

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ, МЕХАТРОНІКИ І
РОБОТОТЕХНІКИ**

ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ОСНАЩЕННЯ

Методичні рекомендації
до виконання практичних робіт
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти спеціальності
G11 Машинобудування

Кропивницький
ЦНТУ
2025

Проектування верстатного оснащення

Методичні рекомендації до виконання практичних робіт для здобувачів всіх форм навчання / [уклад. : І. Валявський, А. Гречка, С. Заїка, Я. Скібінський] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. машинобудування, мехатроніки і робототехніки. – Кропивницький : ЦНТУ, 2025 – 59 с.

Затверджено на засіданні кафедри
машинобудування, мехатроніки і робототехніки.
Протокол № 1 від 29.08.2025 р.

Укладачі:

Іван Валявський, канд. техн. наук, доцент кафедри машинобудування,
мехатроніки і робототехніки;

Андрій Гречка, канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри
машинобудування, мехатроніки і
робототехніки;

Сергій Заїка, асистент кафедри машинобудування, мехатроніки і
робототехніки;

Ярослав Скібінський, асистент кафедри машинобудування,
мехатроніки і робототехніки;

Рецензент: Андрій Кириченко, доктор техн. наук, професор, проректор
з науково-педагогічної роботи, професор кафедри машинобудування,
мехатроніки і робототехніки

Методичні рекомендації до виконання практичних робіт за другим
(магістерським) рівнем вищої освіти спеціальності G11 Машинобудування
розроблені у відповідності до освітньо-професійної програми «Галузеве
машинобудування» підготовки магістрів для усіх форм навчання.

Здобувачі освіти денної і заочної форм навчання, у відповідності до
даних методичних рекомендацій виконують практичні роботи за другим
(магістерським) рівнем вищої освіти.

© Практична робота за другим
(магістерським) рівнем вищої
освіти

Укладачі: І. Валявський, А.
Гречка, С. Заїка, Я. Скібінський,
2025

ЗМІСТ

ВСТУП	4
ОРГАНІЗАЦІЙНІ ВКАЗІВКИ	5
СТРУКТУРА ТА ЗМІСТ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ	5
ЗАХИСТ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ	6
Практичне заняття № 1. Вибір технологічних баз, розробка та реалізація теоретичної схеми базування заготовки в пристрої	9
Практична робота №2. Матеріалізація теоретичної схеми базування.....	20
Практичне заняття №3. Розрахунок сил затиску деталі в пристосуванні	28
Практичне заняття №4. Розрахунок затискних елементів пристосувань.....	37
Література	54
Додаток. Розповсюджені в машинобудуванні схеми базування заготовок	56

ВСТУП

Метою практичних робіт з курсу «Проектування верстатного оснащення» є закріплення знань з принципу дії та устрою верстатного оснащення.

Завдання лабораторних робіт: закріплення теоретичних знань з устрою і принципу дії, а також отримання практичних навичок з конструювання та розрахунку високоефективних, швидкодіючих верстатних пристроїв до різних типів верстатів та виконуваних на них операцій.

У результаті виконання лабораторних робіт здобувач повинен знати:

- роль затискних пристроїв у машинобудуванні;
- задачі які вирішує технологічне оснащення та типи різних механізмів;
- конструкції верстатних пристроїв, їх побудову, принцип роботи та методики їх проектування та розрахунків.

вміти:

- читати креслення різних пристроїв середньої складності;
- виконувати розрахунки необхідних сил закріплення заготовок, затискних механізмів та силових приводів;
- визначати похибку базування;
- виконувати розрахунки міцності слабких ланок та точності виготовлення пристроїв.

ОРГАНІЗАЦІЙНІ ВКАЗІВКИ

Метою проведення практичних робіт є набуття здобувчем практичних навичок рішення задач, пов'язаних з проектуванням та розрахунками високоефективних, швидкодіючих верстатних пристроїв до різних типів верстатів та виконуваних на них операцій..

