K \cdot \eta_{II} \cdot \eta_{III}, \quad (5)$$

де η_{III} – коефіцієнт продуктивності без урахування холостих ходів групи 2;

$\eta_{II} = \frac{K}{K \cdot t_x + 1}$ – коефіцієнт продуктивності без урахування холостих ходів групи 1.

Це дає можливість порівнювати величину циклової продуктивності при різних варіантах побудови систем керування і вибирати для кожного конкретного випадку найоптимальніші варіанти (див. рис. 1.2). З графіку видно, що крива продуктивності автоматів третьої групи займає проміжне значення між кривими автоматів першої та другої груп, оскільки в діапазоні зміни технологічної продуктивності від K_1 до K_2 вона забезпечує більшу

продуктивність, ніж автомати першої та другої груп. Поза цими межами автомати проміжної групи менш продуктивні, ніж автомати групи 2 ($K_3 < K_2$) і групи 1 ($K_3 < K_1$). З цього ж графіка видно діапазон використання автоматів першої та другої груп.

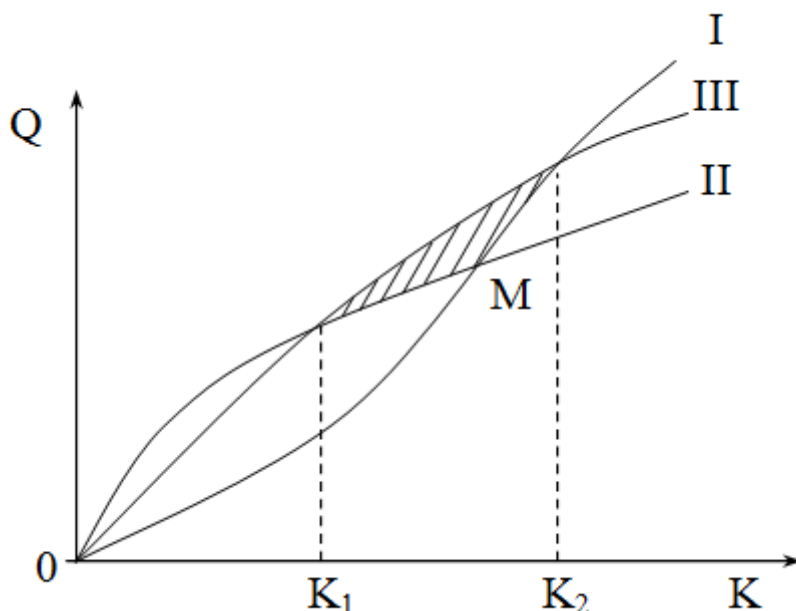


Рисунок 1.2 – Криві продуктивності автоматів I, II та III груп

На основі аналізу конструкцій і динамічного дослідження більшого обсягу цільових механізмів металорізальних автоматів і напівавтоматів можна зробити наступні висновки:

- якщо $K > 10$ шт. / хв, автомати повинні будуватись за схемою групи 1;
- якщо $K < 1$ шт. / хв, автомати повинні будуватись за схемою групи 2;
- якщо $K = 0.5 \dots 10$ шт. / хв, автомати повинні будуватись за схемою групи 3.

Іншими словами, для дрібних і легких робіт необхідно створювати автомати першої групи; для дрібних і середніх робіт, що вимагають складної послідовної обробки – автомати III групи; для середніх і важких робіт – автомати та напівавтомати II структурної групи.

Другим параметром, що визначає вибір тієї чи іншої СК при створенні автомата є тривалість переналагодження на обробку інших деталей. При масовому і багатосерійному виробництві ($N \rightarrow \infty$) втрати на переналагодження рівні або близькі до нуля ($t_{nep} \rightarrow 0$), тому вибір системи керування визначається максимальною величиною циклової продуктивності. N – розмір партії оброблюваних деталей між переналагодженнями.

Однак, в умовах серійного і дрібносерійного виробництва найважливішим фактором стає мобільність СК, швидкість їх переналагодження. При поганій мобільності фактична продуктивність автоматів, в умовах серійно-

го виробництва, виявляється в багато раз нижчою їх продуктивності у масовому виробництві.

Саме мала тривалість переналагодження зумовила широке застосування СПК як найбільш мобільних, в той час, як для масового стабільного виробництва основою автоматизації залишаються СК з розподільчим валом і кулачками.

1.4 Системи керування з розподільчим валом

Якщо уявити звичайний копір встановлений на циліндр, а всі циліндри з копірами – посадженими на один загальний вал, то при обертанні вала отримуємо надійну і максимальну синхронізацію всіх рухів циклу будь-якої складності. Така система керування (з розподільчим валом) стала досить поширеною в автоматах широкого технологічного призначення для багатосерійного і масового виробництва деталей. Велике значення при конструюванні машин-автоматів має тривалість холостих ходів, здійснюваних самою машиною. Чим швидше відбуваються холості ходи, тим вище коефіцієнт продуктивності і сама продуктивність. Залежно від конструкції цільових механізмів, що здійснюють холості ходи, автомати і напівавтомати можна розділити на 3 основні групи.

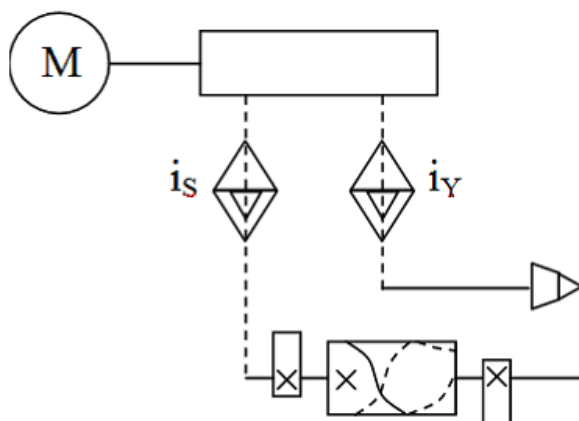


Рисунок 1.3 – Структурна схема верстатів автоматів I групи

його обертання постійна.

Причому кулачки для здійснення холостих ходів є постійними та потребують певного кута повороту РВ, тоді як кулачки для виконання робочих ходів у залежності від характеру роботи в кожному конкретному випадку вимагають різних кутів повороту РВ.

Для автоматів цієї групи характерна велика втрата часу при допоміжних рухах. Проте, в автоматах малих розмірів з невеликою кількістю холостих рухів і невеликим робочим циклом (до 20с) застосування такої схеми доцільно внаслідок її простоти.

Автомати групи I (див. рис. 1.3) з одним розподільчим валом призначені для виконання одним цільовим механізмом (розподільчим валом) як усіх робочих, так і холостих ходів циклу. За один оберт розподільчого валу обробляється одна або кілька деталей. Розподільчий вал (РВ) приводиться в рух по одному кінематичному ланцюзі з ланкою налаштування i_s , а, отже, для даного налагодження швидкість

Для зменшення часу налагодження автоматів в плоских кулачках невеликих розмірів роблять пази для заміни їх без демонтажу РВ. Іншим засобом підвищення мобільності є безкулачкове налагодження, тобто з ЧПК.

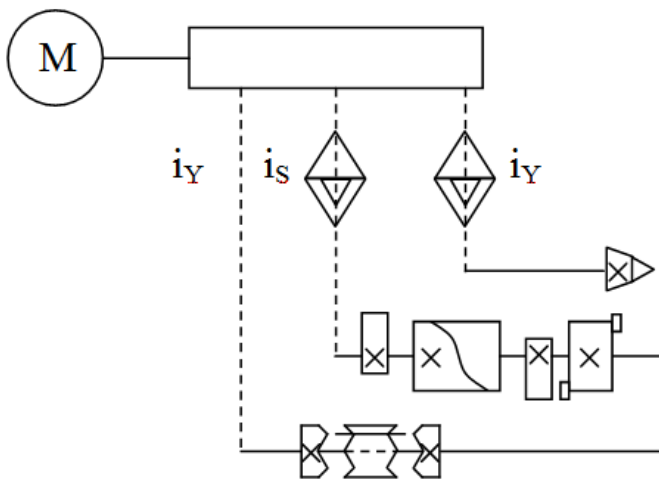


Рисунок 1.5 – Структурна схема верстатів автоматів III групи

плект механізмів робочих та холостих ходів, приводу, комплект інструменту і т. д. Так, токарний одношпindelний автомат повинен мати один шпindel, один механізм затиску і подачі прутка, поперечні супорти і т. д. (токарно-револьверні автомати, автомати фасонно-поздовжнього точіння). Відмінною рисою таких автоматів є послідовне використання всіх інструментів технологічного комплексу (можливе суміщення деяких операцій).

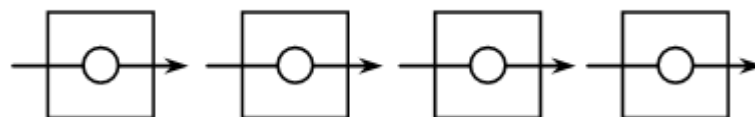


Рисунок 1.6 – Структурний варіант однопозиційної машини

Якщо технологічний процес диференційований, тобто кожна машина виконує одну складову операцію, то вона повинна мати повний комплект механізмів і пристроїв, і інструментів з технологічного комплексу.

У багатопозиційних машинах (див. рис. 1.7), що виконують весь диференційований і концентрований технологічний процес, кількість механізмів неминує збільшуватися в порівнянні з однопозиційною машиною.

Так, багатшпindelні токарні напівавтомати, що обробляють такі ж деталі, що й на токарному автоматі, повинні мати стільки механізмів затиску і подачі прутка, скільки шпindelів має верстат та ідентичний технологічний комплект інструмента.

Таким чином, якщо в однопозиційних машинах загальний час робочого циклу визначається сумарною тривалістю всіх не суміщених операцій, то в багатопозиційних – інтервал випуску виробів дорівнює тривалості однієї складової операції плюс час холостих ходів на завантаження і затиск деталей, підведення і відведення інструменту і т. д., що призводить до підвищення продуктивності.

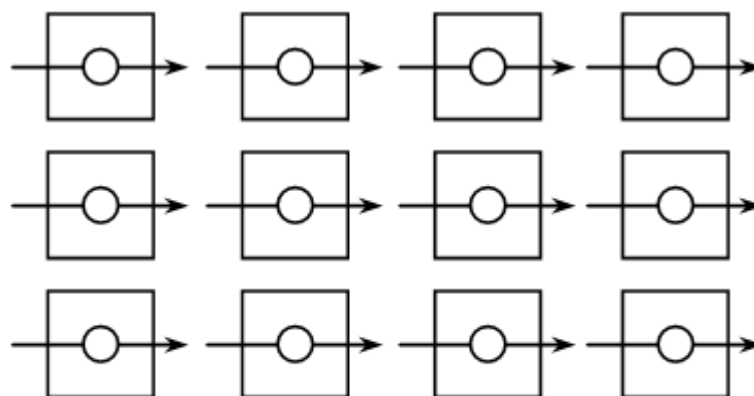


Рисунок 1.7 – Структурний варіант багатопозиційної машини

Подальше зростання вимог до продуктивності призводить до того, що один технологічний ланцюг машин з диференційованим технологічним процесом вже не в змозі забезпечувати виробничу програму. Звідси і обґрунтовується поява багатопоточних технологічних машин.

Виходячи з викладеного, розрізняють машини послідовної, паралельної і послідовно-паралельної (змішаної) дії.

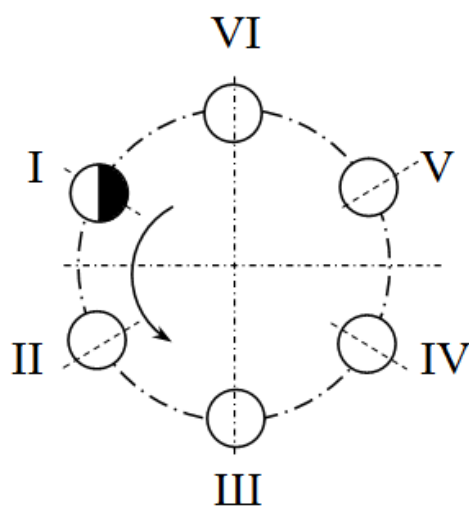


Рисунок 1.8 – Структурний варіант технологічної машини послідовної дії

На машинах послідовної дії (див. рис. 1.8) всі операції виконуються послідовно на одному виробі по робочих позиціях в порядку, заданому технологічним маршрутом обробки деталі. При цьому весь технологічний комплект інструмента розосереджений по позиціях обробки. Обробка на всіх позиціях відбувається одночасно, після завершення якої виконуються холості ходи (переміщення деталей у наступну позицію, затиск і розтиск заготовок, передача нової заготовки в I-шу позицію, підведення і відведення супортів і т. д.). При цьому кожна деталь послідовно проходить через всі робочі позиції, а

тривалість робочого циклу машин (автоматів і напівавтоматів) рівна інтервалу випуску однієї деталі.

За такого циклу працює більшість автоматів і напівавтоматів одношпиндельних і багатошпиндельних, вертикальних і горизонтальних.

У машинах паралельної дії (див. рис. 1.9), як правило, в декількох позиціях одночасно виконується одна і суміщені з нею операції технологічного процесу, а, отже, такі машини мають один механізм робочого ходу (супорт, інструментальний блок та ін.) За кожен цикл роботи таких автоматів з верстата сходять одночасно стільки деталей, скільки позицій мається на верстаті. Тривалість ж робочого циклу визначається часом спрацьовування основних механізмів (супортів, інструментальних блоків та ін.).

Машини паралельно-послідовної або змішаної дії (див. рис. 1.10) концентрують як однойменні, так і різнойменні операції. Такі машини застосовуються при складних технологічних процесах обробки і великої виробничій програмі.

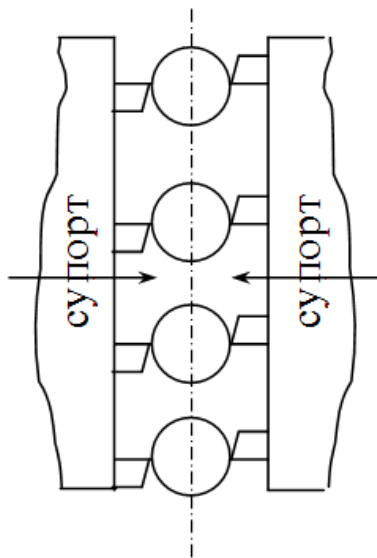


Рисунок 1.9 – Структурний варіант технологічної машини паралельної дії

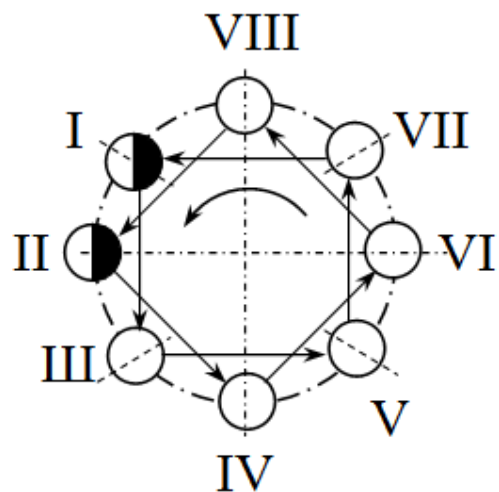


Рисунок 1.10 – Структурний варіант технологічної машини паралельно-послідовної дії

Компонування автоматів і напівавтоматів. Залежно від технологічних можливостей і призначення автомати і напівавтомати можуть бути різного конструктивного виконання.

Автомати фасонно-поздовжнього точіння (див. рис. 1.11) виконуються одношпиндельними для пруткового матеріалу діаметром зазвичай до 12 ... 16 мм і застосовуються для обробки деталі великої довжини і малих діаметрів із складним контуром з точністю по 5 ... 8 квалітету, шорсткістю $Ra = 1,25$ мкм. Вони отримали широке поширення в годинниковій та при-

ладобудівній промисловості, де використовуються для виготовлення різних валів та осей.

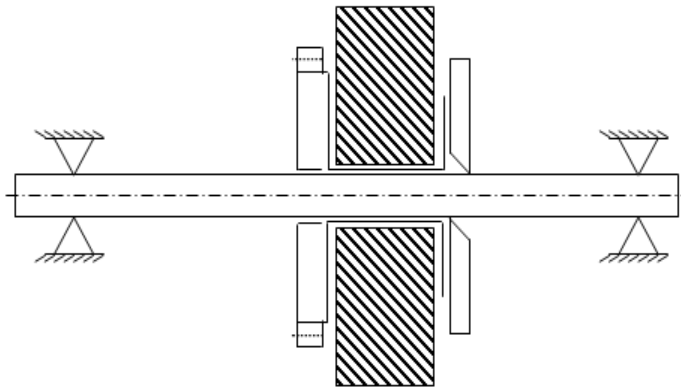


Рисунок 1.11 – Схема автомата фасонно-поздовжнього точіння

по черзі підходять до прутка і виконують обробку. Інструмент закріплюється в 4 – 5 поперечних супорта. Крім поздовжнього і поперечного точіння, на таких автоматах можна здійснювати фасонну обробку, точіння конусів, обробку отворів, нарізання різьб і т. д.

Відмінною особливістю автоматів поздовжнього точіння (див. рис. 1.12) є те, що пруток в них, окрім обертального руху має разом з шпиндельною бабкою 6 поздовжнє переміщення.

Всі супорти автомата, яких може бути чотири або п'ять, розташовані в'ялоподібно навколо оброблюваного прутка. Вони мають тільки поперечне переміщення.

При одночасному узгодженому переміщенні шпиндельної бабки з прутком і поперечних супортів на цих автоматах можна без застосування фасонних різців обробляти конічні і фасонні поверхні.

Вертикальні супорти 2, 3 та 5 розташовані на спеціальній стійці, отримують прямолінійне переміщення і керуються від індивідуальних кулачків розподільчого валу. Два горизонтальних супорта 1 і 9 розташовані на балан-

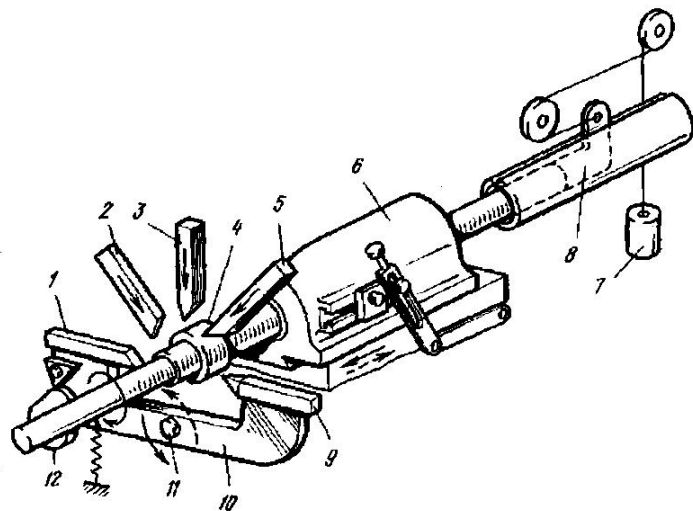


Рисунок 1.12 – Схема роботи автомата поздовжнього точіння

Розподільчого валу. Два горизонтальних супорта 1 і 9 розташовані на балан-

сирі 10, отримують коливальний рух навколо осі 11 і керуються обидва від одного кулачка 12. У стійці, на якій розташовані вертикальні супорта, встановлений нерухомих люнет 4, що є додатковою передньою опорою для прутка.

Всі супорти з різцями розташовуються в безпосередній близькості від люнета, завдяки чому на автоматах поздовжнього точіння можна обробляти з високою точністю досить довгі заготовки малого діаметра ($l/d = 20 \dots 30$). З заднього кінця прутків постійно затискається штовхачем 8 під дією вантажу 7 для утримання його в передньому положенні при відході шпindelної бабки назад. Шпindel в автоматах поздовжнього точіння завжди обертається в одну сторону (має ліве обертання), і тому нарізання правої різьби на них проводиться методом обгону.

На рис. 1.13 показана обробка типової заготовки на автоматі поздовжнього точіння. Обробка здійснюється шляхом послідовного чергування поздовжнього переміщення шпindelної бабки з прутком і поперечних переміщень різців (див. позиції 1 ... 11). Тільки на позиціях 12 та 13, де проводиться обробка зворотного конуса і відрізка виготовленої деталі, здійснюється одночасне переміщення прутка з бабкою і відрізного різця.

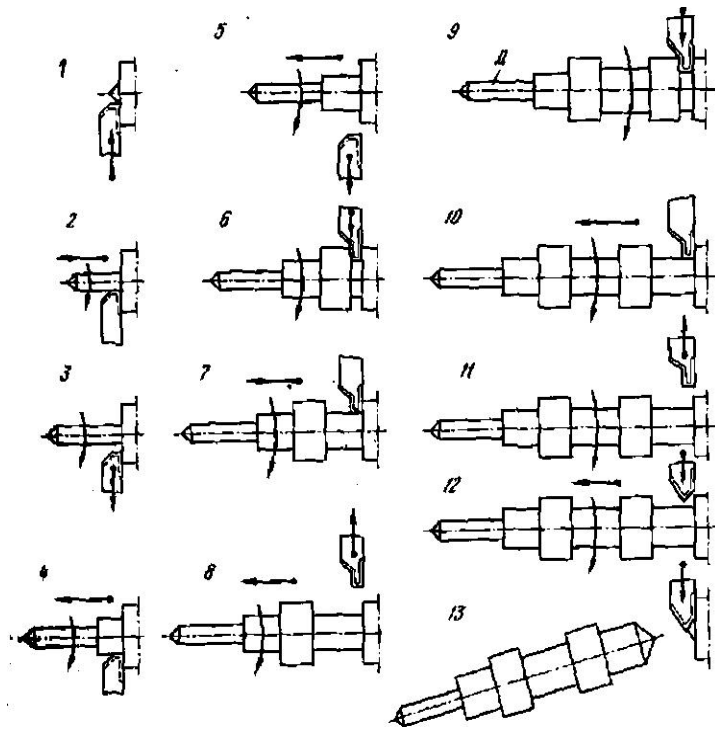


Рисунок 1.13 – Схеми обробки заготовок на автоматі поздовжнього точіння

делем, а інший позаду нього. Обертальний рух надається супортним головкам. Крім того, в процесі обробки інструменти отримують поперечне переміщення. Після закінчення обробки деталі і її відрізання інструменти повер-

Короткі заготовки обробляють без люнета поблизу від передньої опори шпindelля. При обробці заготовок з квадратного і шестигранного прутків застосовують обертальний люнет.

Фасонно-відрізні автомати, що працюють із заготовками з проволочки, застосовуються для виконання різних фасонно-відрізних робіт з матеріалу, діаметром до 8 мм. Найчастіше це обробка шпильок, гвинтів та інших найпростіших за конструкцією деталей. Оброблений матеріал при обробці деталей не обертається і залишається затиснутим між двома затискними механізмами, один з яких розташований перед шпindel-

таються у вихідне положення, затискні механізми звільняють пруток і відбувається подача нової порції матеріалу, після чого цикл повторюється. Іншою характерною особливістю верстатів цієї системи є наявність механізму правки, який здійснюють за допомогою роликів, між якими пропускається дрiт.

Схема роботи такого автомата показана на рис. 1.14. Заготовка обробляється головкою з різцями, що обертається, різці переміщуються в поперечному напрямку з незалежною одна від одної подачею. Подача дроту на необхідну довжину здійснюється переміщенням ползків 7 з механізмами подачі і правки. При цьому, з переднього затискача 4 виштовхується раніше оброблена деталь.

Після подачі дрiт затискається в трьох місцях: переднім 4 і середнім 6 затискачами, розташованими по обидва боки від різцевої головки 3, і заднім затискачем 1, розташованим в шпindelній бабці 2. При відході ползків 7 назад частина дроту, змотана при її подачі з бунту 9 і підлягає подальшій обробці, правиться роликками 8. Задній затискач утримує дрiт від зсуву при його правці.

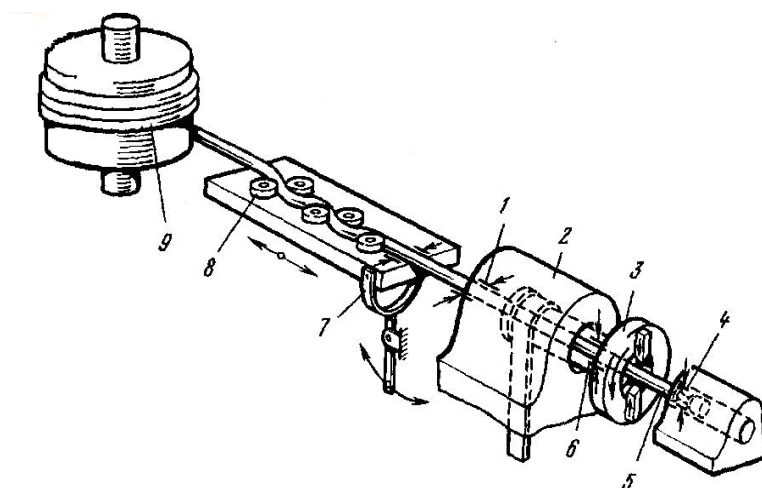


Рисунок 1.14 – Схема роботи фасонно-відрізного автомата при виготовленні деталей з дроту

Схема обробки заготовки на такому автоматі показана на рис. 1.15. Після відрізки готової деталі, різці головки відходять у вихідне положення, затискні пристрої розтискаються і дрiт подається вперед, виштовхуючи готову деталь (див. рис. 1.15, а). Потім дрiт затискається, до нього швидко підводиться різець 1, що виконує точіння діаметру 2,5 мм і точіння фаски, та різець 2, який здійснює підрізання торця, відрізання деталі й точіння конуса (див. рис. 1.15, б). Типові деталі, що виготовляються на таких автоматах, показані на рис. 1.16.

Одношпindelні фасонно-відрізні автомати застосовуються для обробки коротких деталей з прутка (пруткові) і штучних заготовок (магазинні, бункерні) з точністю по 8 .. 13 квалітету і шорсткістю $Ra = 2\text{мкм}$. Найбільшого поширення набули пруткові автомати призначені для обробки прутків діаметром від 3 до 25 мм. Пруток або штучна заготовка затискаються в шпindelі, а різці отримують поперечну подачу. По закінченню обробки деталі, в зону обробки або подається нова заготовка, або висува-

ється пруток до упору. При обробці деталей на таких автоматах, як правило, використовуються фасонні інструменти.

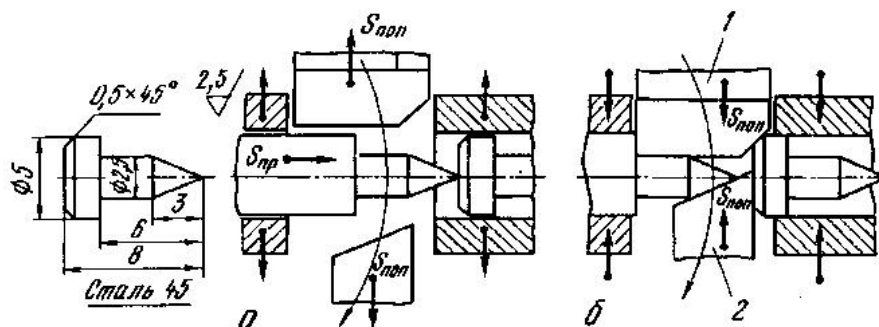


Рисунок 1.15 – Схема обробки заготовки на фасонно-відрізному автоматі:
а – розтиск і подача дроту; б – затиск і обробка заготовки

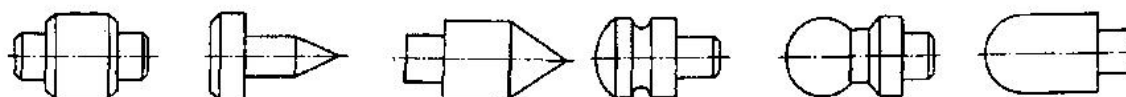


Рисунок 1.16 – Типові деталі, що обробляються на фасонно-відрізному автоматі

Одношпindelні токарно-револьверні автомати застосовуються для обробки деталей складної форми з прутків діаметром до 70мм з точністю по 8 ... 13 квалітету і шорсткістю $Ra = 2$ мкм. Автомати мають револьверну головку і 2 ... 4 поперечних супорта. Пруток подається зі шпинделя на певну величину і затискається, після чого проводиться послідовна обробка інструментами, закріпленими в револьверній головці і в супортах. Після відрізки готової деталі, пруток знову подається до упору на певну величину і цикл повторюється.

