

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені В. Н. КАРАЗІНА

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОСНАЩЕННЯ ВЕРСТАТІВ

Конспект лекцій

Електронний ресурс

Харків – 2025

УДК 621.91
Т 38

Рецензенти:

А. М. Чернюк – кандидат тех. наук, доцент каф. електротехніки та електроенергетики, ННІ «УПА» ХНУ імені В. Н. Каразіна;

О. А. Пермяков – доктор тех. наук, професор каф. технології машинобудування та металорізальних верстатів, НТУ «ХП».

*Затверджено до розміщення в мережі Інтернет рішенням Науково-методичної ради
Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна
(протокол № 11 від 25 червня 2025 року)*

Технологічне оснащення верстатів : конспект лекцій [Електронний ресурс] /
Т 38 уклад. А. О. Скоркін. – Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2025. – (PDF 74 с.)

Конспект лекцій призначений для студентів освітнього ступеня «бакалавр» денної та заочної форм навчання спеціальностей А5.34 «Професійна освіта (Машинобудування)», А5.38 «Професійна освіта (Транспорт)».

У конспекті лекцій викладено робочі процеси високих технологій у машинобудуванні. Розглянуто сучасні тенденції розвитку машинобудівного виробництва, створення наукоємних технологій, які забезпечують принципово новий рівень функціональних, естетичних та екологічних властивостей виробів машинобудування. В матеріалі відображено світовий досвід та досягнення в галузі високих технологій в матеріалообробці.

УДК 621.91

© Харківський національний університет
імені В. Н. Каразіна, 2025
© Скоркін А. О., уклад., 2025

ЗМІСТ

ТЕМА №1. Етапи розвитку автоматизації.....	6
ТЕМА №2. Вибір об'єктів гнучкого автоматизованого виробництва.....	12
ТЕМА №3. Засоби технологічного обладнання гнучких виробничих систем.....	18
ТЕМА №4. Класифікація і вибір структури АТСС.....	31
ТЕМА №5. Системи автоматизованого контролю в ГПС.....	44
ТЕМА №6. Поняття про технологічне оснащення.....	55
ТЕМА № 7. Основні елементи технологічного оснащення.....	58
ТЕМА № 8. Розрахунок потрібного зусилля закріплення.....	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	74

ТЕМА №1 ЕТАПИ РОЗВИТКУ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Розвиток автоматизації виробничих процесів у машинобудуванні можна розділити на кілька витків діалектичної спіралі розвитку.

1. Автоматизація робочого циклу машини і поточного виробництва

На перший виток розвитку - від універсальних верстатів, спеціалізованих верстатів, верстатів-автоматів до автоматичних ліній і «жорстких» заводів-автоматів людство витратило більше 200 років. Перший токарно-копіювальний верстат був створений в 1712 р А.К.Нартовим - механіком і токарем Петра I; токарний верстат з супортом і ходовим гвинтом був запатентований в 1798 р Генрі Модслея.

Перша автоматична станочная лінія була встановлена в Англії в 1924 р компанією «Morris Motors» для обробки блоків циліндрів. У СРСР автоматична станочная лінія з'явилася в 1939 р на Волгоградському тракторному заводі (під керівництвом І.П. Іночкина).

Перший автоматичний завод у світі, призначений для повного виготовлення автомобільних поршнів (лиття в кокіль, механічна обробка, контроль, сортування за розмірами, консервація, комплектація і упаковка), був створений в 1951 р у м Ульяновську. Завод виробляв 3500 поршнів на добу, а обслуговували його всього 9 робітників у зміну.

Перший етап розвитку характерний широким використанням електромеханічних пристроїв. Досягнувши значного підвищення продуктивності праці в 5 ... 10 разів, такі заводи, цехи, лінії могли застосовуватися тільки для масового виробництва деталей, конструкція яких тривалий час залишається стабільною. Даному етапу притаманний певний консерватизм, що стримує розвиток нової техніки:

- виріб має бути повністю відпрацьовано;
- створення та налагодження ліній займає 5 і більше років;
- термін амортизації ліній становить 8 років і більше;
- конструкція виробу тривалий час повинна залишатися незмінною, що стримує впровадження нових машин в народному господарстві.

Таким чином, підвищення продуктивності засобами «жорсткої» автоматизації було досягнуто за рахунок повної втрати мобільності.

Вирішення цього протиріччя повернуло машинобудівників знову до універсальних верстатів - було створено числове програмне керування верстатами.

2. Числове програмне керування верстатами (ЧПУ)

Числове програмне керування верстатами практично повторило перший виток автоматизації, але на новому принципі управління - електронно-програмному, причому поряд з підвищенням продуктивності кожного виду обладнання підвищилася і його гнучкість.

На цьому етапі були створені автоматизовані лінії і верстати, в тому числі - багатошпиндельні, з числовим програмним управлінням. На другий виток було

витрачено трохи більше 30 років. ЧПУ дозволило дійсно отримати значний ефект в одиничному і серійному виробництві, але в масовому виробництві воно не дало відчутних результатів; крім того, індивідуальне ЧПУ для кожного верстата виявилося громіздким і дорогим.

3. Гнучкі автоматизовані виробництва

Гнучкі автоматизовані виробництва (ГАВ) розпочали третій виток, що характеризується подальшим розвитком електроніки, застосуванням ЕОМ і мікропроцесорів, створенням універсальних верстатів з ЧПУ, безпосередньо керованих від ЕОМ в режимі поділу часу. Це дозволило пов'язувати верстати керуванням і єдиним транспортом в групи, тобто створювати системи машин. На цьому витку почалося з'єднання в єдину систему всіх виробничих функцій: конструювання, технологічної підготовки виробництва, обробки, складання, випробувань та ін. ГАВ дозволяють поєднувати переваги універсальних верстатів, їх повну мобільність з високою продуктивністю автоматичних ліній і заводів масового виробництва.

4. Гнучкі автоматичні виробництва

Гнучкі автоматичні виробництва, безлюдні заводи будуть створені в ХХІ столітті на основі ЕОМ п'ятого покоління. Подальший розвиток науки і техніки, вирішення проблеми надійності та самодіагностики робочих машин переведуть розвиток автоматизації на наступний виток, коли будуть створені безвідмовні самовідтворюваними робочі машини і системи. Створення штучного інтелекту буде запорукою успішного вирішення цього завдання.

ОСНОВНІ ПЕРЕДУМОВИ СТВОРЕННЯ ГНУЧКОГО АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА

При традиційній організації виробництва деталі знаходяться в цехах тільки 1% усього часу створення і виробництва продукції, на верстатах - 5% від часу знаходження деталей в цехах. У свою чергу, на обробку деталі припадає 15 - 30% загального часу її знаходження на верстаті.

Підвищення продуктивності робочої машини зробили незначний вплив на скорочення загального циклу виробництва. Багато чого досягнуто в раціоналізації режимів різання, вдосконаленні інструментів, автоматизації робочого циклу верстата і т.д. Таким чином, зусилля Верстатобудівників і дослідників в основному були спрямовані на зменшення часу, протягом якого деталь знаходиться на верстаті, тоді як слід було б приділяти більше уваги та іншим етапам створення продукції.

Перед промисловістю стоять дві різні завдання. Великосерійне і масове виробництво треба наділити мобільністю, зберігши при цьому всі переваги широкої автоматизації. А серійне виробництво необхідно комплексно автоматизувати, щоб поряд з гнучкістю воно набуло кращі риси масового виробництва: безперервність, ритмічність, високий темп випуску виробу. Вирішувати обидві ці завдання на єдиній основі дозволяє саме ідея гнучких автоматизованих виробництв.

Основні передумови створення гнучких автоматизованих виробництв можуть бути зведені до наступних:

1. Постійний дефіцит робочої сили

Чи не найголовніша передумова в сучасному цивілізованому суспільстві. Соціологи стверджують, що успіхи сучасної медицини і підвищення загального рівня життя призводять до зміни динаміки вікової структури населення: з кожним роком збільшується частка літніх людей і відповідно зменшується частка молоді. Змінився і освітній рівень осіб, що вступають у виробництво, різко скоротилося число випускників середніх шкіл, які поступають на роботу в промисловість.

Крім того, відбувається загальна зміна сфери трудової діяльності: зростає частка керуючого та обслуговуючого персоналу за рахунок безпосередньо бере участь у матеріальному виробництві. Всі ці тенденції пов'язані з розвитком цивілізації. Уникнути їх неможливо, але вони все гостріше ставлять перед промисловістю проблему нестачі робочої сили.

2. Необхідність скорочення ручної праці і підвищення його продуктивності

З економічних позицій очевидна неприпустимість подальшого збереження значної частки ручної праці. За статистичними даними, в середині 80-х років в матеріальній сфері країни ручною працею (не рахуючи робіт по ремонту) було зайнято близько 40 мільйона чоловік, причому в промисловості приблизно 40% загального числа робітників, в будівництві - більше половини, а в сільському господарстві, торгівлі, на вантажно-розвантажувальних роботах - близько 60%.

Становище ускладнюється низькою продуктивністю праці. Так, продуктивність праці в нашій країні в 1985 р в порівнянні з США становила: у промисловості - 55%, у сільському господарстві - близько 20%.

Особливо великі витрати ручної праці в серійному і дрібносерійному виробництві, на частку якого припадає 75 ... 80% машинобудівної продукції. Довгі роки це виробництво взагалі вважалось несумісним з автоматичним устаткуванням. Окрім широкої номенклатури виробів серійного виробництва його особливістю є те, що за останній час терміни стійкого серійного виробництва машин скоротилися приблизно в 3 рази і продовжують скорочуватися. У той же час обсяг технологічної підготовки виробництва не тільки зберігається, але й безперервно збільшується. Парадокс полягає в тому, що перехід на нову продукцію важче дається найбільш сучасним підприємствам, які оснащені високопродуктивним спеціалізованим обладнанням: верстатами-автоматами, автоматичними лініями. Найчастіше це обладнання діє за жорсткою програмою і не піддається переналагодженні. Якщо навіть обладнання та спеціальне оснащення повністю окупилося, але зберігає працездатність і досить продуктивно, відмова від нього рівнозначний втрат раніше вкладених матеріалів, енергії, праці. Втрати доводиться компенсувати великими витратами на технічне переозброєння, реконструкцію, а іноді - і будівництво нових цехів. Гнучка ж технологія дозволяє максимально зберегти основні фонди, звести до мінімуму втрати і витрати при освоєнні нової продукції.

3. Створення технічної бази ГАП

Третя передумова полягає в тому, що послідовно підготовлена технічна база для функціонування ГАП:

а) верстати з ЧПУ і особливо обробні центри дозволили максимально автоматизувати основні технологічні операції, до 3 ... 4 раз підвищити продуктивність праці порівняно з універсальними верстатами;

б) промислові роботи дали можливість зв'язати окремі операції в єдиний автоматизований комплекс, виключивши людини зі сфери обслуговування верстатів;

в) поява керуючих міні- і мікро ЕОМ дає можливість зв'язати технологічне обладнання та ПР єдиною системою управління.

ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ГНУЧКИХ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ

Термінологію по ГПС визначає ГОСТ 26228-90 «Системи виробничі гнучкі. Терміни та визначення, номенклатура показників».

Гнучка виробнича система (ГВС) - керована засобами обчислювальної техніки сукупність технологічного обладнання, що складається з різних поєднань гнучких виробничих модулів і (або) гнучких виробничих осередків, автоматизованої системи технологічної підготовки виробництва та системи забезпечення функціонування, володіє властивістю автоматизованої переналагодження при зміні програми виробництва виробів, різновиди яких обмежені технологічними можливостями устаткування.

Гнучкий виробничий модуль (ГВМ) - одиниця технологічного обладнання, яка автоматично здійснює технологічні операції в межах його технічних характеристик, здатна працювати автономно і в складі ГВС або ГВЯ.

У засоби автоматизації ГПМ в загальному випадку входять:

пристрій ЧПУ для автоматизації послідовності дій робочих органів технологічного обладнання, включаючи зміну заготовок, виробів, інструменту, подачу МОР, видалення відходів і переналагодження;

пристрій адаптивного управління для автоматизації регулювання параметрів техпроцесу, при зміні умов його виконання;

пристрій контролю та вимірювання під час або після операції для автоматизації підналагодження устаткування;

пристрій діагностики обладнання для автоматизації виявлення та усунення несправностей і т.д.

Гнучка виробнича осередок (ГВО) - керована засобами обчислювальної техніки сукупність декількох ГПМ і системи забезпечення функціонування, що здійснює комплекс технологічних операцій, здатна працювати автономно і в складі ГВС при виготовленні виробів у межах підготовленого запасу заготовок та інструменту.

Різновидом ГПЯ, в якій технологічне обладнання розташоване у прийнятій послідовності технологічних операцій, є гнучка автоматизована лінія (ГАЛ).

Система забезпечення функціонування ДПС і ГПЯ (СОФ ГПС і ГПЯ) - сукупність взаємопов'язаних автоматизованих систем, які забезпечують управління технологічним процесом, переміщенням предметів виробництва і оснащення.

До складу СОФ ГПС і ГПЯ в загальному випадку входять: АТСС (автоматизована транспортно-складська система), АСІО (автоматизована система інструментального забезпечення), САК (система автоматизованого контролю), АСУО (автоматизована система видалення відходів), АСУТП (автоматизована система управління технологічним процесом), АСУТ (автоматизована система управління технологічним обладнанням) і т.д.

Гнучкий автоматизований завод (ГАЗ) - інтегроване засобами обчислювальної техніки виробництва, що складається переважно з ГПС для випуску продукції в умовах її вдосконалення і змінюється потреби.

Гнучкий автоматизований цех (ГАЦ) - цех заводу, що складається переважно з гнучких автоматизованих ділянок.

Гнучкий автоматизований ділянку (ГАУ) - ділянка цеху, технологічне обладнання якого складається переважно з ГПС, ГПЯ, ГПМ.

Класифікація ГПС

Стандартом визначено наступні ознаки класифікації гнучких виробничих систем:

- Комплексність виготовлення виробів
операційна - виконує одну або кілька технологічних операцій виготовлення виробу;

предметна - виготовляє окремі деталі складальних одиниць;

вузлова - виготовляє комплекти деталей складальних одиниць і здійснює складання вузлів)

- Методи обробки, формоутворення, збирання і контролю (у свою чергу, встановлюються за ГОСТ 3.1109)

- Різновид оброблюваних виробів

(Визначається класифікатором ЕСКД: класи деталей 71, 72, 73, 74, 75, класи складальних одиниць 28, 29, 30 і т.д.)

Рівень автоматизації:

1-й рівень автоматизації - автоматизована переналагодження при виготовленні освоєних виробів;

2-й рівень автоматизації - автоматична переналагодження при виготовленні освоєних виробів;

3-й рівень автоматизації - автоматизована переналагодження при переході на виготовлення нових виробів;

Рівні автоматизації ГПМ і ГПЯ встановлюються залежно від автоматично виконуваних ними функцій, перелік яких повинен регламентуватися у відповідних стандартах на конкретні види ГПМ і ГПЯ.

Оцінка гнучкості ГАВ

Поняття гнучкості є багатокритеріальним і неоднозначним. Доцільно виділити три форми гнучкості.

Структурна гнучкість - визначає:

- можливість вибору послідовності обробки;

- можливість виконання обробки заданого безлічі деталей при відмовах окремих елементів системи;

- можливість нарощування системи на основі модульного принципу.

Технологічна гнучкість - визначається:

- здатністю на наявному обладнанні виконувати кілька технологічних завдань (забезпечується використанням багатоцільових верстатів, що охоплюють широкий спектр виробничих операцій);

- можливістю обробки групи деталей без переналагодження обладнання або з незначними затратами на переналагодження.

Організаційна гнучкість - визначається:

- можливістю максимального завантаження устаткування;

- забезпеченням мінімального виробничого циклу.

Неважко бачити повну протилежність у вирішенні зазначених завдань. У першому випадку структура орієнтується на засоби виробництва (технологічний принцип), що дозволяє ефективно використовувати обладнання, але може призвести до подовження виробничого циклу і збільшення незавершеного виробництва. У другому випадку структура орієнтується на виріб (предметний принцип) при нераціональному використанні обладнання. Найбільш прийнятним вважається перший принцип, особливо для систем з широкою і безперервно змінюється номенклатурою, але для цього необхідно мати високоефективний гнучку систему календарного планування та оперативного управління.

ТЕМА № 2

ВИБІР ОБ'ЄКТІВ ГНУЧКОГО АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА

Під об'єктом автоматизованого виробництва розуміється сукупність виробів, виготовлених за різними технологічними процесам, на різних стадіях виробництва.

Як відомо, вироби підрозділяються на деталі, складальні одиниці, комплекси і комплекти. Економічно доцільно створення ГПС для повного виготовлення виробів або складальних одиниць. У цьому випадку скорочується виробничий цикл і зменшується обсяг незавершеного виробництва. Проте в даний час найбільшого поширення набули ГПС, автономно виконують окремі переділи технологічного циклу: отримання заготовок, виготовлення деталей, складання. Добре зарекомендували себе ГПС для виконання технологічного процесу (або його частини) виготовлення деталей певних груп, що належать різним складальним одиницям, але мають спільні конструктивно-технологічні ознаки, наприклад, корпусних деталей, валів і т.п.

На початковому етапі проектування ГПС проводиться підбір оптимальної номенклатури об'єктів автоматизованого виробництва. Розглянемо найбільш складну, зважаючи широкої номенклатури і різноманітності типів, завдання підбору деталей. **До основних критеріїв вибору деталей для обробки в ГПС відносяться:**

1. Конструктивно-технологічне подоби по конфігурації і габаритним розмірам деталей, характером конструктивних елементів, числу і взаємного розташування оброблюваних поверхонь, виду вихідної заготовки, точності, шорсткості та іншим технічним вимогам. Слід дотримуватися подоби марок конструкційних матеріалів, оскільки одночасна обробка в ГПС деталей з різнорідних матеріалів створює проблеми розділення відходів (стружки), веде до зростання номенклатури інструментів і ускладнення організації роботи системи.

2. Стійкість номенклатури виробів, при якій переводу в ГПС підлягають тільки ті типи деталей, які перебуватимуть у провадженні протягом строків експлуатації системи. При цьому деталі можуть зазнавати будь-які конструктивні зміни в межах технологічних можливостей устаткування.

3. Ступінь замкнутості маршруту вимагає в першу чергу переводити на обробку в ГПС деталі, які можуть бути повністю виготовлені в системі. Переривання маршруту для виконання поза системою будь-яких специфічних операцій (наприклад, термічної обробки) ускладнює систему і збільшує тривалість виробничого циклу.

Класифікація деталей по однотипним групам дає можливість застосування групових форм організації виробничих процесів, типізації технологічних процесів обробки з використанням однорідного основного і допоміжного обладнання, базування і орієнтації за допомогою єдиної технологічної оснастки з мінімальною переналадкою. В результаті групування за конструктивно-технологічними ознаками встановлюють (створюють) деталі-

представники (комплексні деталі), для обробки яких потрібно найбільшу кількість технологічних операцій, характерних для деталей даної групи. Стосовно до деталей-представників надалі проводять аналіз діючої та розробку проектної технології.

Вибір номенклатури деталей тісно пов'язаний з питаннями підвищення їх технологічності. Комплекс критеріїв технологічності деталей, оброблюваних на верстатах з ЧПУ і в ГПС, умовно можна розділити на дві групи. Перша група критеріїв визначає загальні вимоги до деталі; в другу групу входять критерії технологічності, що відносяться до оброблюваної поверхні. До загальних вимог належать: обґрунтований вибір матеріалу деталі і вимог якості поверхневого шару; забезпечення достатньої жорсткості конструкції; наявність виражених ознак орієнтації; скорочення до мінімального числа встановивши заготовки при обробці; можливість обробки максимального числа поверхонь з одного установа; максимальна уніфікація форми і розмірів оброблюваних елементів; завдання координат оброблюваних елементів з урахуванням можливостей пристроїв ЧПУ. Таким чином, при аналізі технологічності деталей, оброблюваних в ГПС, необхідно враховувати вимоги обробки, контролю, орієнтації та транспортування заготовок і деталей, забезпечення сприятливих умов роботи різального інструменту, зниження кількості та вартості технологічного оснащення, підвищення точності і продуктивності обробки, тобто високої надійності технологічної системи.

Друга група критеріїв технологічності включає вимоги до окремих поверхнях: спрощення геометричних форм і типізація основних повторюваних елементів (радіусів сполучень, діаметрів отворів і т.п.); розташування оброблюваних поверхонь на одному рівні; зменшення розміру оброблюваної поверхні та ін.

Підвищення технологічності конструкції деталей в значній мірі впливає на зростання продуктивності обладнання та якості виробів при максимальному зниженні витрат часу і коштів на технологічну підготовку виробництва в цілому і, зокрема, на програмування. Приклади підвищення технологічності конструкції деталей, оброблюваних на верстатах з ЧПУ, наведені в довідниках. Підбір номенклатури деталей з урахуванням станкостроїтності їх виготовлення може бути проведений таким чином.

Позначимо:

T_{cij} - верстатомісткість i - тій операції j - того виробу;

z - номенклатура виробів (кількість найменувань різних типорозмірів);

m - кількість операцій технологічного процесу;

S - кількість одиниць основного технологічного устаткування ГВС;

$F_{об}$ - ефективний річний фонд часу роботи основного технологічного обладнання;

N_j - річний обсяг випуску j - того виробу.

Тоді при повному використанні основного технологічного обладнання повинне дотримуватися нерівність:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^z T_{cij} \times N_j \leq S \times F_{об} \quad (1)$$

З урахуванням фактичного використання верстатів коефіцієнт їх завантаження визначиться:

$$K_3 = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^z T_{cij} \times N_j}{S \times F_{об}} \leq 0,8 \quad (2)$$

Користуючись співвідношеннями (1) і (2), шукану завдання можна вирішувати по одному з двох варіантів.

Варіант 1. При заданому складі устаткування ГВС, тобто при відомій величині S підбирається номенклатура оброблюваних деталей.

Варіант 2. При відомій номенклатурі оброблюваних деталей визначається склад основного технологічного устаткування ГВС.

ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБІВ

Вихідними даними при проектуванні ГПС і їх різновидів служать операційні технологічні процеси або окремі технологічні операції отримання заготовок, механічної обробки, складання, контролю та інших процесів машинобудівного виробництва.

Створення ефективно функціонуючих систем вимагає ретельного проведення технологічної підготовки. Тому проектування ГПС повинно починатися з аналізу базової або розробки проектної технології. На основі аналізу розробляються пропозиції щодо вдосконалення базового технологічного процесу з точки зору його найбільш повної відповідності умовам гнучкого автоматизованого виробництва.

До технологічних процесів ГПС пред'являються такі основні вимоги:

- Комплексність рішень, що враховують особливості технологічних операцій виготовлення виробів, операцій складування, транспортування та ін.;
- Високий ступінь концентрації операцій і переходів, що передбачає багатопозиційна обробку (наприклад, на багатоцільових верстатах типу обробний центр (ОЦ));
- Максимальне використання бистропереналажіваної автоматизованого обладнання, переважно з ЧПК, а також технологічного оснащення, що забезпечує необхідний ступінь автоматизації процесу;
- Типізація технологічних рішень, необхідна для реалізації групової технології;
- Багатоваріантність, що забезпечує максимальне використання технологічних можливостей ГПС при зміні умов виробництва.

Перераховані вимоги можуть бути виконані при організації виробничого процесу на базі групової технології, групових технологічних операцій. Як відомо, метод групової обробки деталей в умовах серійного

виробництва із застосуванням універсального обладнання був запропонований С.П.Мітрофановим. Суть методу полягає в класифікації або групуванні деталей за ознаками конструктивно-технологічного подібності: форми і габаритів, ідентичності матеріалів, єдності базування, спільності маршрутної технології та ін. Стосовно до ГАП підхід до класифікації деталей та розробці групової технології принципово не відрізняється від підходу до організації групової обробки на базі універсального обладнання.