Курс практичних робіт з дисципліни передбачає виконання чотирьох практичних робіт.

СТРУКТУРА І ЗМІСТ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

За своєю структурою практична робота складається з наступних елементів:

- 1) Титульний аркуш;
- 2) Тема та мета практичної роботи;
- 3) Короткі теоретичні відомості;
- 4) Розрахункова частина;
- 5) Висновки.

Практичну роботу оформлюють від руки в зошиті або друкують на одній стороні аркуша білого паперу формату А4, шрифт – Times New Roman (для виділення прикладів, понять тощо допускається використання інших шрифтів), розмір шрифту – 14, відстань між рядками 1,5 інтервали, верхній і нижній поля – 20 мм, лівий – 30 мм, правий – 10 мм. Шрифт друку повинен бути чітким. Щільність тексту повинна бути однаковою. Загальний обсяг практичної роботи має бути від 3 до 5 аркушів.

У висновках формулюються основні результати роботи. Загальний обсяг висновків - два-три речення.

ЗАХИСТ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

Звіт з практичної роботи захищається здобувачем в усній формі шляхом відповіді на контрольні запитання, що наведені після кожної з лабораторних робіт.

Критерії оцінювання відповідей на контрольні запитання:

- Неправильна відповідь – 0 балів;
- Вірна відповідь – 1 бал.

Критерії оцінювання захисту кожної з виконаних практичних робіт за національною шкалою:

- Незадовільно – 0...2 бала;
- Задовільно – 3 бали;
- Добре – 4 бали;
- Відмінно – 5 балів.

Критерії оцінювання виконання кожної з практичних робіт:

- Невиконана практична робота – 0 балів;
- Виконана, але незахищена практична робота – 2 бала;
- Виконана та захищена практична робота – від 3 до 5 балів.

Загальна сума балів (ЗСБ), яку атестований здобувач може набрати протягом семестру під час виконання лабораторних робіт – від 12 до 20.

Оцінювання рівня підготовки слухача під час проведення захисту лабораторної роботи здійснюється за 100-бальною шкалою, національною шкалою та шкалою ЄКТС. Оцінки в балах вказані по дисципліні в цілому (ЗСБ) наведені в табл.1.

Підсумкова оцінка виставляється за наступними критеріями:

– оцінка А «відмінно» (від 90 до 100 балів) присвоюється за глибокі теоретичні та практичні знання; виконання основних завдань практичної роботи; складання висновків з урахуванням причинно-наслідкових зв'язків і механізмів (алгоритмів) перебігу явищ (процесів), при цьому при захисті показав вміння аналізувати, порівнювати, узагальнювати, абстрагувати і

конкретизувати, класифікувати і систематизувати матеріали, до вивчення яких підійшов творчо; за якісне оформлення роботи, повні і змістовні відповіді на запитання;

Таблиця 1

Шкала відповідності оцінок

Оцінка за шкалою ЄКТС	Оцінка за 100-бальною шкалою	Оцінка за національною шкалою
A	90-100	відмінно
B	82-89	добре
C	74-81	добре
D	64-73	задовільно
E	60-63	задовільно
FX	0-60	незадовільно

– оцінка B «добре» (від 82 до 89 балів) присвоюється за глибокі теоретичні та практичні знання; виконання завдань практичної роботи; складання висновків з урахуванням причинно-наслідкових зв'язків і механізмів (алгоритмів) перебігу явищ (процесів); але при наявності в змісті роботи та її оформлення невеликих недоліків або недоліків у поданні результатів до захисту;

– оцінка C «добре» (від 74 до 81 бала) присвоюється за глибокі теоретичні та практичні знання; виконання основних завдань практичної роботи; складання висновків з урахуванням причинно-наслідкових зв'язків і механізмів (алгоритмів) перебігу явищ (процесів); при цьому при захисті достатньо проявив отримані вміння та навички щодо роботи з документацією та інформацією щодо результатів виконаної роботи;