Багатошпindelні автомати послідовної дії проектується, як правило, для обробки деталей з пруткового матеріалу діаметром до 100мм, рідше для обробки штучних заготовок з магазинною подачею і можуть бути 4, 6, 8 і 12 шпindelними. Автомати мають поздовжній супорт і поперечні на кожну позицію, а також оснащуються різного роду пристосуваннями, які розширюють технологічні можливості автомата (різьбонарізний пристрій, для швидкого свердління, для фрезерування пазів, шліців та ін.) По закінченню одного циклу шпindelний блок повертається на одну або кілька позицій і цикл повторюється. За кожен цикл з верстата знімається готова деталь.

Багатошпindelні автомати безперервної дії застосовуються в основному для обробки штучних заготовок з бункерним або магазинним завантаженням. У процесі безперервного карусельного обертання шпindelного блоку навколо нерухомої колони здійснюється обробка деталей або шля-

хом переміщення заготовок відносно нерухомих інструментів, або переміщенням інструментів відносно заготовок. Повний поворот столу навколо колони відповідає часу обробки заготовки і видалення готових деталей з верстата. Як правило, такі автомати застосовуються для обробки порівняно нескладних деталей.

Багатошпindelні автомати можуть мати чотири, шість (див. рис. 1.17) або вісім шпindelів 6, розташованих по колу в єдиному шпindelній блоці 1 і отримують обертання з однаковою частотою від головного приводу через вал 3 і загальне центральне колесо 7. Періодичним поворотом шпindelного блоку шпindelі переводяться з однієї позиції в іншу.

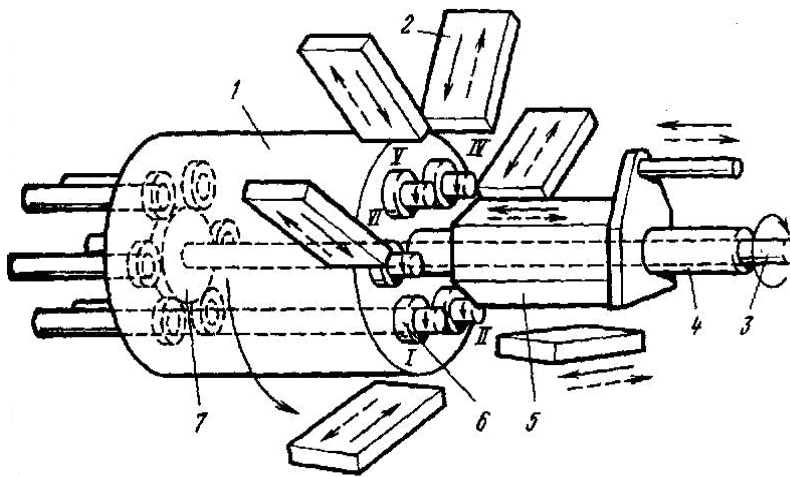


Рисунок 1.17 – Схема роботи багатошпindelного токарного автомата

Ріжучі інструменти встановлюються на індивідуальних для кожної позиції поперечних супортах 2 і на загальному для всіх позицій поздовжньому супорті 5, що переміщується по напрямній гільзі 4. Цей супорт виконаний у вигляді багатогранника з числом граней, рівною кількості позицій, на яких і розташовуються державки з ін-

струментами.

Обробка заготовки проводиться різними групами ріжучих інструментів при послідовному проходженні шпинделя через всі позиції автомата. На останній позиції відбувається відрізка готової деталі і подача прутка для виготовлення наступної деталі.

Всі операції технологічного процесу поділяються і групуються по позиціях так, щоб час їх виконання на кожній позиції було однаковим і мінімальним. Обробка ведеться одночасно на всіх позиціях і тому готова деталь буде зніматися з автомата після кожного повороту шпindelного блоку на одну позицію.

На відміну від одношпindelних автоматів, холості ходи тут виконуються не послідовно, чергуючись з робочими ходами, а все відразу і, крім того, при прискореному обертанні розподільчого валу. Цей принцип забезпечує більш високу продуктивність обробки.

А Автомати, на яких заготовки обробляються за схемою на рис. 1.17, отримали назву автоматів послідовної дії. Восьмишпindelні автомати цього типу мають дві позиції, на яких може проводитися подача і затиск

матеріалу і, відповідно, поворот шпindelного блоку може здійснюватися відразу на дві позиції. Це дозволяє послідовно обробляти заготовки простих деталей на половині позицій і знімати з автомата за цикл роботи відразу дві готові деталі.

Багатошпindelні фасонно-відрізні автомати є результатом розвитку одношпindelних фасонно-відрізних автоматів і являють собою, по суті, кілька з'єднаних в одному корпусі окремих одношпindelних автоматів, кожен з яких здійснює повну обробку деталі (автомати паралельної дії). Вони будуються звичайно 2, 4, 6 і 8 шпindelні.

Патронні, центрові багаторізцеві одношпindelні напівавтомати та копіювальні напівавтомати широко застосовуються у великосерійному і масовому виробництві для виконання важких і складних робіт. Весь процес обробки проводиться автоматично, за винятком встановлення та закріплення заготовок, тому що конфігурація заготовок в більшості випадків вимагає складних механізмів для автоматичного затиску.

Такі напівавтомати призначені для виконання різних операцій, а тому крім поперечних супортів вони забезпечуються поздовжнім супортом. Деталі великої довжини можна обробляти в центрах одночасно кількома поздовжніми і поперечними супортами, розташованими по її довжині на круглих направляючих (осях). Застосовуючи ряд спеціальних пристосувань, можна здійснювати обробку фасонних поверхонь.

Обробка заготовок 2 на багаторізцевому напівавтоматі (див. рис. 1.18) здійснюється порівняно великою кількістю одночасно працюючих за однаковими траєкторіями різців, встановлених на поздовжньому 12 і поперечному 3 супортах.

Установка заготовки в центрах передньої 1 і задньої 4 бабок, пуск верстата і зняття готової деталі проводиться вручну, а підвід супортів до заготовки, її обробка та повернення супортів у вихідне положення проводяться автоматично. Супорт 12 переміщається разом з планками 6 і 8 відносно нерухомої лінійки 10, при цьому ролик 7 перекочується по лінійці 10 і постійно підтискається до неї пружинами 11.

Цикл роботи поздовжнього супорта наступний: швидке підведення супорта (ділянка а–б), врізання різців (ділянка б–в), коли ролик 7 котиться по похилій ділянці лінійки 10, обробка заготовки з подачею $S_{пр}$ (ділянка в–г), відведення (відскок) супорта (ділянка г–д), повернення супорта в початкове положення (ділянки д–е, е–і, і–к) та переміщення (підскок) супорта вперед (ділянка к–а).

Підскок-відскок (приблизно на 1 мм) супорта здійснюється за допомогою планок 6 і 8 при їх зміщенні відносно одна одної, коли відбувається зміна контактуючих пар поверхонь з пари «виступ-виступ» на пару «виступ-западина» і навпаки. Відскік в кінцевій точці обробки налаштовується перестановкою упору 9, а підскок у вихідному положенні – упору 5. При установці на поздовжньому супорті лінійки 10 з фасонним профілем на та-

кому напівавтоматі можна обробляти заготовки з фасонними і конічними поверхнями.

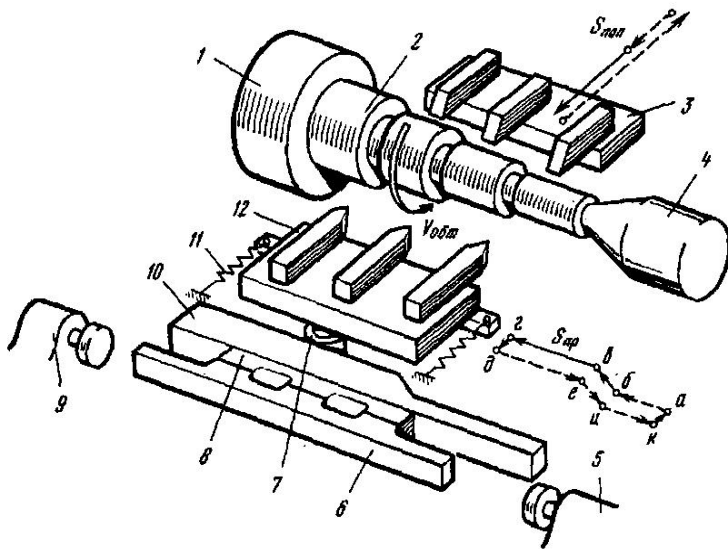


Рисунок 1.18 – Схема роботи багаторізевого напівавтомата

напівавтомати аналогічні універсальним токарним верстатам.

На копіювальному напівавтоматі (див. рис. 1.19) заготовка 16, встановлена в центрах і затиснута в патроні, обробляється одним різцем 5, закріпленим на копіювальному супорті 3, який в поперечному напрямку переміщається по напрямних каретки 2 гідроциліндром 4, а в поздовжньому – разом з кареткою по напрямних верстата гідроциліндром 1. Піноль 9 задньої бабки постійно підтискається гідроциліндром 10.

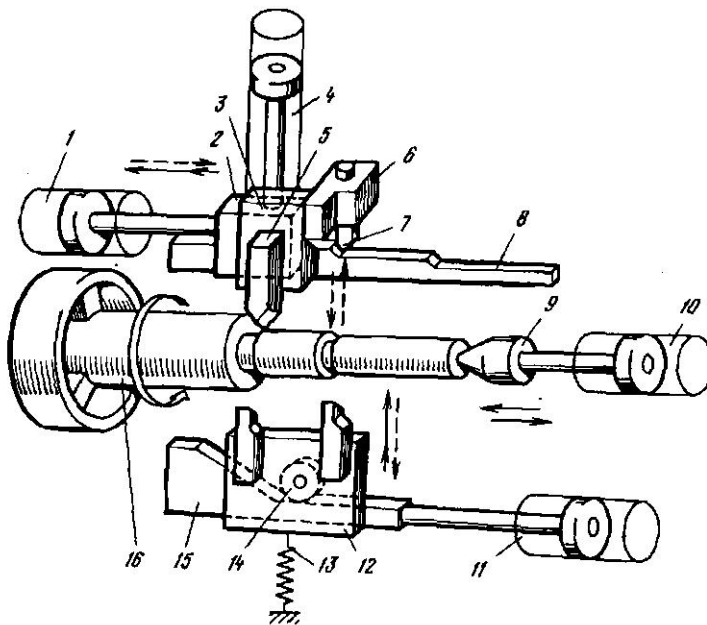


Рисунок 1.19 – Схема роботи копіювального напівавтомата

Цикл роботи поперечного супорта 3 простіший та включає: швидке підведення, обробку заготовки на робочій подачі $S_{\text{поп}}$ і швидкий відвід у вихідне положення. Привод цього супорта здійснюється від постійного барабанного кулачка (на рисунку не показаний), що одержує обертання від поздовжнього супорта при його переміщенні вздовж осі заготовки. За компоновкою багаторізевої

напівавтомата аналогічні універсальним токарним верстатам. На копіювальному напівавтоматі (див. рис. 1.19) заготовка 16, встановлена в центрах і затиснута в патроні, обробляється одним різцем 5, закріпленим на копіювальному супорті 3, який в поперечному напрямку переміщається по напрямних каретки 2 гідроциліндром 4, а в поздовжньому – разом з кареткою по напрямних верстата гідроциліндром 1. Піноль 9 задньої бабки постійно підтискається гідроциліндром 10.

Слідкуючий привід поперечної подачі супорта. Він керується копіром 8 через щуп 7 копію-

вальної головки 6. Профіль наконечника щупа точно відповідає профілю різця 5, а розміри робочого профілю копіра точно відтворюють креслярські розміри контуру виготовленої деталі.

Прорізання канавок, зняття фасок та інші операції, які не можуть бути виконані на заготовці копіювальним супортом, виконуються різцями, встановленими на поперечному супорті 12, яких може бути у напівавтомата один або два. Привод поперечного супорта здійснюється через ролик 14 від повзуна (кулачка) 15 при його переміщенні гідроциліндром 11. Зворотний хід супорта забезпечується пружиною 13.

Багаторіздево-копіювальні напівавтомати (див. рис. 1.20) об'єднують технологічні можливості багаторіздевих і копіювальних напівавтоматів і принцип їх роботи збігається з принципом роботи останніх.

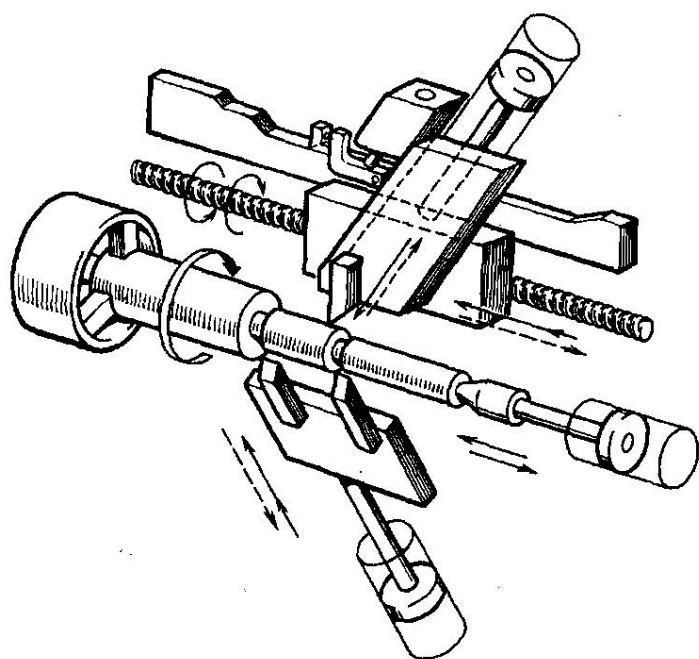


Рисунок 1.20 – Схема роботи багаторіздево-копіювального напівавтомата

Напівавтомати цього типу мають два накладних копіювальних супорта з автономними слідкуючими системами, керованими окремими копірами. Поздовжня (задаюча) подача не має прямої залежності від поперечної подачі і здійснюється від механічного приводу з кінцевою передачею ходовий гвинт-гайка. Поперечні супорти мають незалежні приводи й переміщуються безпосередньо від гідроциліндрів без про-

міжних кулачкових механізмів.

На рис. 1.21 наведені типові схеми обробки на напівавтоматах цього типу. Обробка основного профілю заготовки з копіювального супорта одним різцем (див. рис. 1.21, а) може проводитися від двох копирів (двопрхідний цикл), автоматично змінюваних в робочому циклі.

За компоновкою представлені напівавтомати близькі до копіювальних і основна їх відмінність полягає в просторовому розташуванні поперечних напрямних супортів (для порівняння рис. 1.19 і 1.20). Поперечні направляючі копіювального супорта не перпендикулярні лінії центрів, а нахилені до неї під кутом 60° (особливість однокоординатної слідкуючої системи з незалежною поздовжньою подачею, що дозволяє робити обробку торцевих

поверхонь), а напрямні поперечних супортів розташовані в площині, відхиленій на 40° від вертикальної площині, що покращує відведення стружки із зони різання.

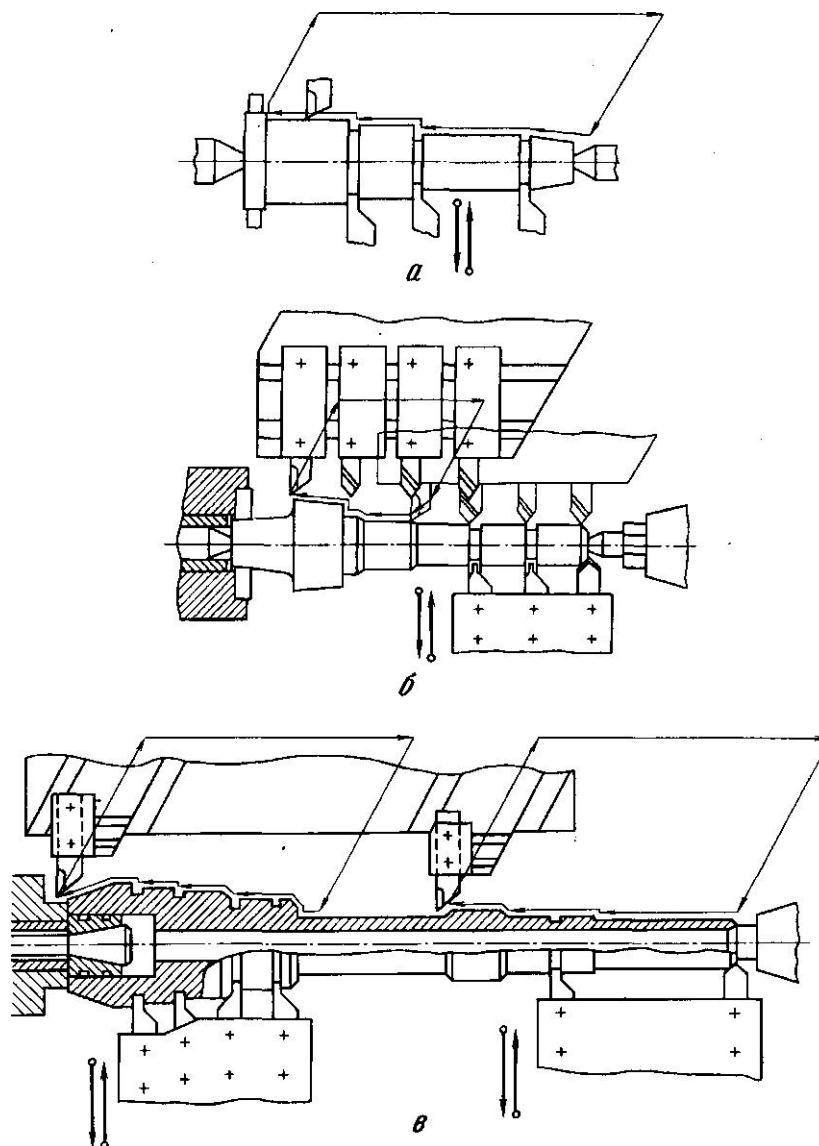


Рисунок 1.21 – Схема обробки заготовок на багаторізцево-копіювальних напівавтоматах: а) одним різцем; б) блоком різців; в) з двох копіювальних супортів.

Патронні і центрові напівавтомати частіше будуються з горизонтальною віссю і рідше мають вертикальну компоновку.

Револьверні автомати та напівавтомати призначені для складних патронних і центрових робіт, що вимагають великої кількості послідовно працюючих інструментів.

Напівавтомати цього типу отримують все більше застосування через їх мобільність і широкі технологічні можливості у серійному і дрібносерійному виробництві деталей довжиною до 1750мм, а також деталей типу

фланців, дисків, шківів, зубчастих коліс та ін. за один або кілька проходів. Верстати можуть оснащуватися пристроями для зміни інструментів за програмою, число яких може досягати 16.

На відміну від автоматів поздовжнього точіння шпindelна бабка 1 токарно-револьверного автомата (див. рис. 1.22) не має осьового переміщення. Шпindel 2 забезпечує більш швидке ліве обертання, при якому виконується більшість робочих операцій, і повільне праве обертання, при якому проводять нарізання різьб, розгортання і деякі інші операції. Крім поперечних супортів 3, токарно-револьверні автомати мають один поздовжній револьверний супорт 5, на якому встановлена поворотна шестипозиційна (I-VI) револьверна головка 4 із інструментами для обробки з поздовжньою подачею. В одній позиції револьверної головки встановлюється регульований упор 6, який обмежує величину подачі прутка 7.

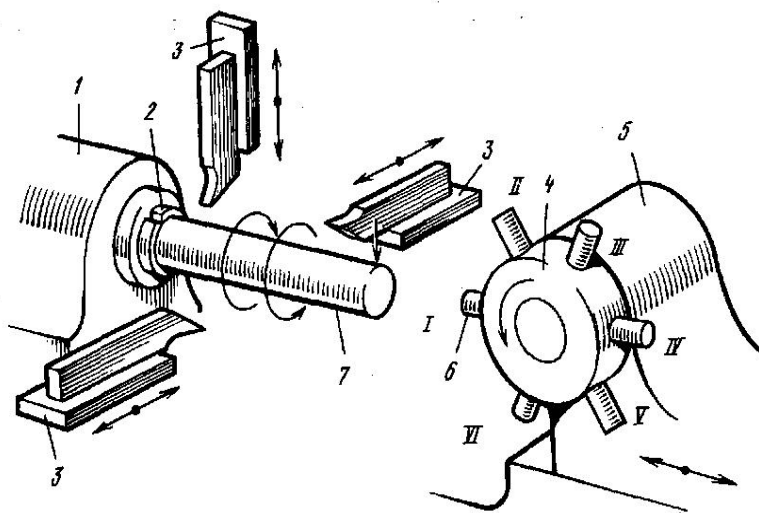


Рисунок 1.22 – Схема роботи токарно-револьверного автомата

Багатошпindelні напівавтомати послідовної дії. За принципом дії не відрізняються від багатошпindelних автоматів і призначені для обробки штучних заготовок з різних матеріалів (втулки, кільця, гільзи, зубчасті колеса та ін.) Відмінністю багатошпindelних горизонтальних напівавтоматів від аналогічних автоматів

є відсутність блоку напрямних труб для підтримки прутків, що обертаються та наявність затискних, зазвичай пневматичних патронів. Процес зміни готової деталі на заготовку здійснюється на спеціально для цього відведеній позиції і проводиться під час обробки на інших позиціях. Шпindel у позиції завантаження не обертається. Після установки заготовки оператор вмикає шпindel і тим самим знімає блокування від повороту шпindelного блоку.

Такі напівавтомати отримують широке застосування у великосерійному і масовому виробництві. На них можна виконувати найрізноманітніші операції. При оснащенні їх спеціальними завантажувальними пристроями вони можуть працювати повністю по автоматичному циклу. За спеціальним замовленням вони можуть виконуватися з подвійною індексацією шпindelного блоку, тобто можуть працювати як здвоєні напівавтомати із

завантаженням у двох позиціях, що дозволяє обробляти одночасно дві нескладні деталі. Продуктивність при цьому значно зростає.

Вертикальні багатошпindelні напівавтомати призначені для обробки, в основному, великогабаритних деталей великого діаметра і невеликої довжини. Шпindel в завантажувальній позиції не обертається. В інших позиціях шпindel обертається з частотою, необхідною за характером обробки в даній позиції. Шпindelний блок після закінчення обробки у всіх позиціях по команді оператора повертається на один ділення навколо нерухомої колони, на гранях якої встановлені супорти. Всі супорти мають незалежний привод. Вони можуть здійснювати подовжню і поперечну обробку, точіння конусів і фасонних поверхонь.

Існують напівавтомати безперервної дії з фасонно-подовжньою обробкою, багатошпindelні напівавтомати безперервного дії із заготовкою, що не обертається, багатошпindelні напівавтомати послідовності дії для обробки деталей неправильної форми (важелі, автотракторні деталі і т. д.) в основному для осьової обробки.

2 ТОКАРНІ АВТОМАТИ І НАПІВАВТОМАТИ (КУЛАЧКОВІ)

2.1 Основні поняття про верстати-автомати і напівавтомати

Кулачкові автомати і напівавтомати призначені для виготовлення деталей складної конфігурації з використанням декількох (багатьох) інструментів у багатосерійному і масовому виробництві.

Токарні автомати і напівавтомати поділяють за:

- призначенням (універсальні і спеціальні);
- числом шпинделів (одношпиндельні і багатошпиндельні);
- розташуванням шпинделів (горизонтальні і вертикальні);
- видом оброблюваної заготовки (пруткові і патронні).

Крім того, одношпиндельні автомати поділяють за способом обробки на:

- фасонно-відрізні;
- поздовжнього точіння;
- токарно-револьверні.

А багатошпиндельні напівавтомати – за принципом обробки на паралельної та послідовної дії.

Керування циклом роботи кулачкових автоматів і напівавтоматів здійснюється одним з наступних трьох способів:

- робочі і холості ходи виконуються від розподільчого валу, що рівномірно обертається протягом усього циклу обробки, зі швидкістю, яка визначається умовами робочих ходів. Цей спосіб широко застосовується в автоматах фасонно-відрізних і поздовжнього точіння;

- розподільчий вал в циклі має дві швидкості обертання: повільну – для робочих ходів і прискорену – для холостих ходів. Такий спосіб застосовується в багатошпиндельних автоматах і напівавтоматах;

- крім розподільчого валу, керуючого робочими ходами і частиною холостих ходів, автомат має швидкий допоміжний вал, який здійснює інші холості ходи. Частота обертання допоміжного валу при переналадці автомата не регулюється. Такий спосіб керування циклом застосовується в токарно-револьверних автоматах.

Для розширення технологічних можливостей токарні автомати і напівавтомати оснащують додатковими пристроями, що виконують операції фрезерування, свердління отворів малого діаметра та ін.

2.2 Фасонно-відрізні автомати

Фасонно-відрізні автомати застосовуються для обробки порівняно простих деталей невеликої довжини в масовому і багатосерійному виробництві. Схема роботи такого автомата показана на рис. 2.1.

Заготовка закріплюється в рухомому шпинделі 1 за допомогою цангового патрона. Верстат має два-чотири супорта 2, що переміщуються тільки в поперечному напрямку і несуть фасонні та відрізні різці.

Для отримання деталі заданої довжини верстат забезпечений рухомих упором 3, що автоматично встановлюється по осі шпинделя після закінчення циклу. Матеріал подається за допомогою механізму подачі до контакту з упором. Обробка заготовок ведеться з труб і прутків круглого, квадратного і шестигранного перетинів, а при застосуванні магазинного завантаження – з штучних заготовок. В даний час у промисловості застосовуються фасонно-відрізні автомати з найбільшим діаметром прутка 16, 25 і 40 мм. Основні технічні характеристики автоматів мод. 11Ф16, 11Ф25 і 11Ф40 наведені в таблиці 2.1.

Конструктивно фасонно-відрізні автомати незначно відрізняються один від одного (див. рис. 2.2). Шпиндельна бабка 5 і поперечні супорти 4 змонтовані на станині 2, що встановлена на масивній основі 1, в якій розташований електродвигун 6, редуктор, електрошафа, баки охолодження і мастила. Всі рухомі вузли автоматів закриті знімними або відкидними кожухами 3. На автоматах мод. 11Ф25 і 11Ф40 передній поперечний супорт виконаний хрестовим, що дозволяє виконувати поздовжнє обточування заготовок.