Проте зміст основних етапів розробки групової технології для ГАП має суттєві відмінності:

- Наявність обладнання з ЧПУ знижує вимоги до конструктивно-технологічному подобою, що значно розширює можливості відбору деталей при їх групуванні, хоча і вимагає більш високої кваліфікації виконавця;

- Використання технологічного обладнання типу обробний центр призводить до концентрації операцій і переходів, спрощення маршрутів, підвищенню їх уніфікації. На відміну від групових потокових ліній, виконаних на базі універсального обладнання, де прийнятий жорсткий маршрут руху деталей, в ГАП він довільний, що значно поліпшує умови безперервності роботи системи;

- Використання в ГПС промислових роботів (ПР) призводить до необхідності групування деталей за умовами подоби габаритів і поверхонь під змінні захватні пристрої ПР;

- При використанні в ГПС координатно-вимірювальних машин групування деталей повинно враховувати можливість контролю всіх деталей без переналагодження;

- Наявність інструментальних магазинів та автоматизованої системи інструментального забезпечення дає можливість введення нових (змінених) деталей в відібрані групи. У неавтоматизованому виробництві така процедура ускладнена, тому інструментні наладки проектуються під комплексну деталь.

Для умов ГПС групування здійснюється, як правило, на рівні технологічного процесу, а не групових технологічних операцій. Це пов'язано з тим, що відповідно до принципу завершеності ГПС створюються або для виконання всього технологічного процесу виготовлення виробів, або його закінченою частини, яка визначається найчастіше технологічним переділом (штамбування, механічна обробка, зборка і т.п.).

Попереднє групування деталей при розробці ГПС створює передумови для використання методу модульної технологією. Метод модульної технології дозволяє вирішити завдання синтезу технологічних процесів із заздалегідь сформованого набору уніфікованих конструкторсько-технологічних рішень. Складовими частинами конструкторсько-технологічних рішень є конструктивне опис елемента деталей і технологія його отримання. Для цього деталі розчленовуються на елементарні поверхні, кожна з яких описується певним математичним рівнянням і характеризується певними технологічними вимогами - точністю, шорсткістю і т.п. Таким чином, конструкторсько-технологічні рішення встановлюють взаємозв'язок між геометричним описом межі зони обробки, властивостями оброблюваного матеріалу, вимогами по

точності і якості обробки елементарних поверхонь і застосовуваним інструментом і траєкторією його переміщення. Для кожного конструкторсько-технологічного рішення створюється спеціальне програмно-математичне забезпечення - програмний технологічний модуль (ПТМ). ПТМ об'єднуються в бібліотеку, яка використовується при структурному синтезі операцій. Принцип модульної технології дозволяє формалізувати і прискорити проектування технологічних процесів. У поєднанні з методом групової технології він полегшує отримання альтернативних варіантів технологічних процесів.

При розробці маршрутного технологічного процесу особлива увага приділяється скороченню кількості операцій, які виконуються поза ГПС. До складу ГПС доцільно включати обладнання для контролю, термообробки, маркування, мийки і т.п. Для забезпечення принципу концентрації операцій і переходів насамперед вирішується питання про кількість встановивши (позицій) оброблюваної деталі. Перший установ, як правило, вибирають з умов найбільш зручного базування заготовки по «чорним» базам. У ряді випадків підготовка баз виконується в окремій операції на верстатах з ЧПУ, що володіють підвищеною жорсткістю і порівняно невисокою точністю. Слід зазначити, що забезпечення точності базування пред'являє ряд загальних вимог до заготовок, зокрема, до поверхонь, використовуваних для базування і закріплення. Другий і наступний встановили передбачають використання оброблених на попередніх позиціях поверхонь в якості постійних технологічних баз. Кінцевою завданням є пошук схеми, що забезпечує найбільш повну обробку деталі з усіх боків з найменшою кількістю встановила. При виборі послідовності операцій слід враховувати необхідність дотримання принципів поєднання (єдності) і сталості баз, розподілу процесу обробки на стадії (чорнову, чистову, оздоблювальну) та інших рекомендацій для побудови маршруту виготовлення деталей на верстатах з ЧПК.

Методи розробки операційних технологічних процесів багато в чому аналогічні методам проектування маршрутної технології. Так, проектування технологічної операції на базі типових переходів здійснюється вибором варіантів обробки окремих елементів деталі і загальної послідовності обробки. У певній послідовності переходи об'єднуються в технологічний ланцюжок, складову одну технологічну операцію. При цьому необхідно виходити з задачі досягнення необхідної точності і скорочення витрат допоміжного часу на заміну інструменту, виконання допоміжних ходів. Багато технологічних переходи реалізуються на верстатах з ЧПУ у вигляді так званих стандартних циклів.

Встановлення раціональної послідовності виконання переходів обробки деталей на токарних, фрезерних і багатоцільових верстатах з ЧПУ, а також загальні принципи проектування технологічних процесів виготовлення типових деталей (корпусних, валів, фланців та ін.) Докладно описується в навчальній і довідковій літературі.

Типові технологічні процеси автоматичного складання ґрунтуються на класифікації зібраних виробів, складальних одиниць і з'єднань, типових складальних операціях і типових конструкціях автоматичних складальних

пристроїв. Для кожного виду складальних з'єднань виділяються типові представники, на які і розробляються раціональні варіанти технологічних процесів. Маршрутну технологію загальної та вузлової зборки складають на основі технологічних схем складання, виділяючи не тільки основні, але і допоміжні операції.

Технологічний процес автоматичного складання вимагає створення складних автоматичних пристроїв, що виконують всі необхідні операції без участі людини: підготовку деталей і комплектуючих виробів до збірки (промивання, очищення, контроль); завантаження деталей, що сполучаються в бункерні, магазинні, касетні або інші завантажувальні пристрої і накопичувачі; захоплення і подачу деталей, що сполучаються в орієнтують і базують пристрої; орієнтацію сполучених деталей на складальних позиціях з необхідною точністю; з'єднання і фіксацію сполучених деталей; контроль точності відносного розташування сполучених деталей і складальних одиниць; транспортування готової складальної одиниці для виконання подальших складальних операцій.

Найбільш краща автоматична збірка за методом повної взаємозамінності, менш зручна збірка за методами неповною і груповий взаємозамінності, рідко використовується збірка по методу регулювання із застосуванням рухомих або нерухомих компенсаторів. Автоматична збірка по методу пригону неприпустима.

Є дві тенденції проектування технологічних процесів автоматичного складання: диференціація складальних операцій і концентрація складального процесу на одному робочому місці. Перша тенденція, найбільш поширена в машинобудуванні, пов'язана з розчленуванням складального процесу на елементарні операції. Цей напрямок передбачає використання простих маніпуляторів і ПР, не вимагає складного складального обладнання і складною технологічної оснастки, найбільш ефективно в умовах багатосерійного виробництва. Друга тенденція полягає в використанні стаціонарного обладнання, монтажних пристосувань, складальних головок з набором змінних робочих інструментів, що дозволяють здійснити весь складальний процес на одному робочому місці.

ТЕМА № 3

ЗАСОБИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ГНУЧКИХ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ

Вибір основного технологічного обладнання

Основне технологічне обладнання у складі ГПС має задовольняти ряду вимог:

- а) виготовлення в автоматичному режимі широкої номенклатури виробів при максимальній концентрації операцій (переходів);
- б) можливість швидкого переналагодження при зміні об'єктів виробництва;
- в) широкі технологічні можливості, що сприяють реалізації принципу комплексності (завершеності) виробничого циклу;
- г) високий рівень автоматизації основних і допоміжних функцій (контроль і корекція режимів технологічного процесу, контроль геометричних розмірів оброблених деталей і відповідна корекція, контроль за станом інструменту і заміна зношеного інструменту, збір і видалення відходів та ін.);
- д) компоновочная і програмна стиковка з різними підсистемами ГАП, здійснення зв'язку з верхнім рівнем управління з передачі керуючих впливів і облікової інформації;
- е) забезпечення необхідної продуктивності і підвищених вимог щодо якості виробів;
- ж) висока економічність, експлуатаційна та технологічна надійність.

Так, при механічній обробці найбільш повно зазначеним вимогам задовольняють багатоцільові верстати з пристроями програмного керування класу CNC (computer numerical control).

Багатоцільові верстати (верстати типу обробний центр)

Багатоцільові верстати (верстати типу обробний центр) оснащені пристроєм автоматичної зміни інструментів і призначені для виконання великого числа різних технологічних переходів без перевстановлення оброблюваних заготовок. За призначенням їх ділять на дві групи: для обробки корпусних та плоских заготовок і для обробки заготовок типу тіл обертання. Характерними особливостями багатоцільових верстатів є: широке розмаїття виконуваних на них технологічних переходів (точіння, розточування, фрезерування, свердління, зенкування, Різьбонарізання та ін.), Оснащеність великим числом ріжучих інструментів, висока точність обробки (до 7-8 квалітетів), можливість оснащення пристроями для автоматичної зміни заготовок.

Багатоцільові верстати для обробки корпусних деталей мають різні компоновання з одним або декількома шпинделями, точними поворотними столами, багатопозиційними магазинами, що містять до 30 ... 100 різних ріжучих інструментів. Підвищення ємності магазинів пояснюється прагненням збільшити число ріжучих інструментів для можливості обробки різних деталей,

мати необхідне число дублерів для найбільш часто використовуваних і схильних до швидкого зносу або поломки інструментів. Однак у перспективі слід очікувати поступового скорочення числа інструментів в магазині ОЦ, що входить у ДПС. Це буде досягтися як розробкою нових конструкцій прогресивного інструменту, що дозволяють скоротити їх номенклатуру, так і організацією автоматизованої системи доставки інструментів з центрального складу.

Одним з основних напрямків реалізації ідеї «безлюдній» технології є введення в верстати з ЧПУ багатошпindelною обробки, що дозволяє підвищити продуктивність процесу виготовлення деталей. Недоліком способу слід вважати збільшення сил, що діють на елементи верстата, що вимагає підвищення жорсткості його конструкції і, отже, металоемності і габаритів. Враховуючи дану обставину, багатошпindelний обробка зазвичай обмежується 2-4 шпindelями при легких і середніх режимах роботи.

Для ведення багатошпindelною обробки багатоцільові верстати з ЧПУ оснащуються магазинами змінних багатошпindelних головок і коробок. Так як всі інструменти багатошпindelною коробки переміщаються по одній програмі, верстат має вузькоспеціалізовані можливості, великий обсяг неавтоматизованих переналадочних робіт, і тому його доцільно використовувати при обробці заготовок середніх та великих партій.

Верстати з магазином багатошпindelних коробок розширюють можливості високопродуктивної комплексної обробки. Разом з тим самі коробки - дорогі пристрої. Вони розраховані на стабільну конструкцію виготовленої деталі, обмежують можливості зміни технології обробки та доцільні в умовах багатосерійного виробництва.

Устаткування для деталей типу тіл обертання

Визначальним видом устаткування виготовлення деталей типу тіл обертання є токарні верстати різних компоновок. Назвемо різновиди токарних верстатів з ЧПК, що використовуються в ДПС, та відзначимо деякі сфери їх застосування:

Найменування верстата	Відмінні особливості	Область раціонального застосування
1. Токарно-гвинторізні	Наявність задньої бабки	Обробка деталей типу вали
2. Токарно-револьверні	Відсутність задньої бабки, наявність револьверної головки з відносно великою (до 20 інструментів) ємністю	Обробка деталей типу невеликих дисків, втулок тощо. (діаметром до 200 мм) як із штучних заготовок, так і із пруткового матеріалу
3. Токарно-карусельні	Вертикальна компоновка, наявність однієї або декількох стійок з револьверними головками (супортами)	Обробка великих та важких штучних заготовок типу дисків, фланців тощо (діаметром понад 200 мм)

4. Двохшпindelні напівавтомати з паралельними шпинделями	Наявність двох паралельних шпинделів з наданими кожному шпинделю револьверними головками	Обробка деталей типу дисків, втулок по одній із трьох схем: а) одночасна обробка двох однакових заготовок за однією і тією ж програмою, що управляє; б) обробка двох заготовок одного і того ж найменування з двох установ; в) одночасна обробка двох різних заготовок з різних керуючих програм
5. Двохшпindelні напівавтомати із співвісними шпинделями	Наявність двох співвісних шпинделів і загальної револьверної головки	Обробка в одному циклі технологічної операції заготівлі з двох сторін при автоматичному переустанові (зміні баз)
6. Токарні багатоголівні верстати типу обробний центр (ТОЦ)	Наявність додаткової керуючої координати С (керованого повороту шпинделя), а також револьверної головки з позиціями для установки інструменту, що обертається	Повна обробка заготовки з одного установка (з виконанням токарних, свердлильних, фрезерних тощо переходів)
7. Токарний роботизований модуль	Наявність вбудованого промислового робота для виконання допоміжних операцій (установка та зняття заготовки, зміна інструменту тощо)	Використання як гнучкі виробничі модулі в ГПС

До складу устаткування ГВС для виготовлення деталей - тіл обертання можуть входити фрезерні, шліфувальні та інші верстати. Вони, природно, повинні мати компоновку і структуру, вписуються в загальну технологічну структуру. Доцільність використання додаткових верстатів незалежно від типу виготовлених деталей і з урахуванням того, що при введенні таких верстатів в ГАП їх потрібно повністю автоматизувати, визначається не тільки необхідністю виконання тих чи інших операцій, але і їх завантаженням. При незначній завантаженні верстатів їх слід розташовувати поза ГПС, в інших виробничих підрозділах.

Формування структури основного технологічного обладнання гнучких виробничих систем

Після розробки технологічних процесів виготовлення виробів здійснюється етап формування структури і складу основного технологічного устаткування ГВС. Цей етап є дуже важливим. З одного боку він визначає можливість реалізації технологічних процесів, з іншого - намічає шляхи вибору інших підсистем.

Як приклад розглянемо процес формування структури основного технологічного обладнання з урахуванням продуктивності системи.

При розробці технології виготовлення кожної деталі прагнуть сконцентрувати найбільшу кількість переходів на одному верстаті. В результаті повну обробку деталі дозволяють забезпечити один або кілька верстатів. Наприклад, для обробки корпусних деталей, як правило, достатньо одного-двох багатопільових верстатів типу обробний центр. У процесі обробки може виникати необхідність перевстановлення заготовки. Домовимося кожен нову установку деталі вважати як нову деталь і називати деталь-установкою. Таким чином, після розробки технології і вибору обладнання визначається сукупність деталь-установок, закріплених за кожним верстатом (див. Таблицю).

Кожна сукупність деталь-установок характеризується параметрами:

- m_j - число деталь-установок;
- $T_{цj}$ - тривалість циклу обробки;
- n_j - розмір партії;
- $T_{перj}$ - тривалість переналагодження.

Необхідна кількість верстатів для оброблення деякої сукупності деталь-установок визначається тривалістю обробки даної партії заготовок і фондом робочого часу обладнання. Якщо один верстат не забезпечує необхідної продуктивності, число верстатів збільшують. При цьому можливі такі варіанти:

1. **ВЗАЄМОЗАМІННИМИ СТАНКИ** - коли кожен вводиться в систему верстат може обробляти всю сукупності деталь-установок по будь-якої операції технологічного процесу.

2. **ВЗАЄМОДОПОВНЮЮЧИХ СТАНКИ** - коли кожен вводиться в систему верстат може обробляти всю сукупності деталь-установок по частині технологічного процесу.

3. **НЕЗАЛЕЖНІ СТАНКИ** - коли кожен вводиться в систему верстат може обробляти частина сукупності деталь-установок по будь-якої операції технологічного процесу.

4. **КОМБІНАЦІЯ ПОПЕРЕДНІХ ВАРІАНТІВ.**

Проведемо порівняння варіантів по часу обробки партії заготовок j -того найменування:

$$T_p = \sum_{j=1}^z T_{цj} \cdot n_j = \sum_{j=1}^z (T_o + T_{в1} + K T_{в2} + R T_{в3})_j \cdot n_j,$$

где T_o - основное время обработки;

$T_{в1}$ - время загрузки - разгрузки заготовок;

$T_{\text{в}2}$ - время смены инструмента;

$T_{\text{в}3}$ - время позиционирования инструмента относительно обрабатываемых поверхностей детали;

K - число инструментов;

R - число обрабатываемых поверхностей.

Введение в систему дополнительных станков S ведет к сокращению времени обработки до:

а) для взаимозаменяющих станков

$$T_{\text{р}1} = \sum_{j=1}^z (T_0 + T_{\text{в}1} + KT_{\text{в}2} + RT_{\text{в}3})_j \cdot \frac{n_j}{S_1},$$

б) для взаимодополняющих станков

$$T_{\text{р}2} = \sum_{j=1}^z (T_0 + KT_{\text{в}2} + RT_{\text{в}3})_j \cdot \frac{n_j}{S_2} + T_{\text{в}1} \cdot n_j,$$

в) для независимых станков

$$T_{\text{р}3} = \sum_{j=1}^{m/S_3} (T_0 + T_{\text{в}1} + KT_{\text{в}2} + RT_{\text{в}3})_j \cdot n_j.$$

$$T_{\text{р}1} < T_{\text{р}3} < T_{\text{р}2}$$

З порівняння формул можна зробити висновок, що перший і третій варіанти мають деяку перевагу перед другим варіантом.

Зробимо аналіз часу простою верстатів, викликаних трьома основними причинами.

1. Простої, викликані переналадкою верстатів (фактор технологічної гнучкості):

а) при первом варианте (взаимозаменяющие станки)

$$T_{\text{нер}1} = \sum_{j=1}^z T_{\text{нер}j},$$

б) при втором варианте (взаимодополняющие станки)

$$T_{\text{нер}2} = \sum_{j=1}^z \frac{T_{\text{нер}j}}{S_2},$$

в) при третьем варианте (независимые станки)

$$T_{\text{нер}3} = \sum_{j=1}^{m/S_3} T_{\text{нер}j}.$$

$$T_{\text{нер}2} < T_{\text{нер}3} < T_{\text{нер}1}$$

В даному випадку другий і третій варіанти мають перевагу перед першим через меншу тривалості простою.

2. Порівняємо простої, викликані відмовами обладнання (фактор структурної гнучкості).

У системі, що з взаємодоповнюючих або незалежних верстатів, зупинка одного верстата приводить до зупинки всієї системи. Навіть за наявності накопичувальних пристроїв тривалість роботи системи зростає незначно. На противагу цьому взаємозамінними обладнання може передавати функції відмовив верстата іншому, що дозволяє системі працювати без зупинки.

$$T_{np1} < T_{np3} < T_{np2}$$

Отже, перший варіант є найбільш доцільним.

3. Нарешті, розберемо простої устаткування, викликані організаційними причинами (фактори організаційної гнучкості). З точки зору завантаження устаткування найменші простої, очевидно, матимуть взаємозамежуючі верстати, які за інших рівних умов дають рівномірну і повне завантаження всіх верстатів в системі. Навпаки, при наявності взаємодоповнюючих верстатів може виявитися, що в певний момент часу частина верстатів буде недовантажена, так як час роботи на кожному послідовно працюючому верстаті синхронізувати неможливо. Інша картина спостерігається при визначенні тривалості циклу виготовлення виробів. Найбільш короткий цикл забезпечують саме взаємодоповнюючі верстати, як забезпечують найбільш короткий шлях руху виробів. При цьому в системі з взаємозамінюють верстатів цикл виготовлення виробу відрізняється більшою тривалістю через більш протяжного за часом варіанти проходження деталей по верстатів.

Таким чином, в сенсі організаційної гнучкості всі варіанти мають приблизно однакові можливості.

Проведений аналіз показує, що жоден з варіантів не має явних переваг перед іншими. Таким чином, прийняття рішення про формування системи верстатів на основі введення взаємозамінюють, взаємодоповнюючих або незалежних верстатів не може бути виконано однозначно. Для повного виконання етапу формування структури основного технологічного обладнання, очевидно, необхідно встановити пріоритети факторів, що впливають на величини простоїв.

Визначення складу устаткування ГВС

Ефективність використання устаткування ГВС визначається його завантаженням і раціональним використанням закладених в обладнанні технологічних можливостей. У свою чергу, ефективно використання технологічних можливостей верстатів буде отримано при відповідності конструктивно-технологічних параметрів оброблюваних деталей технічним характеристикам верстатів. У цьому випадку найбільш раціонально будуть використані потужність головного приводу, жорсткість, точність та інші показники верстатів. Тому при підборі обладнання проводиться класифікація деталей не тільки по конструктивно-технологічним ознаками, а й по розмірним характеристикам з тим, щоб кожній групі деталей відповідала певна модель верстата.

Наприклад, для токарної обробки втулки діаметром 140 мм і довжиною 75 мм можна вибрати токарно-револьверний напівавтомат моделі 160НТ Стерлитамакського верстатобудівного заводу з найбільшими розмірами точіння в па-

троні: діаметр - 200 мм, довжина - 120 мм. Для токарної обробки валу з габаритними розмірами: діаметр - 80 мм, довжина - 400 мм доцільно прийняти токарний патронно-центровий напівавтомат моделі 16Б16Т1 (САМАТ 135 NC) Самарського верстатозаводу з найбільшим діаметром оброблюваної заготовки над супортом 125 мм і найбільшою довжиною заготовки 600 мм або аналогічний верстат моделі МК 7601 заводу «Червоний Пролетарій» з відповідними розмірами 125 мм і 450 мм.

Для багатоперехідних обробки з декількох сторін складної корпусної деталі з габаритними розмірами 450×320×180 мм можна прийняти багатоцільовий свердлильно-фрезерно-розточний верстат 500Н Стерлитамакського верстатобудівного заводу з розмірами робочої поверхні столу 500 мм і магазином на 32 інструментів. Обробку нескладної корпусної деталі тих же габаритних розмірів з одного боку і при малій кількості технологічних переходів більш економічно вести на вертикально-фрезерному верстаті моделі ВМ 133-40 Воткинського машинобудівного заводу з розмірами робочої поверхні столу 350×700 мм і 16 гніздами для інструментальних оправок.

Обладнання, яке входить до складу ГПС, по можливості має бути однотипним, що спрощує його експлуатацію. Використання однотипного обладнання з рівними технологічними можливостями дозволяє зберегти працездатність системи при виході з ладу окремих верстатів, а також виробляти налагодження технологічних процесів і керуючих програм для нововведених деталей без зупинки виробництва.

Для визначення складу устаткування ГВС необхідна ретельна опрацювання технологічних процесів обробки деталей. В першу чергу, розробляється технологічний процес на деталь-представник. При цьому намічається первісна спеціалізація устаткування. Технологічні процеси на інші деталі будуються відповідно до прийнятого маршрутом і урахуванням наміченої спеціалізації устаткування. Виходячи з розроблених технологічних процесів виявляються технічні характеристики верстатів і проводиться вибір верстатів відповідних моделей.

Для визначення кількості верстатів розраховується час обробки деталі на кожному верстаті (верстатомісткість), що характеризується величиною Тшт-к.

При першому варіанті розрахунку необхідні нормовані технологічні процеси обробки всіх деталей в ГПС

$$C_{pi} = \frac{\sum_{j=1}^z T_{шт-к_{ij}} \times N_j}{60F} ,$$

где C_{pi} - расчетное количество станков на i -ой технологической операции;
 $T_{шт-к_{ij}}$ - станкоемкость выполнения i -той технологической операции при изготовлении j -го наименования изделия, мин;
 N_j - годовой объем выпуска изделия j -го наименования;
 F - эффективный годовой фонд времени работы оборудования, ч.

Полученное значение округляют до ближайшего большего целого числа C_{pi} .

При втором варианте расчета необходимы нормированные технологические процессы обработки *деталей-представителей*:

$$C_{pi} = \frac{T_{шт} - K_{срi}}{\tau_{ср}},$$

где $\tau_{ср}$ - средний такт выпуска деталей.

$$\tau_{ср} = \frac{60F}{\sum_{j=1}^z N_j}, \text{ мин.}$$

Вибір і проектування конструкцій верстатного пристосування

До пристосувань для верстатів з ЧПУ пред'являється ряд вимог:

1. Повна і точна орієнтація заготовок щодо системи координат верстата; можливість контролю положення заготовок на етапах налагодження і підналагодження, в т.ч. автоматичною.