– оцінка D «задовільно» (від 64 до 73 балів) присвоюється за теоретичні та практичні знання; виконання основних завдань практичної роботи з недостатнім ступенем практичної доцільності, наявність деяких недоліків, які носять загальний характер; складання висновків без урахування причинно-наслідкових зв'язків і механізмів (алгоритмів) перебігу явищ

(процесів); при цьому при захисті не достатньо проявив отримані вміння та навички щодо роботи з документацією та інформацією щодо результатів виконаної роботи;

– оцінка E «задовільно» (від 60 до 63 балів) присвоюється за теоретичні та практичні знання; виконання основних завдань практичної роботи з недостатнім ступенем практичної доцільності, наявність деяких недоліків, які носять загальний характер; складання висновків без урахування причинно-наслідкових зв'язків і механізмів (алгоритмів) перебігу явищ (процесів); відсутність наочного представлення роботи і утруднення при відповідях на запитання;

– оцінка FX «незадовільно» (від 0 до 59 балів) присвоюється за слабкі теоретичні та практичні знання; неповне виконання основних завдань практичної роботи; часткову відсутність розрахунків, несамотійність викладу матеріалу, висновки і пропозиції, що носять загальний характер, відсутність відповідей на запитання.

Здобувач вважається атестованим, якщо він набрав кількість балів (ЗСБ), що відповідає вказаній в табл. 1 в стовбцях «відмінно», «добре» або «задовільно». Здобувач вважається не атестованим з можливістю перездачі, якщо він набрав кількість балів (ЗСБ), що відповідає вказаній в табл.1 в стовбці «незадовільно» – FX.

До заліку допускаються тільки ті здобувачі, які атестовані з виконання практичних робіт з дисципліни.

Практичне заняття № 1

ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНИХ БАЗ, РОЗРОБКА ТА РЕАЛІЗАЦІЯ ТЕОРЕТИЧНОЇ СХЕМИ БАЗУВАННЯ ЗАГОТОВКИ В ПРИСТРОЇ

Мета роботи: закріплення теоретичних знань з теорії базування, придбання практичних навичок по вибору технологічних баз, розробки теоретичних схем базування.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Одною з найчастіше розв'язуваних у машинобудуванні задач є забезпечення необхідної точності відносного розташування двох або більшої кількості деталей.

Ця задача розв'язується:

- під час складання машини;
- під час установлювання заготовки у верстатний пристрій для її механічної обробки;
- під час установлювання різального і допоміжного інструмента на верстаті.

Для розв'язання цієї задачі створена *теорія базування*.

З теоретичної механіки відомо, що будь-яке вільне тверде тіло має шість ступенів вільності відносно трьох координатних перпендикулярних осей x , y , z . Тобто, тіло може переміщуватися у напрямі кожної з трьох осей і обертатися навколо цих осей. Таким чином, розташування твердого тіла (наприклад, деталі чи заготовки) у вибраній системі координат в будьякий момент часу визначається шістьма незалежними координатами. З цього твердження випливає, що задання положення деталі по шести координатах відбирає у неї всі шість ступенів вільності. Наприклад, якщо деталь має форму призми, то три координати, які пов'язують нижню площину деталі xOy

з координатною площиною XOY , відбирають у деталі разом три ступеня вільності — можливість переміщення у напрямі осі z і обертання навколо осей x та y (рис. 1.1).