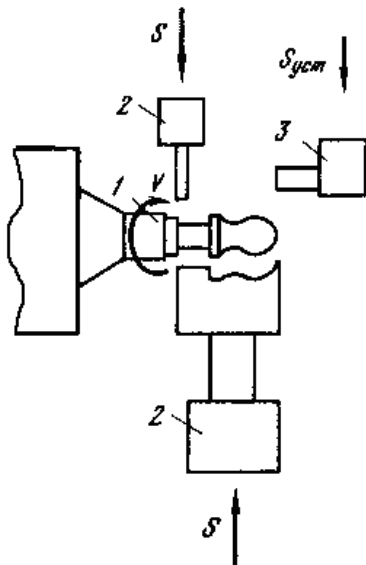


Рисунок 2.1 – Схема роботи пруткового фасонно-відрізного автомата

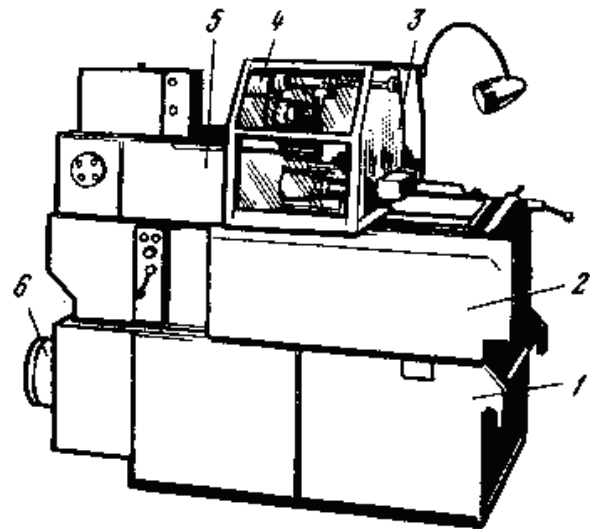


Рисунок 2.2 – Загальний вигляд фасонно-відрізного автомата

Крім того, вони мають поздовжній супорт, на якому встановлюється головка для кріплення центрального інструменту або різці для поздовжнього обточування, обробки торців і фасок.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики пруткових фасонно-відрізних і токарно-револьверних автоматів

Параметри	11ФІ6	11Ф25	11Ф40	1Б110 1Е110П	1Е125 1Е125П	1Е165 1Е165П
Найбільший діаметр оброблюваного прутка, мм	16	25	40	10	25	65
Найбільша довжина подачі прутка за одне ввімкнення, мм	70	110	110	70	110	125
Найбільший розмір різі, що нарізається (плашкою)	M12 × 1,75	M12 × 1,75	M18 × 2,5	M10 × 1,5	M18 × 2,5	M30 × 3,5
Діаметр револьверної головки, мм	—	—	—	125	160	200
Кількість супортів (крім револьверного)	3	4	4	4	5	5
Частота обертання шпинделя, хв ⁻¹ :	180-3550	200-4000	125-2500	112-5000	125-4000	40-1600 20-250
лівого обертання	180-1800	200-2000	125-1250	56-630	63-500	
Час одного оберту розподільчого валу, с	2,6-261	3-465	3-465	2,7-302	6,1-602	8-791
Потужність головного приводу, кВт	3,0	4,0	5,5	2,2	4,0	7,5
Маса, кг	970	1760	1790	1330	2200	2855

На фасонно-відрізних автоматах малого типорозміру (мод. 1106, 1Б023 та ін.) в якості вихідного матеріалу використовується не пруток, а дріт, згорнутий в бунт. Дріт під час обробки не обертається і має тільки періодичне поздовжнє переміщення в момент його подачі вперед для обробки наступної заготовки.

Кінематичні схеми фасонно-відрізних автоматів різних моделей не мають принципових відмінностей одна від одної (див. рис. 2.3). Вони складаються з двох основних ланцюгів: головного руху – приводу обертання різцевої головки 10 (або шпинделя з прутком у пруткових автоматах) і приводу обертання розподільчого валу V.

Різцева головка 10 приводиться в обертання від електродвигуна М через плоскопасову передачу зі змінним шківом Φ і шківом $\varnothing 110$. Розподільчий вал V отримує обертання через запобіжну зубчасту муфту 1, циліндричну зубчасту передачу 25/52, конічну зубчасту передачу 26/40, змінні зубчасті колеса a і b гітари подач, черв'ячну передачу 2/45.

На розподільчому валу V встановлені: кулачок 3 механізму 14 подання та правки матеріалу з бунта 15, кулачок 4 механізму 13 заднього і середнього затискачів матеріалу, кулачки 5 і 6 механізмів 12 і 11 подачі поперечних супортів 9 на різцевій головці 10 і кулачок 7 механізму 8 переднього затиску оброблюваної заготовки.

Ввімкнення і вимкнення обертання розподільчого валу V здійснюється зубчастою муфтою 1. Налагодження обертання розподільчого валу автомата вручну виконується рукояткою 2 через ланцюгову передачу 12/16 і зубчасту передачу 28/28. Діаметр змінного шківа Φ , яким налаштовують частоту обертання різцевої головки ($n_{p.g}$) відповідно до необхідної швидкості різання, визначають з рівняння кінематичного балансу ланцюга головного приводу:

$$n_{\delta} \cdot \frac{\Phi}{110} = n_{p.g}$$

При частоті двигуна $n_{\delta} = 1440 \text{ хв}^{-1}$, $\Phi \approx 0,08n_{p.g}$.

Передаточне відношення змінної пари зубчастих коліс a/b знаходять з рівняння кінематичного балансу ланцюга приводу розподільчого валу, частота обертання якого ($n_{p.в}$) відповідає тривалості циклу в секундах ($T_{ц}$) обробки однієї деталі:

$$n_{\delta} \cdot \frac{25}{52} \cdot \frac{26}{40} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{2}{45} = n_{p.в}$$

звідки $\frac{a}{b} = 0,05n_{p.в}$, або, з врахування залежності $n_{p.в} = \frac{60}{T_{ц}}$

$$\frac{a}{b} = \frac{3}{T_{ц}}$$

2.3 Автомати поздовжнього точіння

Автомати цього типу призначені для виготовлення деталей з різних марок сталей, кольорових металів і сплавів з високою точністю: по діаметру – по 6 ... 8 квалітетах; по довжині – не нижче 8 квалітету.

Відмінною особливістю автоматів поздовжнього точіння є те, що пруток в них, крім обертального руху отримує разом із шпindelною бабкою поздовжнє переміщення.

Обробка заготовок на цих автоматах ведеться з холоднотягнутого каліброваного (шліфованого) пруткового матеріалу високого класу точності. Технічні характеристики автоматів поздовжнього точіння наведені в таблиці 2.2.

Конструкція і компоновка автоматів поздовжнього точіння всіх моделей практично однакові, причому остання в цілому повторює компоновку фасонно-відрізних автоматів (див. рис. 2.2). На основі, всередині якої розміщені приводи робочих механізмів автомата і резервуар з насосом системи охолодження, встановлена станина, на якій розташовані всі вузли і механізми, пов'язані з безпосереднім виготовленням деталі за схемою на рис. 1.12.

Кінематичні схеми автоматів поздовжнього точіння також майже не відрізняються одна від іншої і включають в себе три ланцюга: головного руху, приводу розподільчого валу і приводу обертання спеціальних пристосувань. Деякі автомати, наприклад мод. 1П12, 1П16, мають в приводі розподільчого валу додатковий ланцюг прискореного обертання, який використовується при холостих ходах. На рис. 2.4 наведена кінематична схема автомата поздовжнього точіння МОД. 1Б10П.

Ланцюг головного руху: шпindelь автомата отримує обертання від електродвигуна М через плоскопасову передачу зі змінними шківками А і Б і далі від трансмісійного валу П ще через одну плоскопасову передачу з постійними шківками діаметром 156 і 63 мм. Рівняння кінематичного балансу цього ланцюга без урахування проковзування плоскопасової передачі буде

$$n_d \cdot \frac{A}{B} \cdot \frac{156}{63} = n_{ун}, \text{ звідки } \frac{A}{B} \approx 0,0003n_{ун},$$

де $n_{ун}$ – частота обертання шпінделя [хв^{-1}].

Ланцюг приводу обертання розподільчого валу: від електродвигуна до трансмісійного валу П цей ланцюг співпадає з ланцюгом головного руху, а далі проходить через чотирьохступінчасту клинопасову передачу, черв'ячний редуктор 6/18, змінні зубчасті колеса a і b , двоступеневу клинопасову передачу, черв'ячну передачу 1/45, колесо якої закріплено на розподільчому валу VII з кулачками 1-12.

Рівняння кінематичного балансу цього ланцюга:

$$n_d \cdot \frac{A}{B} \cdot i_1 \frac{6}{18} \cdot \frac{a}{b} \cdot i_2 \cdot \frac{1}{45} = n_{p.в},$$

звідки:

$$\frac{a}{b} = 0,095 \cdot \frac{B}{A} \cdot \frac{1}{i_1 i_2} \cdot n_{p.в},$$

де $n_{p.в}$ – частота обертання розподільчого валу, хв^{-1} ;

i_1 і i_2 – передаточні відношення ступінчатих клинопасових передач, які можуть мати наступні значення: $i_1 = 57/155; 74/138; 90/122; 106/106$ та $i_2 = 112/112; 88/136$.

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики автоматів поздовжнього точіння

Параметри	1103 1103A	1Б10В	1М10В 1М10А	11Т16В	1М32В
Найбільший діаметр: оброблюваного прутка, мм	4	6	10	16	32
свердління:					
по сталі, мм	2	4	6	7	12
по латуні, мм	2,5	5	7	9	14
різі, що нарізається:					
по сталі	M2	M4	M2, M5	M6, M8	M14
по латуні	M3	M5	M2, M6	M10, M12	M18
Найбільша довжина, мм:					
подачі прутка за цикл	50	60	80; 100	80; 140	100; 180
свердління	30	40	40	35-40	75
різі, що нарізається	25	40	40	40-50	75
Частота обертання, хв ⁻¹ :					
шпинделя	1600- 12500	1400- 10000	900-8000	450-6300	280-3550
розподільчого валу	1,4- 4,0	0,254- 50,8	0,099- 33,78	0,049- 20,4	0,035- 22,4
Кількість супортів	5	5	6	5	5
Робочий хід супортів, мм:					
балансира № 1 і № 2	8*	8*	10*	18	28
стійки № 3, стійки № 4 і № 5	20 12	20 10	15 20	40 20	15-30 15-45
Кількість швидкостей шпин-	19	18	20	24	2**
Потужність головного при- воду, кВт	1	1,5	2,2	3,0	3,1/4,7
Маса, кг	400	630	840	1200	1700

* - на обидва різці.

** два діапазони частот обертання шпинделя с безступінчастим регулюванням.

Обертання шпинделів спеціальних пристосувань (різьбонарізного і свердлильного) здійснюється через плоскопасові передачі від шківів D_6 і D_7 , встановлених на лівому кінці трансмісійного валу II. Від шківа $D_5 = 70$ мм, встановленого на валу насоса системи охолодження, приводиться в обертання фреза шліцепрорізного пристосування.

Шпиндельна бабка автомата мод. ІБ10П показана на рис. 2.5. Передньою опорою шпинделя 10 є голковий підшипник 15, задньою – два радіально-упорних шарикопідшипника 7. Робочий зазор (натяг) в передній опорі регулюється зміщенням зовнішнього кільця підшипника в конічній розточці корпусу бабки за допомогою гайки 14, в задній – поворотом лімба 8. Положення гайки 14 після регулювання фіксується стопорами 3 з гвинтом 2. Приводний шків 6 встановлений безпосередньо на шпинделі автомата. В отворі переднього кінця шпинделя розміщена конусна втулка 16, всередині якої знаходяться пружина 1 і змінна затискна цанга (на кресленні не показана).

Пружина 1, стиснена при закручуванні гайки 17 між торцем затискної цанги і внутрішнім буртом конусної втулки, постійно прагне зрушити конусну втулку вправо, звільняючи цангу і розтискаючи пруток. Шпиндель в середній частині має два поздовжніх паза, в яких розміщені важелі 12, установлені на осях 11. При повороті важеля-вилки 13 стакан 4 з шарикопідшипником зміщує втулку 5 механізму розтискання прутка вправо, довгі плечі важелів розсуваються, а короткі плечі переміщують конусну втулку 16 вліво, виконуючи затискання цанги. Це положення важелів зображено на рис. 2.5. При відведенні втулки 5 вліво довгі плечі важелів 12 під дією пружини 1 сходяться, і цанга розтискається. Зусилля затиску регулюється гайкою 9.

Подача прутка на автоматах цього типу здійснюється наступним чином: після відрізки готової деталі відрізний різець не відводиться, шпиндельна бабка з розтисненою цангою відходить назад на необхідну довжину заготовки, а пруток під дією вантажу залишається нерухомим і притиснутий до відрізного різця, що виконує в цей момент функції упору. Після затиску прутка цангою відрізний різець відводиться у вихідне положення, і починається цикл обробки наступної заготовки.

Супортна стійка (див. рис. 2.6) закріплена на станині автомата перед шпиндельною бабкою. На корпусі 7 стійки встановлено вертикальні поперечні супорти III, IV і V, що складаються з двох рухомих полозків 5 і різцетримача 6. Рух на супорти передається від трьох кулачків розподільчого валу через регулюючий клин 1, тяги 2 і важелі 3. Кожен супорт має три види регулювань по діаметру обробки мікрометричним гвинтом 4, уздовж осі і по центру заготовки.

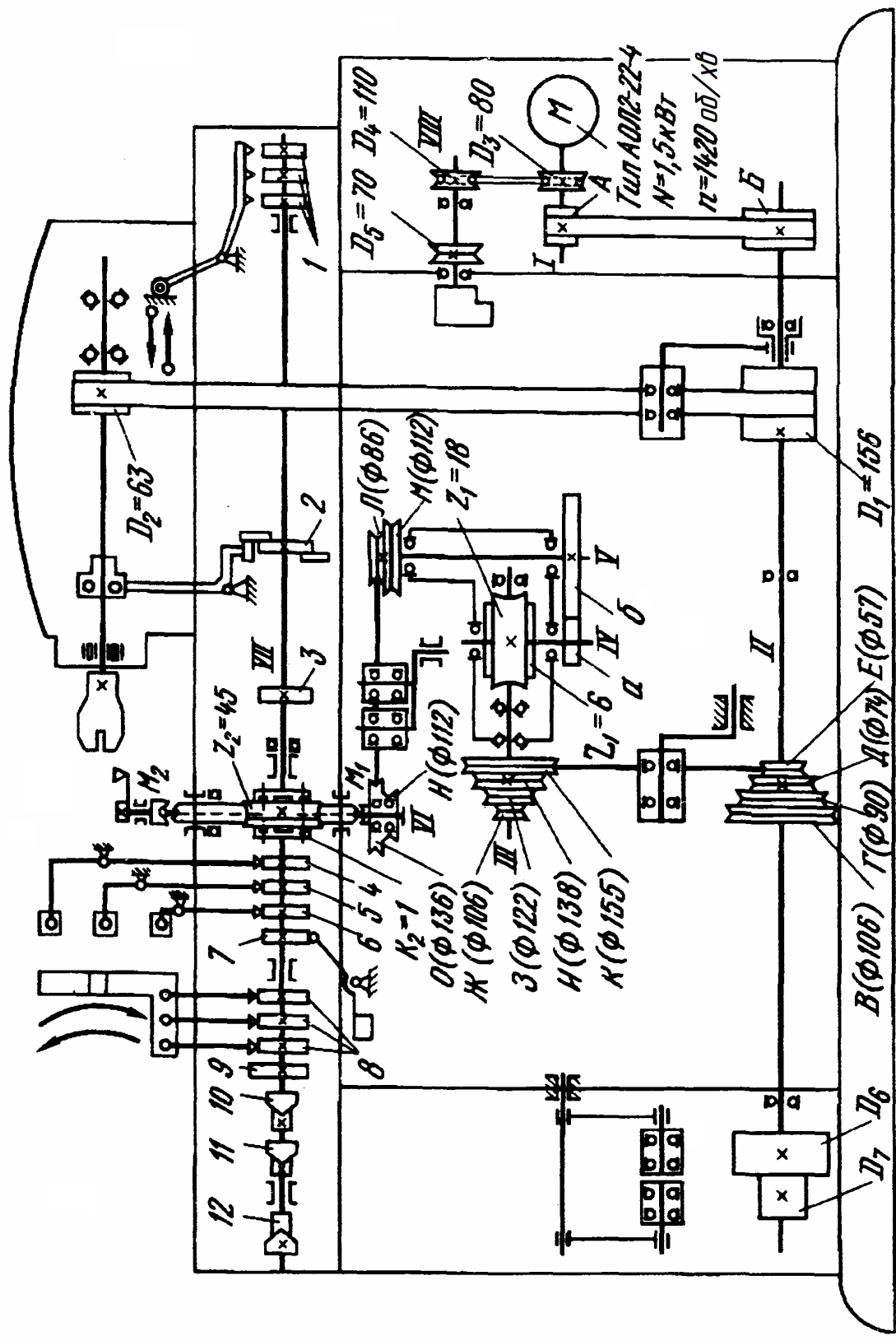


Рисунок 2.4 – Кінематична схема автомата поздовжнього точення мод. 1Б10П

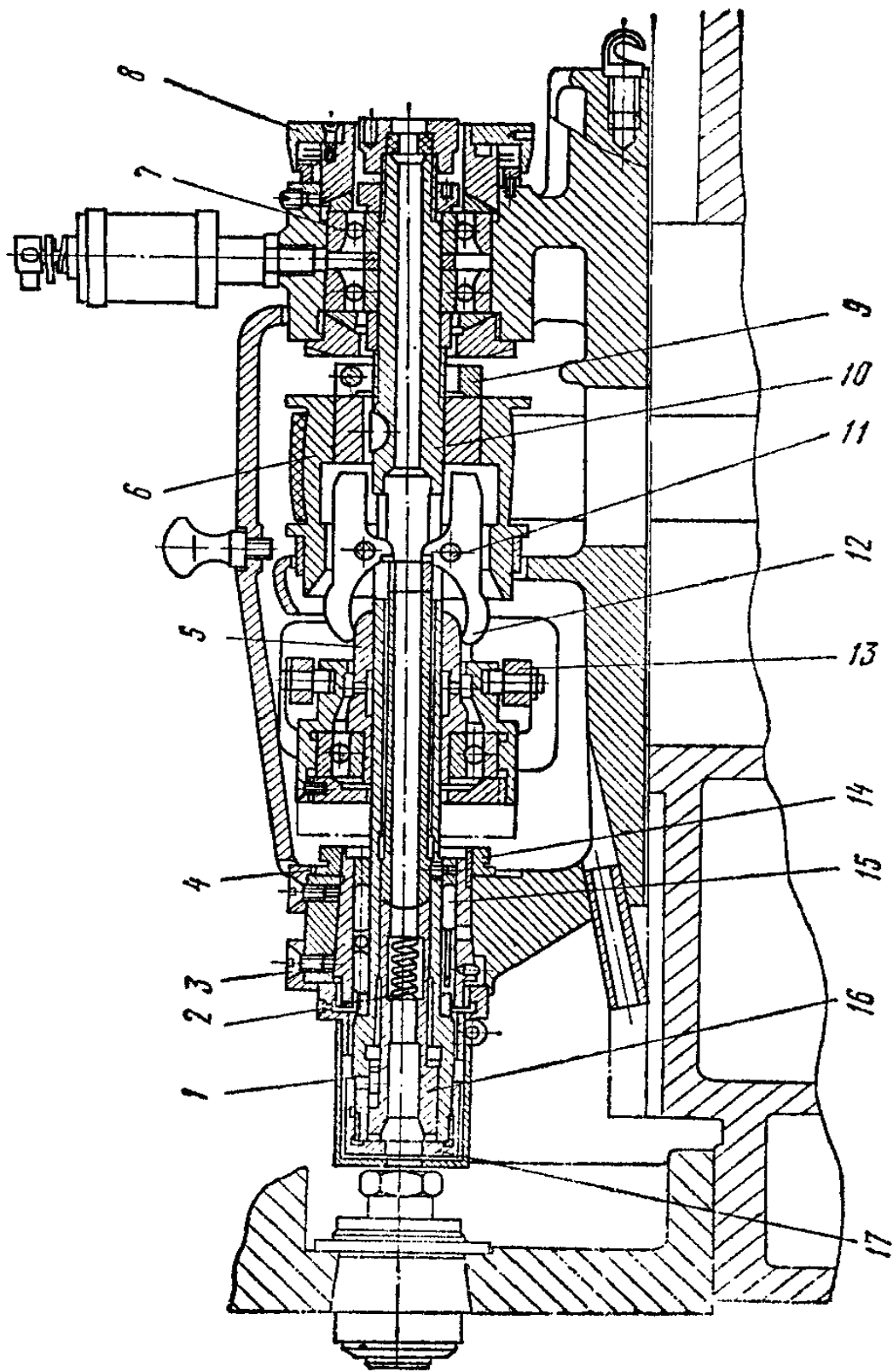


Рисунок 2.5 – Шпіндельна бабка автомата поздовжнього точення мод. 1Б10П

Супорт IV, який має жорсткий упор, дозволяє отримати більш високу точність циліндричної поверхні. Супорт III, оснащений двома гвинтами 4, може обробляти одночасно дві і більше виступів заготовки з високою точністю по діаметру, що не залежить від перепаду радіусів на кулачку. У центральному корпусному отворі стійки встановлений нерухомий люнет, центруючий пруток який і сприймає радіальну складову сили різання.

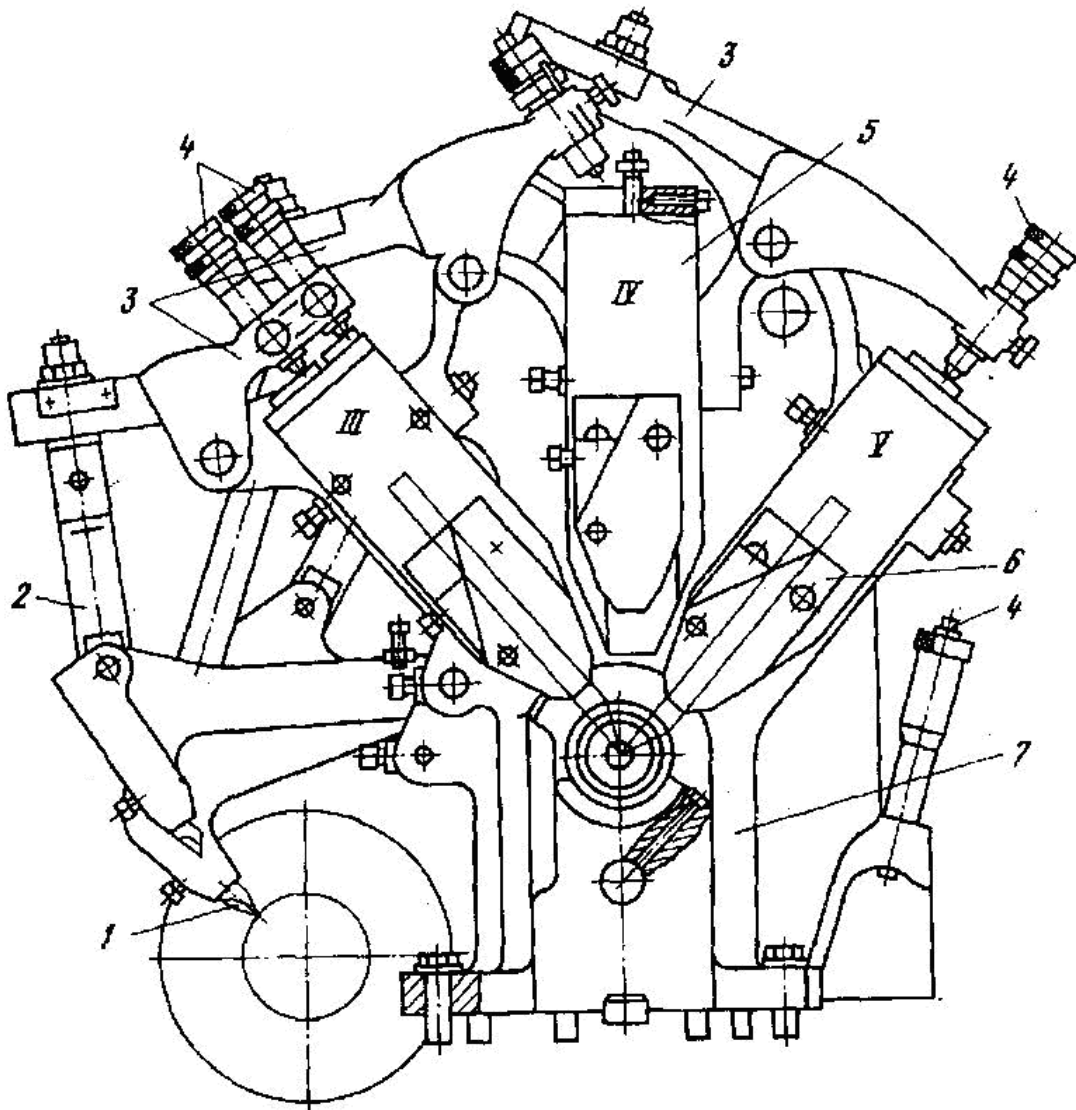


Рисунок 2.6 – Супортна стійка автомата мод. 1103

Балансир (див. рис. 2.7), встановлений на конічній осі 8 у нижній частині супортної стійки автомата, являє собою коромисло 7, на якому розташовані два горизонтальних поперечних супорта I і II, які виконують коливальний рух подачі від одного загального кулачка. При обробці складних деталей подача може здійснюватися від двох кулачків, що працюють послідовно. Кожен супорт складається з рухомих полозків 4 і різцетримача 1 і має регулювання: по діаметру – гвинтом 5; уздовж осі – гвинтом 6 і по центру заготовки поворотом різцетримача 1 навколо осі 6 гвинтом 3 і пруж-

жиною. Супорти балансира є найжорсткішими з поперечних супортів і їх рекомендується застосовувати для виконання точних робіт. Супорт II при точінні високоточних циліндричних поверхонь може працювати по жорсткому упору (на рисунку не показаний).

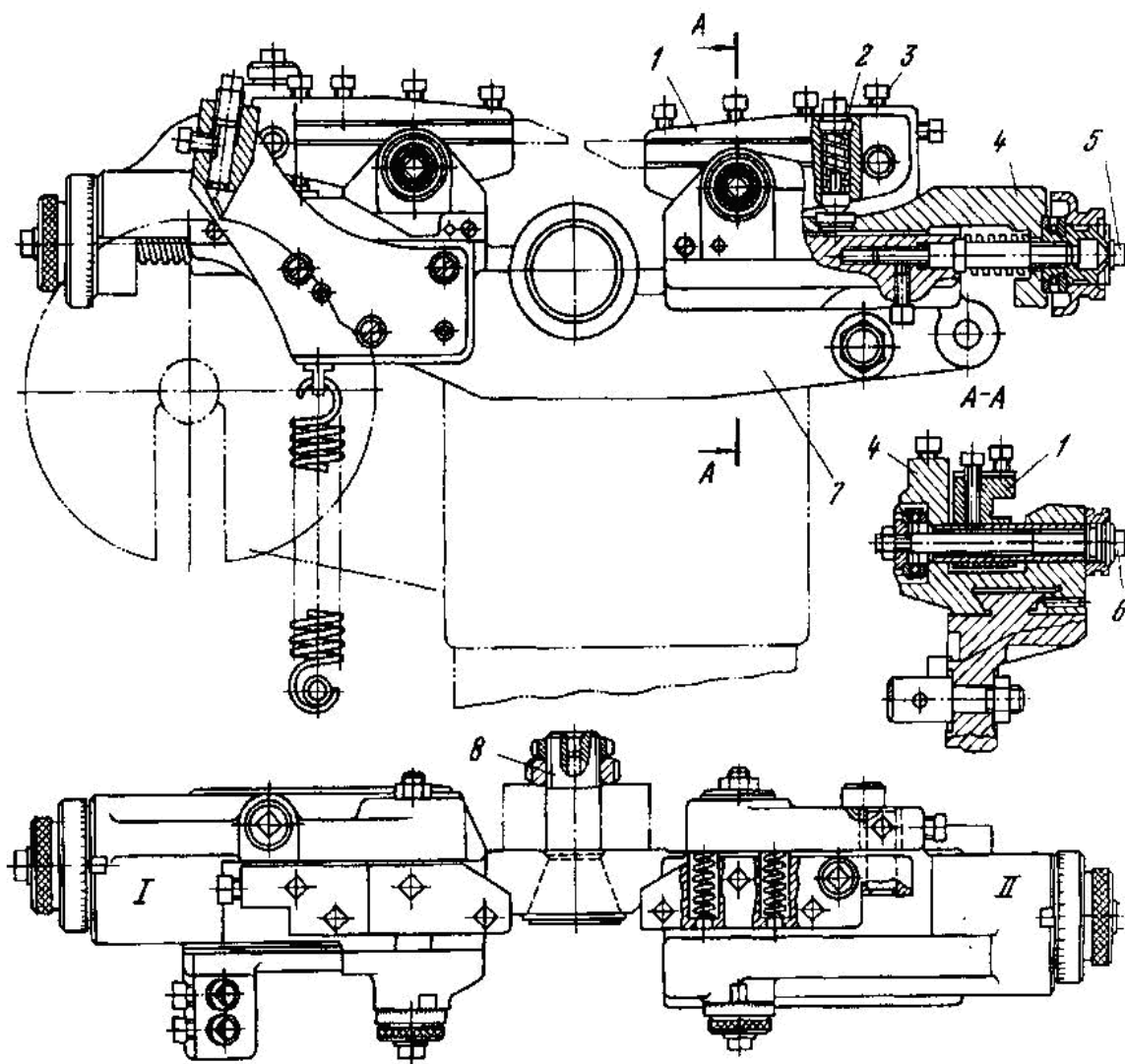


Рисунок 2.7 – Балансир автомата мод. 1103

Розподільчий вал 1 (див. рис. 2.8) встановлено у чотирьох опорах ковзання на задній стінці станині автомата, з яких опора 12 виконана в зйомному кронштейні. Осьові навантаження сприймаються упорним шарикопідшипником 5, зазори в якому вибираються гайкою 4.