2. Повне базування пристосування на верстаті, що забезпечує автоматичну орієнтацію щодо нульової точки верстата.

3. Підвищена точність і жорсткість пристосувань для забезпечення необхідної якості виконання чистових операцій або переходів і максимального використання потужності верстата при чорновій обробці.

4. Можливість швидкого переналагодження настановних і затискних елементів пристосування при переході на обробку нової партії заготовок.

5. Відкритий підхід інструментів до різних сторін заготовки при одному її установе.

6. Механізація і автоматизація процесу установки і зміни заготовок у пристроях.

7. Можливість ефективної зміни заготовок у пристроях поза робочої зони верстата при суміщенні часу на зміну заготовки з часом роботи верстата.

Оскільки виготовлення виробів у ДПС переважно ведеться малими партіями (до поштучної обробки), то потрібно часта переналагодження технологічного оснащення. Якщо для переналагодження основного і допоміжного устаткування ГВС витрачається незначний час, обчислювана часто секундами, то для заміни або переналагодження пристосувань потрібно час до декількох десятків хвилин. Переналагодженні пристосувань вручну протистоїть альтернатива використання автоматично переналагоджуваних або замінних по командам ЕОМ пристосувань.

Автоматизація транспортування і обробки корпусних деталей, виготовлених на багатоцільових верстатах, здійснюється завдяки застосуванню єдиних супутників. Наявність у супутників однакового комплексу основних баз забезпечує точну автоматичну орієнтацію закріплених на них заготовок на різних позиціях технологічного обладнання. На робочих поверхнях супутників передбачають сітку точних пазів або базових і різьбових отворів, що дозволяє вста-

новлювати на супутнику різноманітні за формою заготовки, які мають різні комплекти технологічних баз.

На підставі супутника є пази і фіксуєчі елементи для точного базування на столі верстата та в накопичувачі, а також для захоплення у процесі транспортування. Для забезпечення автоматичної роботи верстатного модуля протягом 0,5 ... 2,0 смен перед верстатом встановлюють багатомісні накопичувачі супутників. Для передачі супутників на верстат з позицій нерухомого накопичувача використовують різні пристрої двохпозиційного типу. Широке застосування в гнучких виробничих модулях знайшли магазини-накопичувачі пристосувань-супутників (палет) різної конструкції: лінійні, поворотні креслень, вертикальні ланцюгові та ін. Установка і закріплення заготовок здійснюється на станціях завантаження-розвантаження пристосувань і не впливають на продуктивність ГПС. При цьому в супутниках можуть бути встановлені як кілька однакових, так і різних пристосувань для подачі заготовок на верстат мінімальними партіями або поштучно.

Однак застосування супутників не завжди є оптимальним рішенням установки заготовок на багатоцільових верстатах ГПС. Вартість магазинів-накопичувачів становить 20 ... 35% вартості багатоцільових верстатів, а вартість комплекту палет, необхідних для безлюдної обробки в другу і третю зміни, порівнянна з вартістю верстата. Крім того, пристосування-супутники мають такі недоліки:

- необхідність двох-трьох переустановлень заготовок в різні пристрої-супутниках при обробці заготовок з декількох сторін;
- необхідність обробки поверхонь технологічних баз поза ГПС на універсальних верстатах;
- переважне застосування ручних затискачів для закріплення заготовок у пристроях-супутниках, що обумовлює значні витрати часу і необхідність операторів на позиціях завантаження-розвантаження заготовок і деталей;
- порівняно велика кількість супутників, необхідність у додатковій виробничій площі для складування і проміжного накопичення супутників, наявність транспортних пристроїв підвищеної вантажопідйомності.

Якщо обробка здійснюється без супутників, то заготовки встановлюються в пристосування безпосередньо на верстатах. Значне скорочення числа пристосувань і чисельності обслуговуючого персоналу може бути досягнуто застосуванням беспутнікових, автоматично переналагоджуваних пристосувань. У цьому випадку заготовка транспортується без пристосувань-супутників від одного верстата до іншого, на яких вона встановлюється в різних положеннях. Переналагодження настановних і затискних елементів пристосувань здійснюється автоматично за заданою програмою, в яку вводяться дані про тип і положенні заготовки. Автоматично переналагоджувані пристосування на противагу пристосуванням-супутникам володіють більшою універсальністю і швидкістю переналагодження, яка здійснюється за кілька секунд. Час, що витрачається на переналагодження пристосувань, може перекиватися часом зміни заготовки. Конструкції автоматично переналагоджуваних пристосувань для установки різних типів оброблюваних деталей наведені в довідковій літературі.

На токарних верстатах ГПС найбільш доцільно застосовувати автоматично переналагоджувані патрони наступних видів:

- з автоматичним регулюванням положення кулачків;
- з автоматичною перевстановлення кулачків на необхідний діаметр заготовки;
- з автоматичною послідовною зміною кулачків;
- з автоматичною зміною патрона (комплекту кулачків).

Патрони перших двох різновидів призначені для чорнової обробки заготовок з двох сторін на одному верстаті. Автоматична зміна патронів забезпечує високу точність центрування до 0,01 мм за рахунок попереднього растачивання «сирих» кулачків. Однак вартість таких патронів більш висока, ніж вартість автоматичних пристроїв зміни кулачків.

Для оснащення операцій механічної обробки використовуються наступні системи верстатних пристосувань: УБП (універсально-безналадочніе), УНП (універсально-налагоджувальні), СНП (спеціалізовані налагоджувальні), УСП (універсально-збірні), УРП (збірно-розбірні), НСП (нерозбірні спеціальні)

Всі перераховані системи можуть використовуватися в пристосуваннях-супутниках. Пристосування кожної групи мають різну ступінь агрегативності, а також різні конструктивні рішення, що забезпечує їх ефективну експлуатацію в різних виробничих умовах. Визначення раціональної системи залежить від ряду технологічних і організаційних факторів: ступеня конструктивно-технологічного подоби оброблюваних деталей, схем базування і закріплення, необхідної точності обробки, розмірів виробничих партій, періодичності запуску, стабільності випуску продукції та ін.

Найбільше застосування в ГПС отримала система універсально-збірної переналагоджуваної оснащення (УЗПО) ..

Основою системи УЗПО є деталі і складальні одиниці різних конструкцій, що мають конкретне функціональне призначення, з яких методом агрегативності, минаючи стадію проектування, можна збирати різні конструкції пристроїв.

Комплект містить такі елементи:

- базові (плити й косинці, що служать підставою пристосування);
- корпусні (опори, планки, прокладки);
- напрямні (призми, пальці, штирі, втулки);
- затискні (прихвати, планки, швидкоз'ємні шайби та інші);
- кріпильні (гвинти, шпильки, гайки та інші);
- засоби механізації (гідроциліндри, гідроблоки, гідроприхвати, сполучна арматура).

В системі прийнятий безззорному (штифтової або кульковий) способи базування елементів. Внаслідок відсутності Т-образних пазів, що послаблюють конструкцію, підвищення жорсткості за рахунок ліквідації зазорів і збільшення діаметрів кріпильних елементів можна в 1,7 рази в порівнянні з УСП підвищити потужність різання.

Схеми і конструкції установочно-затискних пристосувань для верстатів з ЧПУ і ГПС найбільш повно представлені в технічній літературі.

При розрахунку пристосувань визначаються необхідні сили закріплення заготовки і відповідні параметри затискних механізмів і силового приводу (наприклад, діаметр різьби гвинта, діаметр гідроциліндра та ін.). У необхідних випадках проводиться розрахунок на точність.

Вибір ріжучого та допоміжні інструменти

Ріжучий і допоміжний інструменти для верстатів з ЧПУ з'єднуються в складальну одиницю - інструментальний комплект, призначений для виконання окремого технологічного переходу.

До різального інструмента для верстатів з ЧПУ, номенклатура якого не відрізняється від номенклатури інструменту для традиційних верстатів, пред'являються підвищені вимоги щодо точності розмірів, геометричної форми, якості заточування, стабільної стійкості.

Для ріжучого інструменту, вживаного в ГПС, додатково потрібно:

- Забезпечення попередньої (поза верстата) налаштування на задані розміри;
- Необхідна точність настройки і жорсткість конструкції інструментального комплекту;
- Універсальність застосування та уніфікація приєднувальних розмірів;
- Можливість автоматичного кріплення і зміни інструментального комплекту;
- Швидка зміна інструменту при переналагодженні.

В умовах ГПС перевага віддається стандартному різального інструмента. Проте в обґрунтованих випадках при підвищеній серійності виробництва може застосовуватися спеціальний різальний інструмент, в тому числі комбінований (свердло - зенкер, багатоступінчастий зенкер, багаторізцові розточувальні оправки).

Тенденції застосування ріжучого інструменту:

- Застосування дрібно- і особомелкозернистих твердих сплавів;
- Розробка і застосування нових видів зносостійких покриттів;
- Розширення області застосування надтвердих матеріалів;
- Розширення області застосування комбінованих і керованих інструментів;

Розглянемо більш докладно некое з перерахованих тенденцій, касаючієся інструментальних матеріалів і зносостійких покриттів.

В якості матеріалів для виготовлення лезвийного ріжучого інструменту використовують: тверді сплави (вольфраміві, титановольфраміві, титанотанталовольфраміві і безвольфраміві), кераміку (оксидну та оксидно-карбідну), швидкорізальні сталі (в основному типу Р6М5), надтверді синтетичні матеріали (ВТМ). Ефективне застосування в автоматизованому виробництві СТМ (ельбор, гексаніта, композиту, сілініта та ін.) Обумовлено можливістю реалізації оптимальних для надтвердих матеріалів високих і надвисоких

швидкостей. Різке збільшення швидкості різання забезпечує підвищення продуктивності процесу, а також точності і якості обробки.

Тверді сплави на сьогодні в більшості галузей промисловості є найбільш уживаним інструментальним матеріалом для те-чення і фрезерування. Зміна тре-бованій до інструментального матеріалу (поява нових оброблюваних матеріалів, вимога постійного зростання продуктивності і т.д.) при-водить до безперервного розвитку самих твердих сплавів, причому змінюється як структура самого сплаву, так і склад покриттів.

В області структури основної тен-денцією є зменшення зерна твердосплавного порошку. За прошед-шіє кілька років розмір зерна твер-дого сплаву зменшився більш ніж у п'ять разів.

В результаті зменшення зерна су-ществено підвищуються технологічні властивості твердого сплаву, в першу чергу твердість і изгибная міцність (в'язкість сплаву).

Застосування ріжучої кераміки йде в напрямку розширення областей застосування. Традиційно кераміка застосовувалася для обробки чавунів і обробки за-калених сталей в сприятливих усло-віях. Сучасна кераміка позволя-ет обробляти тверді матеріали в несприятливих умовах (наприклад, при переривчастому різанні), су-ществено підвищити ефективність обробки чавуну, і, крім того, вивести на новий рівень продуктивності обробку нікелевих сплавів в авіаційній промисловості.

Підвищення експлуатаційних властивостей і значна економія матеріалів забезпечуються широким використанням інструменту зі змінними багатогранними пластинами (СМП). До СМП пред'являються високі вимоги по точності і стабільності розмірів. Крім того, пластини повинні мати високі міцність, зносостійкість, жорсткістю закріплення в державочние частини. При обробці в'язких матеріалів інструменти з СМП повинні гарантувати стабільне дроблення або завивання стружки і її відведення.

З метою підвищення стійкості інструментів, виготовлених з твердих сплавів і швидкорізальних сталей, часто використовується метод нанесення зносостійких покриттів карбідом титану, нітридом титану і окисом алюмінію.

До системи допоміжного інструменту відносяться: оправлення для свердел, зенкерів, розгорток, фрез; розточувальні оправки та головки; патрони цангові, розточувальні і ін .; втулки; державки і т.п.

До допоміжного інструменту ставляться такі вимоги:

- забезпечення установки різноманітних ріжучих інструментів в шпинделі верстата або в револьверної голівці;
- економічно обгрунтований мінімум інструментів, що входять в систему;
- забезпечення необхідних параметрів точності, жорсткості, вібростійкості;
- можливість регулювання положення різальних крайок інструменту;
- зручність в обслуговуванні (швидке переналагодження, зміна).

Допоміжний інструмент може бути класифікований відповідно до призначення для різних груп верстатів з ЧПУ і ступенем автоматизації.

Різноманітність типів верстатів з ЧПУ викликає необхідність у великому числі способів установки і зміни інструменту. У зв'язку з цим розробляють системи допоміжного інструменту - набори уніфікованого допоміжного і ріжучого інструментів, з яких компонуються інструментальні блоки (комплекти) для виконання конкретних технологічних переходів. Конструкція допоміжного інструменту для верстатів з ЧПУ визначається його основними елементами, зокрема, приєднувальними поверхнями для установки на верстаті і для кріплення різального інструменту. Пристрої, що здійснюють автоматичну зміну і кріплення інструменту на верстаті, визначають конструкцію хвостовика.

Для автоматичного забезпечення точності обробки в конструкцію допоміжного інструменту вводяться пристрої, що забезпечують регулювання положення ріжучої кромки. Ці обставини призвели до появи перехідників (адаптерів), у яких хвостовик сконструйований для конкретного верстата, а передня частина - для ріжучого інструменту зі стандартними приєднувальними поверхнями (призматичними, циліндричними, конічними).

ТЕМА №4 КЛАСИФІКАЦІЯ І ВИБІР СТРУКТУРИ АТСС

Призначення і функції АТСС

Автоматизована транспортно-складська система (АТСС) - система взаємопов'язаних автоматизованих транспортних і складських пристроїв для укладання, зберігання, тимчасового накопичення та доставки предметів праці, технологічного оснащення.

АТСС повинна забезпечувати виконання таких основних функцій:

- прийом, зберігання, облік і видача об'єктів;
- транспортування об'єктів до позицій завантаження-розвантаження, обробки, контролю, накопичувачів або складам.

Характер транспортних зв'язків робить вирішальний вплив на компоновку ГПС і визначає рівень гнучкості системи.

До складу АТСС входять: автоматичні склади, накопичувачі, поворотні і підйомні столи, перевантажувачі, транспортно-складська тара, транспортні засоби, пристрої контролю та управління.

Характеристика автоматичних складів і накопичувальних пристроїв

Склади на промисловому підприємстві відіграють важливу роль у виробничому процесі, вони підтримують або задають ритм виробництва. Від рівня технічної оснащеності і організації робіт на складах залежать організованість, загальний ритм і ефективність виробничого процесу. Значною мірою зростає роль складів в умовах ГАП.

Автоматизована складська система ГАП призначена для виконання наступних функцій:

- прийом з внутризаводського або внутрішньоцехового транспорту сировини, матеріалів, заготовок, інструменту, порожньої тари і їх тимчасове складування;
- видача вказаних вантажів за заздалегідь передбаченому графіком або на підставі команд;
- прийом від транспортної системи ГАП готових виробів, відходів виробництва, браку і їх тимчасове зберігання;
- видача на внутризаводській або внутрішньоцеховий транспорт зазначених вантажів.

Функціональними елементами автоматичних складів є стелажі, штабелери, транспортно-складська тара (піддони для заготовок і деталей, касети для інструментальних комплектів тощо), пристрої для перевантаження тари зі штабелера на накопичувач, підлогові накопичувачі, пристрої для передачі тари з накопичувачів на транспортну систему ГПС або в зворотному напрямку. Автоматичну роботу складу забезпечує система управління, побудована на основі ЕОМ.

Залежно від конструктивних особливостей і технічної оснащеності склади розрізняють за типами стелажів і штабелерів, місткості, типами та параметрам

складської тари, виконуваним виробничим функцій, рівнем і технічним засобам автоматизації.

Найбільшого поширення набули стелажні склади з автоматичними кранами-штабелерами (рисунок 1). Такі склади в багатьох випадках виявляються найбільш універсальним і ефективним типом складу різного призначення: для накопичення запасів заготовок, зберігання пристосувань та інструментів, готових виробів, відходів виробництва і т.д. Стелажні склади з автоматичними кранами-штабелерами рекомендується застосовувати при великих запасах зберігання. Склади з мостовими кранами-штабелерами використовуються для більш великих вантажів і менших вантажопотоків.

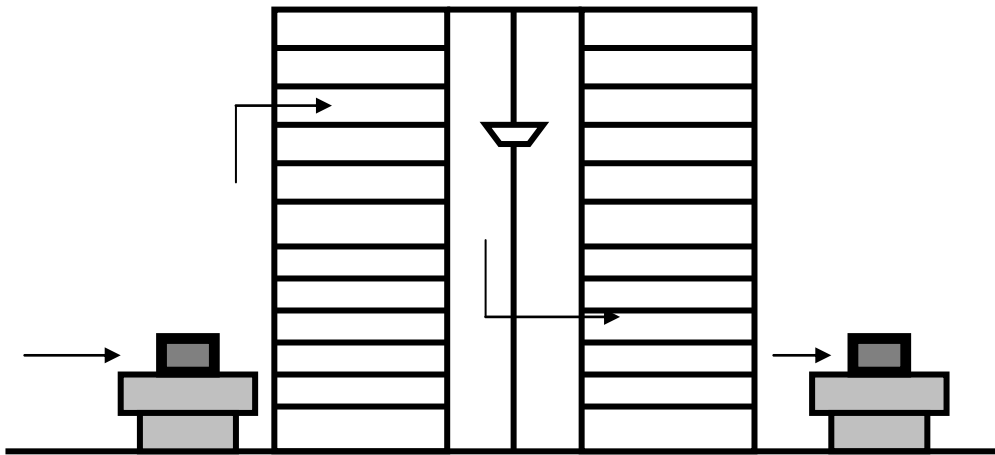


Рисунок 1 – Стелажні склади з краном-штабелером

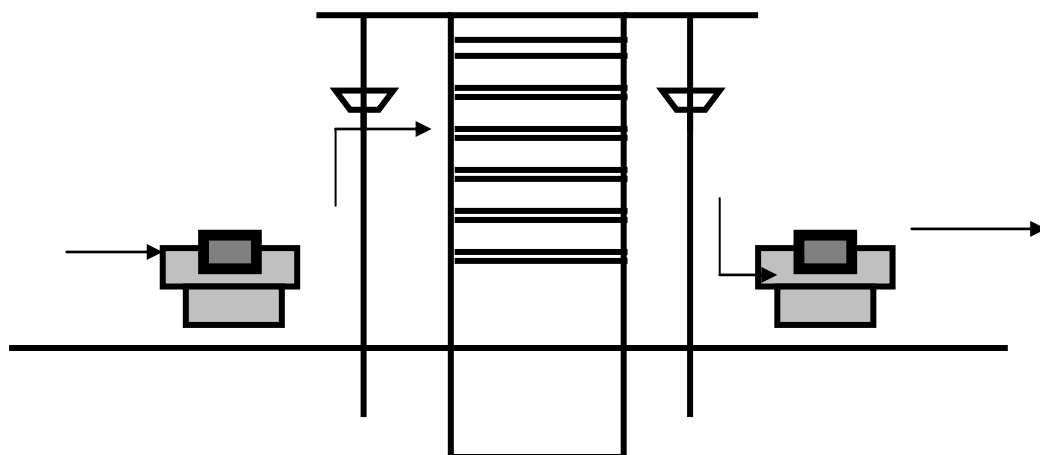


Рисунок 2 – Стелажний склад із двома кранами-штабелерами

Компонування стелажних складів з двома кранами-штабелерами (малюнок 2) застосовують рідше через ускладнення системи управління, що забезпечує безаварійну роботу механізмів. Однак перевагою компонування складу з двома кранами-штабелерами є виключення простоїв верстатів при виході з ладу одного крана-штабелера. У цьому випадку система продовжує роботу при деякому зниженні продуктивності.

Підвісні автоматичні склади (рисунок 3) використовуються в ГПС, коли в виді транспорту застосовується підвісний штовхає конвеєр з автоматичним адресуванням вантажів.

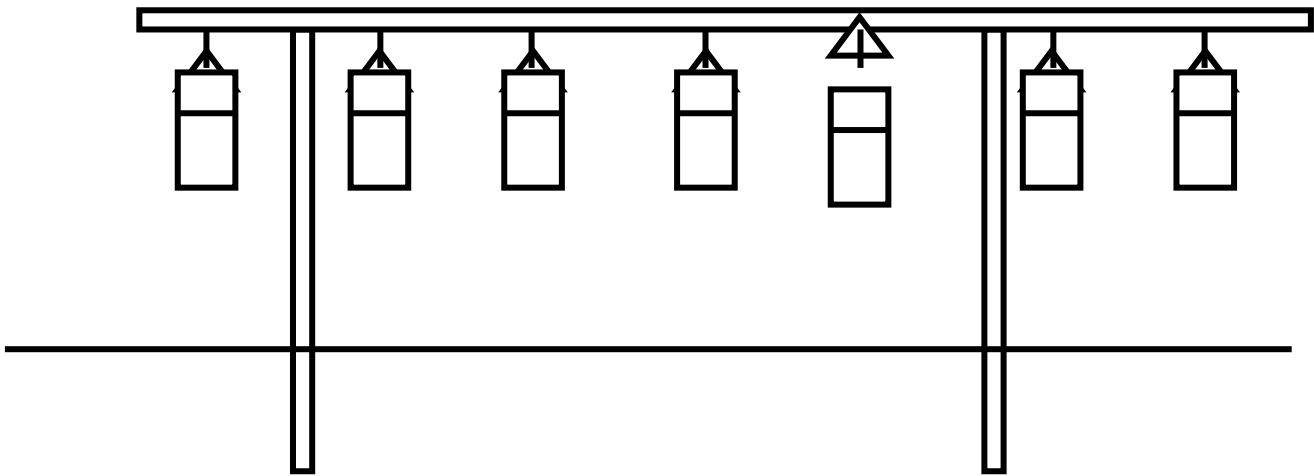


Рисунок 3 – Підвісний склад

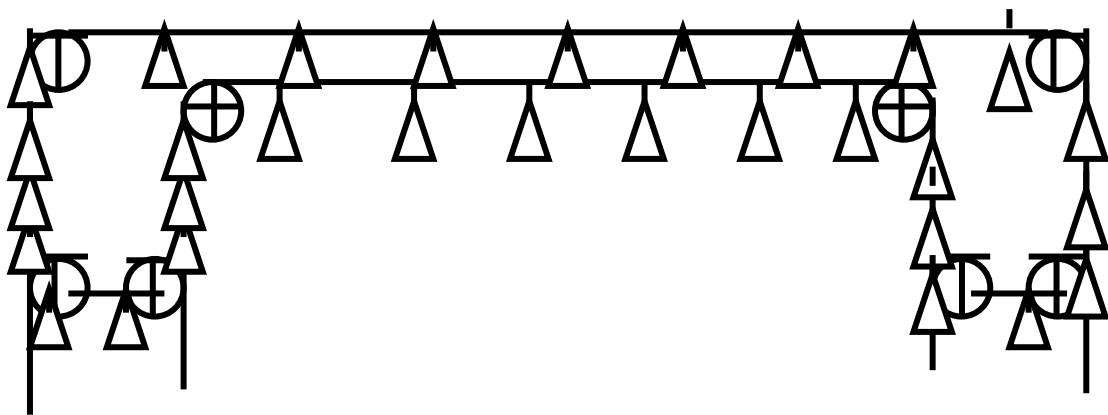


Рисунок 4 – Елеваторний склад

Елеваторні автоматичні склади (рисунок 4) доцільно застосовувати при невеликих запасах зберігання, невеликих розмірах вантажів, особливо в тих випадках, коли немає можливості розмістити на ділянці стелажний склад.

Функції резервних складів виконують накопичувальні пристрої на робочих позиціях. Їх використовують при невеликих запасах зберігання, для компенсації різниці між часом транспортування і виготовлення виробів, а також для забезпечення безперебійної роботи ДПС у разі відмов окремих підсистем. Залежно від виконуваних функцій, розмірів вантажопотоків і транспортних партій, запасів зберігання, типу що виготовляються в ГПС виробів накопичувальні пристрої виконують у вигляді столів, касет, магазинних та бункерних пристроїв, накопичувачів елеваторного, барабанного, конвеєрного та інших типів.