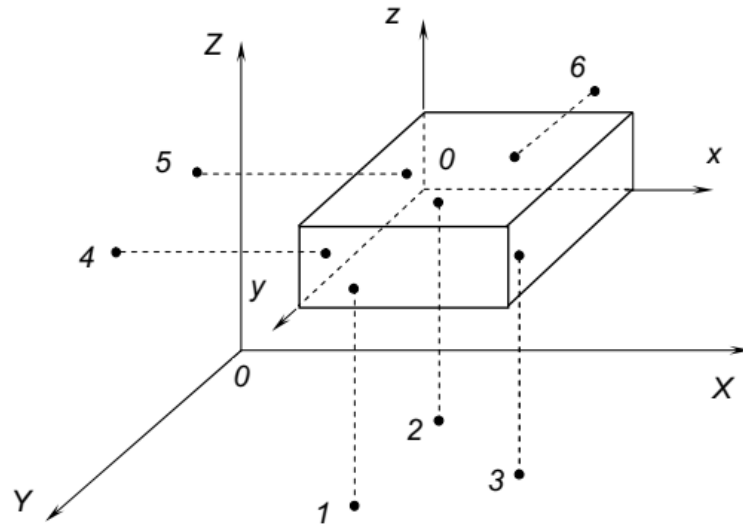


Рисунок 1.1 — Задання положення деталі в прямокутній системі координат

Дві координати, які пов'язують бічну площину деталі yOz з координатною площиною YOZ , відбирають у деталі разом два ступеня вільності — можливість переміщення у напрямі осі x і обертання навколо осі z , тобто відбирають у деталі ще два ступеня вільності.

Шоста координата визначає положення деталі відносно координатної площини XOZ , відбираючи у неї останній ступінь вільності — можливість переміщення у напрямі осі y .

Кожна з координат не тільки визначає відстань від точки поверхні деталі відносно координатної площини, але й відбирає у деталі один ступінь вільності. В механіці кожна з координат розглядається як двосторонній зв'язок між точкою деталі і відповідною координатною площиною. Таким чином, для задання положення будь-якої деталі відносно вибраної системи координат іншої деталі необхідно мати шість двосторонніх зв'язків між шістьма точками деталі, що розташовані на трьох площинах координатної системи деталі, і вибраною системою координат іншої деталі. В технології

машинобудування поняття двостороннього зв'язку замінюється поняттям опорної точки.

Опорна точка — це точка, яка символізує один з двосторонніх зв'язків заготовки чи виробу з вибраною системою координат.

Відповідно, для задання положення будь-якого твердого тіла відносно іншого твердого тіла необхідно і достатньо мати шість опорних точок.

Це твердження отримало назву «правила шести точок» і має надзвичайно важливе значення для забезпечення точності розташування деталі, заготовки або складальної одиниці відносно іншої деталі або складальної одиниці. Якщо кількість опорних точок менша шести, то визначеність положення не забезпечується, оскільки у заготовки, деталі або складальної одиниці може залишитись один або декілька ступенів вільності (залежно від того, скільки опорних точок не вистачає до шести). Слід зазначити, що якщо згідно зі службовим призначенням деталей або складальна одиниця повинна мати певну кількість ступенів вільності, то відповідна кількість опорних точок (двосторонніх зв'язків) знімається. Якщо кількість опорних точок більша шести, то базування також буде невизначеним. Це неминуче призведе до втрати точності обробки. Щоб цього уникнути, «зайві» опорні точки конструктивно реалізують у вигляді підвідних або самоустановних опор. Такі конструкції застосовують тоді, коли нежорстку заготовку необхідно додатково підперти, щоб уникнути надто великих її деформацій від впливу сил різання або сил затискання.

Окрім поняття опорної точки в машинобудуванні прийнято такі терміни та означення основних понять теорії базування.

Базування — надання заготовці чи виробу необхідного положення відносно вибраної системи координат.

База — поверхня чи сукупність поверхонь, вісь, точка, що належать заготовці чи виробу, і використовуються для базування.

Схема базування — схема розміщення опорних точок на базах заготовки чи виробу.

Закріплення — прикладання сил чи пар сил до заготовки або виробу для забезпечення постійності їх положення, досягнутого під час базування.

Установлення — процес базування й закріплення заготовки чи виробу.

Всі бази, які використовуються в машинобудуванні, підпорядковані класифікації, схема якої показана на рис. 1.2.

Означення кожної з баз такі.

Конструкторська база — база, що використовується для визначення положення деталі чи складальної одиниці у виробі.

Конструкторська основна база — база, яка належить базованій деталі чи складальній одиниці і використовується для визначення її положення у виробі.