Приводне черв'ячне колесо 6 виконано розрізним для періодичної вибірки зазорів в передачі, а черв'як – порожнистим. Усередині черв'яка проходить валик, осьовим зміщенням якого вмикаються зубчасті муфти 15 і 14, і, відповідно, привод обертання розподільчого валу «від руки» або електродвигуна.

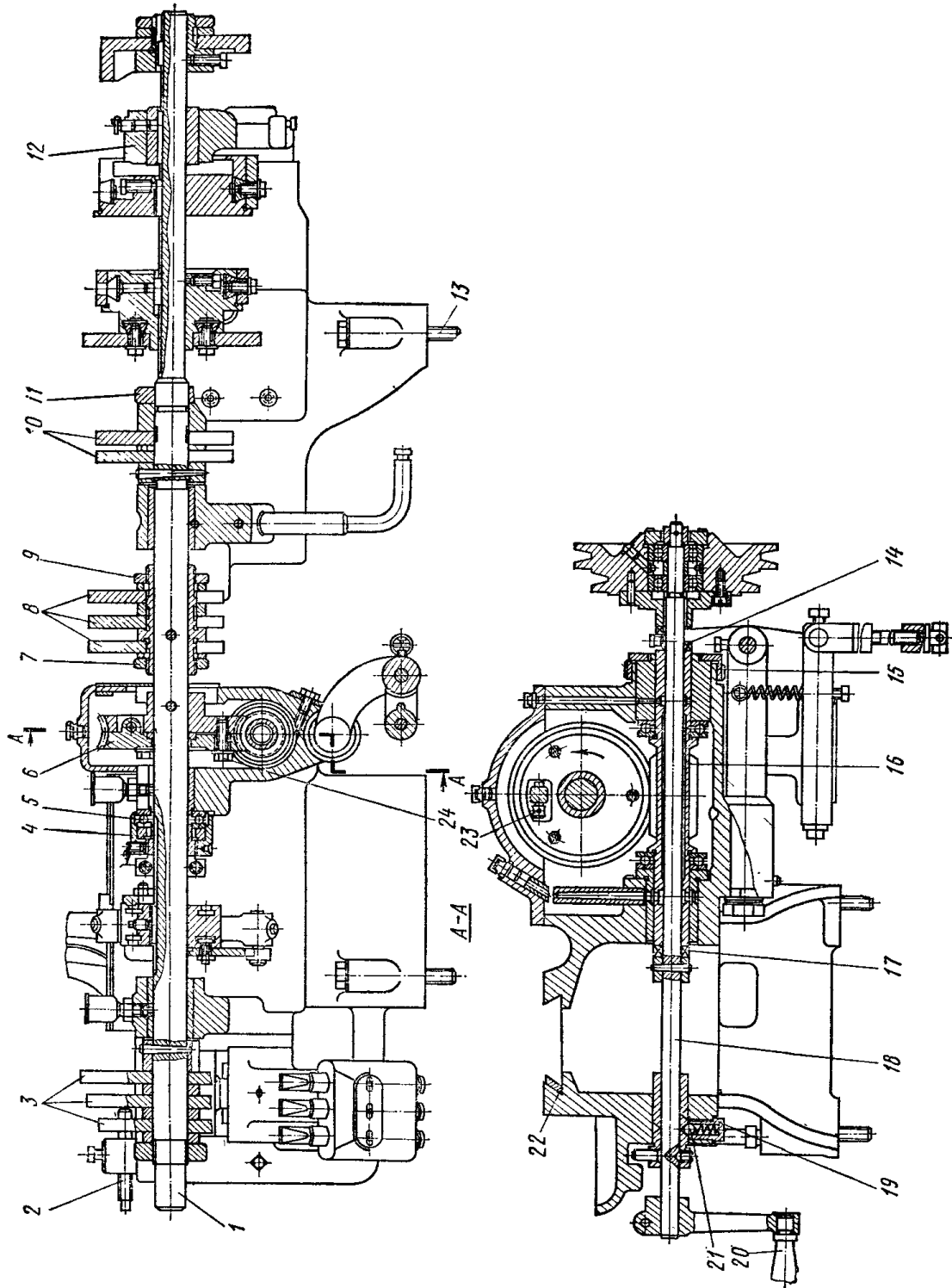


Рисунок 2.8 – Станина і вузол розподільчого валу автомата мод. 1103

На розподільчому валу встановлено три кулачка 3 шпindelьної бабки, кулачки 8 вертикальних супортів і два кулачка 10 балансира. При обробці складних деталей подача шпindelьної бабки (за аналогією з балансиrom) може проводитися від двох або трьох кулачків, що працюють послідовно. Кулачки 8 і 10 виконані з радіальними пазами, що дозволяє знімати і встановлювати їх, не розбираючи розподільчого валу, а їх кріплення на валу здійснюється за рахунок сил тертя, створюваних затягуванням гайок 7, 9 і 11. На рис. 2.8 показані також жорсткий упор 2, що обмежує хід шпindelьної бабки і болти 13, якими станина кріпиться на основі автомата.

Налагодження автоматів поздовжнього точіння

Налагодження токарних автоматів і напівавтоматів включає: розробку карти наладки, підбір або проектування і виготовлення кулачків і копирів, налаштування та налагодження автомата з виготовленням пробної деталі.

Розглянемо зміст основних етапів розробки карти наладки і наведемо рекомендації при призначенні або розрахунку її показників. При виборі заготовки слід прагнути до того, щоб її розміри і форма були якомога ближче до форми і розмірів деталі.

В автоматах (напівавтоматах), де частота обертання шпindelя протягом всієї обробки постійна, вона приймається рівною мінімальній з усіх отриманих значень і коригується за паспортом, виходячи з можливості налаштування.

В автоматах, де частота обертання шпindelя на окремих переходах або позиціях може бути змінена, $N_{\text{шп}}$ вибирається конкретно для кожної позиції або переходу. Подачі (S), вибрані для кожного різального інструменту, коригуються тільки у випадку, якщо інструменти встановлені на загальній державці і подаються з одного кулачка. У цьому випадку вибирається менше значення S .

Нарізання різьби на автоматах і напівавтоматах проводиться одним з таких методів: обертається тільки оброблювана заготовка та згвинчування здійснюється реверсуванням шпindelя з частотою обертання в 2 ... 5 разів вище робочої; деталь і інструмент обертаються в одну сторону, але інструмент обертається швидше або, навпаки, повільніше (відповідно для лівої чи правої різьби).

Згвинчування в цьому випадку відбувається також за рахунок інструменту шляхом його відставання від заготовки або обгону її, але з більшою, ніж при нарізанні, різницею частот обертання.

Розрахунок цифрової інформації карти наладки проводиться на основі прийнятого техпроцесу і даних паспорта автомата. Довжини робочих ходів ($l_{p.x}$) супортів з інструментами визначаються за формулою:

$$l_{p.x} = l_{\text{обр}} + \Delta, \quad (2.1)$$

де $l_{\text{обр}}$ – довжина хода безпосередньо при обробці;

Δ – гарантований зазор (0,5 ... 4 мм), який виключає можливість врізання інструмента в заготовку при пришвидшеному підході до неї на холостому ході; при свердлінні він включає висоту ріжучого конуса свердла.

Довжини холостих ходів ($l_{x.x}$) вибираються мінімально можливими, але виключаючими зіткнення інструментів при переміщені. Величина підйому профілю кулачка (h_k) на окремих його ділянках визначається виразом:

$$h_k = l_{p.x} \cdot i_{важ}, \quad (2.2)$$

де $i_{важ}$ – передаточне відношення важільної системи супорта.

Число обертів шпинделя (n_p) автомата, яке припадає на виконання одного робочого переміщення, розраховується по формулі:

$$n_{p.i} = \frac{l_{p.x}}{S} \quad (2.3)$$

До отриманого значення додається 2 ... 5 обертів для вистою інструмента в кінцевому положенні.

Якщо всі робочі операції виконуються при одній і тій же частоті обертання шпинделя ($n_{шп}$), то, додавши $n_{p.i}$ усіх несумісних робочих ходів, можна визначити час, який потрібно витратити на робочу частину циклу:

$$t_{p.x} = \frac{\sum n_{p.i} 60}{n_{шп}} [c]. \quad (2.4)$$

В тому випадку, коли більшість операцій, виконується при частоті $n_{шп}$, прийнятої за основну, а окремі операції при інших частотах, число обертів шпинделя, яке припадає на виконання одного такого робочого ходу, виконаного при частоті $n'_{шп}$, визначається по формулі:

$$n_{p.i} = \frac{l_{p.x}}{S} \cdot k, \quad (2.5)$$

де k – коефіцієнт приведення, рівний $n_{шп}/n'_{шп}$.

Розрахувавши таким чином приведені $n_{p.i}$, і для інших аналогічних операцій, час $t_{p.x}$ знаходять по тій же формулі 2.4.

Загальноциклова координація робочих і холостих ходів супортів, а також рухів допоміжних органів виконується або в градусах, або в сотих частках одного оберту розподільчого валу. Кількість сотих часток або градусів холостих ходів робочих органів залежно від довжини $l_{x.x}$ визначають за спеціальними таблицями, що приводиться в паспорті автомата. У деяких випадках відомо і час, за який здійснюються ці холості ходи.

Визначивши, наприклад, сумарний кут β_c для несумісних холостих ходів, знаходять сумарний кут повороту розподільчого валу при виконанні несумісних робочих ходів:

$$\alpha_c = 360^\circ - \beta_c, \quad (2.6)$$

Кут α_i , для кожного робочого ходу визначається за формулою:

$$\alpha_i = \frac{\alpha_c}{\sum n_{p.i}} \cdot n_i, \quad (2.7)$$

Знаючи α_c , знаходять загальну кількість обертів шпинделя автомата ($n_{дет}$) і час ($T_{ц}$) повної обробки однієї деталі, а також частоту обертання розподільчого валу ($n_{p.в}$), яка дорівнює розрахованій продуктивності автомата, по формулам:

$$n_{дет} = \frac{\sum n_{p.i}}{\alpha_c} \cdot 360 \quad (2.8)$$

$$T_{ц} = \frac{n_{дет}}{n_{ум}} \cdot 60(c) \quad \text{або} \quad T_{ц} = \frac{t_{p.x}}{\alpha_c} \cdot 360(c) \quad (2.9)$$

$$n_{p.в} = \frac{1}{T_{ц}} \cdot 60 \text{ (хв}^{-1}\text{)}. \quad (2.10)$$

Отриману частоту $n_{p.в}$ округлюють за паспортом автомата до найближчого значення в таблиці змінних коліс, а потім знаходять уточнені значення $n_{дет}$ і $T_{ц}$.

Карта наладки автомата поздовжнього точіння мод. 1Б10П на виготовлення типової деталі наведена в таблицях 2.3 і 2.4.

Таблиця 2.3 – Карта налагодження автомата поздовжнього точіння мод. 1Б10П (загальні дані і схеми обробки).

Ескіз деталі		Положення і призначення інструментів		
Назва деталі	Вісь	Швидкість різання, м/хв	Обточка і відрізання	28
Матеріал	Сталь		Нарізання різі Свердління	- -
Марка	Сталь 45	Число обертів шпинделя за хвилину	Головного	1800
Діаметр	Ø5		Різьбонарізного Свердлильного	- -
Змінні шківів	$\frac{A}{B} = \frac{80}{160}$	Число обертів шпинделя на 1 деталь	3870	
Ступені шківів	Д-І; Л-О	Продуктивність автомата, шт./хв	0,465	
Змінні зубчасті колеса	$\frac{a}{b} = \frac{25}{100}$	Час обробки 1 деталі, с	129	

Для обробки даної деталі обрані три різця: два прохідних (1 і 2) і один відрізний (3). Першим прохідним різцем обробляють ліву частину заготовки, а другим – праву.

Обробку центрувальних конусів на заготовці виконують при її відрізанні фасонним відрізним різцем, причому відрізання здійснюють при одночасному поперечному переміщенні різця і поздовжньому переміщенні шпиндельної бабки з заготовкою.

Прохідні різці встановлюють на супортах балансира, а відрізний різець – на середньому вертикальному супорті. Всі різці виконані з швидкоріжучої сталі, їх розташування у вихідному положенні показано в карті нала-

ки. У процесі обробки частота обертання шпинделя автоматично не перемикається і для вибраної швидкості різання $V = 28$ м/хв і розрахунковим значенням $N_{\text{шп}}=1793$ хв⁻¹ прийнята паспортна частота $N_{\text{шп}}=1800$ хв⁻¹ при змінних шківках А = 80 і Б = 160 мм (див. рис. 2.4).

Довжина робочих ходів ($l_{p,x}$) і кількість обертів шпинделя на перехід ($n_{p,i}$) розраховані за формулами 2.1 і 2.3.

При визначенні величин підйому профілю на кулачках (h_k) враховані передаточні відношення важелів: шпиндельної бабки – 1 : 1, балансира – 1 : 3 і вертикального супорта – 1 : 2.

При призначенні радіусів кулачків для окремих переходів враховують, що при роботі на великих радіусах поліпшуються навантажувальні характеристики кулачкового механізму і зменшується небезпека його заклинювання. Тому для кінцевих положень робочих органів використовуються максимально можливі радіуси, рівні радіусам заготовок відповідних кулачків.

У даній наладці такими є: кулачок шпиндельної бабки ($R = 80$ мм) – перехід № 27; кулачок вертикального супорта ($R = 60$ мм) – перехід № 32; кулачок балансира ($R = 160$ мм) – перехід № 25, що відповідає найбільшому підходу до осі заготовки різця 2. Зазначимо, що найбільшому підходу до осі деталі різця 1 відповідає найменший радіус кулачка балансира (див. перехід № 2).

Сумарний кут несумісних холостих ходів $\beta_c=108^\circ$ розподільчого валу включає: рекомендовані паспортом гарантовані паузи ($\beta = 2^\circ \dots 3^\circ$), постійні значення $\beta_{35}=10^\circ$ і $\beta_{37}=15^\circ$ для кулачків розтиску і затиску прутка і розрахований за даними паспорта $\beta_{36}=28^\circ$ на відведення шпиндельної бабки.

Гарантовані паузи додаються на початку і в кінці підйому і спуску кривих кулачка, в результаті чого рух інструментів починається трохи пізніше і закінчується дещо раніше. Цим гарантується нормальна робота автомата навіть якщо при розмітці і виготовленні кулачків допущені кутові помилки в 15' ... 30'. З цієї ж причини відпадає необхідність додавати 2 ... 5 обертів на вистій інструменту при розрахунку $n_{p,i}$ за формулою 2.3.

Кути повороту розподільчого валу при виконанні робочих ходів знайдені за формулою (2.7) з урахуванням $\alpha_c = 252^\circ$, отриманого з виразу (2.6). Результати розрахунків за формулами (2.8), (2.9) і (2.10) дали наступні значення: $n_{\text{дет}} = 3977$ об; $T_{\text{ц}} = 132,6$ с і $n_{p,v} = 0,453$ хв⁻¹.

Найближче паспортне $n_{p,v} = 0,465$ хв⁻¹ налаштовується при $N_{\text{шп}} = 1800$ хв⁻¹ шківками Д-І, Л-О і змінними зубчастими колесами $a = 25$ і $b = 100$. При цьому, час циклу і фактичне число обертів шпинделя за цикл будуть мати наступні значення: $T_{\text{ц}} = 129$ с і $n_{\text{дет}} = 3870$ об. Скорочення тривалості обробки на 3,2 с при збереженні початкової цифрової інформації карти наладки відбудеться за рахунок збільшення обертових подач робочих органів приблизно на 2,5%, що цілком припустимо.

Таблиця 2.4 – Карта налагодження автомата поздовжнього точіння 1Б10П (переходи обробки і цифрова інформація)

№ п.п.	Назва переходу	Робочий хід, мм	Підйом або спуск на кулачку h_k , мм	Подачі, мм/об.	Число обертів шпинделя на робочий перехід n_p	Кут холостих ходів β , град	Кут робочих ходів α , град	Радіуси кулачка, мм		Протяжність переходів кутових гра-дусах	
								початковий	кінцевий	від	до
1	Відвід різця № 3	3,1	6,2	–	–	(5)	–	60	По шаблону	0	(5)
2	Підвід різця № 1	1,75	5,25	–	–	6	–	54,75	49,5	0	6
3	Точіння $\varnothing 2,5$. Хід ШБ	4,85	4,85	0,008	606	–	55	39,8	44,05	6	61
4	Пауза	–	–	–	–	2	–	–	–	61	63
5	Точіння фаски. Хід різця № 1 до $\varnothing 3,5$	0,5	1,5	0,008	(63)	–	(6)	49,5	51	(63)	(69)
6	Точіння фаски. Хід ШБ	0,5	0,5	0,008	63	–	6	44,65	45,15	63	69
7	Пауза	–	–	–	–	2	–	–	–	69	71
8	Точіння $\varnothing 3,5$. Хід ШБ	6,5	6,5	0,017	382	–	34	45,15	51,65	71	105
9	Пауза	–	–	–	–	2	–	–	–	105	107
10	Відвід різця № 1 до $\varnothing 4$	0,25	0,75	–	–	2	–	51	51,75	107	109
11	Пауза	–	–	–	–	2	–	–	–	109	111
12	Точіння $\varnothing 4$. Хід ШБ	3	3	0,02	150	–	14	51,65	54,65	111	125
13	Пауза	–	–	–	–	2	–	–	–	125	127
14	Відвід різця 1 в початкове положення	1	3	–	–	4	–	51,75	54,75	127	131
15	Переміщення ШБ з прутком під точіння	8,9	8,9	–	–	11	–	54,65	63,55	131	142

Продовження табл. 2.4

16	Підвід різця № 2 до Ø5,4	0,4	1,2	-	-	-	2	-	54,75	55,95	142	144
17	Врізання різця № 2 до Ø4	0,6	1,8	0,008	75	-	-	7	55,95	57,75	144	151
18	Пауза	-	-	-	-	-	2	-	-	-	151	153
19	Точіння Ø4. Хід ШБ	10	10	0,02	500	-	-	45	63,55	73,55	153	198
20	Пауза	-	-	-	-	-	2	-	-	-	198	200
21	Врізання різця № 2 до Ø3,5	0,25	0,75	0,008	31	-	-	3	57,75	58,5	200	203
22	Пауза	-	-	-	-	-	2	-	-	-	203	205
23	Точіння Ø3,5. Хід ШБ	3	3	0,017	176	-	-	16	73,55	76,55	205	221
24	Пауза	-	-	-	-	-	2	-	-	-	221	223
25	Врізання різця № 2 до Ø2,5	0,5	1,5	0,005	100	-	-	9	58,5	60,0	223	232
26	Пауза	-	-	-	-	-	2	-	-	-	232	234
27	Точіння Ø2,5. Хід ШБ	3,45	3,45	0,008	431	-	-	39	76,55	80,0	234	273
28	Пауза	-	-	-	-	-	2	-	-	-	273	275
29	Відвід різця № 2 в початкове положення	1,75	5,25	-	-	-	(5)	-	60,0	54,75	(275)	(280)
30	Відвід прутка під відрізання. Хід ШБ	1,35	1,35	-	-	-	(2)	-	80,0	78,65	(275)	(277)
31	Підвід відрізного різця № 3 до Ø2,5	1,75	3,5	-	-	-	6	-	По шаб-лону	57,3	275	281
32	Відрізання. Хід різця № 3	1,35	2,7	0,005	(270)	-	-	(24)	57,3	60,0	(281)	(305)
33	Відрізання. Хід ШБ	1,35	1,35	0,005	270	-	-	24	78,65	80,0	281	305
34	Пауза	-	-	-	-	-	2	-	-	-	305	307
35	Розтискання цанги	-	-	-	-	-	10	-	-	-	307	317
36	Відвід ШБ	40,2	40,2	-	-	-	28	-	80	39	317	345
37	Затискання цанги	-	-	-	-	-	15	-	-	-	345	360
	Всього:	-	-	-	2784	-	108	252	-	-	-	-

На рис. 2.9 наведено креслення найбільш складного по конфігурації кулачка шпindelної бабки, який побудований для розглянутого прикладу.

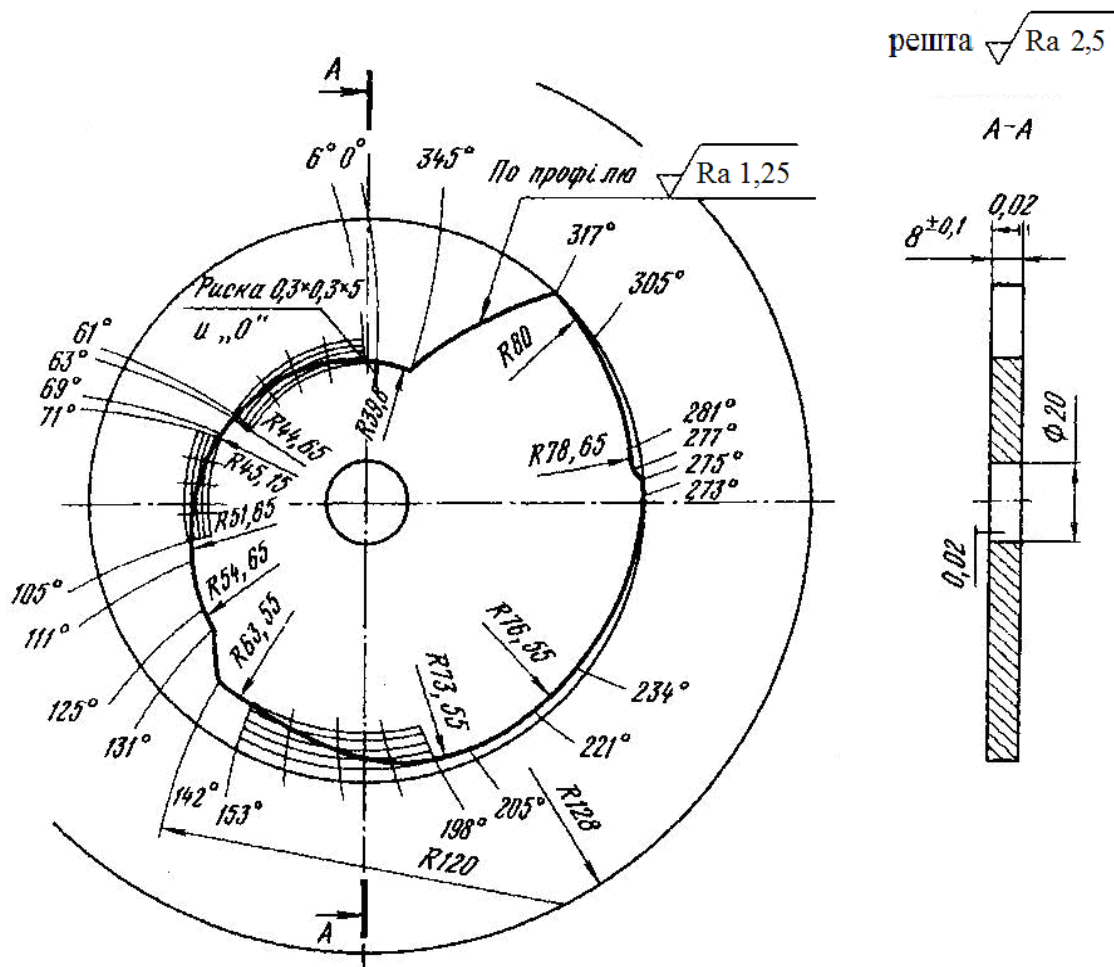


Рисунок 2.9 – Креслення кулачка шпindelної бабки

Значення кутів окремих переходів вказані від нуля проти годинникової стрілки, тому що розподільчий вал, як і шпindel автоматa, має ліве обертання (за годинниковою стрілкою).

При обробці заготовки зі складним профілем доцільно для шпindelної бабки і супортів балансира проектувати і виготовляти не один кулачок, а два або три в залежності від кількості робочих ділянок, окреслених по спіралі Архімеда. Найкращий варіант – коли на кулачку одна робоча ділянка. Це дозволяє проводити регулювання по довжині на кожному ступені оброблюваної заготовки при використанні одних і тих же кулачків.

2.4 Токарно-револьверні автомати

Токарно-револьверні автомати призначені для виготовлення деталей з різних сталей, кольорових металів і сплавів по 9...11-му квалітетам. Обробка на них ведеться з холоднотягнутого каліброваного круглого, квадратного і шестигранного пруткового матеріалу.

На відміну від автоматів поздовжнього точіння шпindelна бабка токарно-револьверного автомата не має осьового переміщення. Шпindel забезпечує більш швидке ліве обертання, при якому виконується більшість робочих операцій, і повільне праве обертання, при якому проводять нарізання різьб, розгортання і деякі інші операції. Крім поперечних супортів, токарно-револьверні автомати мають один поздовжній револьверний супорт, на якому встановлена поворотна шестипозиційна револьверна головка з інструментами для обробки з поздовжньою подачею.

Технічні характеристики токарно-револьверних автоматів наведені в таблиці 2.1.

Всі токарно-револьверні автомати однотипні за компоновкою і мають практично однакову конструкцію (рис. 2.10). У основі 4 автомата розміщені системи змащення й охолодження, а також коробка передач. Зверху до основи кріпиться станина 6, на якій змонтована шпindelна бабка 1 з розташованим на ній спеціальним кронштейном для одного або двох вертикальних поперечних супортів і яка має поздовжні і поперечні прямокутні направляючі для револьверного супорта 3 з шестипозиційною головкою 2 і двох горизонтальних (переднього і заднього) поперечних супортів. На рисунку поперечні супорти закриті огороженням 5.

На рис. 2.11 показана кінематична схема токарно-револьверного автомата мод. 1E140П, характерними особливостями якого є: наявність додаткового поздовжнього супорта, ланцюг прискореного обертання розподільчого вала на холостому ході і застосування для всіх робочих і допоміжних рухів у циклі обробки загального електродвигуна. Обертання шпинделя VI автомата (головний рух) здійснюється від двигуна М через ланцюг, що включає: передачу зубчатим ременем зі змінними шківками, автоматичну коробку передач (вали 1-V) зі змінними колесами a/b і передачу зубчатим ременем 24/24.

Подачу і відведення супортів з інструментами і керування циклом роботи автомата здійснює розподільчий вал, який у всіх токарно-револьверних автоматах конструктивно виконаний у вигляді двох валів (XIII і XV), пов'язаних між собою кінематичним ланцюгом з передаточним відношенням 1:1 (дві черв'ячні передачі 1 / 40 на валах XII і XIV, з'єднаних між собою конічною зубчатою передачею 29/29).

Розподільчий вал приводиться в обертання від двигуна М через ланцюгову передачу 16/37, зубчасті колеса реверсу 26-26-90, запобіжну муфту М6, допоміжний вал VII із з'єднувальною муфтою М8, зубчасті колеса 35-25-26, змінні колеса $c-d-e-f-g-h$, муфту обгону М12, зубчасті колеса 30/75, запобіжну муфту М10 на валу XII і далі через черв'ячні передачі 1/40 на вали XIII і XV.