Впорядковане розміщення деталей в спеціальних касетах особливо ефективно при партионній обробці на технологічних операціях очищення,

знежирення, травлення, термообробки, нанесення різних покриттів. На технологічних операціях з поштучної обробкою виробів касети можна використовувати на вході і виході обладнання для завантаження і розвантаження деталей. У виробництві використовується велике число типів касет, різноманітних за формою і розмірами, ємністю 50 ... 2000 деталей. Касети дуже швидко і легко замінюються, можуть використовуватися як тара для міжопераційного транспортування без втрати орієнтації.

Тактові столи типів СТ150, СТ220, СТ350 мають 12 або 24 пластини. Заготовки встановлюються або безпосередньо на пластини, або на пристосування-супутники, які кріпляться до пластин.

Бункерні завантажувальні пристрої застосовують переважно для завантаження дрібних, порівняно легко орієнтується виробів, що допускають активне ворухіння при розміщенні навалом.

Пристрої подібного типу компактні, надійні в роботі і володіють досить високою продуктивністю. Однак при використанні пристроїв в серійному виробництві виникає ряд труднощів: обмежена номенклатура завантажуються за допомогою даного типу пристрою виробів; складність переналагодження з одного типорозміру виробів на інший навіть у межах групи; складність зміни продуктивності при зміні об'єкта виробництва.

Магазинні завантажувальні пристрої використовують при виробництві середніх і дрібних виробів, орієнтація яких утруднена. Магазины завантажуються виробами в орієнтованому положенні вручну.

Розрахунок характеристик автоматичного складу

Основний розрахункової характеристикою складу є його ємність, яка визначається через число (К_{наім.}) Найменувань детапеустановок, виготовлених у ДПС протягом місяця:

$$K_{\text{наім.}} = \frac{60F_{\text{см}} \cdot S}{T_{\text{ср}} \cdot N_{\text{мес}}}, \quad (1)$$

где $F_{\text{см}}$ - місячний фонд времени работы станка, ч.;

S – число станков в ГПС;

$T_{\text{ср}}$ - середня станкоємкость изготовления одной детапеустановки, мин.;

$N_{\text{мес}}$ - місячний об'єм випуска детали-представителя.

В свою очередь

$$F_{\text{см}} = \frac{F_{\text{об}} \cdot h_3}{12}, \quad (2)$$

где $F_{\text{об}}$ - эффективный годовой фонд времени работы оборудования, ч.; при трехсменном режиме $F_{\text{об}} = 5715$ ч;

h_3 - нормативный коэффициент загрузки оборудования, $h_3 = 0,8$;

$$T_{cp} = \frac{\sum \cdot T_{ci}}{m}, \quad (3)$$

где T_{ci} - станкоемкость изготовления детали-представителя на i -той операции;

m - число операций технологического процесса изготовления детали-представителя.

Перший варіант. Отримане число визначає мінімальне число осередків складу за умови, що для кожної деталеустановки використовується тільки один стіл-супутник з пристосуванням.

Для забезпечення нормальної роботи ГПС на тривалий період часу (на випадок збільшення числа виготовлених деталей) доцільно в складі мати певний (наприклад, 10%) запас осередків.

Тогда оптимальная емкость E_c склада будет равна

$$E_c = 1,1 \cdot K_{наим}, \quad (4)$$

Другий варіант. Якщо для кожного найменування деталі-установки використовується кілька супутників (для організації безперервної партионної обробки), то формула (4) видозміниться з урахуванням наступних даних:

$$\text{Кол-во супутников} \quad Z_{cn} = \frac{T_{ц}}{\tau_{в}}$$

Тогда

$$E_c = \frac{1,1 K_{наим} \times T_{ц}}{\tau_{в}}$$

Третій варіант. Заготовки і деталі розміщуються в тарі.

Тогда

$$E_c = \frac{1,1 K_{наим}}{E_T} n$$

где E_T - емкость тары;

n - принятый размер операционной партии (необязательно равный $n_{мес}$).

Желательно n иметь кратным E_T , т.е. $n = kE_T$, где $k = 1, 2, 3, \dots$

Далі, задаючись розмірами осередку складу, його розташуванням щодо обладнання (уздовж або поперек лінії верстатів) і конструкцією (одно- і багаторядний, одно- і багатоярусний стелажний тощо), визначають габаритні розміри автоматизованого складу.

Розміри осередку складу визначають:

- За розмірами стола-супутника (при використанні в ГПС багатоцільових верстатів з ЧПУ зі змінними столами-супутниками);

- За розмірами тари, обраної для транспортування партії заготовок-деталей (застосовується для дрібних і середніх деталей);

- За габаритними розмірами виготовлених деталей (застосовується для великих деталей при поштучному зберіганні їх в складі).

При визначенні місткості накопичувальних пристроїв доводиться вирішувати суперечливу задачу. З одного боку, для підвищення гнучкості виробництва, а також коефіцієнта використання устаткування потрібен великий запас заготовок, інструменту та іншої оснастки. З іншого боку, наявність заготовок у верстатів, які очікують черги на обробку, збільшує обсяг незавершеного виробництва, що економічно недоцільно. Зазвичай ємність накопичувача визначають з урахуванням компенсації максимально допустимого одноразової простою t_{\max} ділянки системи:

$$E_n = t_{\max} Q_{\text{ц}},$$

где $Q_{\text{ц}} = 1/T_{\text{ц}}$ – циклова продуктивність розглянутого участка.

Характеристика транспортних засобів АТСС

Транспортна система функціонально пов'язана з основним і допоміжним обладнанням ГПС і служить для переміщення заготовок, виробів, технологічного оснащення. Основними операціями, реалізованими транспортною системою, є: переміщення заготовок, деталей і напівфабрикатів відповідно до технологічних маршрутами їх виготовлення, подача об'єктів виробництва на робочу позицію технологічного обладнання. Сумарні витрати на транспортну систему складають приблизно 28% від загальних капітальних витрат у ДПС. Транспортна схема повинна забезпечувати: мінімальне число переустановлень вантажів, автоматизацію всіх етапів процесу транспортування, максимальне поєднання часу транспортних операцій з часом обробки, використання ефективних транспортних засобів, застосування однотипних засобів транспортування.

Характер транспортних потоків визначається видом зв'язку між гнучкими виробничими модулями (ГПМ).

При прямому зв'язку об'єкти виробництва за допомогою транспортних засобів подаються зі складу до обладнання. Після виконання операції на одному ГПМ об'єкт виробництва передається до іншого, минаючи склад. Такий зв'язок використовується переважно в умовах великосерійного виробництва виробів зі значним часом виконання операцій. Витрати на транспортування при цьому відносно невеликі.

При непрямому зв'язку транспортування об'єктів здійснюється тільки через склад за принципом «склад - верстат - склад». У другому випадку зростають інтенсивність транспортних потоків і витрати на транспортування, однак забезпечується більш повне завантаження технологічного обладнання. Крім того, до кожного ГПМ адресується мінімальне число об'єктів виробництва, а нова партія направляється до модуля тільки після закінчення виготовлення попередньої партії. В основному використовується в гнучких автоматизованих ділянках (ГАУ).

При побудові АТСС можна виділити два варіанти: з суміщеними і роздільними транспортної та складської підсистемами.

У першому варіанті транспортування та складування об'єктів виконується одним і тим же пристроєм - краном - штабелером.

Схема з роздільними підсистемами складування та транспортування (рисунок 5) працює таким чином: із стележного складу 1 краном-штабелером 2 заготовки передаються на перевантажувальний стіл 3, звідки вони транспортним візком 4 подаються до накопичувачів 5 верстатів 6. Після обробки вироби транспортуються на перевантажувальний стіл 7 для контролю, передачі на інші операції або назад на склад.

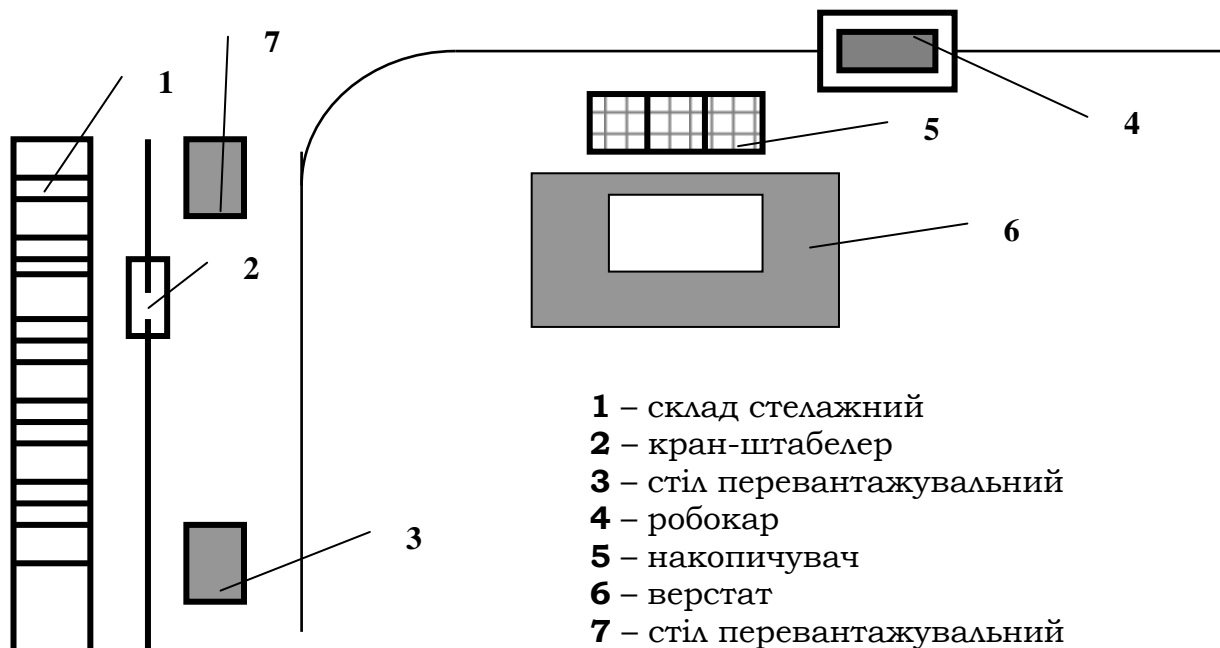


Рисунок 5 – Схема АТСС з роздільними підсистемами складування та транспортування

Транспортні схеми ГПС можуть мати лінійну або замкнуту компоновку. При лінійній компоновці в якості транспортних засобів використовуються машини циклічної дії: крани-штабелери, транспортні маніпулятори і роботи, рейкові та безрейкові візки. Замкнені системи виконують на базі транспортних засобів безперервної дії конвеєрного типу.

Міжопераційні транспортування за допомогою крана-штабелера є найпростішим і дешевим.

Кран-штабелер 4 (рисунок 6) переміщується вздовж фронту верстатів 1 і обслуговує як верстати, так і стележний склад 3.

За командою від системи управління штабелер забирає з осередку складу заготовку і переміщує її на автоматичне завантажувальний пристрій 2 верстата. Готові деталі штабелер забирає з завантажувального пристрою і переносить їх у вільні комірки стележа. У цьому випадку не потрібно спеціальної транспортної системи для обслуговування верстатів, тому ці функції виконує кран-штабелер. Таким чином, варіант суміщеної транспортно-складської системи є найбільш

простим. Компонування систем може бути різною: з одним стелажем і одним штабелером, розташованим з одного боку; з двома стелажми і одним краном-штабелером, розташованим між ними і т.п.

Рейкові візки (рисунок 7) вимагають значних витрат при створенні транспортних шляхів, відрізняються малою гнучкістю (важко пристосовуються до зміни структури ДПС, зберігається прямолінійність траєкторії транспортної системи). Однак рейковий транспорт має ряд переваг: практично не обмежується вантажопідйомність візків, забезпечується автономність функціонування і висока надійність

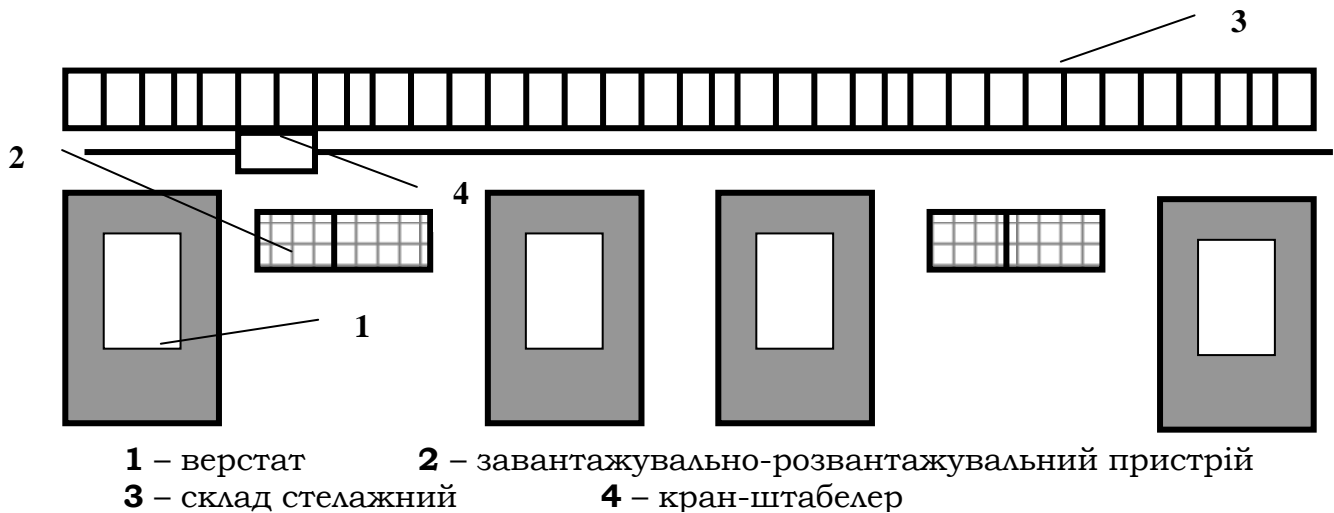
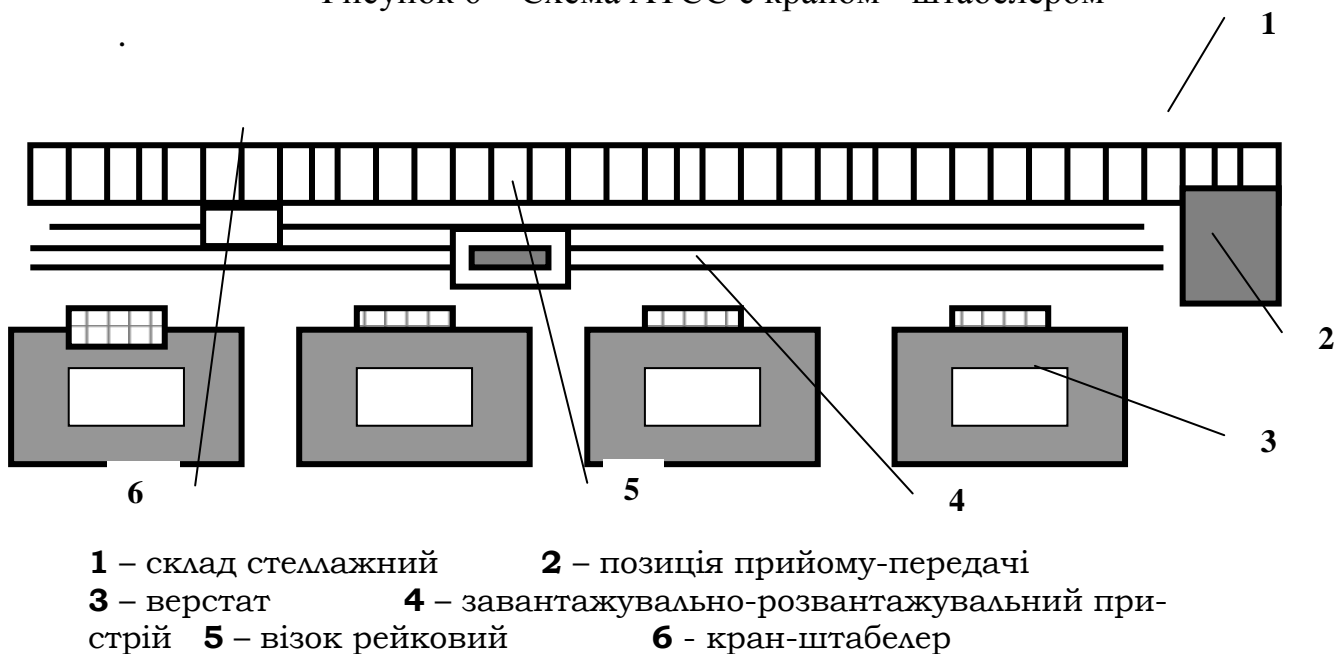


Рисунок 6 – Схема АТСС з краном - штабелером



Транспортні промислові роботи можна вважати різновидом попереднього виду транспорту. Вони виконують операції по транспортуванню виробів, їх накопичення, обслуговування складського обладнання, завантаженню - розвантаженню верстатів. Транспортні роботи діляться на підлогові, вертикального переміщення, підвісні. Переваги транспортних роботів - малі габарити, великий діапазон регулювання продуктивності, автономність роботи.

Найбільше застосування в ГПС знайшли підвісні транспортні роботи, основна перевага яких - економія виробничих площ. Переважне поширення транспортні ПР знайшли в ГАЛ виготовлення деталей типу тіл обертання.

Конвеєри (рисунок 8) призначені для безперервного транспортування вантажів і являють собою прості і дешеві засоби автоматизованого виробництва, додатково виконують функції складування і проміжного накопичення заготовок і деталей. Основні типи конвеєрів: стрічкові, скребкові, вібраційні, пластинчасті, гвинтові, елеваторні, підвісні, роликові, що штовхають, візкові. Конвеєрні системи мають високу пропускну здатність, забезпечують більш щільне розташування обладнання і не пред'являють особливих вимог до підлог цехів. Основною сферою застосування конвеєрів є гнучкі автоматизовані лінії багатосерійного виробництва. Недоліки конвеєрних транспортних засобів - їх громіздкість, утруднений доступ до верстатів, складність перекомпонування ГПС. При тривалому циклі технологічних операцій конвеєри більшу частину часу простоюють.

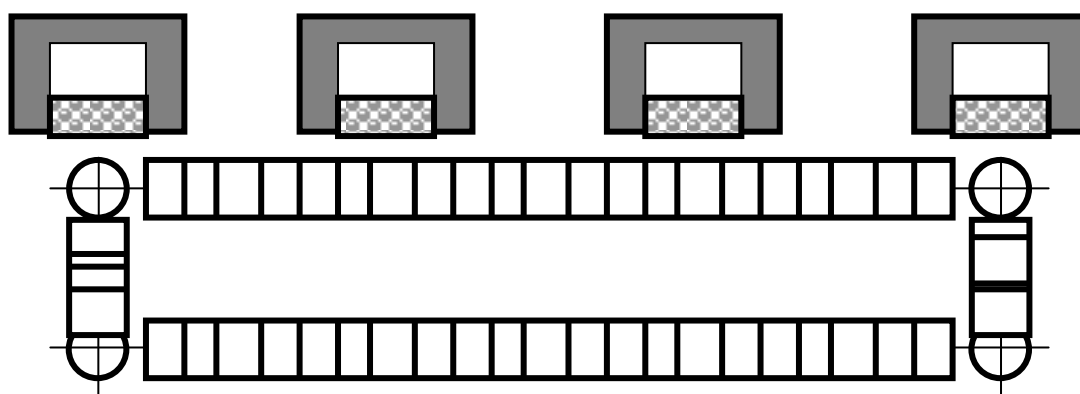


Рисунок 8 – Схема АТСС із роликовим конвеєром

Безрейкові візки (робокари) переміщуються безпосередньо по підлозі цеху, оснащуються пристроями для прийому і передачі супутників з деталями, мають електронне управління. У порівнянні з іншим транспортом ГПС вони мають такі переваги: малі габаритні розміри, великий діапазон швидкостей переміщень, автономність роботи, можливість використання траси для інших видів транспорту, легкість переадресування транспортних потоків. Недоліки робокари - більш складна система управління візком і АТСС в цілому, збільшені відстані між верстатами для маневрування візків.

Ефективність застосування робокари багато в чому визначається системою управління. У практиці в основному використовуються:

1. Електромагнітне (індукційне) управління, при якому маршрут руху візка задається кабелем, що прокладається в пазах підлоги цеху, через який пропускається струм (5 ... 32 кГц). Магнітне поле індукує напругу в прийомних котушках; сигнал неузгодженості подається на електропривод рульового управління.

В іншому різновиді розмітку маршруту проводять фарбою, що містить феромагнітний порошок. По обидва боки візка встановлюються магнітні датчики, які вимірюють величину відхилення від прокладеного маршруту.

2. Оптичне (фотоелектричне) управління, при якому маршрут руху визначається металевою стрічкою (фольгою) з високою світловідбиваючої здатністю. У нижній частині візка змонтовані освітлювач і світлоприймач; по інтенсивності відбитого світлового потоку можна судити про становище візки на маршруті.

3. Системи автономної навігації, в яких позиційні дані вимірюються безперервно або з достатньою частотою. Дані обробляються бортовим комп'ютером, в пам'яті якого закладена карта маршруту. Різновиди подібних систем:

а) гіроскопічні - засновані на застосуванні прецизійного гіроскопа для вимірювання напрямку руху у поєднанні з одометром для вимірювання пройденого шляху;

б) одометричні - колеса візка з обох сторін забезпечуються прецизійними пристроями для вимірювання кута повороту;

в) системи спостереження за допомогою ультразвукових маяків (випромінювачів), які розташовані в певних місцях приміщення. Відбиті сигнали зчитуються прийомним пристроєм і обробляються бортовим комп'ютером. Вимірювання напрямків на три маяка дозволяє однозначно визначити положення візки для управління рульовим механізмом;

г) системи спостереження за допомогою лазерних маяків, при яких у визначеному місці приміщення встановлюється лазерна система з прецизійним пристроєм для вимірювання кутів і передавачем, який пересилає дані в бортовий комп'ютер візки. На візку встановлені три датчика, що реєструють лазерне випромінювання;

д) системи розпізнавання настінної маркування - на бічних стінах приміщення наноситься маркування у вигляді вертикальних смуг. Бортова телекамера, ідентифікуючи це маркування, дозволяє вибрати напрямку на зазначені мітки, після чого комп'ютер розраховує положення візка.

4. Системи технічного зору мають велику кількість різновидів, на практиці найбільш часто використовуються:

а) лазерні скануючі системи з ретрорефлектор, які встановлюються під стелею приміщення і використовуються в якості еталонних точок маршруту. Лазерний сканер, оснащений обертовим пристроєм, розміщується на візку. Вимірювання кутів відхилення лазерного променя дозволяє визначити як величину відхилення візки від заданого маршруту, так і її точне положення на маршруті;

б) системи розпізнавання смугових кодів, які наносяться на підлогу приміщення уздовж маршруту візки через кожні кілька метрів. На візку розташовані телекамери, зображення з яких обробляються бортовим комп'ютером;

в) системи з використанням точкової маркування, в яких в якості маркерів використовуються скляні кулі в пластмасовому корпусі. Бортовий

комп'ютер виділяє на зображенні, сформованому телекамерою, ці кулі, обробляє інформацію і управляє поворотним пристроєм візки.

У всіх робокари є датчики малих переміщень і контактні датчики для запобігання наїзду на перешкоду. У більш складних конструкціях ці кошти доповнюються ультразвуковими локаторами, оптичними далекомірами і телекамерами, що дозволяють виявляти перешкоди на достатньому видаленні.