Конструкторська допоміжна база — база, що належить деталі чи складальній одиниці і використовується для визначення положення приєднуваного до них виробу.

Технологічна база — база, що використовується для визначення положення заготовки чи виробу в процесі виготовлення або ремонту.

Вимірювальна база — база, що використовується для визначення відносного положення заготовки чи виробу та засобів вимірювання.

Установна база — база, яка позбавляє заготовку чи виріб трьох ступенів вільності — переміщення вздовж однієї координатної осі та обертання навколо двох інших осей.

Напрямна база — база, що позбавляє заготовку чи виріб двох ступенів вільності — переміщення вздовж однієї координатної осі та обертання навколо іншої осі.

Опорна база — база, що позбавляє заготовку чи виріб одного ступеня вільності — переміщення вздовж координатної осі або обертання навколо осі.

Приклад використання установної, прямої та опорної баз для установлення заготовки у верстатному пристрої показано на рис. 1.3.

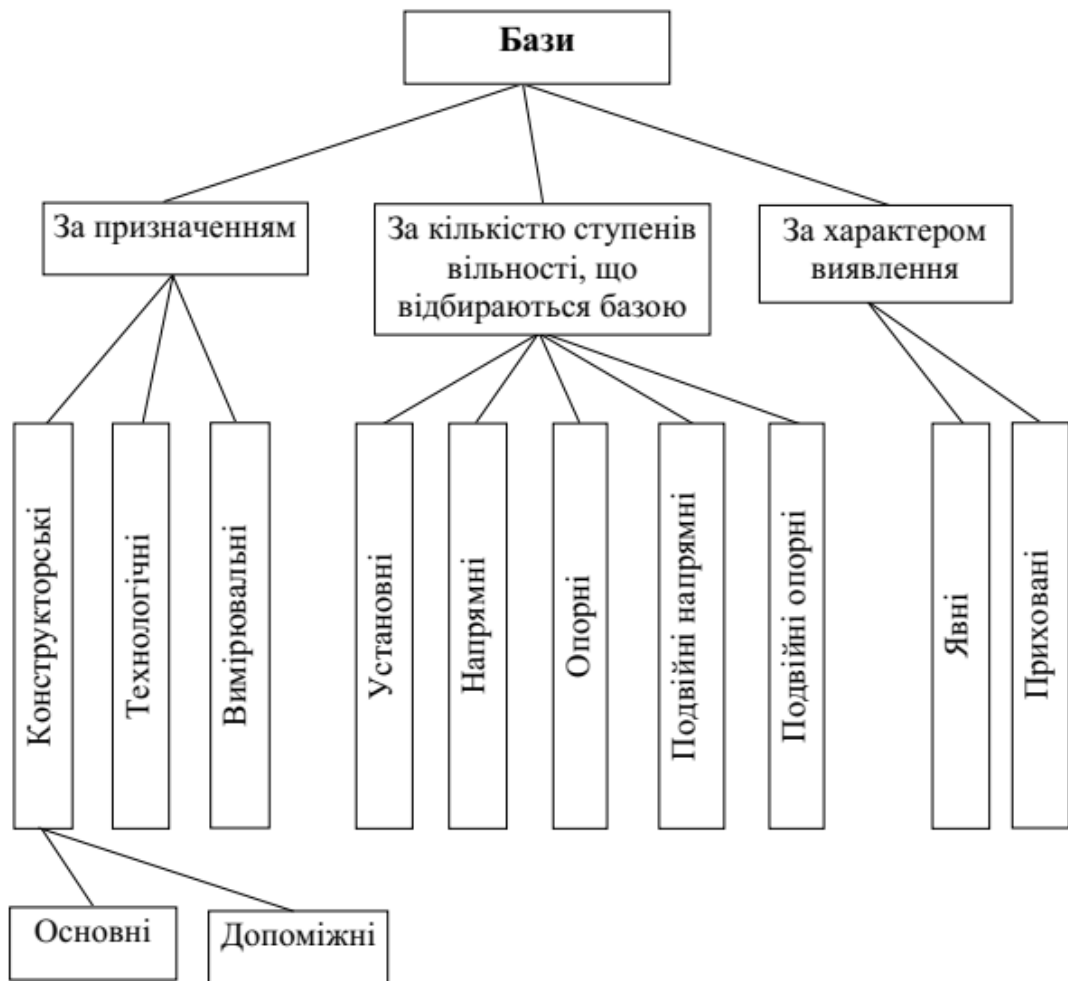


Рисунок 1.2 – Класифікація баз

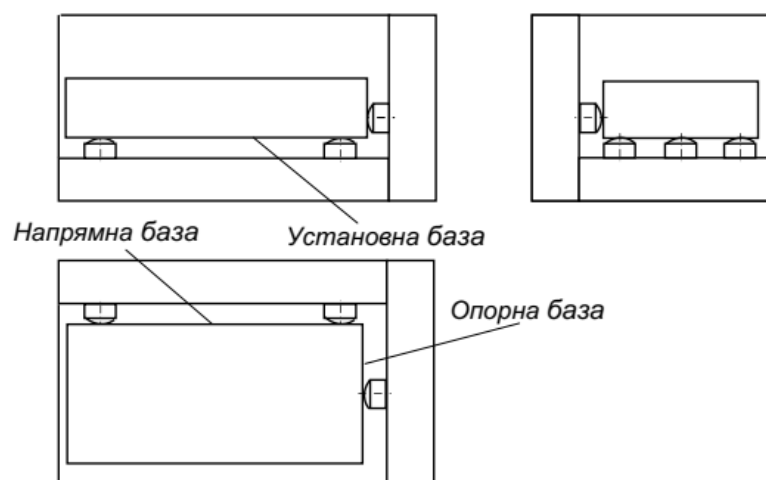


Рисунок 1.3 — Приклад використання установної, напрямної та опорної баз для встановлення призматичної заготовки у верстатному пристрої

Подвійна напрямна база — база, що позбавляє заготовку чи виріб чотирьох ступенів вільності — переміщення вздовж двох координатних осей та обертання навколо цих же осей. Прикладом такої бази є довга циліндрична поверхня скалки (рис. 1.4).

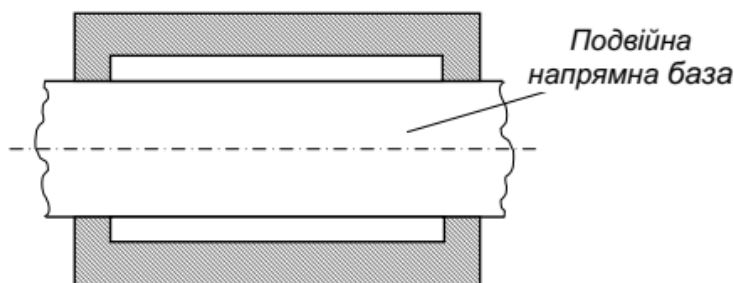


Рисунок 1.4 — Приклад подвійної напрямної бази

Подвійна опорна база — база, що позбавляє заготовку чи виріб двох ступенів вільності — переміщень уздовж двох координатних осей (рис. 1.5).

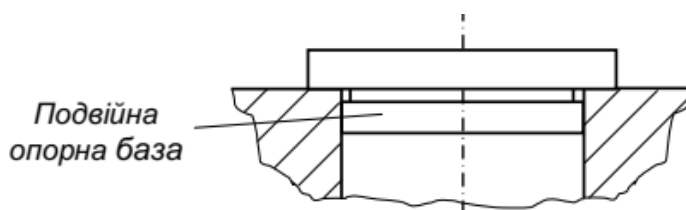


Рисунок 1.5 — Приклад подвійної опорної бази

Явна база — база заготовки чи виробу у вигляді реальної поверхні, розмічальної риски або точки перетину таких рисок.