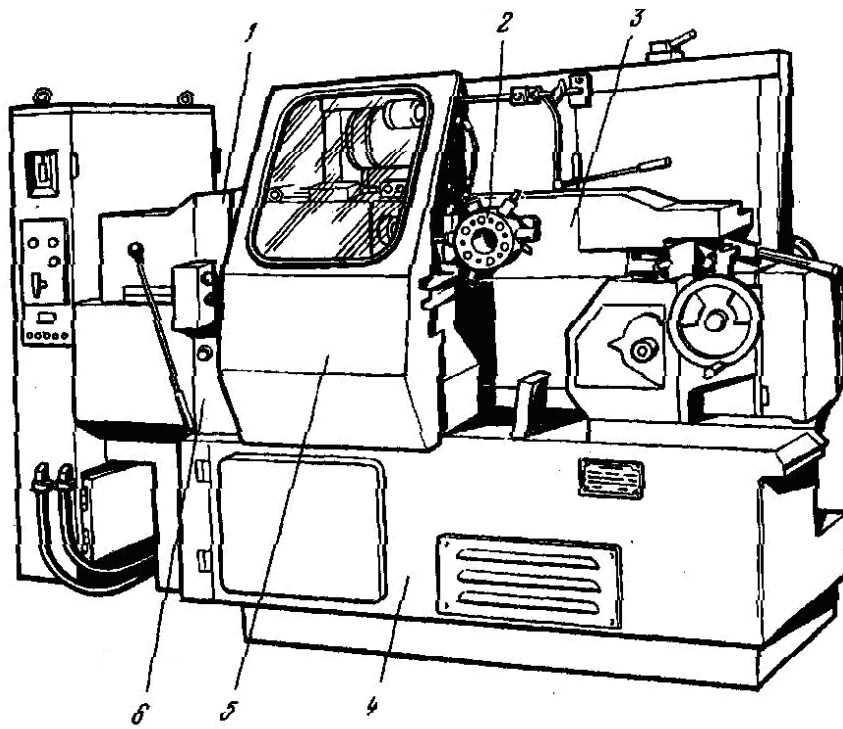


Рисунок 2.10 – Токарно-револьверний автомат мод. ІЕ140П

Змінними колесами налаштовується тривалість ($T_{\text{ц}}$) циклу в секундах, виходячи зі співвідношення:

$$\frac{n_{\text{ел}} T_{\text{ц}}}{30} \text{ об. двигуна М} \rightarrow 1 \text{ об. розподільчого валу (ХІІІ)},$$

згідно з яким представлення кінематичного балансу буде:

$$\frac{960}{60} T_{\text{ц}} \cdot \frac{16}{37} \cdot \frac{26}{26} \cdot \frac{26}{90} \cdot \frac{35}{25} \cdot \frac{25}{26} \cdot \frac{c}{d} \cdot \frac{e}{f} \cdot \frac{g}{h} \cdot \frac{30}{70} \cdot \frac{1}{40} = 1,$$

звідки:

$$\frac{c}{d} \cdot \frac{e}{f} \cdot \frac{g}{h} = \frac{37}{T_{\text{ц}}}$$

Пришвидшене обертання розподільчого валу ($n_{\text{р.в}}$) здійснюється ввімкненням муфти M_{11} .

$$n_{\text{р.в}} = 960 \frac{16}{37} \cdot \frac{26}{26} \cdot \frac{26}{90} \cdot \frac{35}{25} \cdot \frac{25}{26} \cdot \frac{59}{21} \cdot \frac{30}{75} \cdot \frac{1}{40} \approx 4,5 \text{ хв}^{-1}.$$

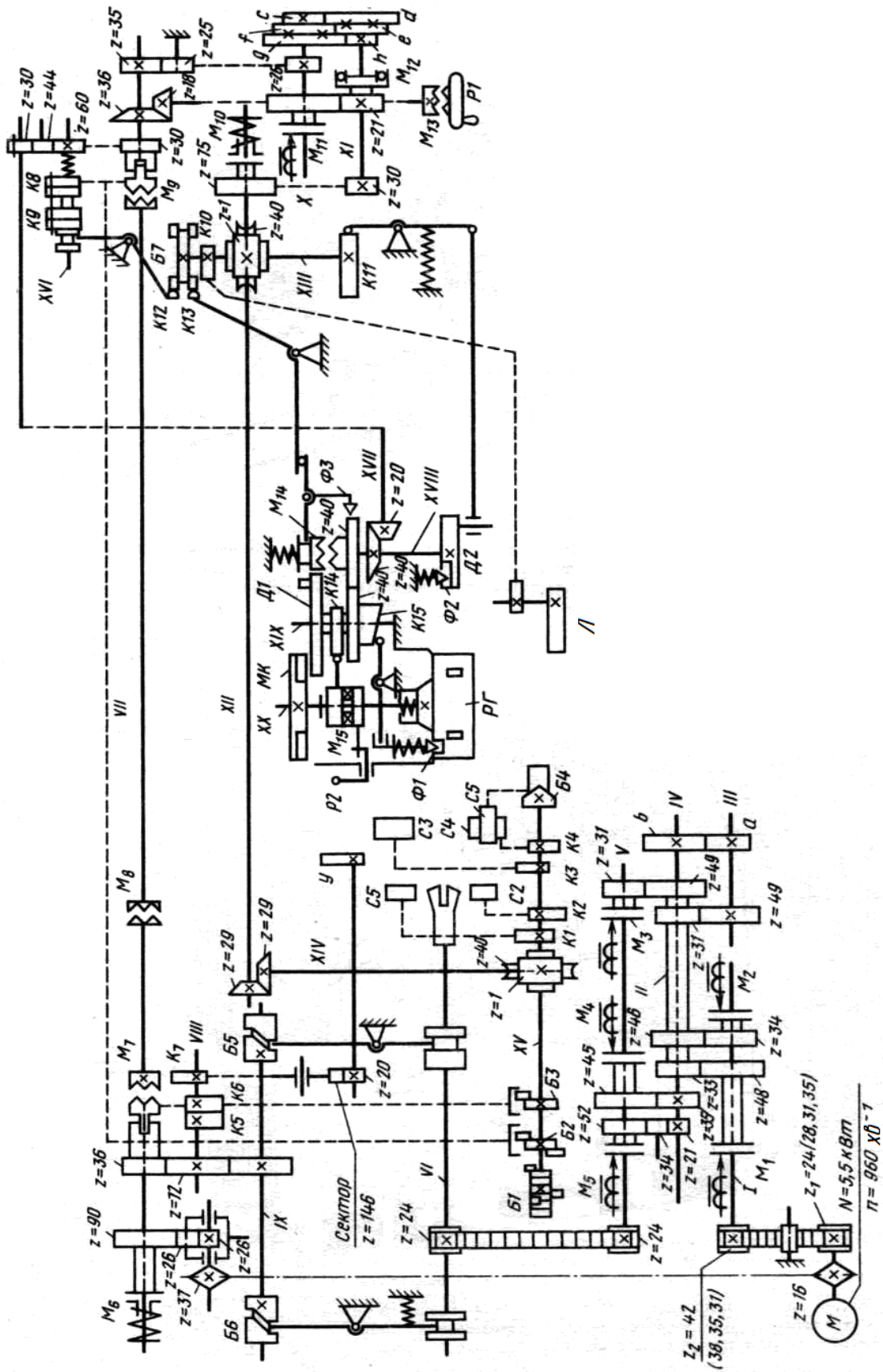


Рисунок 2.11 – Кінематична схема токарно-револьверного автомата мод. Е140П

Дискові кулачки К1, К2, К3, К4 на валу XV забезпечують робочу подачу і відведення поперечних супортів, відповідно, вертикальних С1, С2 і горизонтальних С3, С4, а барабанний кулачок Б4 – додаткового поздовжнього супорта С5. Кулачок К11 на валу XIII через важіль і шатун переміщує револьверний супорт з головою РГ.

Решта кулачків і барабани на валах XIII і XV виконують допоміжні дії або керують пристроями, що здійснюють допоміжні рухи. До них відносяться:

1. Зміна частоти і (або) напрямку обертання шпинделя. Перемикання електромагнітних муфт в коробці передач і реверсування електродвигуна протягом циклу проводиться регульованими упорами на барабані командоапарата Б1.

2. Зміна позицій револьверної головки. Упори на барабані Б2 через систему важелів вмикають однообертову муфту М9 на допоміжному валу VII, яка через зубчасті колеса 30–60–44–30, передачі 20/40 і 40/40 (при ввімкненій муфті М14) надає один оберт диску КД1 (вал XIX) і відповідно шестипазовому мальтійському хресту МК (вал XX) з револьверною головою РГ поворот на 1/6 частину оберту.

Диск КД1 робить один оберт за два оберти допоміжного валу VII і тому протягом його першого оберту кулачки К8 на валу XVI блокують систему важелів муфти М9, виключаючи тим самим можливість її передчасного вимкнення.

Зміна позицій револьверної головки супроводжується допоміжними діями:

а) розфіксацією головки та зняттям її з затискного конуса, що забезпечуються кулачками К14, К15 (вал XIX) спільно з муфтою М15 (вал XX) і фіксатором Ф1. Ці ж дії при налагодженні здійснюють вручну рукояткою Р2;

б) відводом револьверного супорта на величину подвоєного ексцентриситету кривошипного диска КД2, який відбувається автоматично з початком обертання вала XVIII. При обробці вал XVIII утримується від довільного повороту фіксатором Ф1.

Відведення револьверного супорта без повороту головки і його встановлення у відведеному положенні, забезпечується кулачком К9 (вал XVI) спільно з муфтою М14 і фіксатором Ф3 (вал XVIII), керування якими здійснюють регулюванням кулачків К12 і К13 на барабані Б7 розподільчого валу.

3. Подача і затиск матеріалу. Упор на барабані Б3 через систему важелів вмикає однообертову муфту М7 на допоміжному валу VII, яка через зубчасті колеса 36–72–72 за два оберти вала VII надає валу IX з барабанними кулачками Б5 (затиск-розтиск цанги) і Б6 (подача прутка) один оберт, а необхідне блокування важелів муфти М7 забезпечують кулачки К5, К6 на валу VIII. Подачу прутка здійснюють до упору, встановлюваного в одній з позицій револьверної головки.

У разі, якщо при обробці складної деталі всі позиції головки зайняті ріжучими інструментами, використовується хитний упор У який підводиться і відводиться кулачком К7 (вал VIII) через важіль, зубчастий сектор $Z = 146$ і колесо 20.

4. Відвід лотка Л із зони падіння відрізаної готової деталі (підведення під дією пружини) здійснює кулачок К10 (вал XIII).

Тривалість за часом допоміжних рухів пов'язана з частотою обертання допоміжного валу, яка дорівнює:

$$n_{e.g} = 960 \cdot \frac{16}{37} \cdot \frac{26}{26} \cdot \frac{26}{90} = 120 \text{ хв}^{-1}.$$

Отже, зміна позицій револьверної головки, а також подача і затиск прутка здійснюються протягом однієї секунди. При реверсуванні електродвигуна напрямом обертання допоміжного валу зберігається незмінним за рахунок виведення із зачеплення коліс 26–26–90 паразитного колеса 26. Допоміжний вал можна обертати і вручну від маховичка Р1 через муфту M_{13} і конічну передачу 18/36.

Основні вузли автомата

Шпindelна бабка автомата мод. 1E140П показана на рис. 2.12. Пустотілий шпindel 12 встановлений на двох опорах. Передньою опорою служить дворядний роликівий підшипник 11, а задньою – два радіально-упорних шарикопідшипника 2. Опори зібрані з попереднім натягом. На шпindel насаджений приводний шків 1.

У середині шпинделя поміщена подавальна труба 19, в правий кінець якої закручена подавальна цанга 15, яка постійно стискає пруток за рахунок сил пружності.

Лівий кінець труби через підшипник 21 зв'язаний з полозками 20, які можуть переміщатися по напрямних 27 кронштейна 28. За один оберт барабанного кулачка 26, важіль 25 здійснює один хитний рух, який через сухар 24 і гайку 23 передає полозкам з трубою і цангою один подвійний хід. Довжина ходу, а отже, і величина подачі прутка регулюється гвинтом 22.

В отворі переднього кінця шпинделя встановлена конусна втулка 14, в яку вставлені пружина 10 і змінна затискна цанга 13. Пружина стиснення 10 опирається одним кінцем на торець затискної цанги, а іншим – у внутрішній бурт конусної втулки і постійно прагне зрушити конусну втулку вліво, звільняючи цангу і розтискаючи пруток. Для затиску прутка конусна втулка повинна зміститися вправо за допомогою більш жорстких тарілчастих пружин 3, натискаючи через гайку 4, стакан 5, осі 9, три важеля 8 і втулку 16 на торець конусної втулки. Положення конусної втулки, представлене на рис. 2.12, відповідає процесу обробки, коли пруток в цанзі затиснутий.

Для розтиску прутка барабанний кулачок 17, встановлений на одному валу з кулачком 26, повинен повернути важіль 18 і змістити муфту 6 вправо. Ролики 7, втоплені в стакан 5, отримують можливість вийти з нього у виточку муфти, а важелі 8 повернутися навколо своїх осей 9. Це відбувається під дією пружини 10, що зміщує втулку 14 вліво, яка через втулку 16 натискає на короткі плечі важелів 8.

Взаємне розташування профільних кривих на кулачках 17 і 26 забезпечує наступну послідовність роботи подавальної й затискної цанг.

При переміщенні подавальної цанги 15 вліво вона ковзає по прутку, який утримується затискною цангою 13. Після розкриття цанги 13 подавальна цанга 15 з прутком рухається вправо до контакту з упором (хитним або встановленим у револьверній головці). Від удару прутка об упор можливий його відскік і тому хід ползків 20 налаштовується великим, порівняно з необхідним вильотом прутка, щоб при подальшому переміщенні цанги був забезпечений контакт прутка з упором. Після цього і відбувається затиск прутка.

Автоматична коробка передач, що застосована в головному приводі автомата мод. 1E140П, є нормалізованим вузлом (АКС–206–63–11). Її конструкція достатньо широко описана в технічній літературі.

Поперечні супорти (див. рис. 2.13) токарно-револьверного автомата переміщуються від кулачків розподільчого вала через важелі 9, 10, 11, 12 та ін. з зубчастими секторами, що мають для всіх супортів передаточне відношення 1:1.

На передньому горизонтальному супорті 1 є поздовжні направляючі, в яких тягою від окремого кулачка переміщається паралельно осі шпинделя додатковий поздовжній супорт 6. Якщо він в роботі не використовується, його жорстко закріплюють на призмі переднього поперечного супорта в розпір гайками і гвинтом 8.

Поздовжній супорт розширює технологічні можливості автомата. На рис. 2.14 наведено приклад використання супорта при обробці конусів за допомогою встановленого на ньому спеціального пристосування (показано штрихпунктирними лініями).

При поздовжньому переміщенні супорта 6 ролик 2 ковзає по пазу між копірними планками 11, встановленими на поперечному супорті 1 і поверненими на заданий кут. В результаті повзуну 4 з різцем одночасно повідомляється поперечна подача по напрямних пристосування і таким чином виконується точіння конусної поверхні. Повзун з різцем встановлюють на необхідний розмір гвинтом з лімбом 3, попередньо послабивши гвинти 5.

Поздовжній супорт з револьверною головкою найбільш поширеної конструкції показаний на рис. 2.14. Вона забезпечує робочі ходи супорта 18 від кулачка 12, а також швидке відведення-підведення супорта на відстань, яка не залежить від перепаду радіусів на кулачку 12 і достатня для того, щоб виключити зіткнення інструментів з оброблюваною заготовкою при зміні позицій револьверної головки.

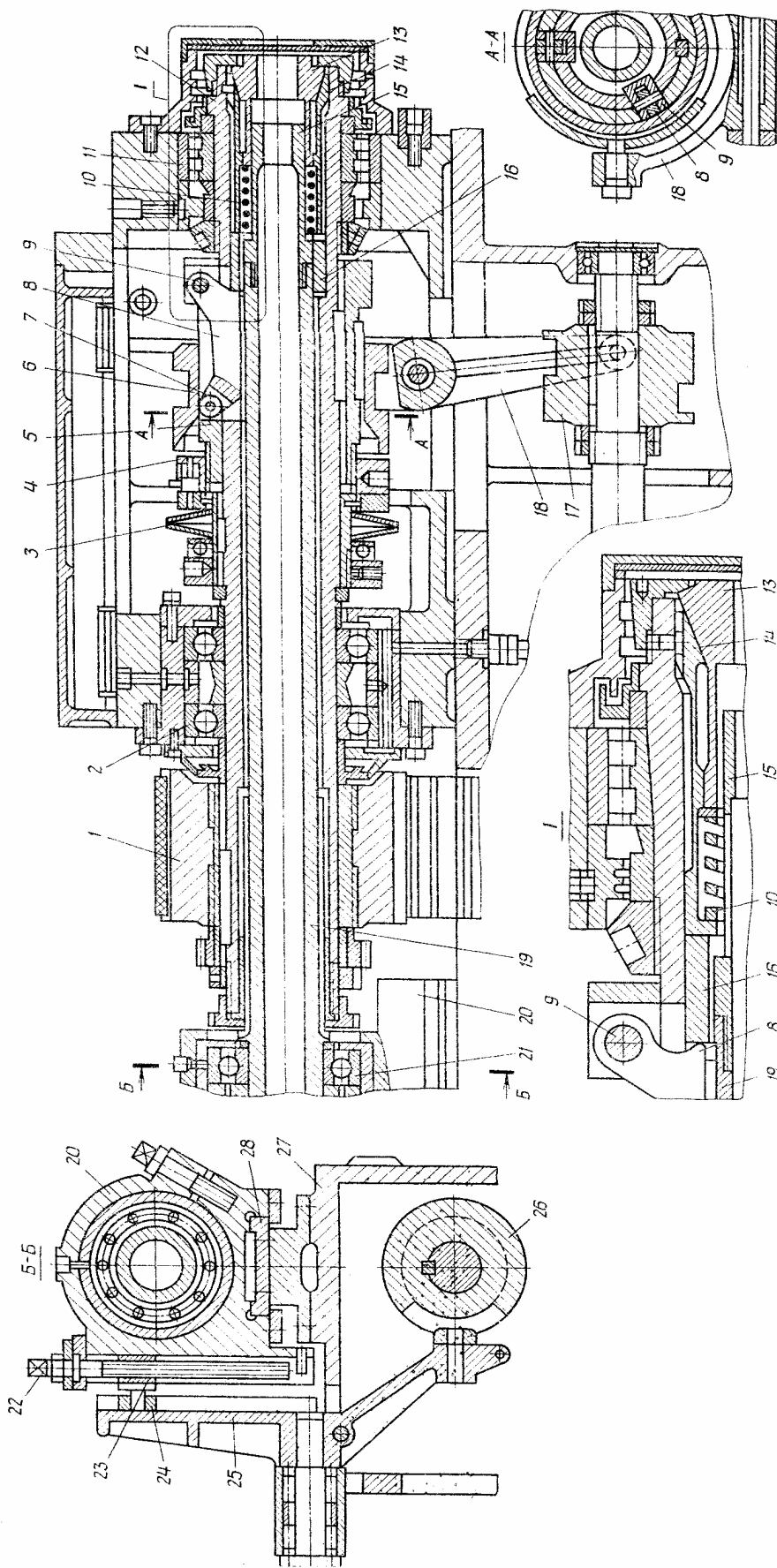


Рисунок 2.12 – Шпиндельна бабка токарно-револьверного автомата мод. 1E140П

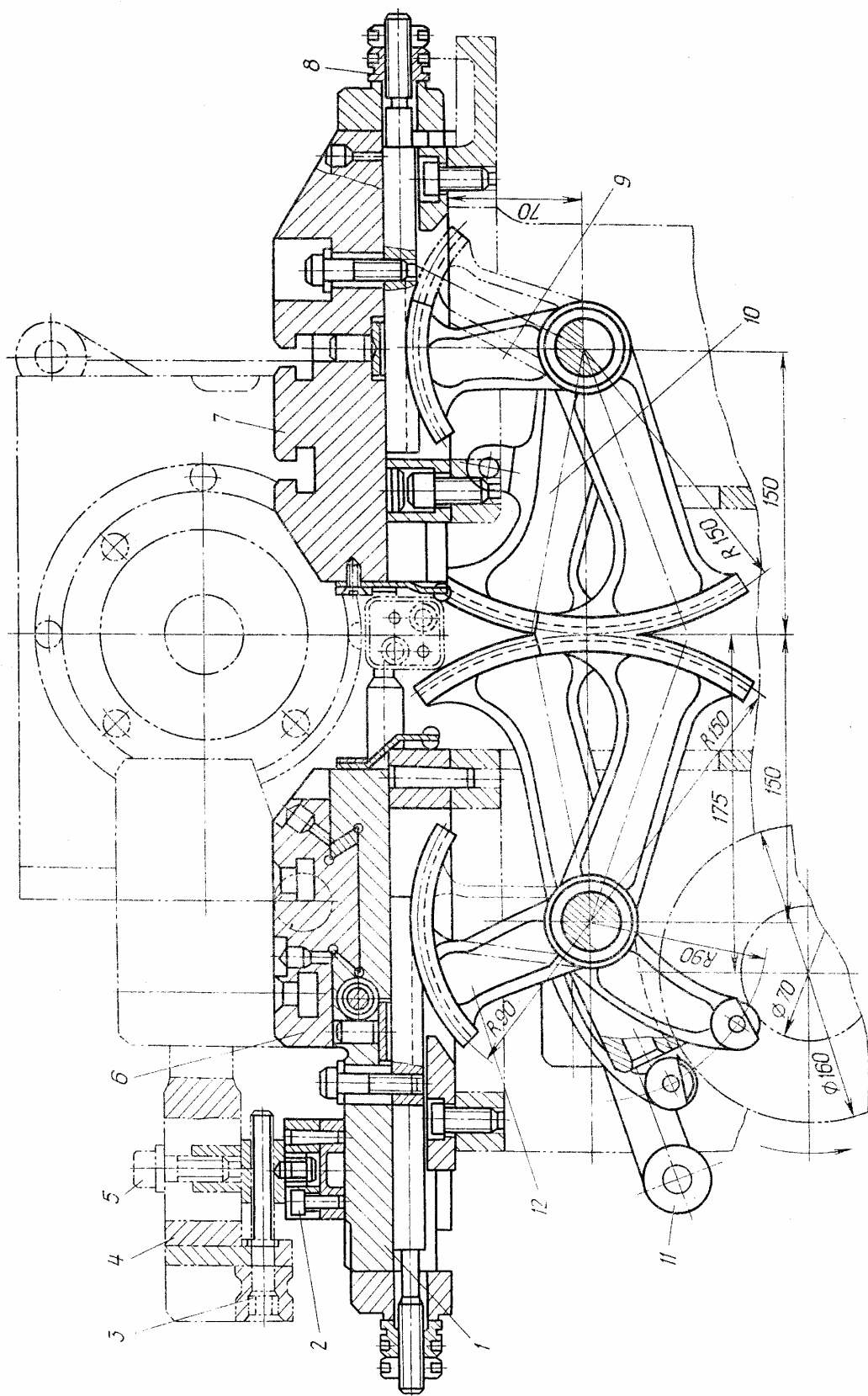


Рисунок 2.13 – Розріз поперечних супортів автомата мод. 1Б140

При робочому ході супорта поворот важеля 13 з зубчастим сектором 11 від кулачка 12 викликає переміщення пустотілої рейки 14 з розташованою всередині і жорстко зв'язаної з нею штангою 15 і далі шатуна 16 і кривошипа 17, вал 3 якого з підшипниками встановлений безпосередньо в корпусі супорта.

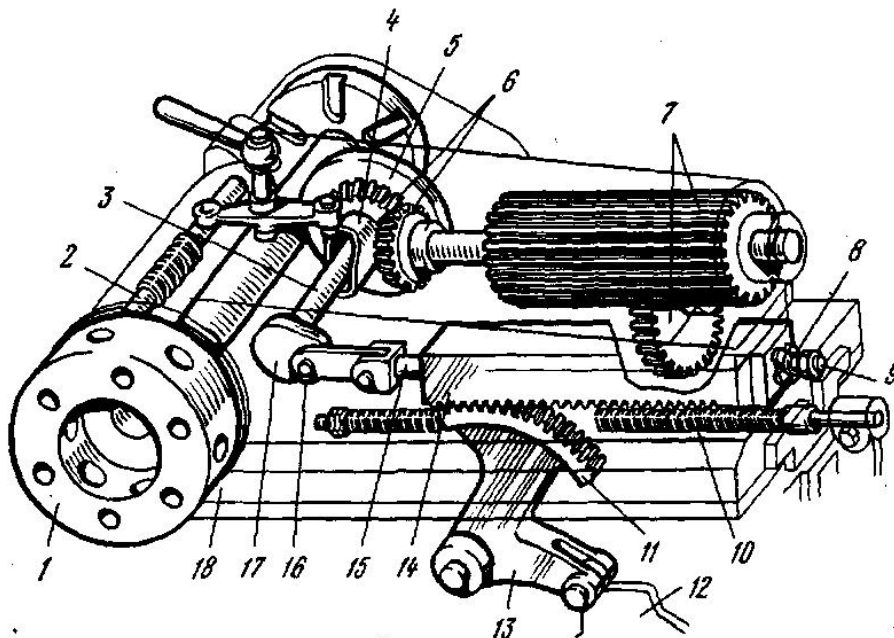


Рисунок 2.14 – Поздовжній супорт з револьверною головкою токарно-револьверних автоматів

Положення супорта можна регулювати зміщенням штанги 15 щодо рейки 14 за допомогою різьбової втулки 9 з контргайкою 8. Пружина 10 забезпечує зворотний хід супорта, здійснюючи силове замикання кулачкового механізму.

Поворот револьверної головки 1 на $1/6$ оберту здійснюється за один оберт валу 3, на якому встановлені кулачок 4 фіксатора 2 револьверної головки і диск 5 з розташованим на торці повідком (на рис. 2.14 не видно) мальтійського хреста. Обертання валу 3 передається від допоміжного валу зубчастими передачами 7 і 6.

Цикл повороту револьверної головки здійснюється наступним чином (див. рис. 2.15): на початку кривої спаду на кулачку 6 (позиція I) подається команда на ввімкнення однообертової муфти на допоміжному валу і вал 2 починає обертальний рух, виводячи кривошипно-шатунний механізм з мертвого положення, при якому супорт перебував на відстанях L_1 і a_1 , відповідно, від торця шпинделя і заднього жорсткого упору.

Під дією пружини 7 супорт з кривошипним валом 2 відводяться назад до упору (позиція II) і шатун 3 з рейкою 4 починають рухатися вперед, відриваючи ролик важеля 5 від кулачка 6. У цей час відбувається розтискання головки і починається її поворот (позиція III), по завершенні якого (позиція

IV) вона повинна бути знову зафіксована. При повороті головки кривошипно-шатунний механізм проходить друге мертве положення, після якого напрямок зміщення рейки 3 з шатуном 4 зміниться на протилежний і буде продовжуватися до тих пір, поки ролик важеля 5 не опуститься на кулачок 6 (позиція V).