Візки оснащуються широкою номенклатурою автоматизованих вантажно-розвантажувальних пристроїв. На ділянці одночасно можуть працювати кілька транспортних візків, кожна з яких виконує задану роботу в заздалегідь визначеній зоні обслуговування.

Таким чином, різноманітність компоновальних рішень АТСС визначається, в першу чергу, реалізацією транспортних потоків і може бути зведене до чотирьох типів:

Тип 1 - АТСС з краном-штабелером і суміщеними підсистемами складування і транспортування;

Тип 2 - АТСС з рейковим транспортом (різновид - транспортні ПР) і роздільними підсистемами складування і транспортування;

Тип 3 - АТСС з робокари і роздільними підсистемами складування і транспортування;

Тип 4 - АТСС з конвеєрами, причому підсистеми складування та транспортування можуть існувати як в суміщеному, так і в роздільному варіантах. Расчет количества транспортных устройств АТСС

и их загрузки

Количество транспортных устройств АТСС определяется временем их работы:

$$K_{mp} = \frac{T_{mp}}{F_{mp}}, \quad (9)$$

где T_{mp} - суммарное время работы транспортного устройства в течение месяца, ч.;

F_{mp} - месячный фонд работы транспортного устройства, ч.; $F_{mp} = 381$ ч (при трехсменном режиме).

В свою очередь, T_{mp} определяется:

а) для типа I

$$T_{кш} = \frac{1}{60} (K_{стел-ст} \cdot T_{стел-ст} + K_{ст-ст} \cdot T_{ст-ст} + K_{поз-стел} \cdot T_{поз-стел}), \quad (10)$$

б) для типов 2-4

$$T_{кш} = \frac{1}{60} (K_{поз-стел} \cdot T_{поз-стел}), \quad (11)$$

$$T_{тел(кон)} = \frac{1}{60} (K_{поз-ст} \cdot T_{поз-ст} + K_{ст-ст} \cdot T_{ст-ст}), \quad (12)$$

где $T_{кш}$ - время работы крана-штабелера, ч.;

$T_{тел(кон)}$ - время работы тележки (рельсовой или безрельсовой) или конвейера, ч.;

K - число перемещений транспортного устройства в течение месяца:

$K_{стел-ст}$ - от стеллажа (склада) к станку или от станка к стеллажу;

$K_{ст-ст}$ - от станка к станку;

$K_{поз-стел}$ - от позиции загрузки-разгрузки или приема-передачи к стеллажу или от стеллажа к позиции;

$K_{поз-ст}$ - от позиции приема-передачи к станку или от станка к позиции;

T - (с соответствующим индексом) время одного перемещения транспортного устройства, мин.

$$T = 2(T_k + T_{под} + T_{сн}), \quad (13)$$

T_k - время передачи кадра от ЭВМ к системе ЧПУ транспортного устройства, $T_k = 0,02 \dots 0,15$ мин;

$T_{под}$ - время подхода транспортного устройства к заданному месту, мин.

$$T_{под} = \frac{L_{хсп}}{V_x} + \frac{L_{усп}}{V_y}, \quad (14)$$

где $L_{хсп}$, $L_{усп}$ - средние длины перемещения транспортного устройства по осям X (горизонталь) и Y (вертикаль), м;

V_x, V_y - скорость перемещения транспортного устройства вдоль осей X и Y, м/мин;

$T_{сн}$ - время съема-установки стола-спутника, тары или заготовки; $T_{сн} = 0,15 \dots 0,25$ мин.

Число и длины перемещений транспортного устройства зависят от маршрута следования заготовки в процессе обработки.

Вибір типу АТСС

Основними факторами, що впливають на компоновочное рішення і технічні параметри АТСС, є:

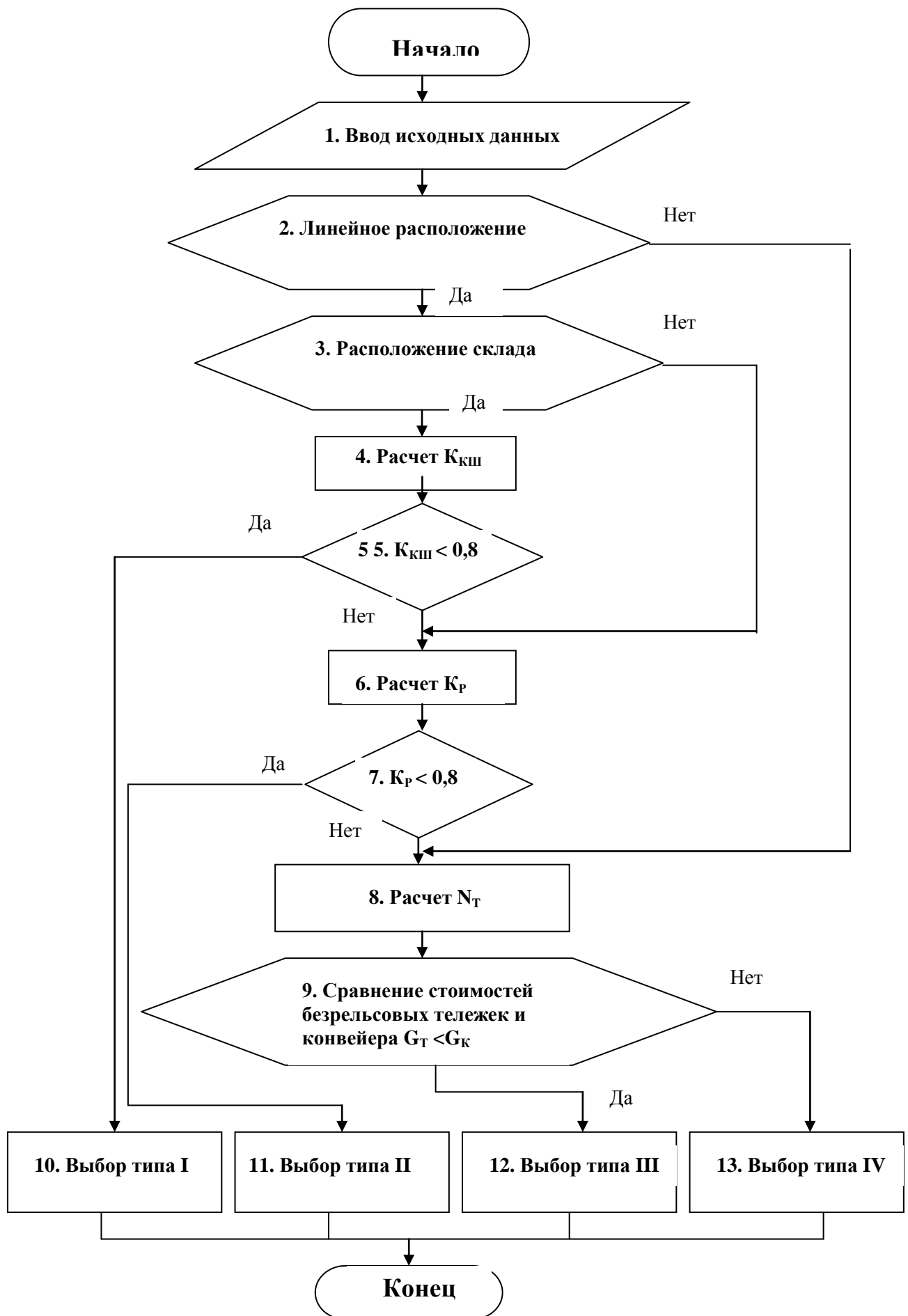
Конструктивні і технологічні параметри виготовлених виробів (деталей);

програма виготовлених виробів (деталей);

особливості технологічних процесів виробництва;

розташування і характеристики виробничих площ.

Поклавши в основу прийняття рішень характер і напруженість транспортних потоків, схему розташування основного технологічного обладнання, порівняльні величини витрат, можна рекомендувати алгоритм вибору типу АТСС, представлений на рисун



ТЕМА №5

СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ В ДПС

Система автоматизованого контролю (САК) - сукупність взаємопов'язаних автоматизованих підсистем, що забезпечують необхідний рівень якості продукції та працездатність обладнання.

У свою чергу, якість продукції визначається через контроль, а працездатність обладнання - через процедури діагностування.

ГОСТ 16504-81 визначає завдання технічного контролю як перевірку відповідності контрольованого об'єкта встановленим технічним вимогам. При цьому інформація про фактичний стан об'єкта називається первинною; виявлення невідповідності (розбіжності) між фактичними і необхідними даними названо отриманням вторинної інформації.

Згідно ГОСТ 20911-75 технічне діагностування є процесом визначення технічного стану об'єкта із заданою точністю, причому результатом технічного діагностування є висновок про технічний стан (працездатності) об'єкта із зазначенням при необхідності місця, виду і причини дефекту. Система підтримки працездатності складається з окремих підсистем, які можуть працювати як спільно, так і автономно. До таких підсистем належать, наприклад, підсистеми контролю стану інструменту, розмірного контролю, адаптивного управління.

Система автоматизованого контролю вирішує наступні завдання:

- Отримання та подання інформації про властивості, технічному стані та просторовому розташуванні контрольованих об'єктів, а також про стан технологічного середовища і виробничих умов;
- Порівняння фактичних значень параметрів із заданими;
- Передача інформації про розузгодження з моделями виробничих процесів для прийняття рішень на різних рівнях управління ДПС;
- Отримання і представлення інформації про виконання функцій.

Система автоматизованого контролю повинна забезпечувати:

- Можливість автоматичної перенастроювання засобів контролю в межах заданої номенклатури контрольованих об'єктів;
- Відповідність динамічних характеристик САК динамічним властивостями об'єктів;
- Повноту і достовірність контролю, в тому числі контролю перетворення і передачі інформації;
- Надійність засобів контролю.

Основне призначення САК - профілактика або своєчасне втручання в роботу з метою виведення системи в номінальний режим експлуатації.

Докладно розглянемо підсистему контролю. У залежності від часу здійснення контролю розрізняють:

1. Вхідний контроль (до початку обробки)
2. Функціональний контроль (під час обробки)
3. Вихідний контроль (після обробки).

ВХІДНИЙ КОНТРОЛЬ

Вхідний контроль проводиться на підготовчому етапі і спрямований на перевірку готовності обладнання, системи управління та інструменту до обробки заготовок. Автоматизований вхідний контроль скорочує кількість відмов у роботі обладнання ГПС, запобігає аварії, сприяє стабільному отриманню деталей із заданими показниками якості.

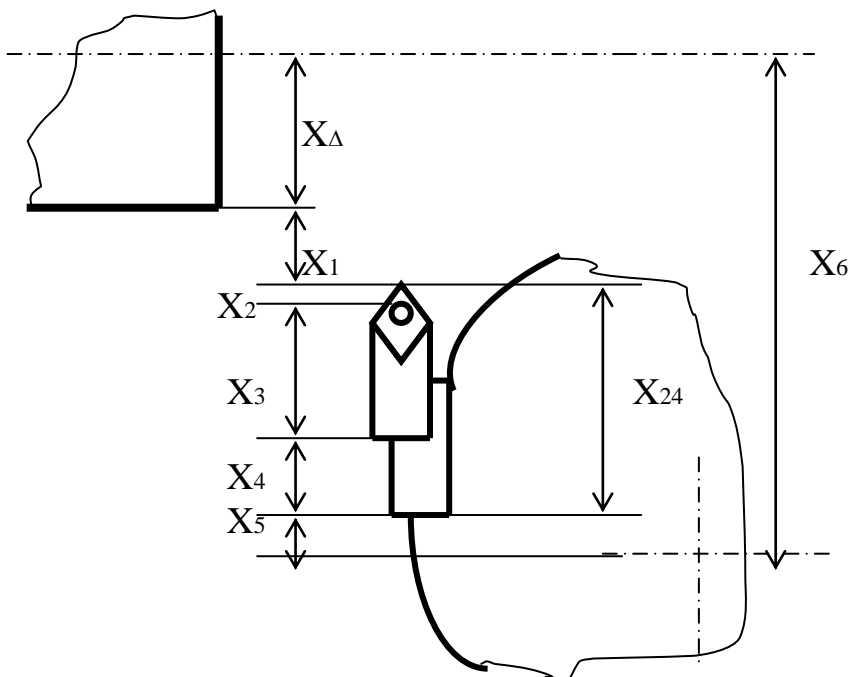
Контроль заготовок передбачає ідентифікацію (автоматичне визначення коду) з використанням результатів для виклику необхідних програм настройки верстата і обробки деталі; вимір (перевірку розмірів, величини припуску, твердості) для можливої подальшої корекції керуючої програми (наприклад, уточнення числа робочих ходів, зміни режимів різання).

Визначення виду заготовок може базуватися на вимірі їх розмірів. При малій номенклатурі оброблюваних заготовок досить вимірювати одну-дві точки на поверхні кожної заготовки. Число контрольованих точок має бути мінімальним, оскільки воно визначає час вимірювання, але достатнім для надійної ідентифікації заготовок. Вимірювальні переміщення також потрібно вибрати найменшими, щоб скоротити час виконання операції.

Контроль інструменту передбачає перевірку наявності потрібного інструменту, визначає дані попереднього налаштування поза верстата, його розмірів, ступеня зносу перед обробкою кожної нової заготовки (або декількох заготовок).

Розглянемо як приклад розмірну настройку інструменту поза верстата.

Суть методу полягає в регулюванні розміру ΔX_{24} складального інструментального комплексу - резцового блоку поза верстата, з використанням спеціальних стаціонарних приладів для настройки.



Используя теорию размерных цепей, можно записать:

$$\Delta X_{\Delta} = \Delta(X_6 - X_1) + \Delta X_{24} + \Delta X_5$$

где $\Delta(X_6 - X_1)$ - погрешность позиционирования револьверной головки;

ΔX_{24} - погрешность настройки резцового блока вне станка;

ΔX_5 - погрешность индексации револьверной головки.

При цьому методі не компенсуються систематичні похибки обробки, наприклад, похибки, викликані розмірним зносом інструменту. Крім того, можна бачити, що сумарна похибка настройки досить велика і не виключає додаткової поднастройки безпосередньо на верстаті.

Контроль устаткування визначає розмірну прив'язку інструментальних комплектів до системи відліку верстата, передбачає перевірку наявності відповідної керуючої програми, положення заготовки на верстаті. Таким чином, необхідно контролювати положення всіх елементів, від яких залежить точність положення базових поверхонь заготовки в системі координат верстата. За результатами вимірювань розраховується і вводиться в УЧПУ корекція, що компенсує виявлені похибки. Лінійні відхилення по всіх осях компенсуються шляхом зміщення положення системи координат деталі щодо системи координат верстата. Кутове зміщення заготовки в площині XZ може бути усунуто відповідним поворотом її за допомогою поворотного столу. Інші кутові повороти, як правило, не компенсуються (при цьому за результатами контролю можна, наприклад, провести переустановлення і заміну палети і почати обробку нової заготовки). Якщо заготовка встановлюється на підготовлені бази, то найкращим варіантом є безпосередній контроль базових поверхонь. В іншому випадку, а також якщо базові поверхні недоступні для вимірювання, можна контролювати координати базових поверхонь пристосування. За результатами вимірювань для кожної палети розраховуються і вводяться в пам'ять УЧПУ фактичні положення систем координат деталей щодо нульової точки верстата.

ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ КОНТРОЛЬ

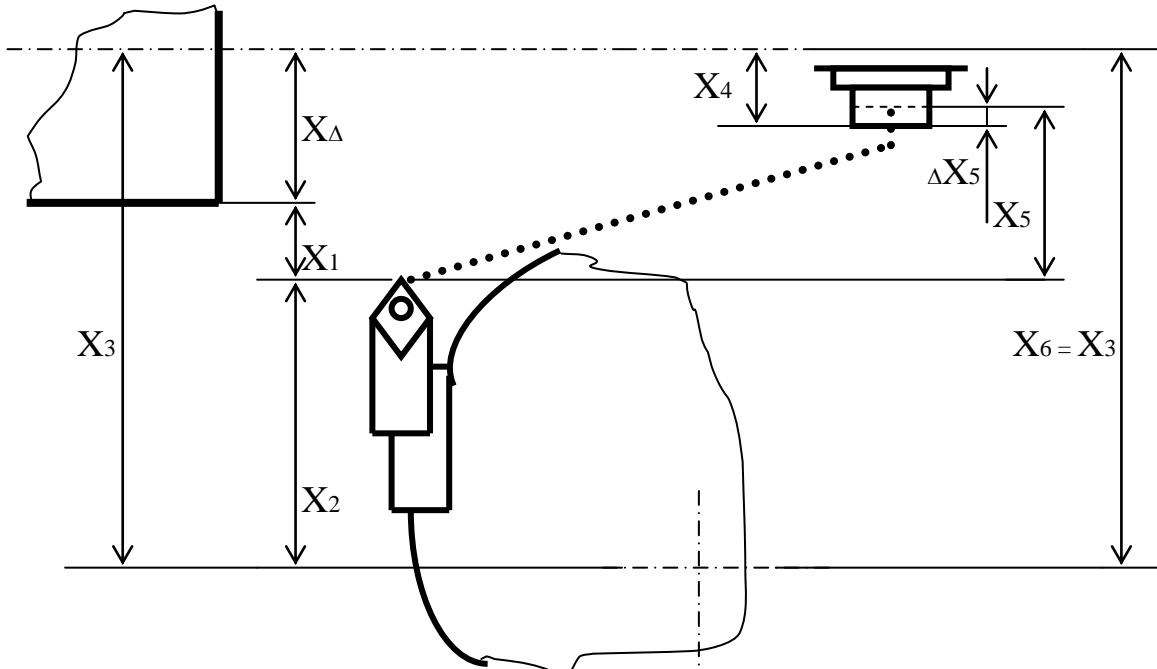
Контроль під час обробки є найважливішим завданням САК, оскільки саме на цьому етапі визначаються показники якості обробки і вирішується питання отримання придатної деталі.

Перелік узагальнених задач функціонального контролю може включати в себе:

- Контроль протікання робочого процесу (рівень вібрацій, сил різання, виду стружки тощо);
- Контроль стану інструменту (размерного зносу, відколів, поломок тощо);
- Контроль системи управління (датчиків, приводів і ін.);
- Контроль роботи окремих механізмів і вузлів верстата і додаткового оснащення;
- Проміжний контроль деталі.

В якості прикладів розберемо контроль размерного зносу інструменту і проміжний контроль деталі.

Розмірний контроль інструменту проводиться з метою автоматичної поднастройки інструменту безпосередньо на верстаті і є альтернативою і доповненням раніше описаному способу настройки інструменту поза верстата. Сутність способу полягає в наступному.



У робочій зоні верстата встановлюється стаціонарний датчик, положення якого (розмір X_4) записується в пам'ять системи ЧПУ верстата. Періодично під час виконання обробки дається команда на переміщення інструменту в вимірювальну позицію, при відпрацюванні якої автоматично фіксуються розміри X_5 і ΔX_5 . Далі визначається фактичний виліт інструменту

$$X_{2\phi} = X_3 - (X_4 + X_5 - \Delta X_5)$$

и производится расчет коррекции

$$\Delta X_2 = X_{2\phi} - X_{2н}, \text{ откуда } X_{2\phi} = X_{2н} + \Delta X_2,$$

где $X_{2н}$ – номинальный (заданный управляющей программой) вылет инструмента;

$X_{2\phi}$ – фактический (измеренный на станке) вылет инструмента.

На втором этапе производится обработка следующей детали с введенной в программу коррекцией инструмента

$$X_{\Delta} = X_3 - (X_1 + X_{2\phi})$$

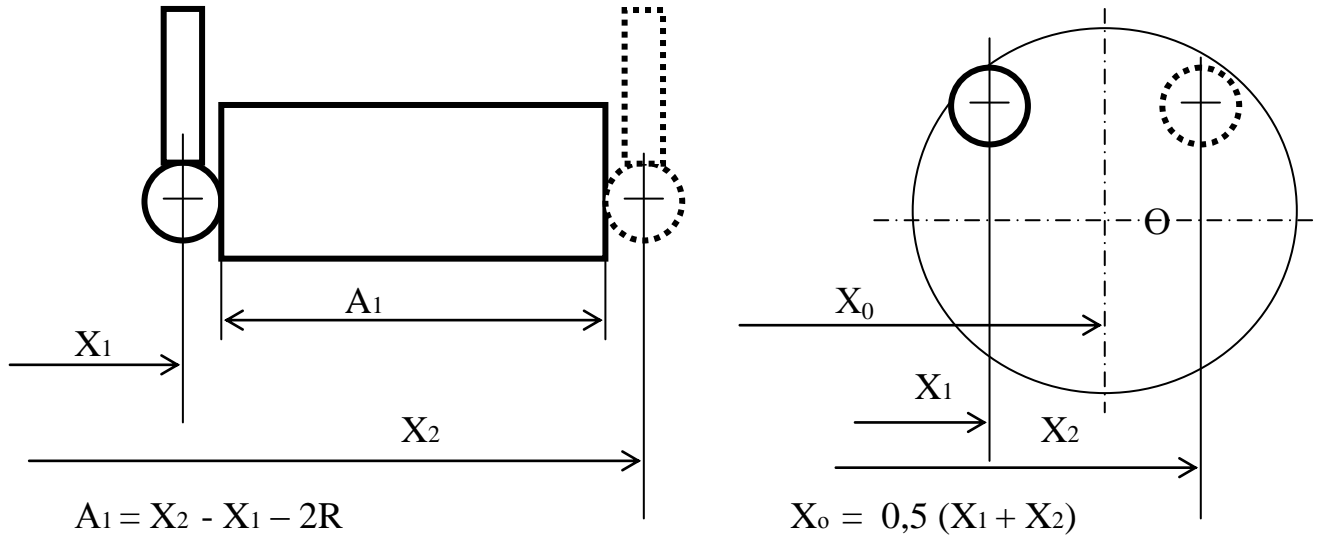
$$\text{или } X_{\Delta} = X_3 - (X_1 + X_{2н} + \Delta X_2).$$

Нетрудно видеть, что при использовании данного метода компенсируются систематические погрешности обработки, связанные с установкой инструментальных блоков на станке и размерным износом инструмента.

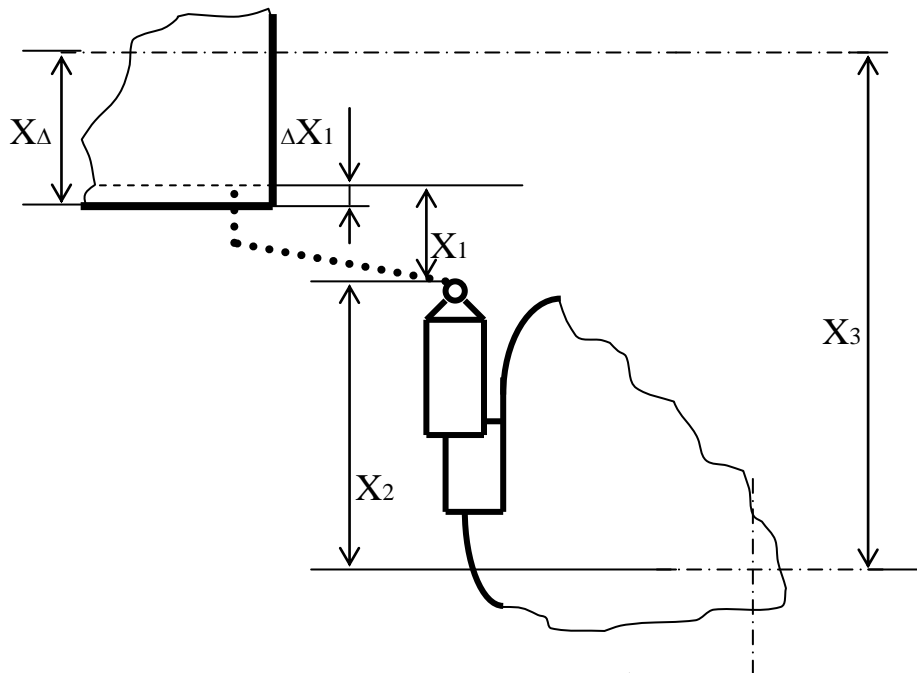
Розмірний контроль деталі в процесі обробки проводиться з метою своєчасної корекції розмірів і запобігання браку. Контроль здійснюється за допомогою датчиків дотику, які з високою точністю можуть фіксувати момент торкання щупа датчика з контрольованою поверхнею.