Прихована база — база заготовки чи виробу у вигляді уявної поверхні, осі або точки.

Під час розроблення технологічних процесів способи базування заготовок або деталей показують у вигляді **схем базування**. Опорні точки на цих схемах показують за допомогою таких умовних позначень (рис. 1.6). Якщо опорні точки розташовані на невидимій стороні базованої деталі, то їх показують на схемах базування штриховими лініями.

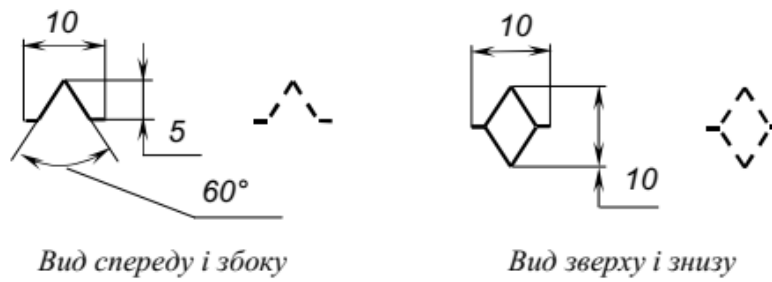


Рисунок 1.6 — Умовні позначення опорних точок

Правила виконання схем базування

1. На схемах базування всі опорні точки нумерують порядковими номерами починаючи з бази, на якій розташовується найбільша кількість опорних точок.

2. Якщо проєкції опорних точок збігаються, то показується одна опорна точка, а біля неї проставляються номери опорних точок, проєкції яких збіглися.

3. Кількість проєкцій деталі на схемі базування має бути достатньою для чіткого уявлення про розміщення опорних точок.

На рис. 1.7-1.10 показано приклади схем базування.

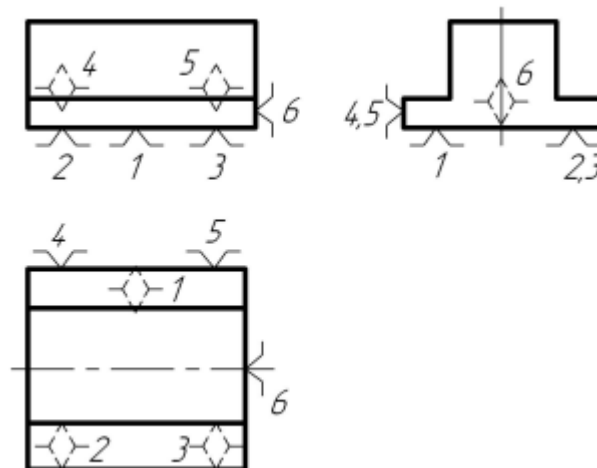


Рисунок 1.7 — Установлення заготовки на площину основи і дві бокові сторони

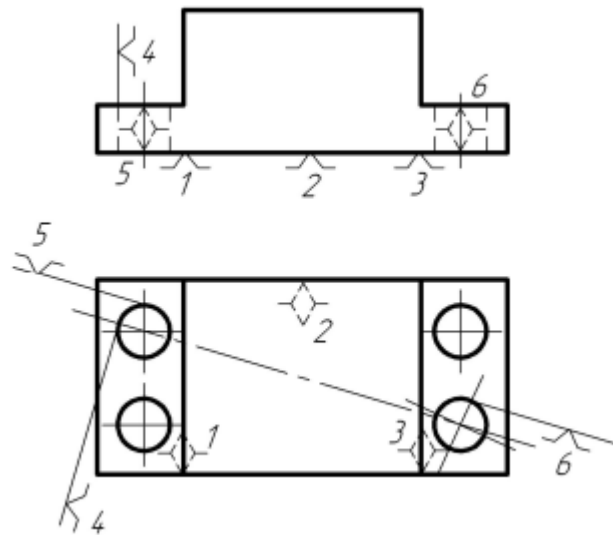


Рисунок 1.8 — Установлення заготовки на площину і два пальці (круглий і зрізаний)