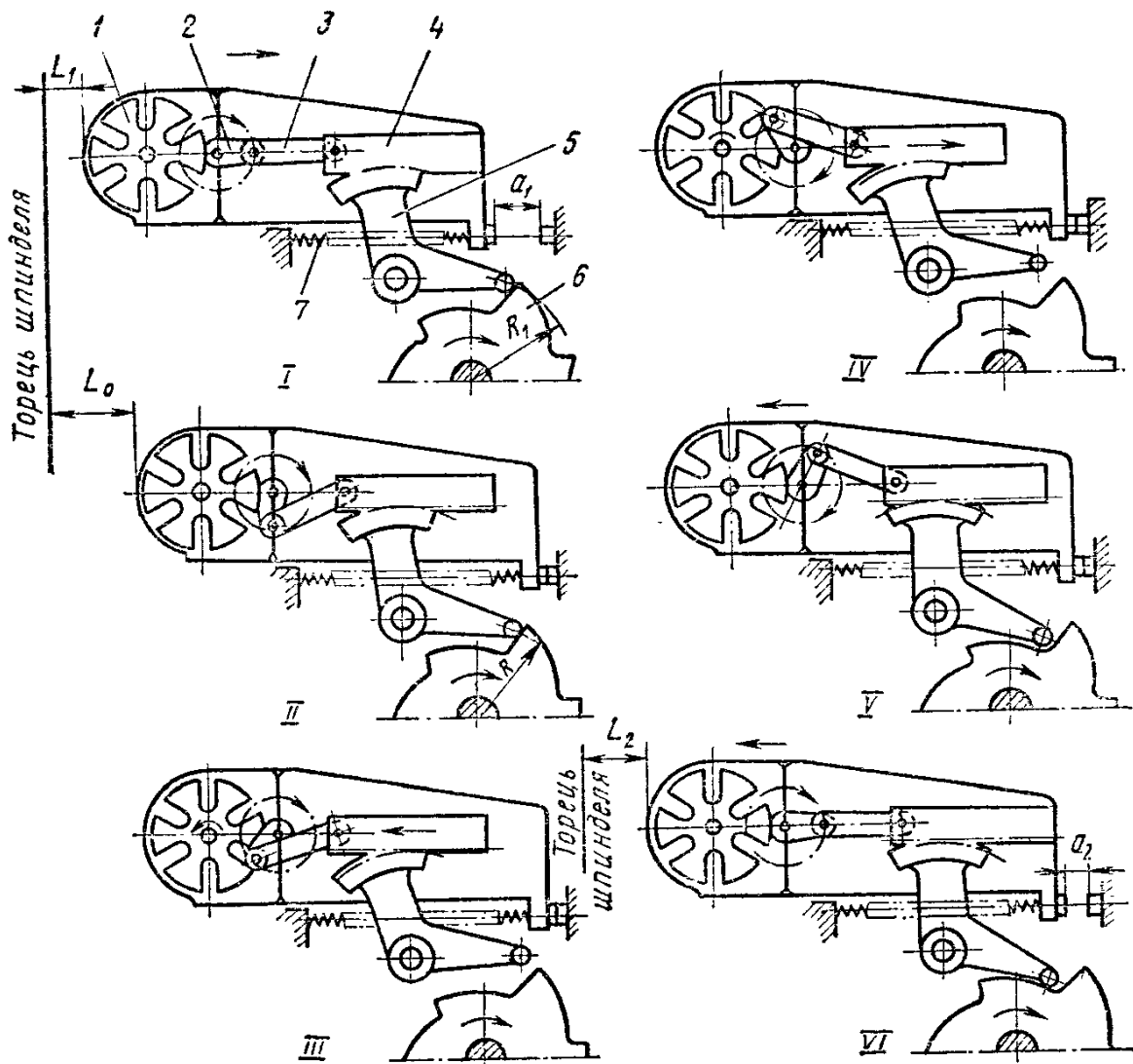


Рисунок 2.15 – Схема повороту револьверної головки: I, II, III, IV, V, VI – послідовні положення

Завершуючи оберт, вал 2 тисне через шатун на нерухому рейку і здійснює переміщення супорта вперед у вихідне положення (позиція VI). Нові відстані L_2 і a_2 пов'язані з попередніми значеннями L_1 і a_1 залежністю $L_1 + a_1 = L_2 + a_2 = L_0$, а максимальна відстань, на яку може бути відведений супорт, дорівнює двом радіусам кривошипа. Тривалість циклу повороту револьверної головки автомата мод. 1E140П становить одну секунду.

2.5 Багатошпindelьні токарні автомати

Багатошпindelьні горизонтальні токарні автомати, як і одношпindelьні, призначені для виготовлення різних деталей з труб і каліброваних прутків круглого, квадратного або шестигранного перетину з різних марок сталі і кольорових сплавів.

Вони можуть мати чотири, шість або вісім шпindelів, розташованих по колу в єдиному шпindelьній блоці і отримувати обертання з однаковою частотою від головного приводу через вал і загальне центральне колесо. Періодичним поворотом шпindelьного блоку шпindelі переводяться з однієї позиції в іншу.

Ріжучі інструменти встановлюються на індивідуальних для кожної позиції поперечних супортах і на загальному для всіх позицій поздовжньому супорті. Цей супорт виконаний у вигляді багатогранника з числом граней, рівною кількості позицій, на яких і розташовуються державки з інструментами.

Обробка заготовки проводиться різними групами ріжучих інструментів при послідовному проходженні шпindelя через всі позиції автомата. На останній позиції відбувається відрізання готової деталі і подача прутка для виготовлення наступної деталі.

Всі операції технологічного процесу поділяються і групуються по позиціях так, щоб час їх виконання на кожній позиції був однаковим і мінімальним. Обробка ведеться одночасно на всіх позиціях і тому готова деталь буде зніматися з автомата після кожного повороту шпindelьного блоку на одну позицію.

Автомати, на яких заготовки обробляються за схемою на рис. 1.17, отримали назву автоматів послідовної дії. Восьмишпindelьні автомати цього типу мають дві позиції, на яких може проводитися подача і затиск матеріалу і, відповідно, поворот шпindelьного блоку може здійснюватися відразу на дві позиції. Це дозволяє послідовно обробляти заготовки простих деталей на половині позицій і знімати з автомата за цикл роботи відразу дві готові деталі.

Шестишпindelьні автомати також можуть випускатися для паралельної обробки двох потоків заготовок, проте, на відміну від восьмишпindelьних, вони не можуть бути переналагоджені на однопотоковий режим.

В автоматах паралельної дії заготовки на всіх позиціях обробляються тільки однією групою інструментів і тому за цикл роботи на них отримують стільки готових деталей, скільки робочих позицій має автомат. Призначення і область їх застосування та ж, що і у одношпindelьних фасонно-відрізних автоматів.

В даний час в промисловості експлуатується велика гамма багатошпindelьних автоматів (див. таблицю 2.5). Незважаючи на велику різноманітність моделей і модифікацій багатошпindelьних автоматів, їх конструкція і компоновка практично однакові (див. рис. 2.16).

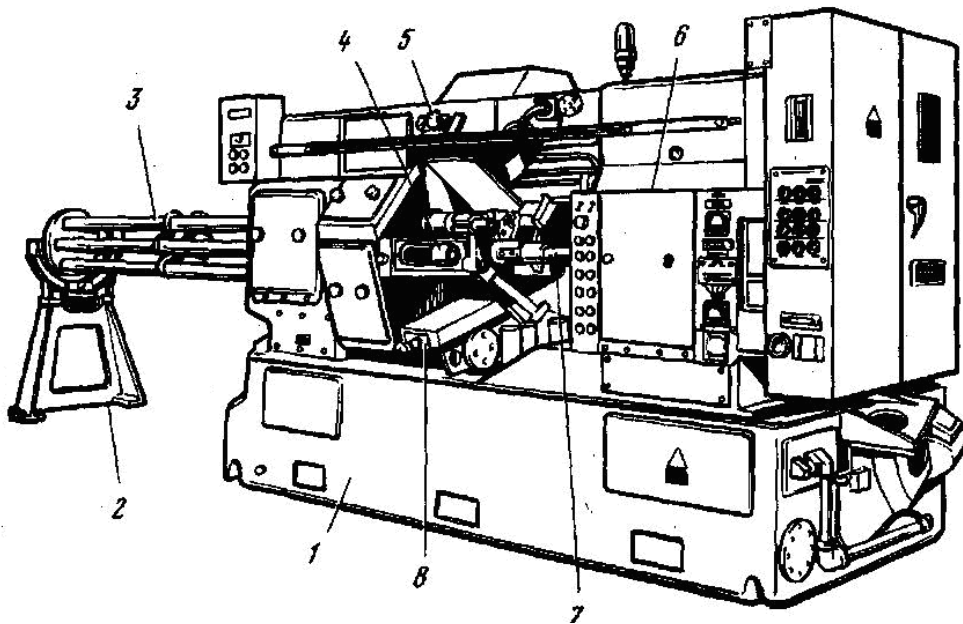


Рисунок 2.16 – Загальний вигляд шестишпindelного токарного автомата

Основні вузли автомата кріпляться на станині 1, яка одночасно є резервуаром для мастила та охолоджуючої рідини. Станина, передня стійка з шпindelним блоком 4 і поперечними супортами 8, траверса 5 з розподільчим валом і задня стійка 6 з коробкою передач утворюють замкнену раму, що забезпечує високу жорсткість всієї конструкції. Обертання шпindelю передається від коробки передач центральним валом, який проходить всередині циліндричної напрямної поздовжнього супорта 7. Напрямні труби 3 з прутками підтримуються додатковою стійкою 2.

На рис. 2.17 наведена кінематична схема шестишпindelного автомата мод. 1Б240-6К, що складається з декількох кінематичних ланцюгів.

Ланцюг головного приводу: від електродвигуна 1 обертальний рух передається через клинопасову передачу зі шківками 2–3, зубчасті колеса 4–5, a , b , c , d на центральний вал IV і далі через колеса 6–7 одночасно шести робочим шпindelю XXI.

Частота обертання шпindelів визначається наступним рівнянням кінематичного балансу:

$$1450 \cdot \frac{230}{330} \cdot \frac{48}{57} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \cdot \frac{48}{36} = n_{un},$$

звідки формула налагодження гітари a , b , c , d

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = 8,8 \cdot 10^{-4} n_{un}.$$

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики багатшпиндельних токарних автоматів

Параметри	1216-4К	1Б240-4К	1Б290-4К	1216-6К	1Б240-6К	1Б290-6К
Найбільший діаметр оброблюваного прутка, мм	20	50	80	16	40	100
Найбільша довжина подачі прутка, мм	100	180	200	100	180	250
Кількість шпинделів	4	4	4	6	6	6
Найбільший хід поперечних супортів, мм:						
нижніх	40	80	125	40	80	125
верхніх	40	80	100	40	80	100
заднього середнього	—	—	—	40	80	125
відрізного	—	—	—	30	50	65
Найбільший хід поздовжнього супорта, мм	80	180	275	80	180	275
Частота обертання шпинделів, хв ⁻¹	279-1995	125-1230	50-508	370-2650	140-1600	70-660
Найбільша подача, мм/об:						
поздовжнього супорта	1,7	6,6	8,4	1,7	6,6	5,9
поперечних супортів	0,4	0,33	2,0	0,4	3,3	1,4
Тривалість швидкого ходу, с	1,5	2,5	3,7	1,5	2,0	3,7
Потужність головного приводу, кВт	7,5	13	30-40	7,5	15	30-40
Маса, кг	4000	10000	20900	4000	6500	22000

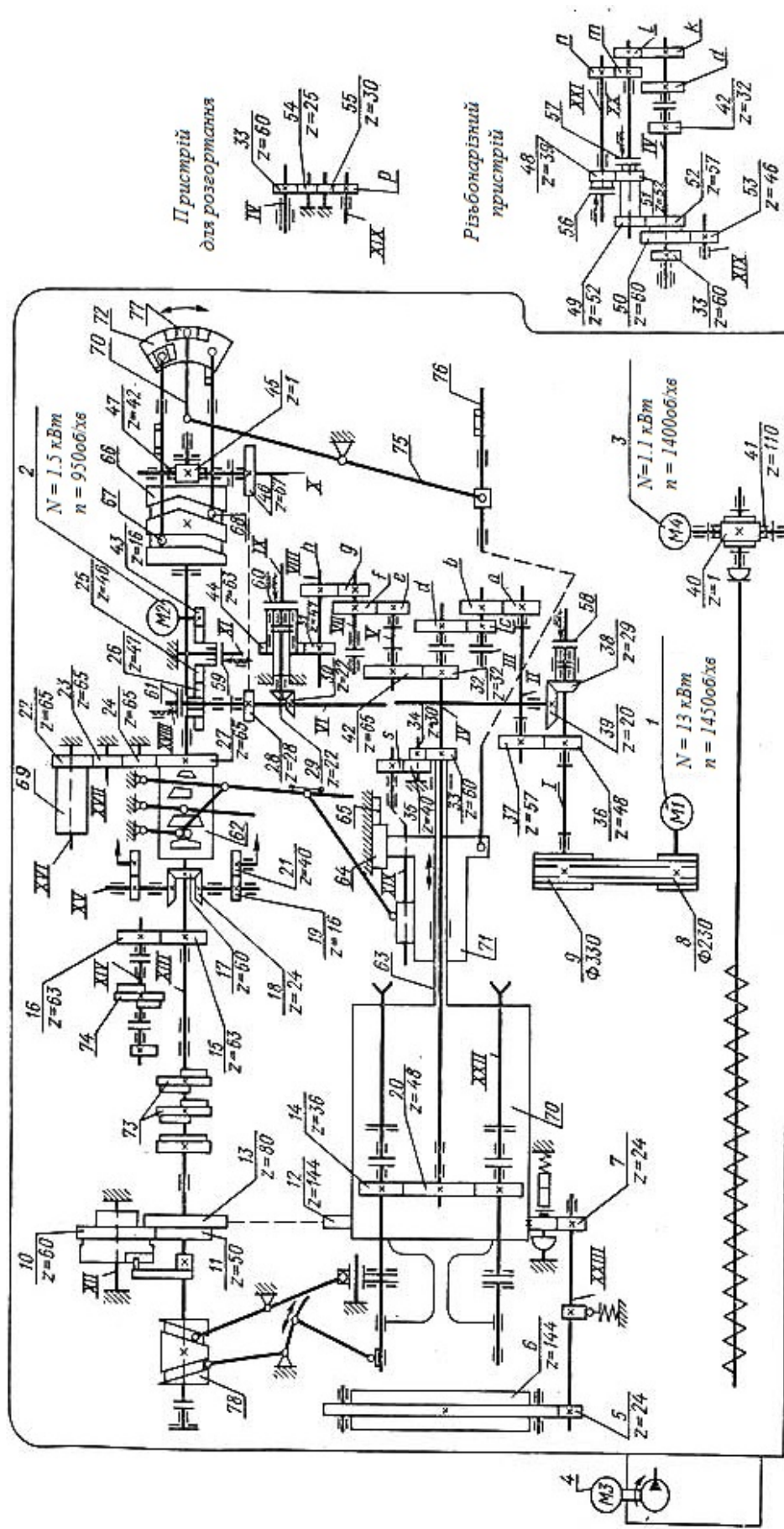


Рисунок 2.17 – Кінематична схема шестишарпіндельного автомата мод. 1Б240-6К

Привод обертання розподільчого валу здійснюється трьома різними кінематичними ланцюгами, відповідно, під час робочого ходу, холостого ходу і при налагодженні автомата.

При робочому ході він приводиться в обертання від центрального валу IV через зубчасті колеса 8-9, e, f, g, h , 10–11, електромагнітну муфту 12, колеса 13–14, 15–16 і черв'ячну передачу 17–18. Частота його обертання при цьому визначається наступним рівнянням кінематичного балансу:

$$1450 \cdot \frac{230}{330} \cdot \frac{48}{57} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \cdot \frac{32}{63} \cdot \frac{e}{f} \cdot \frac{g}{h} \cdot \frac{47}{63} \cdot \frac{22}{33} \cdot \frac{28}{67} \cdot \frac{1}{42} = n_{p.6}$$

Звідки формула налагодження гітари e, f, g, h з врахуванням аналогічної формули попередньої гітари буде:

$$\frac{e}{f} \cdot \frac{g}{h} = \frac{354}{n_{ун}} n_{p.6}$$

При холостому ході вмикається муфта 19, а муфта 12 вимикається і розподільчий вал отримує швидке обертання по короткому ланцюгу від валу I через зубчасті колеса 20–21, 15–16 і черв'ячну передачу 17–18. Частота пришвидшеного обертання розподільчого валу дорівнює

$$1450 \cdot \frac{230}{330} \cdot \frac{29}{20} \cdot \frac{28}{67} \cdot \frac{1}{42} \approx 14,6 \text{ хв}^{-1}$$

При постійних кулачках кут повороту розподільчого валу при виконанні холостих ходів завжди один і той же, рівний для даного автомата 215° (див. рис. 2.24). Таким чином, тривалість холостого ходу складає:

$$t_{x.x} = \frac{60}{14,6} \cdot \frac{215^\circ}{360^\circ} \approx 2,5 \text{ с.}$$

Перемикання муфт 12 і 19 здійснюється кулачками командного апарату, барабан якого закріплений на валу XVIII, що отримує обертання безпосередньо від розподільчого вала через колеса 42–43–44–45 із загальним передаточним відношенням 1:1. По закінченні холостого ходу розподільчий вал різко загальмовується до швидкості робочого обертання шляхом подачі на електромагнітну муфту 12 подвоєної напруги.

При налагодженні автомата розподільчий вал приводиться в обертання від окремого електродвигуна 22 через зубчасті колеса 23–24–25, еле-

ктромагнітну муфту 26, колеса 15–16 і черв'ячну передачу 17–18. При цьому муфти 12 і 19 вимкнені, а загальмування розподільчого валу до повної зупинки здійснюється муфтою 27. При необхідності розподільчий вал можна повернути вручну за допомогою ключа за кінець валу черв'яка 17.

Привод обертання різьбонарізного шпинделя (див. додаткову схему) включає два ланцюги – нарізання і згвинчування, перемикання яких здійснюється електромагнітними муфтами 28 і 33. В обох випадках різьбонарізний шпиндель обертається в одному напрямку з робочим шпинделем і нарізання відбувається: за рахунок відставання інструменту від заготовки (права різьба), тоді перемиканням на інший ланцюг з швидким обертанням інструменту забезпечується згвинчування; за рахунок обгону інструментом заготовки (ліва різьба), тоді для згвинчування використовується ланцюг з меншою частотою його обертання.

Різниця між частотами обертання шпинделів заготовки ($n_{ун}$) та інструменту ($n_{ін}$) відповідає частоті обертання інструменту, яка визначається швидкістю різання при різьбонарізанні ($n_{різ}$), тобто:

$$n_{різ} = |n_{ун} - n_{ін}|.$$

Для нарізання правої різьби ланцюг нарізання проходить від центрального валу IV, через колеса i, j, k, l , електромагнітну муфту 33, колеса 34–35, 29–30, 31–32 до приводної втулки XIX різьбонарізного шпинделя з мітчиком або плашкою. При цьому муфта 28 повинна бути виключена.

Рівняння кінематичного балансу:

$$n_{ун} \cdot \frac{36}{48} \cdot \frac{i}{j} \cdot \frac{k}{l} \cdot \frac{30}{52} \cdot \frac{52}{57} \cdot \frac{60}{43} = n_{ін},$$

звідки:

$$\frac{i}{j} \cdot \frac{k}{l} \approx 1,8 \frac{n_{ін}}{n_{ун}}.$$

При вимиканні муфти 33 і увімкненні муфти 28 інструментальний шпиндель почне обертатися з частотою згвинчування ($n_{ін.згв}$) від ланцюга: центральний вал IV, колеса i, j , муфта 28, колеса 29–30, 31–32 і втулка XIX.

При цьому рівняння кінематичного балансу буде:

$$n_{ун} \cdot \frac{36}{48} \cdot \frac{i}{j} \cdot \frac{52}{57} \cdot \frac{60}{43} = n_{ін.згв},$$

звідки:

$$\frac{i}{j} \approx 1,05 \frac{n_{\text{ін.згв}}}{n_{\text{ун}}}.$$

З наведених формул налаштування пар змінних коліс впливає, що частоти обертання інструменту при згвинчуванні і нарізанні правих різьб співвідносяться як:

$$\frac{n_{\text{ін.згв}}}{n_{\text{ін}}} = 1,7 \frac{l}{k},$$

а для лівих різьб таке співвідношення має місце між частотами, навпаки, при нарізанні і згвинчуванні інструменту. При нарізанні різьби головкою, що сама відкривається і налаштовується тільки ланцюг нарізання.

Привод обертання швидковердлильного шпинделя здійснюється по ланцюгу від центрального валу IV, через колеса 37–38, 39– n на приводну втулку XIX, що передає обертання інструментальному шпинделю із закріпленням у ньому свердлом. Інструмент та заготовка обертаються назустріч один одному і частота обертання свердла ($n_{\text{різ}}$), що визначається швидкістю різання, визначатиметься сумою:

$$n_{\text{різ}} = n_{\text{ун}} + n_{\text{ін}}.$$

Частота обертання швидковердлильного шпинделя ($n_{\text{ін}}$) визначається рівнянням:

$$n_{\text{ін}} = n_{\text{ун}} \cdot \frac{36}{48} \cdot \frac{60}{30} \cdot \frac{40}{Z_n}.$$

Звідки кількість зубів змінного колеса n дорівнює:

$$Z_n = 60 \frac{n_{\text{ун}}}{n_{\text{ін}}}.$$

Привод обертання інструментального шпинделя при розвертуванні (див. додаткову схему) забезпечує обертання інструменту в одному напрямку з заготовкою, але з меншою швидкістю, по ланцюгу від центрального валу IV через колеса 37–40–41– p на приводну втулку XIX.

При цьому $n_{\text{різ}} = n_{\text{шп}} - n_{\text{ін}}$, а кількість зубів змінного колеса p рівна:

$$Z_p = 45 \frac{n_{\text{ун}}}{n_{\text{ін}}}.$$

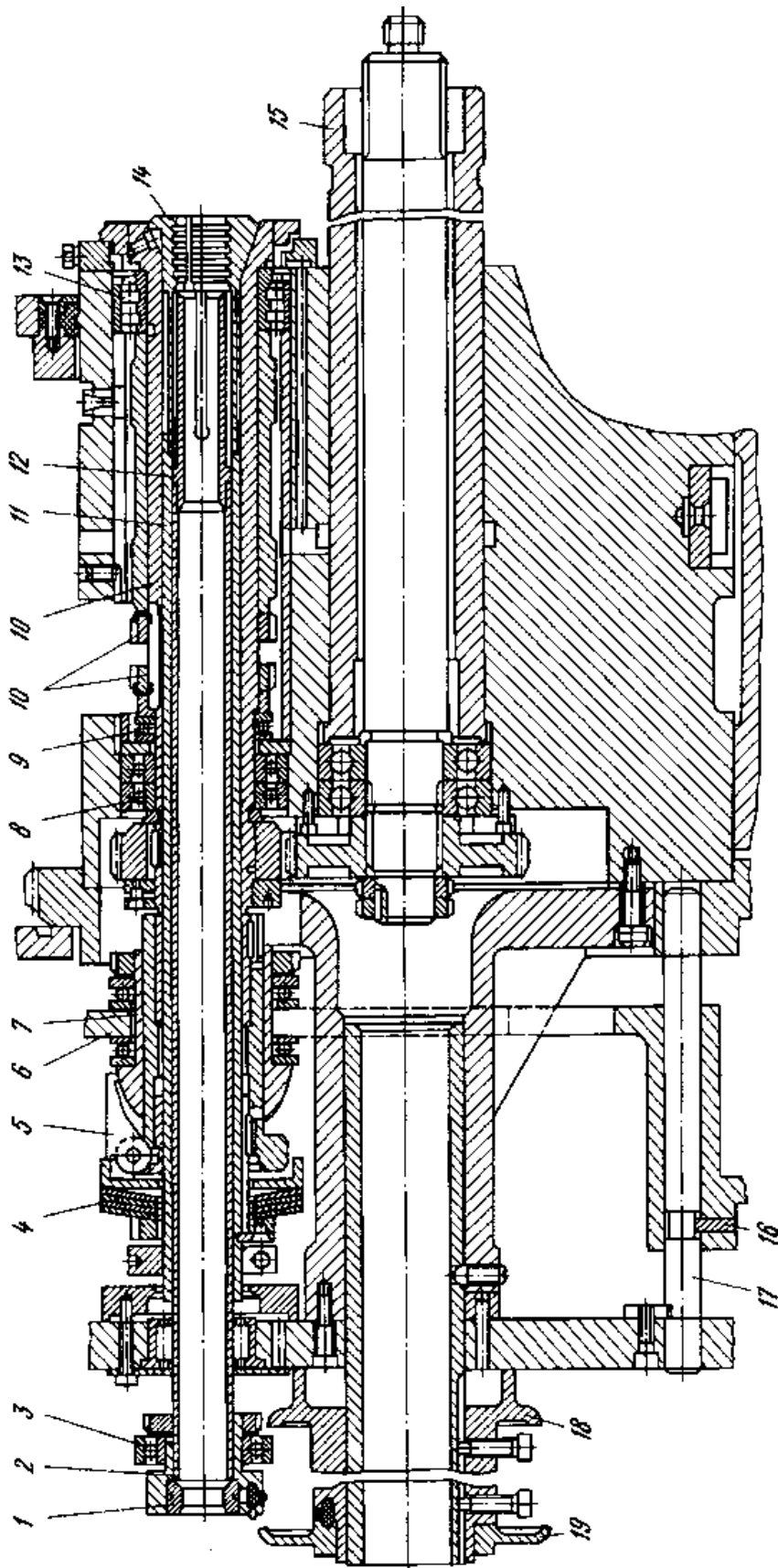


Рисунок 2.18 – Шпиндельный блок автомата мод. 1Б240-6К

Привод шнекового транспортера для прибирання стружки здійснюється від окремого електродвигуна 59 через черв'ячну передачу 60–61.

Основні вузли та механізми автомата

Шпindelний блок (див. рис. 2.18) являє собою барабан, в розточених отворах якого по колу змонтовано шість робочих шпindelів з механізмами подачі і затиску прутків. Він встановлюється в передній стійці на двох опорних поверхнях, до яких після повороту він притискається важелями механізму фіксації.

В якості передньої опори шпindelів 10 застосовується дворядний роликовий підшипник 13, задньої – два радіально-упорних шарикопідшипника 8. Осьове навантаження сприймається упорним шарикопідшипником 9. Опори зібрані з попереднім натягом.

У центральний отвір блоку запресована кругла напрямна 15 поздовжнього супорта, всередині якої розміщений центральний приводний вал.

Затиск прутка здійснюється затягуванням в конічну розточку шпindelю затискної цанги 14 за допомогою згвинченої з нею труби 11 в результаті повороту важелів 5 від зсуву вліво муфти 7. При виході великих плечей важелів 5 на циліндричну ділянку муфти 7 положення вилки 6 на направляючій осі 17 фіксується фіксатором 16. Тарілчасті пружини 4 забезпечують необхідне зусилля затиску і виконують одночасно функції пружного компенсатора, що дозволяє затискати прутки з перемінним в межах допуску діаметром.

Подача прутка проводиться переміщенням подавальної цанги 12, згвинченої з трубою 2, кулачковим механізмом подачі прутка (на рисунку не показаний) через обойму 3 з підтримуючим кільцем 1. Переміщення труби з цангою вперед обмежується диском 18, а випаданню її зі шпindelю за відсутності прутка перешкоджає диск 19.

Поздовжній супорт (див. рис. 2.19) являє собою шестигранну каретку 4, яка переміщується по пустотілій гільзі 7 і утримується від повороту навколо її осі повзуном 6, що ковзає по направляючій планці 5, яка закріплена на траверсі автомата. Клинами 9 і 10 встановлюється остаточне положення граней каретки по відношенню до робочих шпindelів, а також регулюється робочий зазор між повзуном 6 і планкою 5. подача супорта здійснюється важелем 8 через шток 1, сполученим з кареткою 4 шарніром 3.

Таке з'єднання обумовлено перекосом гільзи 7 при підйомі шпindelного блоку перед його поворотом. Для точного позиціонування в крайньому робочому положенні застосовується жорсткий упор 2.

Привод подачі поздовжнього супорта (див. рис. 2.20) дозволяє змінювати величину робочого ходу при використанні постійних кулачків на розподільчому валу. Він включає: спарений барабанний кулачок 1, штовхачі 2 і 4, важіль 5, зубчасту колодку 6, шарнірно пов'язану з шатуном 3, важіль 7 і тягу 8. Довжина робочого ходу супорта 9 налаштовується перестановкою колодки 6 по зубчастому сектору 5, який повертається навколо осей O_1 і O_2 в залежності від переміщення штовхачів 4 і 2.

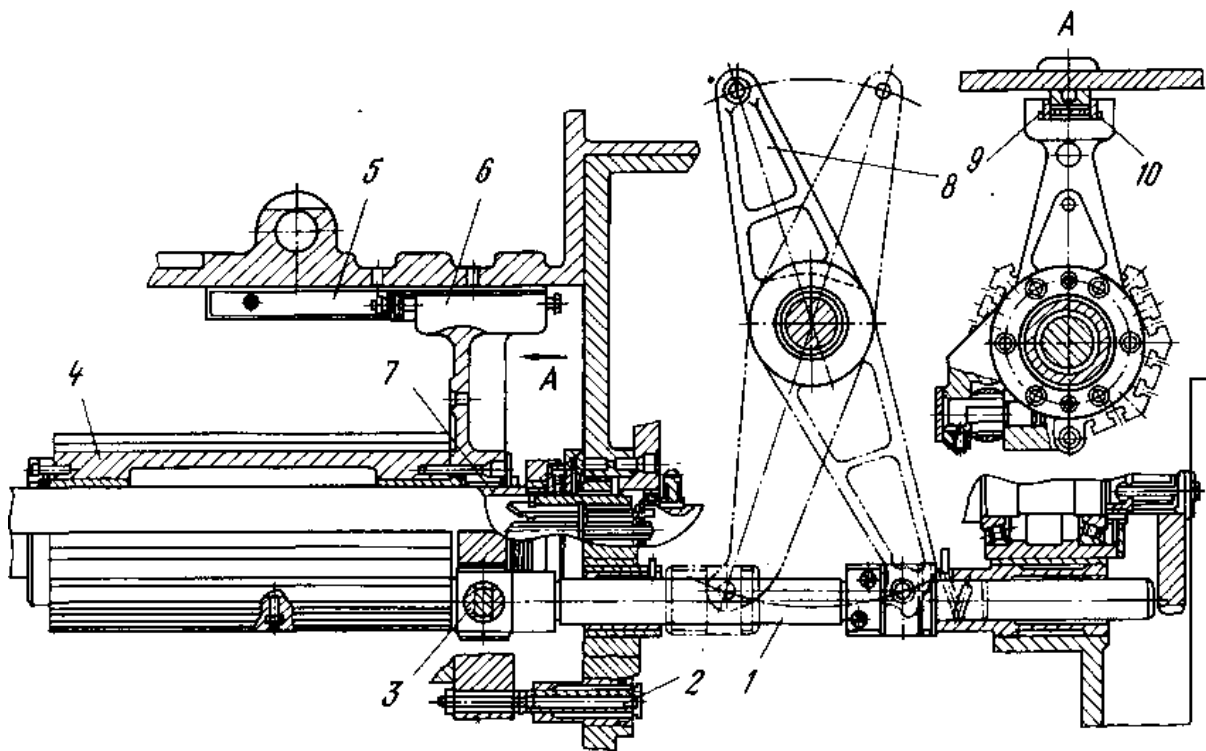


Рисунок 2.19 – Поздовжній супорт шестишпindelного автомата

Положення I відповідає початку швидкого підведення, положення II – початку робочого ходу і положення III – початку швидкого відведення супорта.