Сигнал дотику з датчика через електронний блок подається в систему ЧПУ верстата, в якій відбувається зчитування і запам'ятовування координат положення робочого органу верстата. Визначення розмірів і положень різних поверхонь заснований на методі вимірювання "по точках". Як приклад наведемо алгоритми розрахунку відстані між двома паралельними площинами і положення центру циліндричного отвору:



Контроль форми і розташування поверхонь (відхилень від площинності, циліндричності, паралельності і т.п.) ґрунтується на вимірюванні великого числа точок на відповідних реальних поверхнях деталі. Збільшення числа точок дозволяє підвищити точність контролю. Контроль деталі під час обробки, як один з технологічних переходів, проводиться за наступною схемою:



1. Позиціонування робочого органу (револьверної головки) на величину $X_1 > X_3 - (X_2 + X_{\Delta H})$
2. Вимірювання величини ΔX_1
3. Визначення розміру деталі $X_{\Delta\phi} = X_3 - (X_1 + X_2 - \Delta X_1)$
4. Порівняння виміряного розміру з заданим $\Delta X_{\Delta} = X_{\Delta\phi} - X_{\Delta H}$.

Далі реалізується один з трьох можливих варіантів:

А. Якщо ΔX_{Δ} більше допустимого значення, дається команда на повторення попереднього технологічного переходу обробки з урахуванням корекції.

Б. Якщо ΔX_{Δ} знаходиться в допустимих межах, дається команда на виконання наступного технологічного переходу.

В. Якщо ΔX_{Δ} менше допустимого значення, дається команда на припинення операції (з огляду на появу невиправного браку).

Датчик торкання вбудовується в вимірювальну головку, що встановлюється в одну з позицій револьверної головки або інструментального магазину. Кріплення вимірювальної головки аналогічно кріпленню допоміжного інструменту на верстаті. Оскільки вимірювальна головка повертається разом з револьверною голівкою (інструментальним магазином), то для її зв'язку з вимірювальним блоком застосовується система безкабельного зв'язку.

Сумарна похибка автоматичного контролю складається з випадкових і систематичних похибок, викликаних нестабільністю спрацьовування датчика, наявністю зони нечутливості при реверсуванні ІГ, установкою ІГ в шпинделі верстата (револьверної голівці), висновком ІГ у вимірювальну позицію та ін. Деяка частина систематичних похибок може бути компенсована різними способами (калібруванням ІГ безпосередньо перед вимірюванням, введенням поправок і т.п.). За експериментальними даними, точність автоматичних вимірювань на

верстаті IP-800ПМФ4 із ЧПУ моделі 6М-В фірми "Фанук" і індикатором контакту моделі МР-3 фірми "Ренішоу" становить від 8 до 20 мкм.



Контроль розмірів під час обробки дозволяє забезпечити отримання заданих розмірів і створює передумови для відмови у проведенні контрольних операцій. Будь-який контроль розмірів після обробки припускає можливу наявність бракованих виробів, тобто марну витрату матеріалу, часу, коштів. У майбутніх високоавтоматизованих ГПС контрольних операцій взагалі може не бути. Таким чином, верстат стає і вимірювальною машиною. Це ще один приклад централізації повного виготовлення деталей за одну технологічну операцію.

ВИХІДНИЙ КОНТРОЛЬ

Передбачений для гарантії якості готової продукції. Контроль деталі передбачає перевірку розмірів, шорсткості і може проводитися як на верстаті - до зняття деталі, так і поза верстата. Вихідний контроль є пасивним, тобто може тільки констатувати брак, але не попереджати його. Вихідний контроль може проводитися як безпосередньо на верстаті, так і після зняття деталі на відповідних контрольно-вимірювальних приладах і координатно-вимірювальних машинах (КІМ).

Координатно-вимірювальні машини відносяться до класу технічних засобів високоточних вимірювань, що дозволяють виключити ручну працю на контрольних операціях.

У ДПС механічної обробки використовуються універсальні КІМ, які дозволяють вимірювати різні поверхні (площини, циліндри, конуси, сфери), геометричні елементи перетину різних поверхонь, а також визначати положення різних поверхонь щодо базових. При цьому результати вимірів можуть представлятися у вигляді віддрукованих протоколів атестації або у вигляді оперативних повідомлень на дисплей; ці дані можуть накопичуватися в керуючій ЕОМ для подальшої статистичної обробки.



Виконавчим органом КІМ є вимірювальні головки високої чутливості, які можуть бути механічними, оптичними, електронними точковими та електронними безперервними. В основному, КІМ мають порталну компоновку, хоча випускаються КІМ і консольного типу.

Керуючу програму для КІМ можна скласти декількома способами:

- Звичайним програмуванням функцій і переміщень;
- Програмуванням ЕОМ на базі керуючої програми обробки або використаної в САПР при конструюванні деталі;
- самонавчання з контролю першої деталі (первісна програма вимірювань задається оператором методом торкання точок деталі за допомогою щупа; програма вимірювань вводиться в накопичувач ЕОМ і може бути викликана при повторних вимірах, здійснюваних в автоматичному циклі).

Найбільш доцільним є другий спосіб, так як в програмі використовується математичний опис деталі, яке було створено САПР. (На рисунку показана вітчизняна КІМ фірми Лапик на платформі гексапод) Іншим видів оснащення для реалізації вихідного контролю служать контрольно-вимірювальні роботи (КІР), які найкращим чином відповідають вимогам щодо гнучкості, точності і швидкості переміщень. Поступаючись по точності вимірювання КІМ, роботи перевершують їх у швидкодії і пристосованості до виробничих умов.

Швидкодія контрольно-вимірювальних робіт характеризується швидкостями переміщення до 30 м / хв. Точність вимірювання - до $\square (5 + 8L / 1000)$ мкм.

При модульній структурі робіт можна реалізувати вимірювальні системи з декількома робочими органами, що забезпечує можливість вимірювання деталей різної метрологічної складності.

Контрольно-вимірювальні роботи використовуються також у складі РТК для проміжного контролю деталей. Спільне використання КІР і верстатів з

ЧПУ в складі РТК дозволяє розширити функціональні можливості і підвищити точність і продуктивність обробки.

Технічне діагностування в ГПС

Як розглядалося вище, під технічним діагностуванням розуміється процес визначення технічного стану об'єкта діагностування із заданою точністю, причому результатом технічного діагностування є висновок про технічний стан (працездатності) об'єкта із зазначенням при необхідності місця, виду і причини дефекту.



Цілі технічного діагностування в ГПС:

- Підтримка заданих умов виконання технологічних процесів (технологічна надійність);
- Попередження поломок або своєчасна зупинка обладнання в аварійних ситуаціях;
- Прогнозування поступово розвиваються дефектів з метою уточнення термінів втручання в роботу технологічної системи;

- Виключення можливості шкідливого впливу технологічного середовища на виробничий персонал.

У ГАП, з одного боку, посилюються вимоги до оперативності, достовірності і глибини діагностування, з іншого боку - полегшується застосування автоматичних процедур діагностування завдяки широкому використанню обчислювальної техніки.

Розберемо різновиди методів технічного діагностування на прикладі різального інструменту.

Кінцевою метою діагностування ріжучого інструменту є оцінка його придатності для подальшої роботи. Граничний знос можна оцінювати безпосередньо за величиною зносу передньої або задньої граней інструменту, а також на основі технологічних показників: погіршення якості обробленої поверхні, вихід розмірів за межі допустимих відхилень. Знос інструменту можна оцінювати і за багатьма непрямими ознаками, наприклад, збільшення сил і потужності різання, за інтенсивністю тепловиділення і іншим. Таким чином, різноманітні методи діагностування (контролю) інструменту можна розділити на прямі і непрямі.

При прямому методі контролюються геометричні розміри інструмента, які змінюються при зносі, викрашування або поломки. Наприклад, вимірювання довжини інструменту дозволяє встановити його поломку, а вимір майданчика на задній грані дає можливість оцінити реальний знос.

Для непрямого контролю характерно вимір параметрів, що мають кореляційний зв'язок з контрольованим станом інструменту, тобто зносом, Викришування або поломкою. Ці методи носять імовірнісний характер і дають меншу

точність оцінки, але відрізняються більш простими конструктивними рішеннями. За місцем проведення діагностування в циклі технологічної операції обробки деталі розрізняють періодичний (здійснюється до або після процесу різання) і поточний (в ході різання) контроль інструменту

Силовий метод дозволяє визначити стан інструменту за величиною зусилля різання, крутного моменту на шпинделі і потужності різання. Для реалізації методу застосовуються датчики різних типів:

- Динамометрический тензодатчик (навантаження - стиснення кільцевого елемента - зміна опору);

- п'єзоелектричний датчик (деформація п'єзоелектричного кристала - утворення заряду - електрична напруга);

- Магнітопружний динамометрический датчик опору (навантаження кільцевого елемента - зміна магнітних характеристик матеріалу - зміна індуктивності котушки);

- Магнітопружний динамометрический датчик напруги (навантаження - зміна електричного зв'язку між первинною і вторинною обмотками) та ін.

Вібраційний (віброакустичний) метод заснований на тому, що кожному стану об'єкта діагностування відповідає цілком певні віброакустичні сигнали. Метод базується на аналізі коливань елементів пружної системи верстата з частотою 10 - 300 кГц. Віброакустичні сигнали, причиною яких є коливання механізмів з малими амплітудами, контролюються датчиками - акселерометрами, заснованими на принципі інерційного вимірювання прискорень. За допомогою методу можна надійно визначати моменти виникнення поломок, відколів і викришування крайок інструменту. Метод характеризується простотою вбудовування датчика в технологічну систему без зміни конструкції. Недоліки: наявність перешкод (тому при вимірах необхідно відділяти корисний сигнал від великої кількості сторонніх шумів, наприклад, від роботи приводу), тому датчик краще розташовувати ближче до зони різання, а його вісь поєднувати з напрямком найбільших коливань.

Температурний (термометричний) метод дозволяє визначити інформацію елементів системи, викликану нерівномірністю нагріву. Вимірювання температури здійснюється термопарами, в окремих випадках використовуються термофарби, які мають властивість змінювати колір залежно від температури нагріву - їх можна застосовувати в широкому діапазоні температури на рухомих елементах обладнання. Відомі способи контролю температури стружки за допомогою напівпровідникових фотоелементів, що працюють в інфрачервоній області спектра.

Механічний (контактний) метод заснований на використанні вимірювальних головок з щупами і детально розбирався раніше.

Оптоелектронний метод заснований на отриманні зображення об'єкта відеокамерою з подальшим перетворенням в цифрову форму, яка порівнюється з даними, що викликаються з запам'ятовує і відповідними заздалегідь введеному в пам'ять зображенню контрольованого об'єкта. Метод дозволяє вирішувати завдання:

- контроль геометричних параметрів інструментів;

- виявлення викришування різальних крайок і поломок;
- виявлення плуваною стружки на інструменті;



Основна перевага оптоелектронної техніки - повне розділення вимірювальної системи і об'єкта вимірювання, невеликі витрати часу на вимірювання; недоліки - вплив температури, забруднення об'єкта, наявності стружки на результати вимірювання.

Фотоелектричний метод служить для непрямого контролю зносу інструменту за станом обробленої поверхні. При зносі інструменту або його поломки змінюються шорсткість і відображають властивості цієї поверхні, що фіксується фотоприймачем, що сприймає модульоване інфрачервоне випромінювання.

При контролі ресурсу інструменту кожному інструменту призначається гарантований період стійкості

$$T_{\text{рес}} = T_{\text{ст}} - T_{\text{факт}},$$

где $T_{\text{ст}}$ – расчетная стойкость инструмента;

$T_{\text{факт}}$ – фактически проработанное время.

Система управління верстатом веде рахунок фактично відпрацьованого часу. При виробленні заданого ресурсу часу, коли $T_{\text{факт}} = T_{\text{ст}}$, автоматично дається команда на заміну інструменту дублером. Недоліки методу: наявність помилок при призначенні періодів стійкості через розкиду характеристик якості виготовлення інструменту (матеріалу, термообробки, заточування тощо), нестабільності властивостей оброблюваного матеріалу, місцевих змін твердості матеріалу заготовки, змінного припуску, зміни умов подачі МОР та ін. Крім того, надійність автоматичного контролю ресурсу стійкості невелика, так як на практиці поломка інструменту може статися до вичерпання ресурсу стійкості, також така система не реагує на випадкові поломки інструменту при аварійних ситуаціях.

ТЕМА №6.

ПОНЯТТЯ ПРО ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОСНАЩЕННЯ

Пристосування - допоміжні пристрої не входять в базову комплектацію технологічної системи, але необхідні для виконання заданої технологічної операції.

6.1. Завдання, які вирішуються при використанні технологічного оснащення

1. Виключається розмітка заготовок і вивірка їх при установці на верстаках. Орієнтування заготовок і деталей здійснюється автоматично за рахунок контактування їх базових поверхонь з установочними елементами пристосувань. При цьому забезпечуються задані розміри, підвищується точність обробки, усуваються похибки, пов'язані з розміткою і вивірянням заготовок.

2. Підвищення продуктивності праці. Використовуючи пристосування, можна скоротити основне технологічне час за рахунок поєднання обробки декількох заготовок і різних поверхонь однієї заготовки, збільшення числа одночасно працюючих інструментів; підвищення параметрів режиму обробки. Для цього зазвичай застосовують багатопшпіндельні свердлильні та фрезерні головки; багаторізцові державки для токарно-револьверних верстатів; багатомісні пристосування і пристосування для установки заготовок пакетами; пристосування, що підвищують жорсткість технологічної системи і сприяють усуненню вібрації при обробці. Висока жорсткість пристосувань - найважливіша умова підвищення параметрів режимів обробки та застосування багатоінструментальною обробки. Допоміжний час скорочується за рахунок автоматичної орієнтації заготовок, зниження часу на їх закріплення; суміщення допоміжного часу з основним; виключення витрат часу на перевірку положення заготовок при установці; використання в конструкціях швидкодіючих ручних, механізованих, автоматизованих і багаторазових затискних пристроїв, автоматичних завантажувальних пристроїв, виштовхувачів і фіксаторів. За рахунок застосування багатопозиційних багатомісних або безперервно діючих пристосуванні досягається поєднання часу установки і зняття, закріплення та відкріплення заготовок з основним часом. Найбільшою мірою за допомогою пристосувань можна зменшувати саме допоміжний час. Час технічного обслуговування робочого місця можна зменшувати, застосовуючи багаторізцові державки, швидкозмінні патрони, пристосування для суміщеної обробки різанням і пристрої, що скорочують тривалість налагодження або забезпечують можливість налагодження поза верстата.

3. Розширення технологічні можливості обладнання. В одиничному, дрібносерійному і серійному виробництвах використовується в основному універсальне устаткування. Для скорочення кількості потрібного устаткування універсальні верстати оснащують спеціальними пристосуваннями, розширюють їх технологічні можливості. За допомогою таких пристосувань на токарних верстатах можна здійснювати формоутворення і обробно-зміцнюючої обробку поверхонь деталей, шліфування, протягування, фрезерування та інші процеси;

на фрезерних - розточування, довбання, накочення; на свердлильних - обробку точних за розмірами і відносному розташуванню деталей,

За допомогою пристосувань, що розширюють технологічні можливості верстатів, можна здійснюють: кріплення інструментів, використання яких на даному верстаті не передбачено; додаткові переміщення оброблюваної заготовки та інструменту; переміщення інструмента щодо заготовки в необхідній послідовності. При цьому можливе кріплення заготовок та інструментів на не призначених для цих цілей поверхнях верстата; підвищується точність положення і переміщення інструменту; можливими види обробки, для яких даний верстат не призначений.

6.2. Класифікація технологічної оснастки

Пристосування класифікують за кількома ознаками:

I. За цільовим призначенням розрізняють п'ять груп пристосувань:

- Верстатні пристосування для установки заготовок на верстатах (70..80% Від загальної кількості пристосувань), які залежно від виду обробки ділять на токарні, фрезерні, свердлильні, шліфувальні, розточувальні, протяжні, стругальні та ін .;

- Пристосування для установки обробних інструментів (інструментальні), що характеризуються великим числом нормалізованих конструкцій в силу застосування нормалізованих і стандартних робочих інструментів;

- Складальні пристосування для забезпечення правильного взаємного положення деталей і складальних одиниць, попереднього деформування збираються пружних елементів (гумових деталей, пружин, ресор), напрессовки, запрессовування, вальцювання, клепки, гнуття за місцем та інших складальних операцій;

- Контрольні пристосування, призначені для перевірки точності заготовок, проміжного та остаточного контролю виготовлених деталей, перевірки складальних операцій, складальних одиниць і машин (до цієї групи відносяться також випробувальні та контрольно-вимірвальні стенди);

- Транспортно-кантувальної пристосування для захоплення, переміщення і перевертання оброблюваних заготовок і що збираються виробів (зазвичай важких), застосовувані в основному в автоматизованому, масовому і великосерійному виробництві.

II. За ступенем спеціалізації:

1. Універсальні - це пристосування, призначені для закріплення деталей великого числа типорозмірів (машинні лещата, кулачкові патрони).

2. Спеціалізовані - для закріплення певного типу деталей. Виконуються на базі універсальних або нормалізованих пристосувань за рахунок використання додаткових або змінних затискних, настановних пристроїв.

3. Спеціальні пристосування - для закріплення однієї деталі. Призначені для виконання певної операції. Застосовуються в основному в серійному і масовому виробництві. Пристосування одноцільового призначення.

4. У.С.П. - Універсально збірні пристосування, призначені для закріплення різних деталей. Включають комплекти різних настановних, затискних, кор-

пусних деталей пристосування. За кресленням збирається дане пристосування залежно від конструкції деталей. В основному в умовах серійного і дрібно-серійного виробництва.

III. По виду застосовуваного джерела затискних зусиль:

1. з ручним приводом (гвинтові, ексцентрикові),
2. з механічним (пнеumo та гідроприводи, електромеханічні, вакуумні, магнітні),

IV. За типом обладнання:

1. токарні,
2. фрезерні,
3. свердлильні,
4. шліфувальні.

V. За конструктивним виконанням:

1. обертаються,
2. неврацщающейся,
3. повертають (ділильні, безперервно ділильні).

VI. По числу одночасно встановлюваних і закріплюються деталей:

1. одномісні (встановлюється і затискається одна деталь),
2. багатомісні (встановлюється і затискається багато деталей).

VII. За ступенем автоматизації:

1. неавтоматизованих
2. Напівавтоматичні
3. Автоматичні

6.3. Вимоги, що пред'являються до конструкцій пристосувань.

1. Висока продуктивність.
2. Простота конструкції пристосування.
3. Низька вартість пристосування.
4. Надійність роботи.
5. Високі точнісні характеристики пристосування.
6. переналажіванами пристосування (універсальність).

ТЕМА № 7.

ОСНОВНІ ЕЛЕМЕНТИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ

Базовим поверхням оброблюваної деталі відповідають установчі поверхні пристосування.

Деталі пристосування діляться на основні та допоміжні.

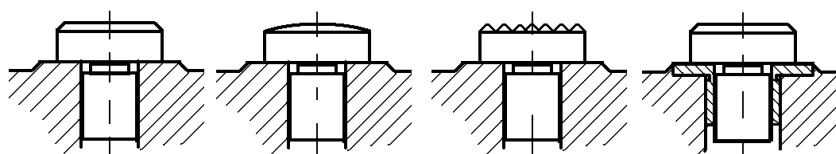
Основні передбачаються схемою базування і визначають положення деталі у відповідності з правилом шести точок.

Допоміжні вводяться іноді в систему встановлення не для цілей базування, а лише для підвищення стійкості і жорсткості оброблюваної деталі та протидії силам різання.

Конструкції та розміри настановних деталей повинні вибиратися по ГОСТ або нормаліям машинобудування, так як більшість з них гостіровані або нормалізовані.

7.1. Опори під базові площини

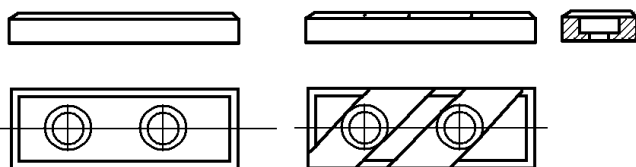
Ці опори застосовуються у вигляді штирями або пластин.



Опорні штирі виконують з плоскою сфериче-скою або насеченою го-спритною.

Отвори під штирі в кор-

пусі пріспо-соблення виконуються наскрізними; сполучення штирів з отворами по посадці H7 / п6. Опорні майданчики в корпусі під головки штирів повинні злегка виступати і оброблятися одночасно, чим забезпечується розташування їх в одній площині. Штирі з плоскими головками після їх запресовування також шліфуються одночасно, у зв'язку, з чим у цих штирів залишається припуск 0,2-0,3 мм на шліфування після складання. Іноді в отвори корпусу під штирі запресовують сталеві загартовані втулки. Торці втулок одночасно шліфують, забезпечуючи необхідну площинність, а висоту головок штирів виконують з відхиленнями. Таким чином, забезпечується взаємозамінність штирів, при якій відпадає необхідність шліфувати їх установчі поверхні при збірці і скорочується час на ремонт пристосування. В отвори втулок штирі встановлюються по посадці H7 / h6.



ОПОРНІ ПЛАСТИНИ.

Виготовляються двох типів: плоскі (тип а) і з косими пазами (тип б). Пластини закріплюються двома або трьома гвинтами М6 до М12.

Плоскі пластини доцільно закріплювати на вертикальних стінках корпусу, так як при горизонтальному їх положенні в поглибленнях над головками гвинтів (1-2 мм) нагромаджується дрібна стружка, важко видаляється при очищенні пристосування. Пластини з косими пазами встановлюють на горизонтальних поверхнях корпусу. При такій конструкції пластин стружка, зсувається при пе-

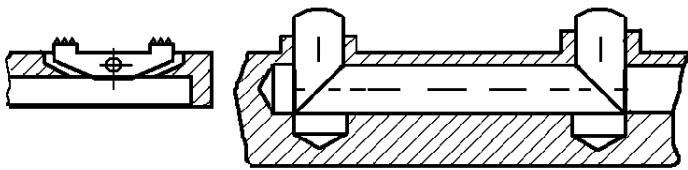
реміщенні встановлюваної деталі, легко потрапляє в поглиблення (косі пази) пластин і не порушує контакту при установці.

Вибір типу і розмірів опор залежить від розмірів і стану базових поверхонь:

1) деталі з обробленими базовими площинами великих розмірів встановлюють на пластини, а невеликих - на штирі з плоскою головкою;

2) деталі з необробленими базами встановлюють на штирі з сферичною або насеченою голівкою. Штирі з насеченою голівкою зазвичай застосовуються як бічних опор, закріплюються на вертикальній стінці корпусу; в цьому випадку відпадають труднощі, пов'язані з очищенням їх від стружки.

Кількість опор та їх розташування вибираються у відповідності зі схемою базування.



Іноді в якості основних опор застосовують самовстановлючі і регульовані опори.

Самовстановлючі опори ускладнюють конструкцію

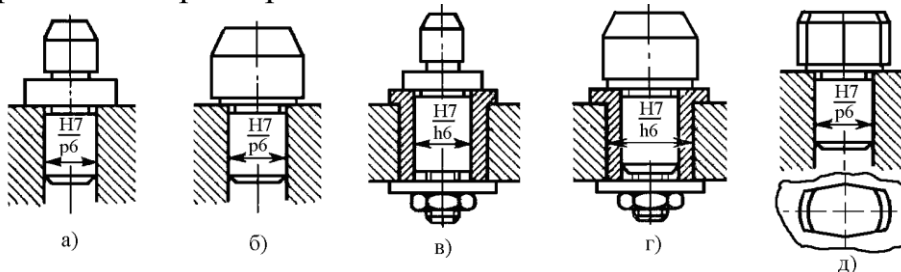
приспособлення і застосовуються лише в спеціальних випадках. Наприклад при базуванні деталі площинами її бобишек, розташованих у вигляді чотирикутника, доцільно одну з жорстких опор замінити двохточечною. При базуванні ступінчастою площиною можна застосувати двоточкову опору.