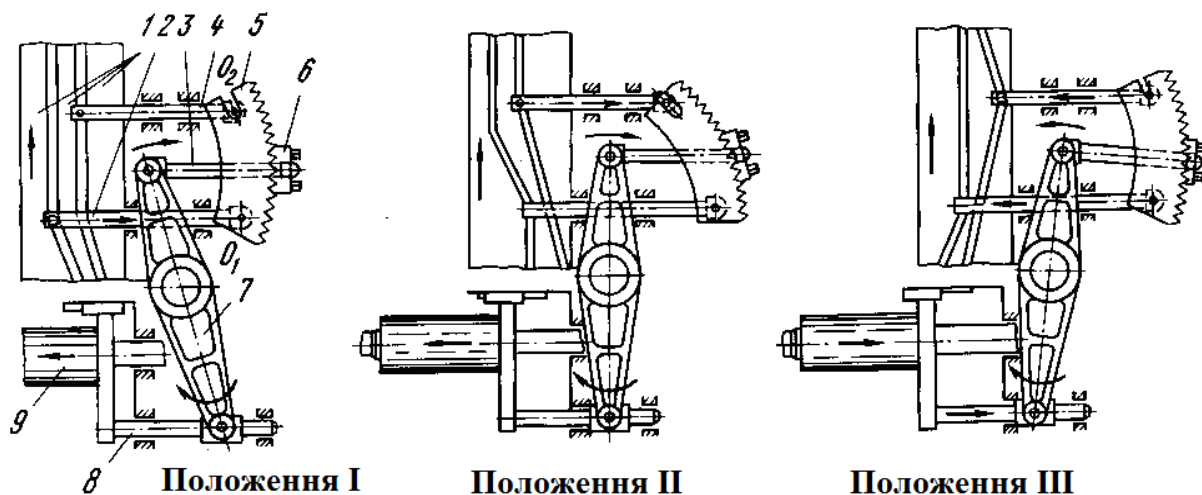


Рисунок 2.20 – Привод подачі поздовжнього супорта

Поперечні супорти (див. рис. 2.21) шестишпindelного автомата змонтовані: верхні 1 і 2 – на траверсі автомата, а середні 3 і 6 і нижні 4 і 5 – на торці корпусу шпindelного блоку. Середній поперечний супорт 6 призначений для установки відрізного різця і по своїй конструкції дещо відрі-

няється від інших супортів. Поблизу нього розташований поворотний упор 7.

Подача супортів здійснюється від індивідуальних кулачків, закріплених на розподільчому валу, причому для верхніх супортів вони змінні, а для інших – постійні.

Механізм повороту шпиндельного блоку зображений на рис. 2.22. При прискореному обертанні розподільчого валу 1 водило 3 з роликком 2 повертає чотирьохпазовий мальтійський хрест на 90° , що забезпечує через зубчасті передачі 60/50 і 80/144 поворот шпиндельного блоку на 60° . Мальтійський хрест і зубчасте колесо $Z = 60$ монтують на диску 5 і їх взаємне кутове положення регулюється ексцентриком на осі 4, що входить в радіальний паз зубчастого колеса. Таке регулювання дозволяє змінювати кінцеве положення шпиндельного блоку після його повороту, що необхідно для налагодження і подальшої надійної роботи фіксуючого механізму.

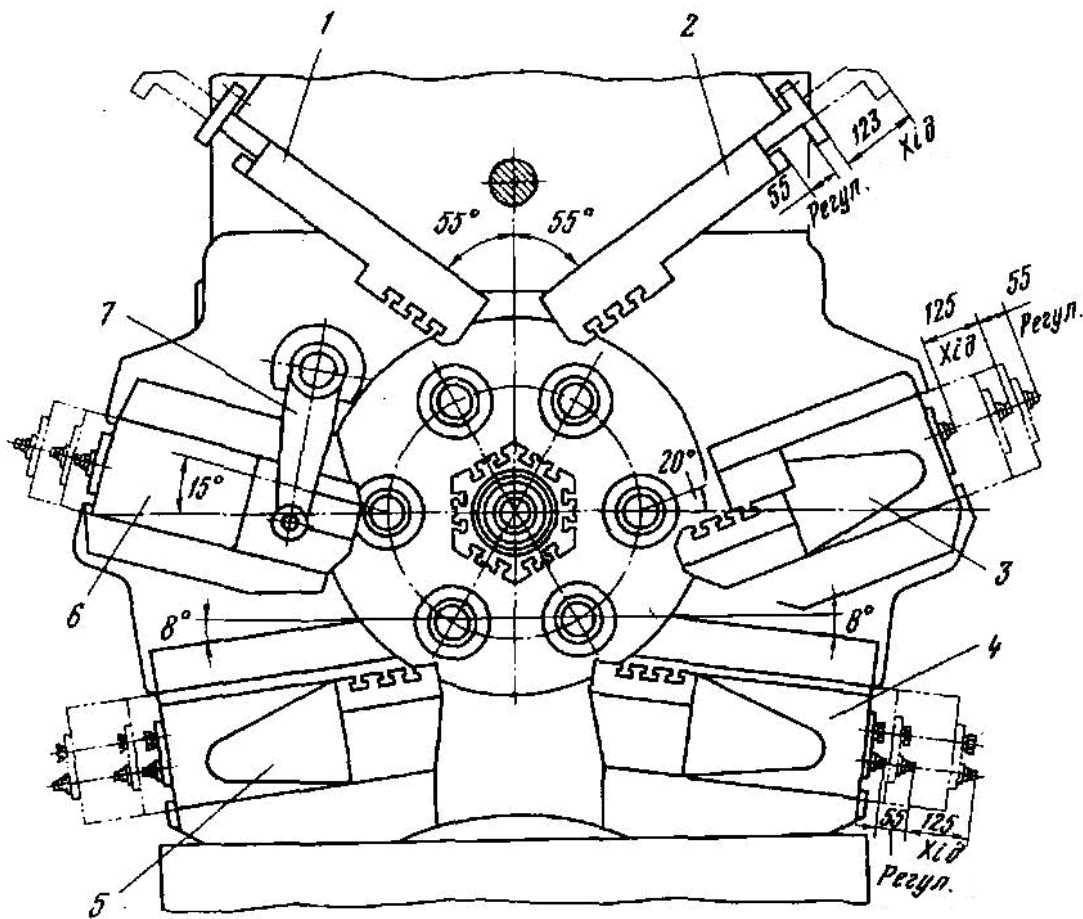


Рисунок 2.21 – Схема розміщення поперечних супортів

У ложі шпиндельного блоку виконані кишені, в які перед поворотом подається мастило під тиском, і блок спливає на $0,08 \dots 0,1$ мм. Підйом блоку контролюється індикатором 6, а два ролика 7 обмежують його переміщення в горизонтальній площині як при підйомі, так і при його повороті. У зафіксованому положенні шпиндельного блоку зазор між роликами 7 і

чок 4 своєю ділянкою Б повертає важіль 6 за годинниковою стрілкою і в такому ж напрямку важіль 10. Під дією пружин 2 і 9 важелі 1 і 11 западають у чергові замки 12, здійснюючи попередню фіксацію шпindelного блоку, при якій між опорними площадками важеля 1 і замка 12 утворюється зазор 1... ,5 мм, що настраюється механізмом повороту шпindelного блоку. Остаточна фіксація відбувається на ділянці В кулачка 4, при взаємодії з яким важіль 6 додатковим поворотом важеля 10 опускає важіль 11, в результаті чого шпindelний блок робить поворот у зворотному напрямку (за годинниковою стрілкою) до упору площини замка 12 в опорну площадку важеля 1.

Показані на схемі регульовані зазори 4, 20 і 9 мм забезпечують зазначену вище послідовність роботи важелів 1 і 11, а також змінюють в потрібному напрямку зусилля пружин під час фіксації і розфіксації шпindelного блоку.

Координація роботи основних вузлів і механізмів автомата протягом одного циклу показана на циклограмі, яка наведена на рис. 2.24.

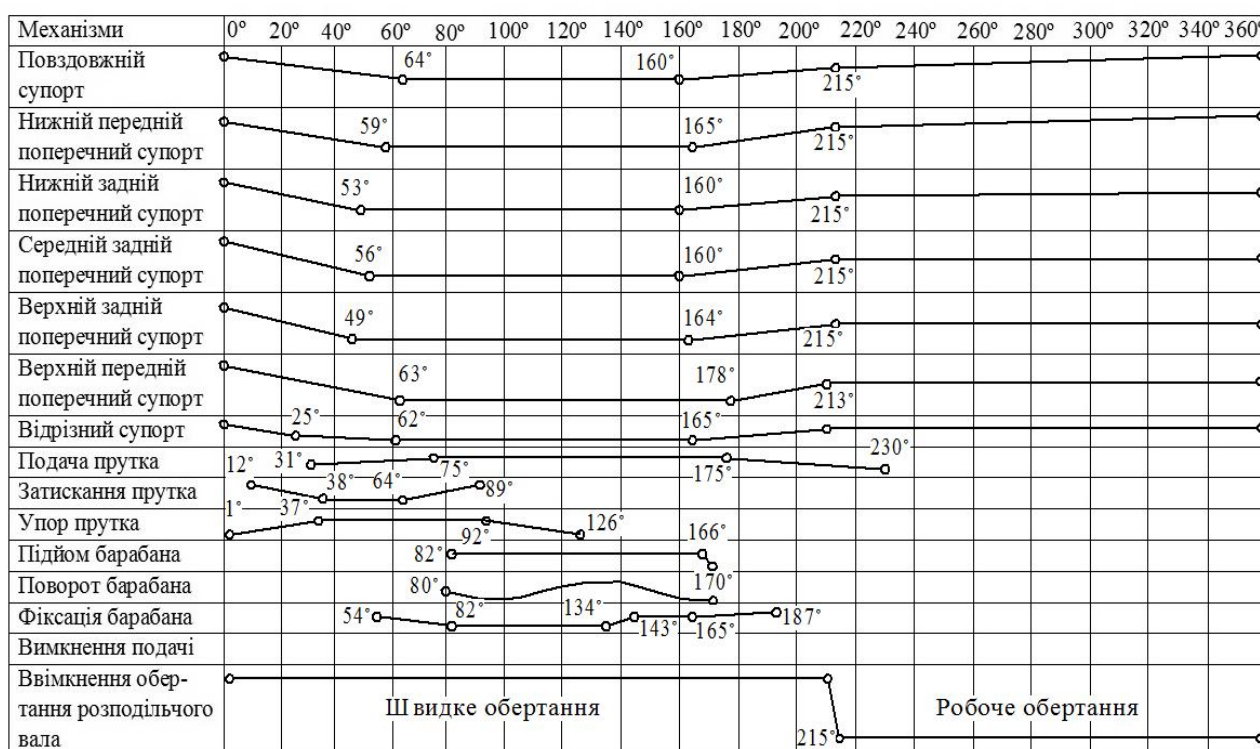


Рисунок 2.24 – Циклограма роботи автомата мод. 1Б240-6К

2.6 Одношпindelні токарні напівавтомати

Одношпindelні токарні напівавтомати призначені для обробки в масовому і багатосерійному виробництві багатоступневих валів, східчастих втулок, блоків зубчастих коліс та інших подібних деталей з штучних заго-

товок з різних сталей, кольорових металів і сплавів. Їх можна розбити на три групи: багаторізцеві, копіювальні та багаторізцево-копіювальні.

Загальний вигляд одношпindelного токарного копіювального напівавтомату зображено на рис. 2.25. Основні вузли та механізми напівавтомата змонтовані на станині 6 рамної конструкції, що спирається правою частиною своєї основи на гідробак, а лівою – на моторну тумбу, у якій розміщені електродвигун приводу головного руху і резервуар для охолоджуючої рідини. З передньої сторони станини на верхніх 3 і нижніх направляючих, розташованих у площині під кутом 15° до вертикалі, змонтовані відповідно гідрокопіювальний супорт 2 і два поперечних супорта 5, а на правій і лівій стійках – шпindelна бабка 1 і задня бабка з гідрозатискачем 4.

На рис. 2.26 наведена гідрокінематична схема копіювального напівавтомата. Обертання шпинделя здійснюється від електродвигуна через клинорасову передачу, гітару змінних зубчастих коліс А і Б та два подвійних блоки, що забезпечують в сукупності 12 частот обертання шпинделя.

Прискорена і робочі подачі копіювального і поперечних супортів, а також подача пінолі задньої бабки здійснюються гідравлічним приводом. Установка супортів і задньої бабки на заданий діаметр і довжину обробки проводиться обертанням відповідних ходових гвинтів.

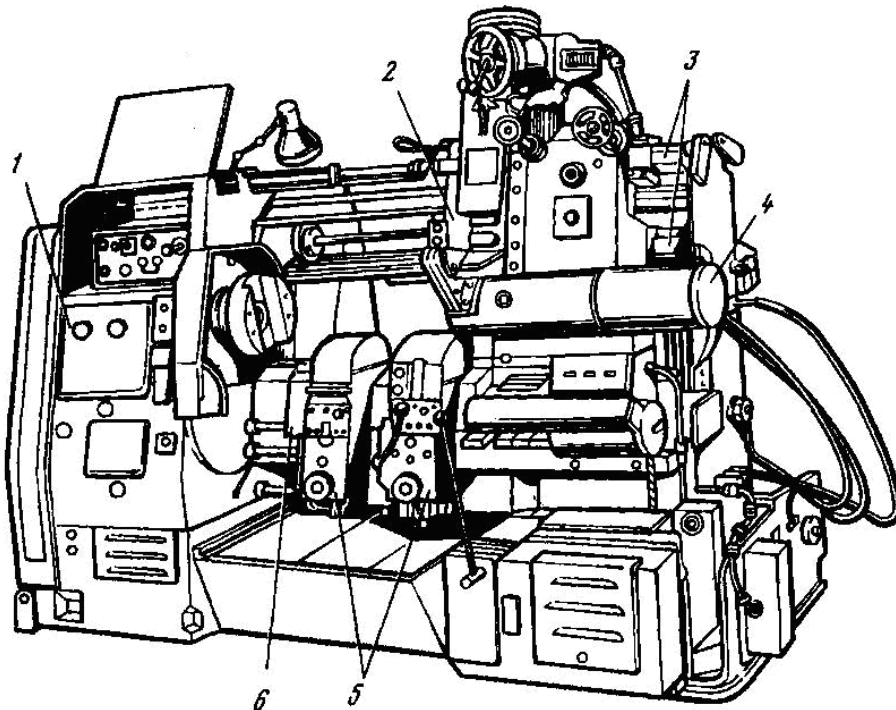


Рисунок 2.25 – Одношпindelний токарний копіювальний напівавтомат мод. 1722

У напівавтоматі застосована гідравлічна слідкувальна система з залежною поздовжньою подачею, яка працює таким чином: мастило від насоса надходить трубопроводами 6 і 10 в слідкувальний золотник 8 і праву порожнину

гідроциліндра 1, який здійснює подовжню подачу копіювального супорта і одночасно слідкуючого золотника відносно нерухомого копіра 2. Середнє положення золотника (показано на схемі), при якому доступ мастила в обидві порожнини циліндра 12 перекритий, відповідає обробці на заготовці циліндричної ділянки. Коли шуп 9, ковзаючи по копіру 2, перейде на його похилу ділянку і змістить золотник відносно його корпусу вгору, відкриється шлях мастилу від насоса в нижню порожнину циліндра і супорт з різцем почне переміщуватись вгору, тобто в тому ж, що і золотник напрямку. Мастило, витісняється з верхньої порожнини циліндра, через золотник надходить в трубопровід 7, а далі в регулятор 3 і через дросель 4 – у бак гідросистеми.

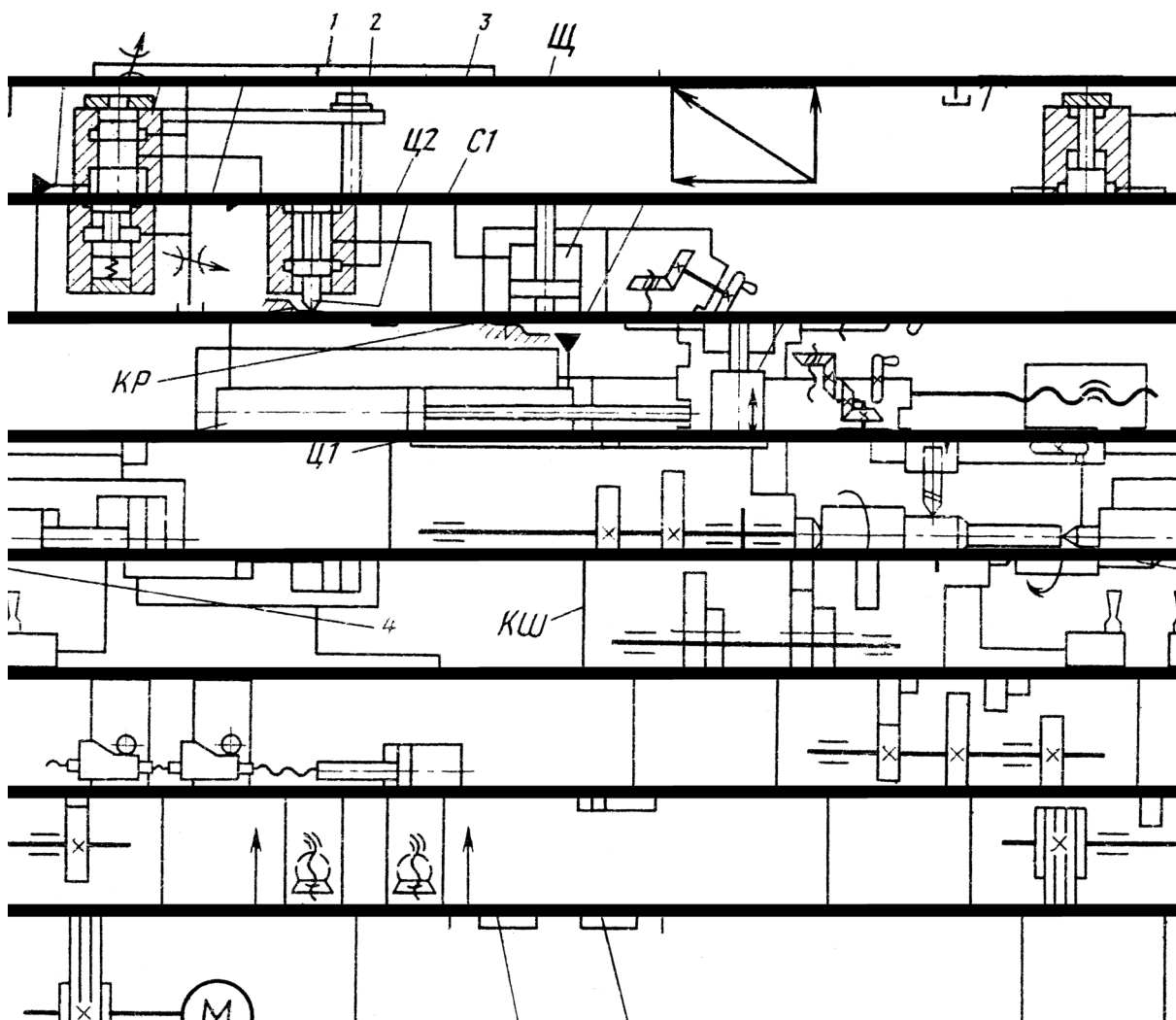


Рисунок 2.26 – Гідрокінематична схема токарного копіювального напівавтомата

Супорт і корпус золотника жорстко пов'язані між собою планкою 11, завдяки якій забезпечується процес слідкування, оскільки довжина ходу супорта з різцем буде точно таким же, яким було початкове зміщення зо-

лотника відносно його корпусу. Процес слідкування протікає аналогічним чином і при зворотному напрямку зміщення золотника, коли верхня порожнина циліндра буде з'єднана з насосом, а нижня – із зливом.

При переході щупа з прямолінійної ділянки на похилу, або при збільшенні кута нахилу профілю копіра з'являється або збільшується поперечна подача, а отже, і результуюча подача уздовж профілю.

Для підтримки профільної подачі постійної, або такої що змінюється за певним законом, на зливні мастила з циліндра поздовжньої подачі 1 встановлений регулятор 3, верхня камера якого підключається до зливного трубопроводу слідкуючої системи. Зі збільшенням кута нахилу профілю копіра збільшується швидкість поперечного переміщення і зростає обсяг мастила, що витісняється з протилежної порожнини циліндра 12. В результаті цього підвищується тиск в зливному трубопроводі 7 і у верхній камері регулятора 3, золотник якого опускається і зменшує площу прохідного перерізу зливної лінії з циліндра і, відповідно, поздовжню подачу. Необхідний закон зміни результуючої подачі забезпечується регулюванням дроселів 4 і 5.

2.7 Багатошпindelні токарні напівавтомати

Багатошпindelні токарні напівавтомати призначені для виготовлення деталей з штучних литих, кованих і штампованих заготовок з різних марок сталей, чавуну, кольорових металів і сплавів. Більшість деталей, що виготовляються на цих напівавтоматах, мають довжину менше діаметра і тому вони закріплюються в патронах. Багатошпindelні напівавтомати випускаються з горизонтальним і вертикальним розташуванням робочих шпindelів.

Горизонтальні напівавтомати будуються на базі аналогічних моделей багатошпindelних автоматів і тому більшість їх вузлів і механізмів має таку ж конструкцію і робочі характеристики. Значні відмінності в конструкції має тільки вузол робочого шпинделя, оскільки знімання готової деталі і установка заготовки в патроні здійснюються вручну. Для цього, в конструкції всіх шпindelів напівавтоматів передбачена можливість вимкнення їх обертання і гальмування в позиції завантаження (IV, VI – рис. 1.17 або VIII, відповідно, в чотирьох, шести і восьмишпindelних напівавтоматах), а також встановлені гідрофіковані механізми затискання і розтискання заготовок. Поперечний супорт в позиції завантаження не встановлюється.

На рис. 2.27 показаний шпindelний блок шестишпindelного горизонтального напівавтомата, конструкція якого, за винятком вузла шпинделя, майже повністю повторює конструкцію базової моделі автомата (порівняйте рис. 2.18). У передній опорі шпинделя встановлені дворядний роликовий підшипник 13 і упорно-радіальний шарикопідшипник 12, а в задній – два радіально-упорних шарикопідшипника 9.

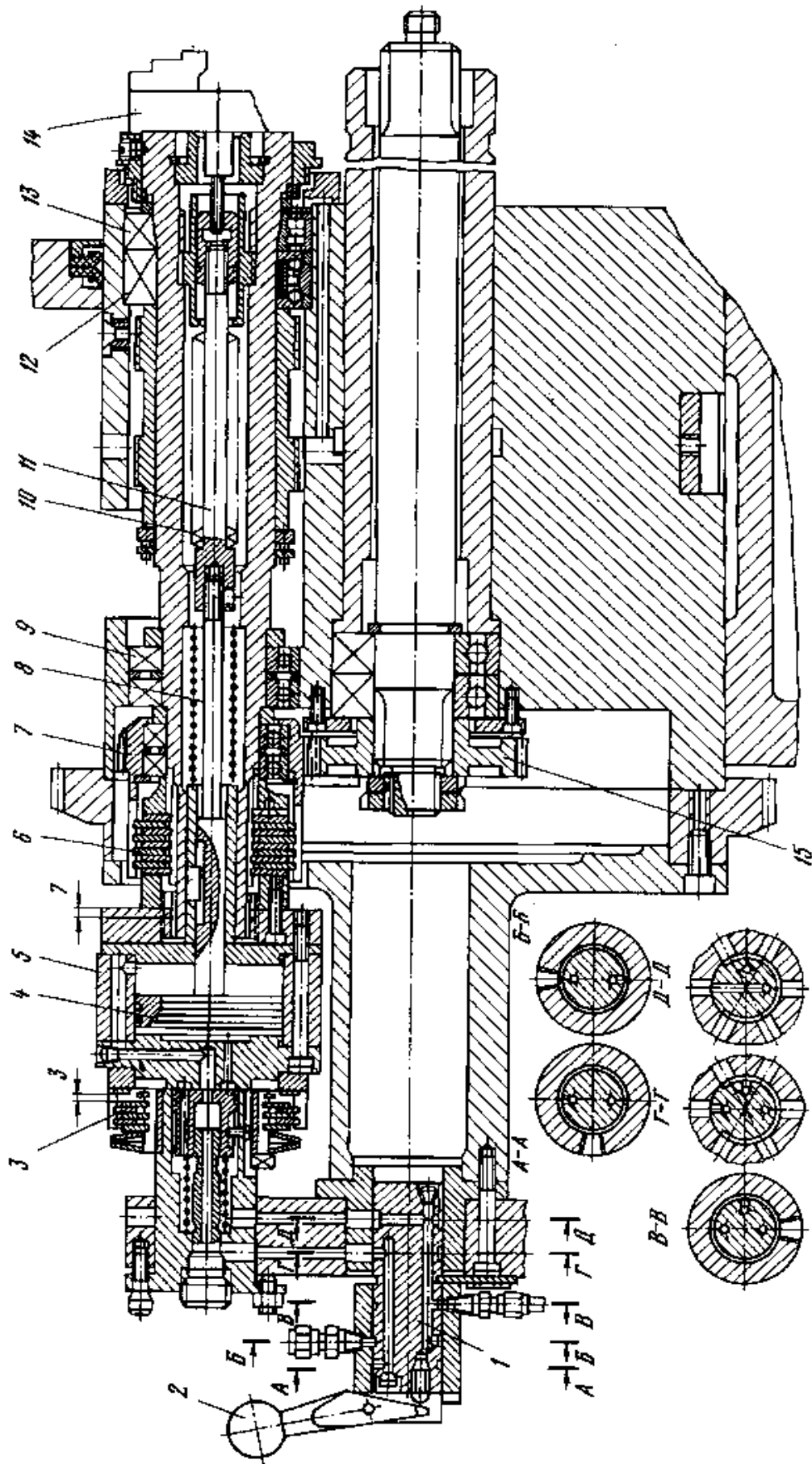


Рисунок 2.27 – Шпиндельный блок напівавтомата моделі 1Б240П-6К

Обертання шпиндель отримує від центрального зубчастого колеса 15 через колесо 7 і фрикційну муфту 6. Гальмування шпинделя здійснюється фрикційною муфтою 3. Заготовка затискається в патроні 14 при зміщенні тяги 11 вліво пакетом тарілчастих пружин, а розтискання виконується поршнем 4, шток 8 якого згвинчений з тягою 11. Ввімкнення-вимкнення фрикційних муфт 3 і 6 здійснює плаваючий циліндр 5. При подачі мастила в ліву порожнину циліндра поршень 4 зміщується вправо, стискаючи пакет тарілчастих пружин і розтискаючи заготовку, а циліндр 5 – вліво, вмикаючи приводну муфту 6 і вмикаючи гальмівну муфту 3. Перемикання муфт перед початком робочого циклу проводиться подачею мастила під тиском у праву порожнину циліндра. Мастило в порожнині циліндрів всіх шпинделів підводиться через центральний золотник 1, поворотом якого за допомогою рукоятки 2 можна здійснити розтискання заготовки та вимкнення-увімкнення обертання робочого шпинделя на будь-якій позиції напівавтомата. Налагодження цих напівавтоматів практично не відрізняється від налагодження базових моделей горизонтальних багатошпиндельних автоматів.

Вертикальні багатошпиндельні токарні напівавтомати за принципом своєї роботи можуть бути паралельної та послідовної дії. Схема роботи напівавтомата паралельної дії наведена на рис. 2.28. Карусель 1 напівавтомата з розташованими по колу робочими шпинделями і індивідуальними для кожної позиції супортами 2 повільно повертається відносно основи 5 навколо колони 4 і встановленою на ній групи кулачків 3.

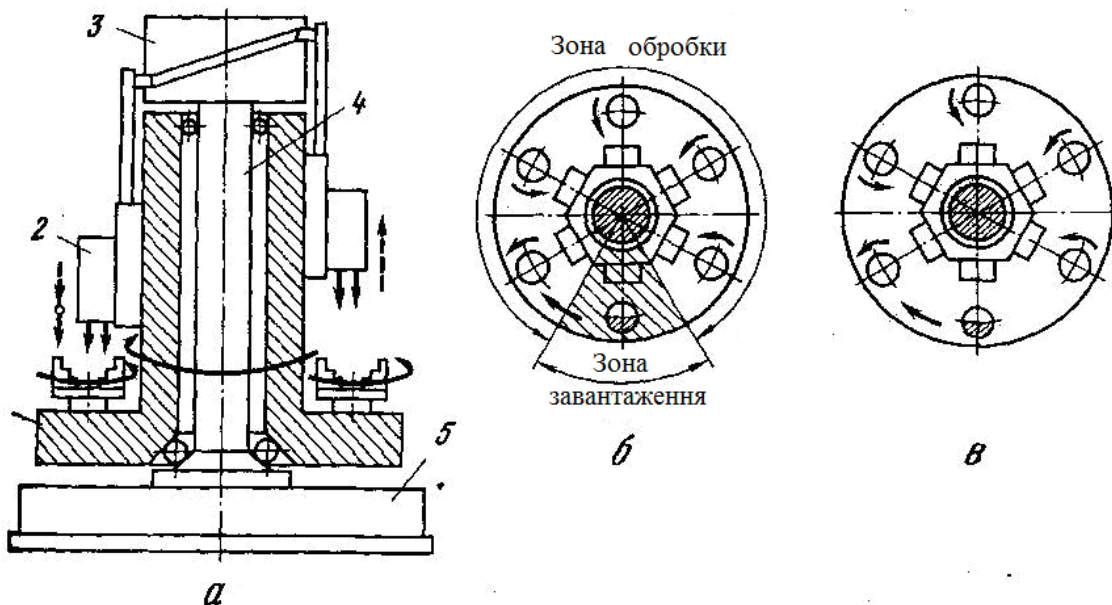


Рисунок 2.28 – Схема роботи вертикального багатошпиндельного напівавтомата паралельної дії (а), з безперервним обертанням каруселі (б) і з періодичним поворотом каруселі (в)

Обробка заготовки від початку до кінця проводиться на одній позиції і тільки однією групою інструментів за час майже повного обороту каруселі. Готова деталь знімається з напівавтомата після кожного повороту каруселі на одну позицію. Зняття готової деталі і установка заготовки здійснюється на цих напівавтоматах, або на ходу (див. рис. 2.28, б) під час проходження зони завантаження, або із зупинкою в даній позиції (рис. 2.28, в). У позиції завантаження (зоні) шпиндель не обертається, а супорт відходить у верхнє положення. Для полегшення умов роботи в цій зоні передбачається спеціальний підйомний пристрій.

Технологічні можливості напівавтоматів цього типу обмежені і тому на них обробляються більш прості заготовки. На рис. 2.29 показана схема обробки заготовки на шестишпиндельному напівавтоматі паралельної дії, у якого на п'яти позиціях проводяться одні й ті ж операції групою інструментів з 15 різців, встановлених на різцевих головках.

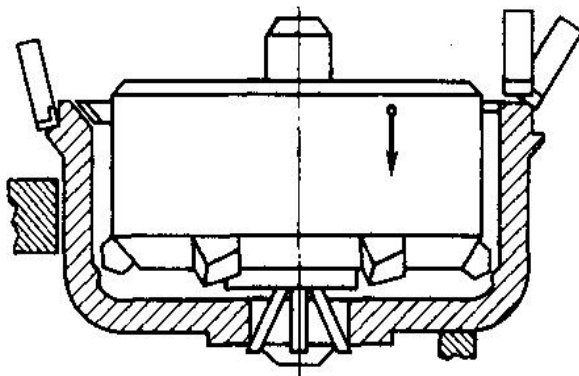


Рисунок 2.29 – Схема обробки гальмівного барабана на вертикальному автоматі паралельної дії

основи 5 і колони 3 здійснює зміну позицій.

За один оберт столу заготовка послідовно проходить через усі позиції, піддаючись повній обробці, і після кожного повороту столу на одну позицію з напівавтомата знімається готова деталь. Обертання шпинделів в кожній позиції здійснюється від індивідуальних приводів, а при зміні положень і в положенні завантаження вони не обертаються. Поперечних супортів на вертикальних напівавтоматах немає і для отримання в окремих положеннях напівавтоматів послідовної дії поперечної подачі інструментів використовуються спеціальні супорти, в яких поздовжнє переміщення перетворюється в поперечне.

На рис. 2.31 показана схема обробки заготовки на вертикальному восьмишпиндельному напівавтоматі послідовної дії, в якій на III і IV позиціях з поперечною подачею проводиться підрізання торця, зняття фаски і

Обробка заготовок на вертикальних напівавтоматах послідовної дії (див. рис. 2.30) проводиться кількома групами інструментів, закріплених на супортах 2, які розміщені на гранях нерухомої колони 3.

Заготовки кріпляться в патронах 1 вертикальних шпинделів, які обертаються та розташовуються по колу в загальному шпиндельному блоці який виготовлено у вигляді поворотного столу 4, який періодичним поворотом відносно нерухомої

проточка виточки і канавки. Крім того, в даному прикладі використовується спеціальне пристосування для розточування внутрішньої сфери на VI і VII позиціях.

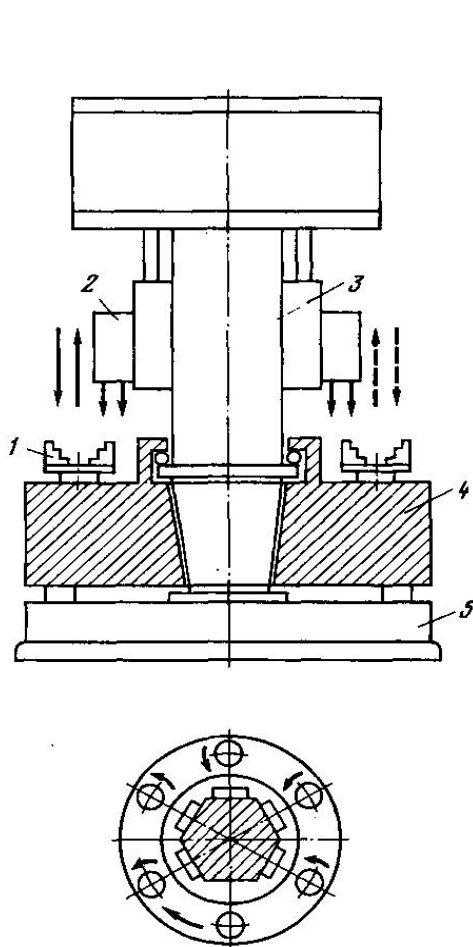


Рисунок 2.30 – Схема роботи вертикального багатшпindelного напівавтомата послідовної дії

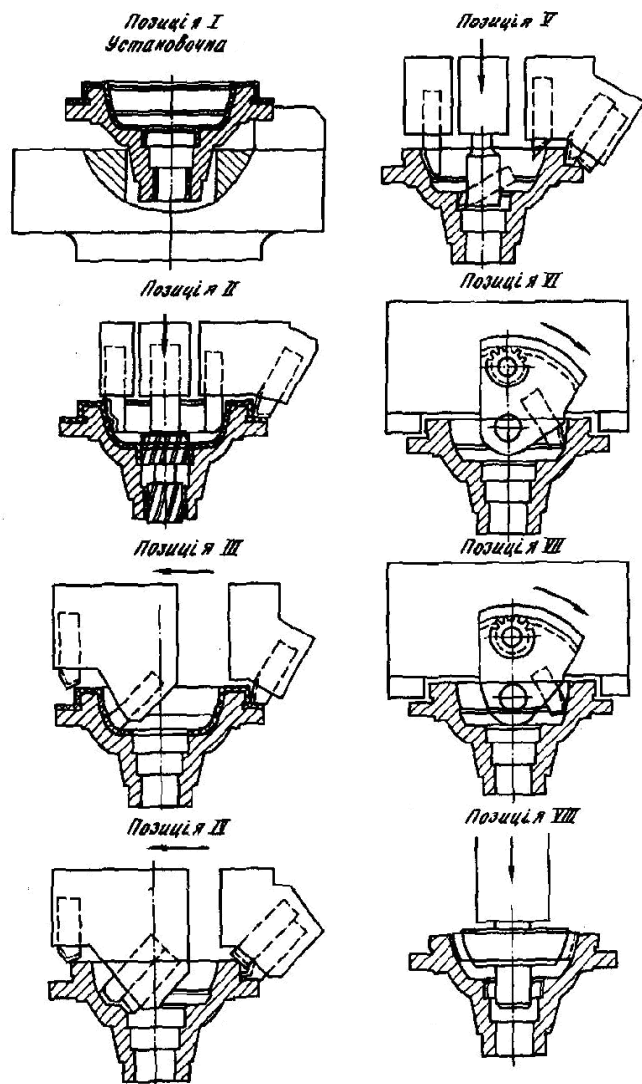


Рисунок 2.31 – Схема обробки чашки диференціала на вертикальному напівавтоматі послідовної дії

Основні технічні характеристики вертикальних напівавтоматів наведені у таблиці 2.6.

Всі вертикальні багатшпindelні напівавтомати мають практично однакову компоновку, а відмінності в будові та конструкції окремих вузлів пов'язані головним чином з принципом роботи напівавтомата. Нижче розглядається тільки напівавтомат послідовної дії, як більш складний в конструктивному відношенні.

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики багатошпиндельних вертикальних напівавтоматів

Параметри	1К282	1283	1Б284	1286-8 1А286-8	1А286-6
Найбільший діаметр оброблюваної заготовки	250	400	360	500	630
Кількість шпинделів	8	8	6	8	6
Кількість швидкостей шпинделя	50	50	22	21	21
Частоти обертання шпинделя, хв ⁻¹ :					
при нормальному виконанні	42-628	28-410	20-224	20-200	12,5-250
при швидкохідному виконанні	66-980	43-635	-	63-630	25-500
Кількість супортів	7	7	5	7	5
Найбільше переміщення супортів, мм (вертикальне та горизонтальне)	350	350	200	400	450; 200
Подача, мм/об	0,041-4,053	0,064-4,002	0,08-5,0	0,0315-4,0	0,028-4,0
Потужність головного привода, кВт	22, 30, 40, 50	20, 30, 40, 55, 75, 100	22 або 30	40, 55, 75, 100	110
Маса, кг	19000	20500	15000	32000	35500

На рис. 2.32 наведена компоновка восьмишпindelного напівавтомата послідовної дії мод. 1K282, на основі 14 якого змонтовані всі основні вузли і механізми верстата. У тумбі основи закріплена основна несуча частина напівавтомата – пустотіла колона 9, у якій внизу на конусі змонтовано поворотний стіл 12 з робочими шпинделями 11, у середній частині – направляючі для супортів 2, а зверху за допомогою вінця 8 сім коробок швидкостей і подач 4, електродвигун 6 з редуктором 7 і стійка 5 з гідроциліндром для включення через тягу 10 семи синхронізаторів 16 і гальма 15.

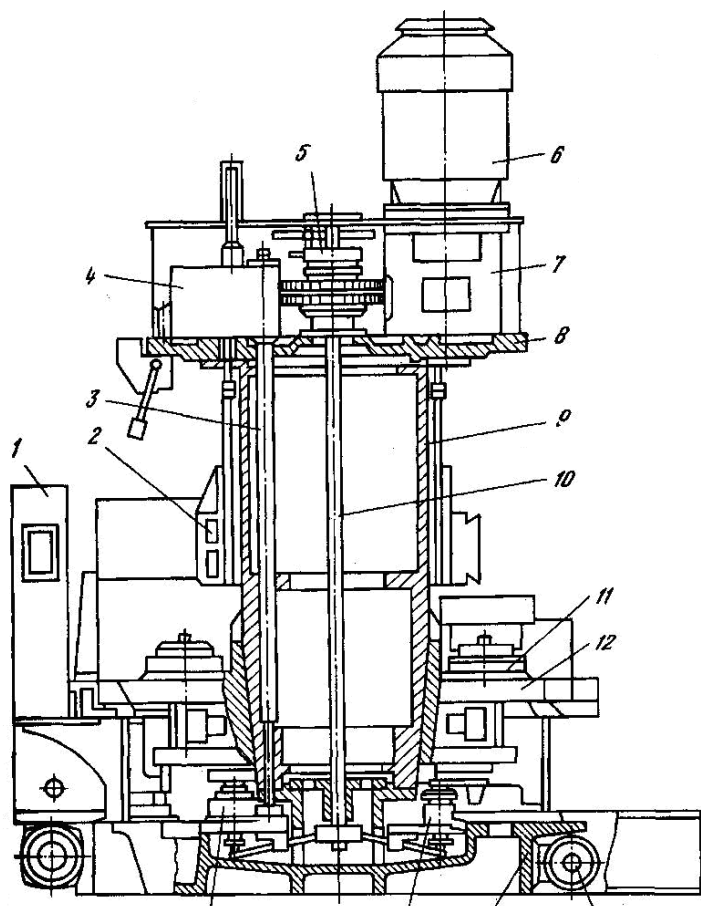


Рисунок 2.32 – Компоновка вертикального восьмишпindelного напівавтомата мод. 1K282

Обертання на шпинделі від коробок передач передається валами 3, розміщеними усередині колонки. Механізм повороту і фіксації 13 столу встановлений в ніші основи, яка одночасно є резервуаром гідросистеми верстата. Електрообладнання напівавтомата змонтовано в спеціальній шафі 1.

Кінематична схема цього напівавтомата показана на рис. 2.33. Вона включає наступні кінематичні ланцюги: привод головного руху, приводи робочої та прискореної подач супортів, обертання командоапарату і приводу механізму повороту столу.

Привод головного руху здійснюється від двигуна M_1 через зубчасті колеса редуктора 16/39 і далі 39-118-31 (при високому ряді частот обертання) або через 22/39, 22/39 і 39-118-31 (при низькому ряді частот обертання).

З валу V обертання передається через гітару змінних зубчастих коліс a і b , зубчасті колеса 35/40, 37/50 (37/37 при швидкісному виконанні).

Кожен шпindel, що знаходиться в робочому положенні, має індивідуальний ланцюг приводу, починаючи з валу V.

Привод робочої подачі супортів здійснюється від валу VI через черв'ячну передачу 1/32, змінні колеса c , d , e і f далі через зубчасті колеса 35/62 (включена муфта EM1) або 58/39 (включена муфта EM2) на вал XIII.

З цього валу через конічну передачу 27/38 обертання передається гайці і від неї ходовому гвинту ($t_{x.z} = 12$ мм) з супортом. Перемикання муфт ЕМ1 і ЕМ2 можна робити в процесі обробки, отримуючи дві робочі подачі супорта: дрібну і велику.

Привод прискореної подачі супортів здійснюється від валу V через конічні колеса 20/20 і циліндричні 70/40 на вал X. При прискореному підведенні супорта вмикається муфта ЕМ3, і обертання передається через зубчасті колеса 57/39, 38/59, 27/38 на гайку ходового гвинта, а при прискореному відведенні супорта (вмикається муфта ЕМ4) обертання на гайку ходового гвинта передається через зубчасті колеса: 58-31-38-59 і 27/38. При переході з високого ряду частот обертання на низький для збереження постійної швидкості прискореного переміщення супорта необхідно поміняти місцями колеса у передачі 70/40 між валами IX і X. Швидкості швидкого підведення і відведення супорта відповідно рівні 3,6 і 3,5 м/хв.

Привод обертання командного апарата здійснюється від валу XIII через гвинтову зубчасту передачу 18/13 і черв'ячну 1/66.

Привод механізму повороту столу здійснюється від електродвигуна М2 через черв'ячну передачу 1/25, зубчасті колеса 14/105 до мальтійського механізму. Водило мальтійського механізму змонтовано на ступиці колеса $Z = 105$, а мальтійський хрест на нижній площині поворотного столу, який може бути повернутий на 1/8 або 1/4 (на дві позиції) частину обороту.

Керування поворотом і фіксацією столу здійснюється кулачками, встановленими на правому кінці валу XXII, натисканням на відповідні кінцеві вимикачі. Крім повороту через черв'ячну передачу 4/28, вал XXII отримує осьове переміщення від гідроциліндра 1 при фіксації і розфіксації столу.

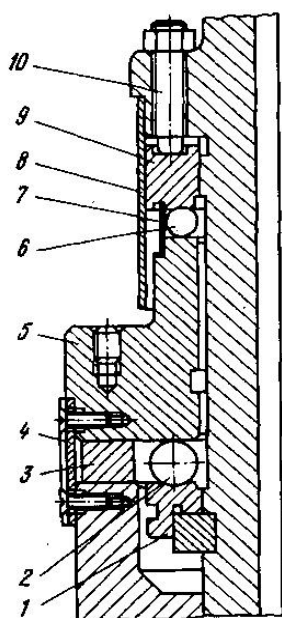


Рисунок 2.34 – Опора поворотного столу вертикального напівавтомата мод. 1К282

Поворотний стіл з вісьмома шпindelьними вузлами змонтований і обертається на конусній частині колони і на спеціальному подвійному упорному шарикопідшипнику (див. рис. 2.34), що сприймає вертикальне навантаження.

Він включає верхнє 9 та нижнє 1 кільця з жолобами – доріжками кочення і середнє кільце – фланець 5, між якими закладені кульки 2 і 6, закриті стрічковим ущільненням 7 і кожухами 4 і 8.

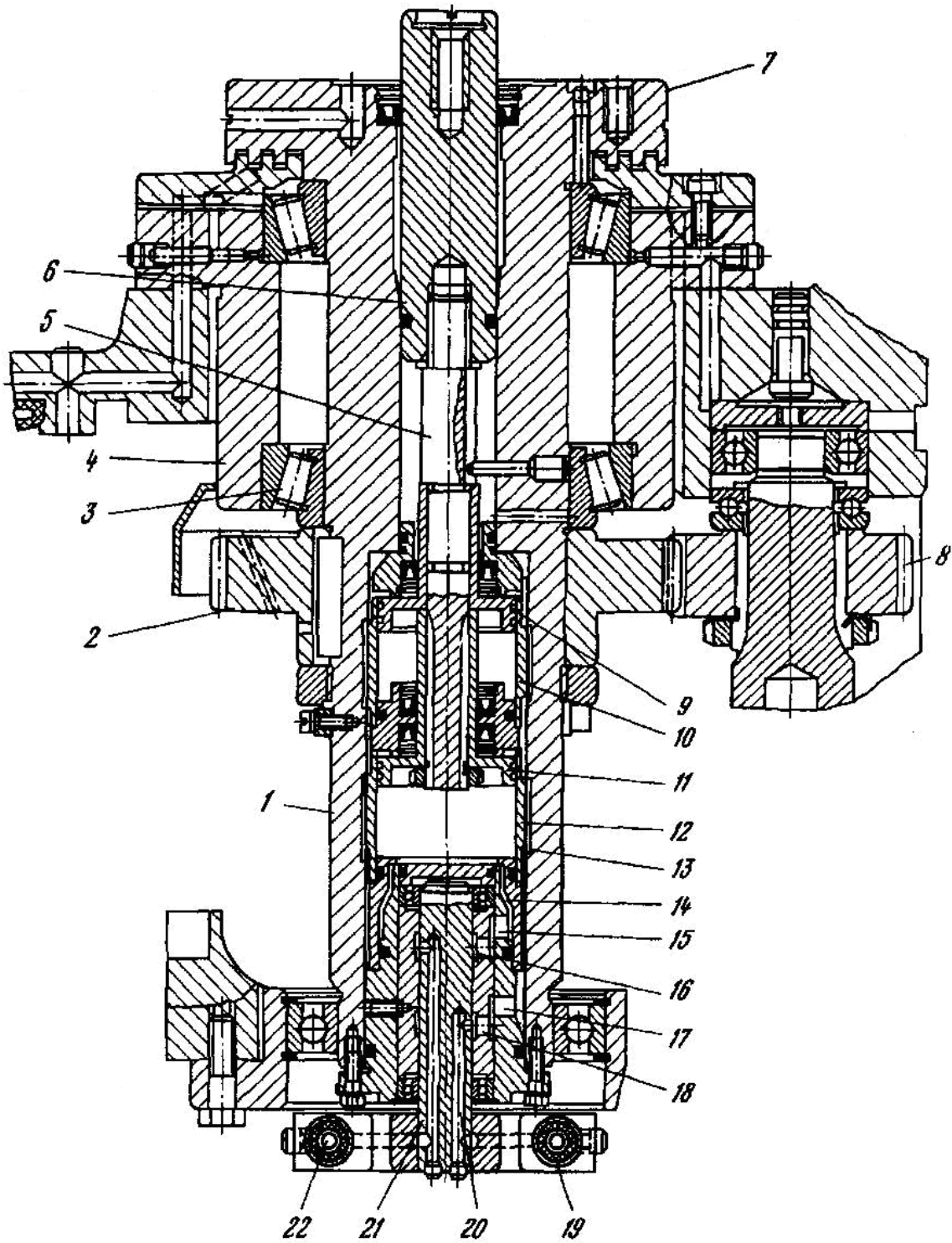


Рисунок 2.35 – Шпиндельний вузол вертикального напівавтомата мод. 1К282

Натяг в упорному підшипнику регулюється гвинтами 10, а радіальний зазор в конусній опорі столу (на рис. не показана) шляхом пригону компенсаторних секторів 3.

Шпиндельний вузол (див. рис. 2.35) є найвідповідальнішим вузлом напівавтомата, який визначає точність і чистоту обробки. Шпиндель 1 змонтований у конічних роликів підшипниках 3 в стакані 4, який встановлюється в отвір поворотного столу.

Нижній кінець шпинделя підтримується радіальним шарикопідшипником. На фланці шпинделя 7 кріпиться кулачковий патрон, затискання-розтискання заготовки в якому проводиться, відповідно, при опусканні і підйомі тяги 6, встановленої в центральному отворі шпинделя. Тяга згвинчена з штоком 5, на якому змонтовані поршні 9 і 11 здвоєних гідроциліндрів 10 і 12. Для надійності перемикання тягове зусилля при розтисканні розвивається більше, ніж при затисканні. Це досягається подачею масла при затиску в штокові порожнини гідроциліндрів через отвори 19, 20, 18, 17 і виточку 13 в шпинделі, а при розтисканні – у поршневі порожнини через отвори 22, 21, 16, 15 і зазор 14 в нижній гідроциліндр, а через шліцьові канали штоку 5 – у верхній. Обертання шпинделя з частотою, налаштованою в даній робочій позиції, здійснюється від приводу головного руху через вузол синхронізації та зубчасті колеса 8–2.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Волчкевич Л. И. Автоматы и автоматические линии. Ч. 1. Основы проектирования : учеб. пособие для вузов / Волчкевич Л. И.; [под. ред. Шаумяна Г. А.]. – М. : Высш. школа, 1986. – 230 с.
2. Волчкевич Л. И. Автоматы и автоматические линии. Ч. 2. Системы управления и целевые механизмы. Учеб. пособие для вузов / Л. И. Волчкевич ; [Под. ред. Шаумяна Г. А.]. – М., Высш. школа, 1986. – 230 с.
3. Врагов Ю. Д. Анализ компоновок металлорежущих станков / Врагов Ю. Д. – М. : Машиностроение, 1978. – 207 с.
4. Гжиров Р. И. Программирование обработки на станках с ЧПУ: Справочник / Р. И. Гжиров, П. П. Серебряницкий. – Л.: Машиностроение, 1990. – 588 с.
5. Дальский А. М. Технология конструкционных материалов : учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов /А. М. Дальский, Т. М. Барсукова, Л. Н. Бухаркин и др.; под ред. А. М. Дальского. – М. : Машиностроение, 2004. – 512 с.
6. Донской Н. В. Комплектные системы управления электроприводами тяжелых металлорежущих станков / Н. В. Донской, А. А. Кириллов, Я. М. Купчан и др. – М.: Энергия, 1980. – 288 с.
7. Коровин Б. Г. Системы программного управления станками / Б. Г. Коровин и др. – М.: Машиностроение, 1990. – 228 с.
8. Кочергин А. И. Конструирование и расчет металлорежущих станков и станочных комплексов / Кочергин А. И. – Минск : Высшейша школа, 1991. – 382 с.
9. Кузнецов Ю. М. Агрегатно-модульне технологічне обладнання: В 3-х частинах. / В. А. Крижанівський, Ю. М. Кузнецов, А. М. Кіріченко та інші ; [під ред. Ю. М. Кузнецова]. – Кіровоград, 2003.
10. Модзалевский А. А. Многооперационные станки / Модзалевский А. А., Соловьев А. В., Лонг В. А. – М. : Мир, 1980. – 575 с.
11. Муляр Ю. І. Програмування багатоінструментальної обробки на верстатах з ЧПК : навчальний посібник / Муляр Ю. І. – Вінниця : ВНТУ, 2006. – 192 с.
12. Точность и надежность станков с числовым программным управлением / [А. С. Проников, В. С. Стародубов, М. С. Уколов, Б. М. Дмитриев]; [под ред. А. С. Проникова]. – М. : Машиностроение, 1982. – 256 с.
13. Пупырев Е. И. Перестраиваемые автоматы и микропроцессорные системы / Пупырев Е. И. – М. : Наука, 1984. – 192 с.
14. Сахновский А. Г. Наладка токарных автоматов и полуавтоматов : справочник / А. Г. Сахновский, Н. Г. Митрофанов. – М. : Высшая школа, 1980. – 240 с.

15. Сєдінкін Л. М. Системи керування верстатами та верстатними комплексами : навчальний посібник / Сєдінкін Л. М. – Суми : СумДУ, 2005. – 214 с.
16. Сибикин М. Ю. Технологическое оборудование. Металлорежущие станки : учебник / Сибикин М. Ю. – М. : ФОРУМ: ИНФА-М, 2005. – 400 с.
17. Схиртладзе А. Г. Технологические процессы в машиностроении : учебник / А. Г. Схиртладзе, С. Г. Ярушин. – Старый Оскол : ТНТ, 2008. – 524 с.
18. Харченко А. О. Станки с ЧПУ и оборудование гибких производственных систем : учебное пособие / Харченко А. О. – К. : ИД «Профессионал», 2004. – 304 с.

Навчальне видання

**Іскович-Лотоцький Ростислав Дмитрович,
Манжілевський Олександр Дмитрович**

**ОБЛАДНАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ ВИРОБНИЦТВ
ЧАСТИНА 1
ВЕРСТАТИ-АВТОМАТИ**

Навчальний посібник

Редактор І. Городенська

Оригінал-макет підготовлено О. Манжілевським

Підписано до друку 19.06.2017 р.
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Ум. друк. арк. 5,89.
Наклад 50 (1-й запуск 1-20) пр. Зам. № 2017-210.

Видавець та виготовлювач
Вінницький національний технічний університет,
інформаційний редакційно-видавничий центр.
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Хмельницьке шосе, 95,
м. Вінниця, 21021.
Тел. (0432) 59-85-32, 59-87-38.
press.vntu.edu.ua;
E-mail: kivc.vntu@gmail.com.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.