7.2. Установчі пальці.

Застосовуються при базуванні по площині або торцях і отворів. Нормальними машинобудування визначені наступні конструкції.

1. Пальці установочні циліндричні постійні,
2. Пальці установочні зрізані постійні.
3. Пальці установочні циліндричні змінні.
4. Пальці установочні зрізані змінні.

Установчі пальці повинні мати підвищену зносостійкість, тривалість зберігати свої розміри і відносне положення. Їх виготовляють з вуглецевих і легированих сталей (У7, У8, У10А, 65Г та ін.)



З термообробкою до твердості HRC 56-61 або з конструкційних сталей (15ХН, 20, 20Х та ін.) З цементациєю на глибину 0.8 ... 1.2мм з наступним загартуванням до тієї ж твердості.

У ряді випадків їх армують твердим сплавом. Шорсткість робочих поверхонь повинна відповідати $Ra = 1.25 \dots 0.32 \mu\text{m}$. Точність обробки робочих поверхонь 7 ... 8 квалітет.

Постійні пальці запресовуються в корпус пристосування по посадці H7 / r6, а діаметри їх настановних поверхонь виконуються з відхиленнями по g або f9 залежно від необхідної точності базування.

Змінні пальці використовуються при інтенсивній експлуатації пристосування, коли вони порівняно швидко зношуються і замінюються. Пальці монтується в отворі втулки по посадці H7 / h6, а діаметри їх настановних поверхонь також виконуються з відхиленнями за g6 або f9.

При базуванні по площині і двом отворах пальці зазвичай застосовуються в поєднанні з нормальними опорними пластинами, а при установці по торця і отвору можуть запресовуються в спеціальну опорну пластину тієї чи іншої конструкції. При установці важких деталей, коли нерухомі пальці заважають завантаженні, їх роблять висувними.

7.3. Відправки

Установку на внутрішню циліндричну поверхню і перпендикулярну до її осі площину виробляють на пальцях і оправлення. Торець заготовки координує її положення по довжині, різні елементи (шпонкова канавка, радіальний отвір та ін.) Визначають її кутове положення.

Конічна оправлення (конусність - 1/20001 / 4000) - на яку заготівля насаджується циліндричним отвором, обробленим з точністю H6-H7. Внаслідок расклинивающего дії вона міцно утримується від провертання при обробці. Точність центрування 0,005-0,010 мм. Недолік оправлення - відсутність точної фіксації заготовки по довжині. Оправлення застосовується в одиничному і дрібносерійного виробництва.

Оправлення, на яку заготівля насаджується з натягом. Використовуючи підкладні колонки при запресовку, заготівлю точно орієнтують по довжині оправки. Наявність канавки 1 дозволяє підрізати торці заготовки, шийка 2 служить для направлення заготовки. Точність центрування 0,005- 0,010 мм.

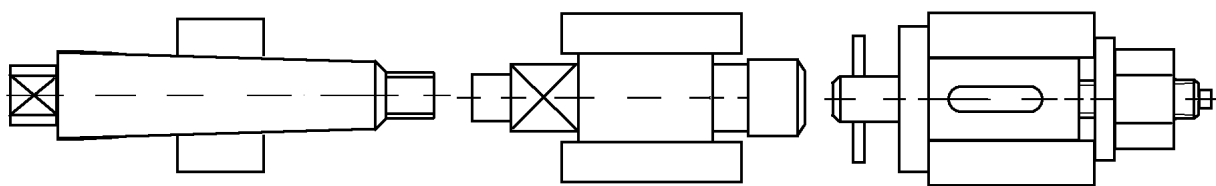


Рисунок 1 Жорсткі оправки

Оправлення, на яку заготівля насаджується з зазором, показана на малюнку 1, в. Положення заготовки по довжині визначається бурти оправлення; її проворачивание попереджається затягуванням гайки 3 або шпонкою 4 (при наявності у заготівлі шпоночної канавки). Для цих оправок базові отвори заготовок рекомендується обробляти по 7-му квалітету. Точність центрування залежить від зазору і зазвичай становить 0,02-0,03 мм.

Відправки виготовляють із сталі 20Х, цемент на глибину 1,2-1,5 мм і гартують до твердості HRC 55-60. Робочі поверхні шийок шліфують до Ra 0,63--0,32 мкм. На центрових гніздах роблять фаски або поднутрення для захисту від

пошкоджень. Для передачі моменту на кінці оправлення передбачають квадрат, лиски або повідковий палець. Оправлення діаметром більше 80 мм для полегшення виконують порожнистими.

При конструюванні оправлення з запресовкою оброблюваної заготовки, визначають діаметр її робочої шийки. Вихідні дані для розрахунку: номінальний діаметр d , довжина бази (отвори) L , зовнішній діаметр заготовки d_1 , модулі пружності E_1 і E_2 коефіцієнти Пуассона μ_1 і μ_2 матеріалів оправлення і заготовки; момент M і осьова сила P , що виникають при обробці і прагнуть повернути або зрушити заготовку на оправці; коефіцієнт тертя між заготовкою та оправленням $f = 0,08 \dots 0,12$. Переймаючись коефіцієнтом запасу до $= 1,5 \dots 2,0$, визначають момент $M_{тр}$ або осьову силу P , що утримують заготовку на оправці:

$$M_{mp} = fp \frac{\pi d L}{2} \quad P_{mp} = fp \pi d L \quad \text{где } p - \text{ тиск на поверхні пари}$$

Оправлення з розрізної втулкою (рисунок 2, б) служить для закріплення заготовки затягуванням внутрішнього конуса. Відправки цього типу допускають використання баз у вигляді отворів, оброблених з точністю Н8-Н12. Консольна оправлення з трьома сухарями (малюнок 2, а), розтискати внутрішнім конусом, використовується для закріплення товстостінних заготовок з обробленим або необробленим отвором. Точність центрування оправлення 0,05-0,10 мм, а оправлення, показаної на малюнку 2, б, - 0,02-0,4 мм. Схема оправлення з пружною гільзою, розтискати зсередини гідропластмасою показана на малюнок 2, м Затягуючи гвинт, стискають гідропластмасу, яка, розтуляючи тонкостінну гільзу, закріплює заготовку. Оправлення з гідропластмасою забезпечують точність центрування 0,005-0,01 мм. Базові отвори заготовки обробляють з точністю Н7-Н8.

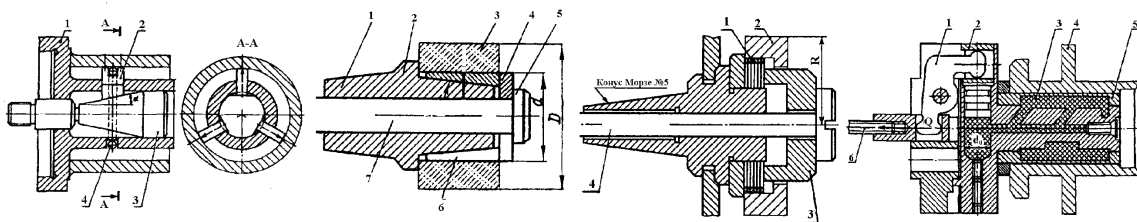
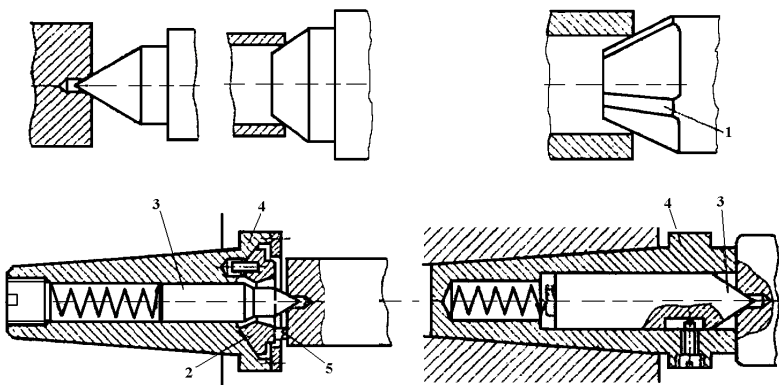


Рисунок 2 Розтискні оправки

На рисунку 2, г показана оправлення з тарілчастими пружинами, що забезпечує точність центрування (0,002-0,003 мм). При додатку осьової сили центруюча частина пружин витріщає і міцно закріплює заготовку. Пружини виконують зі сталі 38Х, У10А або 65Г з термічною обробкою до твердості HRC 45-50. Точність обробки базових отворів - в межах Н6-Н7.

7.4. Центра

Установка заготовки на центрові гнізда і конічні фаски застосовується при обробці деталей класу валів. В якості установочних елементів використовують центри з кутом 60° . Схема установки на жорсткий центр приведено малюнку 3, а; на малюнок 3, б дана схема установки конічної фаскою на зрізаний центр, характерна для деталей типу гільз; на малюнку 3, показана схема установки на спеціальний центр з трьома вузькими ленточками 1 на кромки отвору заготовки. На малюнок 3, г наведена конструкція повідкового Центру, передавального крутного моменту від вдавнення рифлень в поверхню, конічної фаски при додатку до центру осьової сили. Цей центр забезпечує передачу моменту, необхідного при чистовій обробці, але погіршує поверхню базової фаски. На малюнку 3, д показана конструкція повідкового центру, що передає момент через рифлення, що вдавнюються в торцову площину заготовки. Рифлення 5 виконані на трьох ділянках сферичної



самовстановлюються шайби 2. Центр, плаваючою конструкція змонтований у проміжній втулці 4.

Центри виконують із сталей 45, У6А, У8А і піддають термічній обробці до твердості HRC 55-60, зносостійкість підвищують наплавленням твердого сплаву. Форму заднього

центрового гнізда при токарній обробці зберігають застосуванням обертових центрів.

При установці на жорсткий центр похибка базування для осьових розмірів залежать від точності виконання центрових гнізд. Для точної установки по довжині застосовують плаваючий передній центр 3 (рисунок 3, е); змінна глибина центрового гнізда не впливає при цьому на осьове положення заготовки. При упорі останньої в торець проміжної втулки 4 поєднуються технологічна та вимірювальна бази, т. Е. Дотримується умова $\varepsilon = 0$.

При відхиленні від співвісності центрових гнізд виникає Кромочная торкання центрів з гніздами. Те ж відбувається при розбіжності кутів гнізд і центрів. Під дією радіальної сили заготівля зміщується в поперечному і поздовжньому напрямках в результаті зминання і зносу кромки центрів. При відхиленні від співвісності центрових гнізд кут перекосу заготовки довжиною L

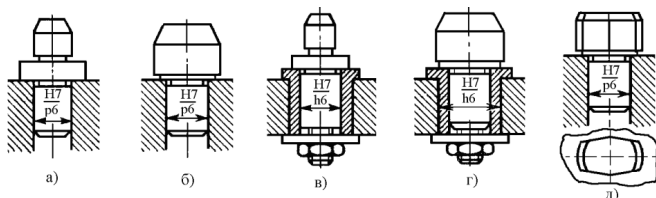
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{c}{L}$$

Похибка форми центрових гнізд в поперечному перерізі викликає відхилення від круглості оброблюваних шийок. Її можна зменшити шліфуванням, притиранням або обтисненням гнізд еталонним центром.

Установка заготовки на два циліндричних отвори з паралельними осями і перпендикулярну до них площину використовується при обробці деталей типу

корпусів, плит та картерів. Її переваги: простота конструкції пристосування, можливість дотримання сталості баз на більшості операцій технологічного процесу і відносно проста передача і фіксація заготовок на поточних та автоматичних лініях, ця схема забезпечує більшу доступність різального інструмента до оброблюваної заготівлі. Заготовка закріплюється додатком сили, перпендикулярної до базової площини. Така установка найбільш придатна для заготовок, що мають розміри базової площини, великі чи зіставні з їх висотою. Базову площину заготовки піддають чистової обробки, а отвори розгортають з точністю H8 - H7.

Установчі пальці повинні мати підвищену зносостійкість, тривало зберігати свої розміри і відносне положення. Їх виготовляють з вуглецевих і легированих сталей (У7, У8, У10А, 65Г та ін.) з термообробкою до твердості HRC 56-61 або з конструкційних сталей (15ХН, 20, 20Х та ін.) з цементацією на глибину 0,8 ... 1,2мм з наступним загартуванням до тієї ж твердості. Шорсткість робочих поверхонь повинна відповідати Ra = 1,25 ... 0,32мкм. Точність обробки робочих поверхонь 7 ... 8 квалітет.

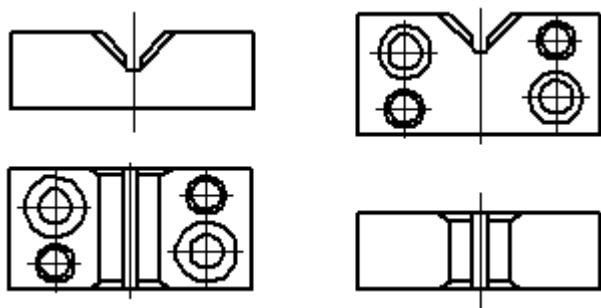


Зважаючи на наявність допуску \square на расстояние L між осями базових отворстій одне з них може займати при установці партії заготовок два предельних

положення. Якщо правий палець виконати циліндровим, то його діаметр повинен бути $d - \square$; в цьому випадку можливе погойдування заготовки на лівому пальці від середнього положення на величину $\delta/2$. Більш доцільна ромбічеськім форма пальця; конструктивно її виконують з циліндричною ленточкой шириною 2e.

7.5. Призми

Для установки заготовок діаметром 5-150 мм на зовнішню циліндричну поверхню і перпендикулярну до її осі площину застосовують широкі опорні ПРИЗМИ, для заготовок з необробленою поверхнею вузькі призми; при цьому в результаті локалізації контакту зменшується вплив макрогеометричеськіе по-



хибок баз заготовок на їх стійкість в призмі.

У пристосуваннях знаходять застосування, головним чином призми з кутом $\alpha = 90^\circ$. При обробці консольних частин заготовки використовують підводиться і самоустановлювальні опори у вигляді призматичних елементів.

Призми виготовляють зі сталі 20Х, застосовуючи цементацію на глибину 0,8- 1,2 мм і загартування робочих поверхонь (HRC 55-60). Призми великих розмірів виконують з сірого чавуну з прикрутити сталевими розжареними щоками. Недолік такої конструкції - знижена жорсткість через наявність додаткових стиків.

Призми кріплять до корпусу пристосування гвинтами і фіксують контрольними штифтами. Нижню і бічні (робочі) поверхні призми шліфують до $Ra = 0,63 - 0,32$ мкм.

Гранично допустиме навантаження (Н) на призму з умов контактної міцності можна визначити за формулою (заготовки із сталі або чавуну, $\alpha = 90^\circ$)

$$W = 7b \cdot D$$

где b - довжина лінії контакту заготовки з призмою, мм; D - діаметр заготовки, мм.

Похибки базування при установці в призму є функцією допуску на діаметр циліндричної поверхні заготовки і залежать від похибок її форми.

7.6. Направляючі елементи пристосувань.

При виконанні деяких операцій механічної обробки (свердління, растачивание) жорсткість ріжучого інструменту і технологічної системи в цілому виявляється недостатньою. Для усунення пружних віджимань інструменту щодо заготовки застосовують напрямні елементи.

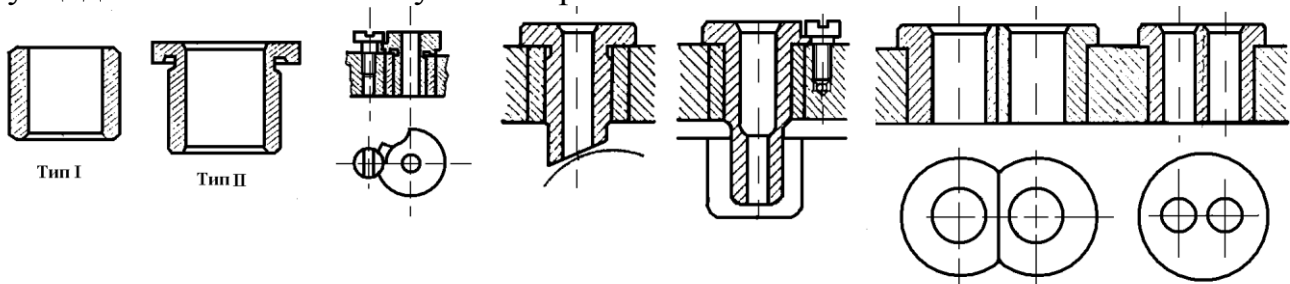


Рисунок 1

Вони повинні бути точними, зносостійкими і при великій виробничій програмі змінними. Такими елементами пристосувань є кондукторні втулки для свердильних і розточувальних пристосувань.

Конструкція і розміри кондукторних втулок для свердління стандартизовані. Втулки бувають постійні (тип 1) і змінні (тип II). Постійні втулки застосовують у кондукторах для дрібносерійного виробництва при обробці отвору одним інструментом. Змінні втулки використовуються в пристосуваннях для масового і великосерійного виробництва. Втулки швидкозмінні із замком вживають при обробці отвору декількома послідовно змінюваними інструментами. Змінні і швидкозмінні втулки вставляють у постійні втулки, запресовують в корпус пристосування. Постійні втулки запресовують в корпус пристосування по посадці $h6$, а змінні або швидкозмінні постійні втулки встановлюють по посадці $h6$. Якщо швидкозмінні втулки схильні до інтенсивному нагріванню, застосовують посадку $g6$. При діаметрі отвору до 25 мм втулки виготовляють із сталі марки У10А гартують до твердості HRC 60 - 65; при діаметрі отвору понад 25 мм - із сталі 20 (20X) з цементацією і загартуванням до тієї ж твердості.

Орієнтовний термін служби кондукторних втулок 10 000-15 000 сверлений.

Допуски на діаметр отвору втулок для проходу свердел і зенкерів встановлюють по посадці f7. При вимозі до розташування осі отвори з точністю 0,05 мм і вище допуски на діаметр отвору втулок призначають для проходу свердел і чистових розгорток по посадці g6.

Ексцентриситет зовнішньої поверхні втулки по відношенню до отвору не повинен перевищувати 0,005 мм. Між нижнім торцем втулки і поверхністю заготовки залишають зазор від $0.3d$ до d , а при свердлінні глибоких отворів в сталі до $1,5d$. Посадочні поверхні втулок обробляють шліфуванням Ra 0.63. Поверхня отвори для проходу інструменту Ra 0.16.

На рис. 1, а показана втулка, яку застосовують при свердлінні отворів на похилих поверхнях; подовжену швидкозмінний втулку (рис. 1, б) застосовують, якщо отвір обробляють у поглибленні заготовки; при малій відстані між осями отворів використовують зрізані втулки (рис. 1, в) або одну блокову (рис. 1, г).

Для направлення борштанг (розточувальних оправок) застосовують нерухомі і вращаючіся втулки. На рис. 2, а наведена конструкція обертової втулки, по-верхность ковзання якої захищена від стружки. На рис. 2, б показана втулка, змонтована на підшипниках кочення. В обох конструкціях на внут-ренніх поверхнях прорізами шпонковий паз для шпонки борштанги; цим забезпечується примусове обертання втулок. Для полегшення потрапляння шпонки в паз втулки останню часто виконують зі скошеними крайками або плаваючою. На внутрішній поверхні втулки часто передбачають пази для проходу виступаючих різців борштанги.

До напрямних елементів пристосування відносяться також копіри, приме-няемые при обробці фасонних поверхонь складного профілю, завдання яких направляти різальний інструмент по обра-батываемой поверхні заготовки для отримання заданої траєкторії їх руху.

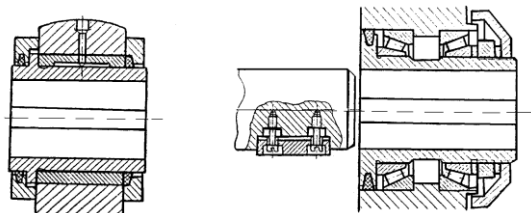


Рисунок 2

7.8. Ділильні й поворотні елементи пристосувань.

Ділильні й поворотні пристрої, застосовувані в багатопозиційних пристосування, служать для додання оброблюваної заготівлі різних положень щодо робочого інструмента.

Ділильний пристрій складається з диска, що закріплюється на поворотній частині пристосування, і фіксатора. Фіксатор з витяжним циліндричним пальцем може сприймати момент, але він не забезпечує ділення високої точності внаслідок зазорів в рухомих з'єднаннях. Дещо більшу точність дає фіксатор з конічною заточкою витяжного пальця. Для усунення радіального зазору вводять гідропластовую втулку, застосовують також клинові фіксатори.

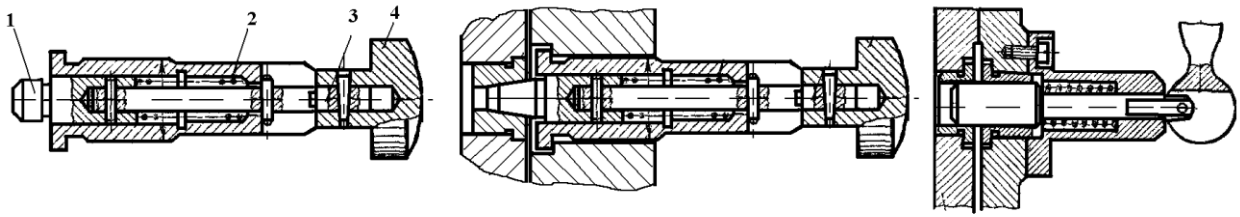


Рисунок 3

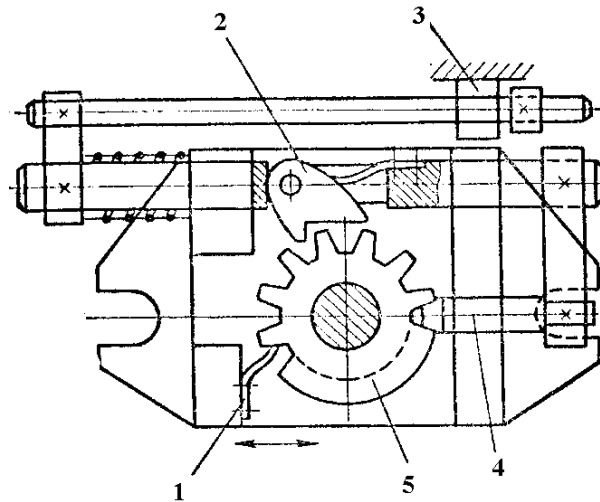


Рисунок 4

Для виключення відтягують кнопку 4 і повертають її на 90°. Штифт 3 заходить в торцеві пази втулки і утримує фіксатор в крайньому задньому положенні. Потім кнопка 4 повертається, і пружина 2 посиляє фіксатор 1 в крайнє переднє положення. Застосування ексцентрика полегшує управління фіксатором, але обмежує величину.

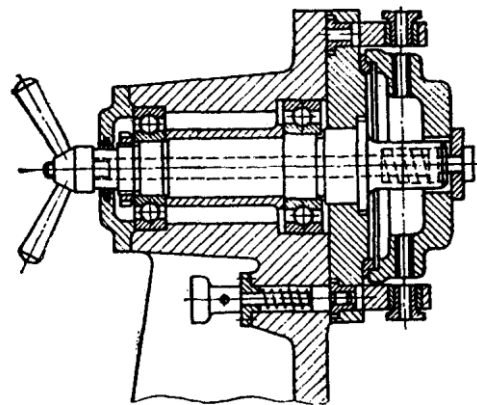


Рисунок 5

У ділильному пристосуванні для фрезерного верстата фіксатор 4 заблокований з повертає собачкою 2. При зворотнo - поступальнoму русі столу їх робота здійснюється від нерухомого упору 3. Упор 1 попереджає поворот ділильного диска 5 у зворотний бік.

Для зменшення моменту обертання в пристособленнях горизонтального типу центр ваги поворотної системи (включаючи заготовку) повинен лежати на осі обертання. Це досягається відповідним компонованням пристосування і установкою коригувальних противаг. У пристосуваннях з вертикальною віссю вага важкої поворотної системи сприймає завзятий підшипник качення. На рис. 89 показана конструкція столу, верхня частина якого повертаючись на необхідний кут при підйомі на наполегливому шарикоподшипнику. Підйом здійснюється різними механічними пристроями або (як показано на малюнку) пневмоциліндром. При опусканні стіл сідає на торцеву площину підстави і щільно до нього притискається. Застосовуючи наполегливі шарикопідшипники, можна в кілька разів зменшити момент тертя при обертанні поворотної частини пристосування.

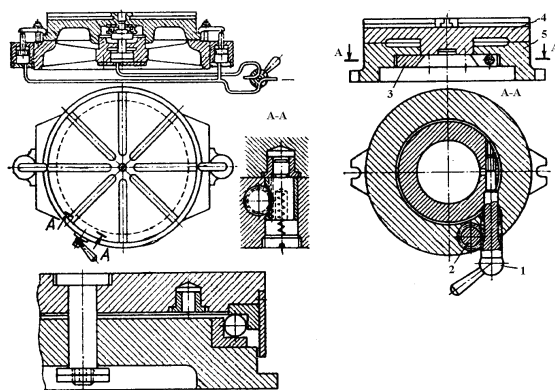


Рисунок 6

Для зменшення крутного моменту в пристособленнях з горизонтальною віссю центр ваги поворотної частини (включаючи заготовку) повинен лежати на осі обертання. Це досягається відповідним компонованням пристосування і використанням коректуючих противаг. У пристосуваннях з вертикальною віссю і важкої поворотною частиною застосовують наполегливі підшипники качення. На рис. 6, а показана конструкція столу, у якого верхня частина обертається на кут, потрібний при її підйомі, на звичайному наполегливому шарикоподшипнику. Підйом здійснюється різними механічними пристроями або (як показано на малюнку) пневмоциліндром. При опусканні стіл сідає на торцеву площину підстави і щільно до нього притискається.

Конструкція пристрою іншого типу показана на рис. 6, б. Верхня поворотна частина не має підйому і покоїться на наполегливому підшипнику великих розмірів. Підшипник забезпечує достатню стійкість поворотної частини і, володіючи значною вантажопідйомністю, дозволяє виконувати обробку з великими осьовими силами. Використовуючи наполегливі шарикопідшипники, значно зменшують момент тертя при обертанні поворотної частини, що дуже важливо при ручному обслуговуванні пристосування.

7.9. Корпуси пристроїв

Корпус є базовою деталлю пристосування, де монтують установочні елементи, затискні пристрої, напрямні елементи інструменту, а також допоміжні деталі та механізми. Корпус сприймає сили, що виникають при обробці, а також затискні сили.

Корпус пристосування повинен мати мінімальну вагу, бути жорстким і міцним. Конструкція його повинна бути зручна для швидкого встановлення і знімання заготовок, для очищення від стружки і відведення охолоджуючої рідини. Корпус повинен допускати установку і закріплення пристосування на верстаті без вивірки, для чого в ньому передбачають напрямні елементи (пазові шпонки, центруючі бурти і т. П.), Бути простим і дешевим у виготовленні і забезпечувати дотримання вимог техніки безпеки. Для кращого відведення охолоджуючої рідини і видалення стружки в корпусах передбачають похилі поверхні й уникають заглиблень у важкодоступних місцях. Кут нахилу цих поверхонь з рекомендується приймати для чавунної стружки рівним 30 - 350, для сталевих стружки з маслом 25- 500, для алюмінієвої 40-450

Корпус кріплять на верстаті болтами, які заводять в Т-образні пази стола. У серійному виробництві, де на одному верстаті періодично виконують різні операції, корпус слід кріпити на столі верстата з мінімальною витратою часу. Для цього на корпусі залишають полиці для кріплення його прихватами або передбачають литі вушка для кріпильних болтів.

Швидка і точна установка пристосування на столі верстата без вивірки забезпечується направляючими шпонками, що вводяться в Т-подібний паз столу. Шпонки виконують у вигляді коротких сухарів, прикрутити до нижньої площини корпусу; для того щоб перекося пристосування в результаті зазорів в шпонкових з'єднаннях були якомога меншими, відстань між шпонками слід вибрати можливо великим. Корпуси важких пристосувань для зручності захвату при встановленні і знятті з верстата постачають рим-болти.

Найпростіші корпусу пристосувань являють собою прямокутну плиту. Корпус може мати форму планшайби, косинця, тавра, корита або більш складну

Корпуси виготовляють із сірого чавуну Сч 12-28 і стали Ст. 3, в деяких випадках (наприклад, корпуси поворотних пристосувань) використовують алюмінієві сплави. Корпуси пристроїв отримують литтям, зварюванням, куванням, різкою з сортового матеріалу (прокату), а також збіркою з окремих елементів на гвинтах або з натягом. Лиття застосовують в основному для корпусів складної конфігурації.

За допомогою зварювання також можна отримувати корпусу складних конфігурацій, скорочуючи терміни і собівартість їх виготовлення. Застосовуючи підсилювальні ребра, куточки і косинки, можна отримувати жорсткі надійні в роботі корпусу звареної конструкції. Вартість зварних корпусів в окремих випадках може бути знижена вдвічі в порівнянні з литими, а вага зменшений на 40%.

ТЕМА № 8. РОЗРАХУНОК ПОТРІБНОГО ЗУСИЛЛЯ ЗАКРІПЛЕННЯ

Затискними пристроями або механізмами називають механізми, що усувають можливість вібрації або зсуву заготовки щодо настановних елементів пристосування під дією власної ваги і сил, що виникають в процесі обробки (складання).

Необхідність застосування затискних пристроїв зникає в двох випадках:

1. Коли обробляють (збирають) важку, стійку заготовку (складальну одиницю), в порівнянні з вагою якої сили механічної обробки (складання) малі;
2. Коли сили, що виникають при обробці (збірці) прикладені так, що вони не можуть порушити положення заготовки, досягнуте базуванням.

До затискним пристроям ставляться такі вимоги:

1. При затиску не повинно порушуватися положення заготовки, досягнуте базуванням. Це задовольняється раціональним вибором напрямку і точки прикладання сили затиску.
2. Зажим не повинен викликати деформації закріплюються в пристосуванні заготовок або псування (смяття) їх поверхонь.
3. Сила затиску повинна бути мінімальною необхідною, але достатньою для забезпечення надійного положення заготовки щодо настановних елементів пристосувань в процесі обробки.
4. Затиск і відкріплення заготовки необхідно проводити з мінімальною затратою сил і часу робітника. При використанні ручних затискачів зусилля руки не повинно перевищувати 147 Н (15 кгс).
5. Сили різання не повинні, по можливості, сприймати затискні пристрої.
6. Затискною механізм повинен бути простим по конструкції, максимально зручним і безпечним в роботі.

Фактичні сили затиску заготовки, створювані затискними механізмами повинні рівнятися розрахунковим силам затиску або бути трохи більше їх. Величина фактичних сил затиску залежить від вихідної сили, приводу і передального відношення між фактичною силою затиску W_{ϕ} деталі і вихідної силою для конкретного затискного пристрою пристосування. Залежність між силами W_{ϕ} і Q визначається рівністю:

$$W_{\phi} = Qi \text{ откуда: } i = \frac{W_{\phi}}{Q}$$

де W_{ϕ} — фактична сила затиску оброблюваної заготівлі, н ; f — коефіцієнт тертя між поверхнями цанги і заготівлі; Q — вихідна сила, що розвивається робочим або механізованим приводом, н ; i — передаточне відношення між силами.

Затискні пристрої пристосувань поділяються на прості - елементарні і комбіновані, тобто складаються з декількох простих. Прості затискні пристрої (затискачі) складаються з одного елементарного затиску, вони бувають клинові, гвинтові, ексцентрикові, важільні і т.д. Комбіновані затискні пристрої складаються з декількох простих пристроїв, з'єднаних разом. Їх виготовляють вінто-, ексцентріко- важільними та ін.

Залежно від числа ведених ланок затискні пристрої поділяють на одно- і багатоланкові. Будь-яке затискний пристрій пристосування включає провідне ланка, на яке діють вихідна сила і кілька ведених ланок, кулачків, або прихватів, безпосередньо затискають заготовки. Багатоланкові затискні пристрої затискають одну заготовку одночасно в декількох місцях або декілька

Розрахунок сил затиску може бути зведений до вирішення завдання статки на рівновагу (заготовки) під дією системи зовнішніх сил.

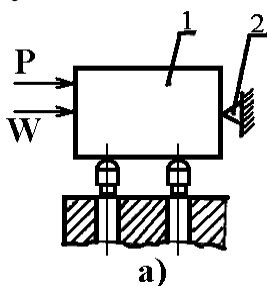
До заготівлі з одного боку прикладені сили тяжіння і сили, що виникають в процесі обробки, з іншого - шукані затискні сили і реакції опор. Під дією цих сил заготовка повинна зберегти рівновагу.

Величину сил різання і їх моментів визначають за формулами теорії різання металів або вибирають за нормативними довідників. Знайдене значення сил різання для надійності затиску заготовки множать на коефіцієнт запасу K . Величина коефіцієнта залежить від умов обробки заготовок на верстаті:

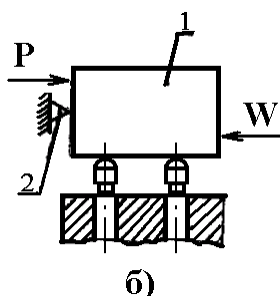
$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5.$$

где $K_0 = 1,5$ — гарантований коефіцієнт запасу при всіх случаях обробки; K_1 — коефіцієнт, зависящий от вида базовой поверхности заготовки (обработанная или необработанная); K_2 — коефіцієнт, учитывающий увеличение силы резания при затуплении режущего инструмента; K_3 — коефіцієнт, учитывающий увеличение силы резания при обработке прерывистых поверхностей; K_4 — коефіцієнт, учитывающий постоянство силы зажима, развиваемой силовым приводом приспособления; K_5 — коефіцієнт учитываемый при наличии моментов, стремящихся повернуть обрабатываемую деталь вокруг ее оси.

Розглянемо кілька варіантів дії на оброблювану деталь сил різання, затиску і їх моментів.

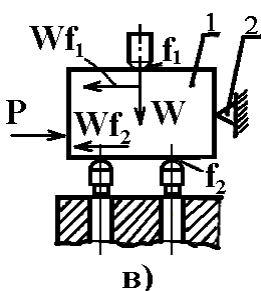


Перший варіант. Сила затиску W , прикладена до оброблюваної заготовки 1, і сила різання P однаково спрямовані і притискають заготовку до опори 2 пристосування (рис. 1 а). При цьому заготовку утримує мінімальна сила затиску W_{\min}



Другий варіант. Сила затиску W і сила різання P діють на оброблювану заготовку 1 в протилежних напрямках (рис. 1, б); необхідна сила затиску

$$W = KP$$

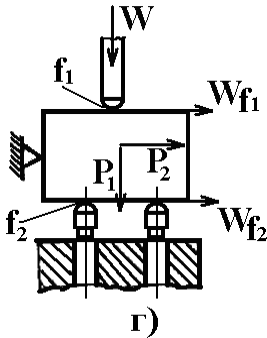


Третій варіант. Сила затиску W і сила різання P діють на оброблювану заготовку у взаємно перпендикулярному напрямку (рис. 1, в). Силі різання P протидіють сили тертя між нижньою базовою площиною заготовки і опорними

штирями пристосування і між верхньою площиною заготовки і затискними елементами. При цьому необхідна сила затиску:

$$Wf_1 + Wf_2 = KP \quad \text{откуда: } W = \frac{KP}{f_1 + f_2}$$

де f_1 і f_2 — коефіцієнти тертя між поверхнями заготівлі та установочними затискними елементами пристосування.

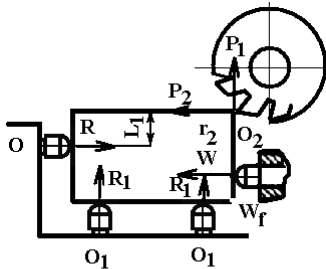


Четвертий варіант. Сила затиску W притискає заготовку до опор (рис. 1.11, г) при цьому одна сила різання P_1 має один напрямок з силою затиску і притискає заготовку до нижніх опор, а друга сила різання P_2 діє в напрямку, перпендикулярному до сили затиску. Зміщення заготовки в пристосуванні перешкоджають сили тертя, що виникають на площинах контакту деталі з установочними і затискними елементами пристосування. Величину сили затиску визначають зі співвідношення:

$$P_2 \leq (W + P_1) \cdot f_2 + Wf_1$$

а с учетом коэффициента запаса $k > 1$.

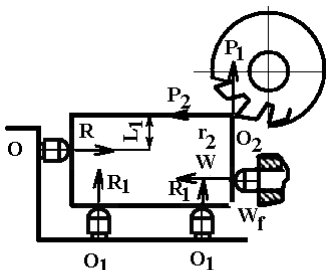
$$W = \frac{(kP_2 - P_1 f_2)}{f_1 + f_2}$$



д)

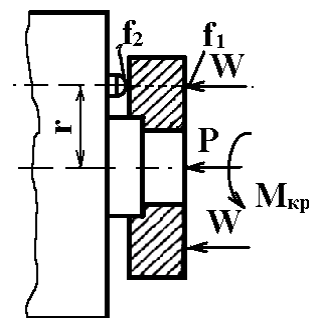
П'ятий варіант. Обрабатываемая заготовка зажимается (рис. 1, д, е) горизонтальной действующей силой затиску W . Відстань між силою затиску і силою реакції від бокового упору вибірають таким, щоб обрабатываемая заготовка надійно була притиснута до настановним опорам пристосування. На заготовку, затиснуту в пристосуванні, діють сила затиску W , сила реакції R_1 і R від настановних і затискних опор і сили тертя F, F_1, F_2 між поверхнями деталі, установочними і затискними елементами пристосування. Прирівнюючи суму моментів відносно точки O нулю, знайдемо силу:

$$W = \frac{R_1(b + f_1 c)}{d - f_2 e}$$



Шостий варіант. При обробці заготовки фрезою (рис. 1.11, д, е) на неї діють сили різання P_1 і P_2 . Величину сили затиску з урахуванням сил різання знайдемо, прирівнювавши суму моментів усіх сил відносно точки O нулю:

$$W_a + Wf_2 L - kP_2 e - kP_1 L = 0 \quad \text{откуда: } W = \frac{K(P_2 e + P_1 L)}{a + f_2 L}$$



ж)

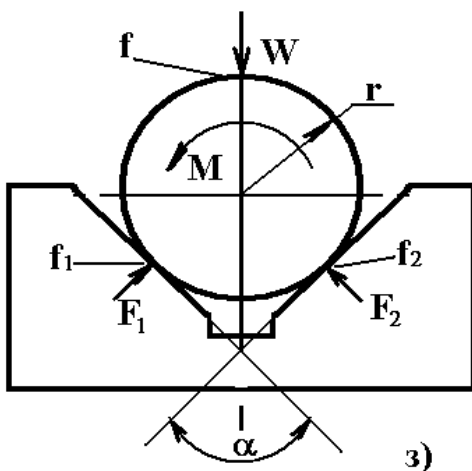
Сьомий варіант. Оброблювану заготовку виточенням встановлюють на центруючий жорсткий палець (рис. 1, ж) пристосування і лівої площиною притискають до трьох

опорним штирів декількома прихватами. При обробці на заготівлю діють зсувний момент $M_{кр}$ і осьова сила P_o . Заготівля утримується від зсуву силами тертя, що виникають між її поверхнями і поверхнями настановних і затискних елементів пристосування. У цьому випадку силу затиску W визначають з рівності:

$$KM_{кр} = f_1Wr_2 + f_2Wr_1 + f_2Pr_1 \quad \text{откуда: } W = \frac{KM_{кр} - f_2Pr_1}{f_1r_2 + f_2r_1}$$

При тій же установці, але невеликий тангенціальній жорсткості затиску сили тертя між деталлю і прихватом не враховуються:

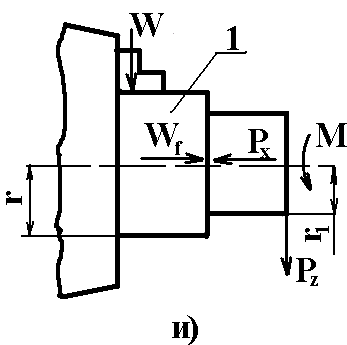
$$KM_{кр} = f_2Wr_1 + f_2Pr_1 \quad \text{откуда: } W = \frac{KM_{кр} - f_2Pr_1}{f_2r_1}$$



Восьмий варіант. Оброблювана деталь (рис. 1, з) зовнішньої циліндричної поверхнею установлена у призмі з кутом $\alpha = 90^\circ$ і затиснута силою W . Повертоту деталі близько її осі протидіють сили тертя, що виникають на поверхнях контакту деталі з установочними і затискними елементами пристосування. Без урахування тертя на торці деталі:

$$KM_{кр} = f_1Wr + f_2Wr \left(\frac{1}{\sin \alpha/2} \right) \quad \text{откуда:}$$

$$W = \frac{KM_{кр}}{f_1r + \frac{f_2r}{\sin \alpha/2}}$$



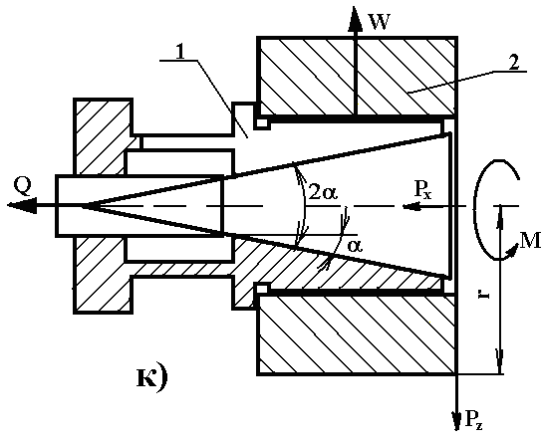
Дев'ятий варіант. Розглянемо дії двох сил різання P_z і P_x на заготівлю 1, затиснуту в трикулачні патроні верстата (рис. 1, и); сила різання P_z створює момент:

$M_{рез} = P_z r_1$ який прагне повернути заготовку навколо її осі, а сила P_x - перемістити заготовку уздовж її осі. Сумарна сила затиску заготовки трьома кулачками патрона

$$W_{сум} fr = KM_{рез} = KP_z r_1 \quad \text{откуда: } W_{сум} = \frac{KM_{рез}}{fr} = \frac{KP_z r_1}{fr}$$

где W - сила зажима заготовки одним кулачком патрона, Н; r - радіус оброблюваної часті заготовки, зажатой кулачками, мм; r_1 радіус обробленої часті заготовки, мм; f — коефіцієнт тертя між поверхнями заготовки і кулачков (зависит от вида поверхности кулачков); Z - число кулачков патрона, $M_{рез}$ — момент от силы резания P_1 . Величину W проверяют на возможность продольного сдвига заготовки силой P_{Γ} , по формуле:

$$W_{\text{сум}} f \geq KP_x \quad \text{откуда: } W_{\text{сум}} = \frac{KP_x}{f}$$



Десятий варіант. Розглянемо дію сили резання P_z на оброблювану заготовку втулки 2, встановлену і затиснуту на цангову довідці (рис. 1, к). Сила P створює момент різання $M_{\text{рез}}$, якому протидіє момент від сили тертя $M_{\text{тр}}$ між настановної поверхнею цанги і заготівлею.

Сумарна сила затиску W оброблюваної заготовки усіма пелюстками цанги:

$$W_{\text{сум}} fr = KM_{\text{рез}} = KP_z r_1 \quad \text{откуда:}$$

$$W_{\text{сум}} = \frac{KM_{\text{рез}}}{fr} = \frac{KP_z r_1}{fr}$$

момент от силы трения: $M_{\text{тр}} = W_{\text{сум}} fr$

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Герасименко І. М. *Технологічне оснащення верстатів* : підручник / І. М. Герасименко. – Київ : КНУТД, 2017. – 376 с.
2. Кондратюк М. М. *Оснащення металорізальних верстатів: навч. посібник* / М. М. Кондратюк. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2016. – 224 с.
3. Ільченко С. М. *Технологічна оснастка: навч. посібник* / С. М. Ільченко, В. О. Кошіль. – Суми : СумДУ, 2020. – 258 с.
4. Дудко П. В. *Технологічне обладнання верстатних і автоматизованих виробництв* : навч. посібник / П. В. Дудко. – Харків : НТУ «ХП», 2019. – 294 с.
5. Жуков В. І. *Технологічна оснастка для обробки на металорізальних верстатах* : підручник / В. І. Жуков. – Одеса : ОНАХТ, 2018. – 306 с.
6. Васильченко А. П. *Проектування пристроїв для верстатної обробки* / А. П. Васильченко. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 174 с.
7. ГОСТ 16518–96. *Оборудование технологическое. Термины и определения*. – Введ. 1998-01-01. – М. : Стандартинформ, 1997. – 18 с.
8. ДСТУ 2500–2014. *Обладнання металорізальне. Терміни та визначення*. – К. : Мінекономрозвитку України, 2014. – 24 с.
9. Паламарчук М. О. *Оснащення верстатів з ЧПК: навч. посібник* / М. О. Паламарчук. – Черкаси : ЧДТУ, 2019. – 212 с.
10. Головка О. М. *Проектування технологічної оснастки* / О. М. Головка. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2020. – 198 с.
11. Березін В. І. *Механічна обробка та оснащення верстатів* : навч. посібник / В. І. Березін. – Луцьк : ЛНТУ, 2015. – 184 с.
12. Кудінов В. М. *Технологічне оснащення машинобудівного виробництва* / В. М. Кудінов. – Київ : Арістей, 2018. – 320 с.
13. Борисенко С. М. *Універсальні та спеціальні пристрої для верстатів* / С. М. Борисенко. – Харків : УПА, 2021. – 163 с.

14. Циганков Ю. В. *Обладнання та інструментальні системи в металообробці* / Ю. В. Циганков. – Дніпро : НМетАУ, 2019. – 236 с.
15. Кушнір О. І. *Технологія виготовлення та експлуатація пристроїв для металообробки* / О. І. Кушнір. – Тернопіль : ТНТУ, 2016. – 199 с.
16. Молчанов С. Г. *Інструментальне забезпечення металообробки : навч. посібник* / С. Г. Молчанов. – Київ : КНЕУ, 2017. – 166 с.
17. Левченко В. С. *Механізми кріплення, фіксації та базування* / В. С. Левченко. – Херсон : ХНТУ, 2020. – 210 с.
18. Гаврилюк І. А. *Пристрої для верстатної обробки: методичні рекомендації* / І. А. Гаврилюк. – Київ : НАУ, 2018. – 80 с.
19. ISO 230-1:2012. *Test code for machine tools – Part 1: Geometric accuracy of machines operating under no-load or quasi-static conditions.* – Geneva : ISO, 2012. – 44 p.
20. Ткаченко О. Г. *Комплексна механізація та автоматизація при оснащенні верстатів* / О. Г. Ткаченко. – Полтава : ПНТУ, 2021. – 190 с.

Електронне навчальне видання комбінованого використання
Можна використовувати в локальному та мережному режимі

Скоркін Антон Олегович

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОСНАЩЕННЯ ВЕРСТАТІВ

Конспект лекцій

В авторській редакції

Підписано до розміщення 25.06.2025. Гарнітура Times New Roman.
Ум. друк. арк. 4,16. Обсяг 1,883 Мб. Зам. № 328/25.

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,
61022, м. Харків, майдан Свободи, 4.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3367 від 13.01.2009
Видавництво ХНУ імені В. Н. Каразіна