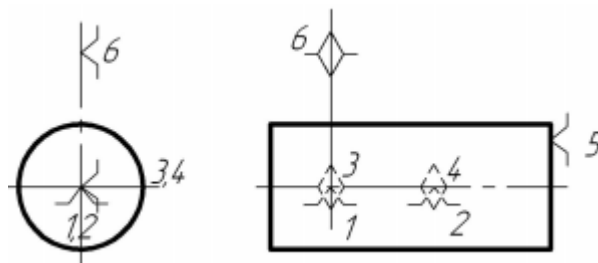


Рисунок 1.9 — Установлення вала в трикулачковому самоцентрувальному патроні

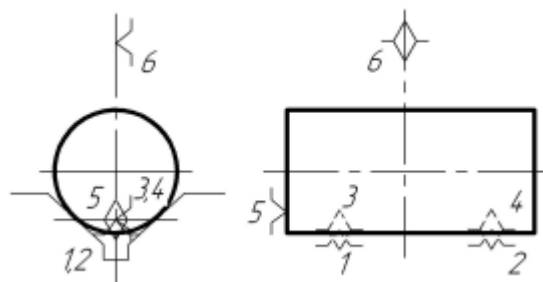


Рисунок 1.10 — Установлення вала в призму

РЕКОМЕНДАЦІЇ ПО ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ БАЗ

Одним із найскладніших і відповідальних етапів проектування технологічних процесів є вибір та призначення технологічних та вимірвальних баз. Від правильного вибору технологічних баз залежать:

точність виконання розмірів обробки; точність взаємного розташування поверхонь; рівень складності пристроїв, різальних та вимірювальних інструментів; продуктивність процесу обробки деталей.

Вихідними даними при виборі технологічних баз є: робоче креслення деталі, технічні умови на її виготовлення, вид заготовки та стан її поверхонь, бажаний ступінь автоматизації. При виборі технологічних баз для конкретної операції обробки деталі необхідно чітко встановити та сформулювати завдання, що повинні бути вирішені в результаті виконання даної операції. Ці завдання випливають з аналізу вимог робочого креслення та технічних умов на виготовлення деталі.

При виборі технологічних баз для першої операції механічної обробки деталі необхідно встановити ті поверхні, що будуть прийняті за бази на наступних операціях. Визначивши технологічні бази для наступних операцій, призначають технологічні бази для першої операції. Такими поверхнями, як правило, є поверхні, від яких задано більшість розмірів, що координують розташування інших відповідальних поверхонь деталі. В більшості випадків можна реалізувати кілька варіантів базування. Готових рецептів на цей випадок немає, оскільки кожен із варіантів може мати свої позитивні й негативні сторони, тобто задача вибору баз носить творчий характер.

Основні рекомендації, що необхідно враховувати при виборі технологічних баз наведені нижче.

1. Базові поверхні мають бути простими за геометричною формою та мати достатню протяжність; деталь повинна займати в пристрої задане їй положення під дією власної ваги, а не в результаті прикладання затискних зусиль.

2. Базові поверхні повинні мати просту геометричну форму для забезпечення однозначності базування; неприпустимо використовувати поверхні зі слідами роз'єму штампів, ливарних форм, залишками ливникової системи та іншими дефектами.

3. З метою забезпечення правильного взаємного розташування поверхонь, що оброблюються, відносно тих, які не оброблюються, за чорнові технологічні бази для першої операції приймають ті поверхні, які в готовій деталі залишаються необробленими. На всіх наступних операціях технологічного процесу необхідно дотримуватись основних принципів базування: принципу суміщення технологічних, конструкторських та вимірювальних баз, а також принципу сталості баз.

Прийняті технологічні бази повинні забезпечувати можливість обробки з однієї установки максимальної кількості поверхонь. Ця вимога особливо важлива при обробці деталей на верстатах з ЧПУ, поздовжньо-стругальних, поздовжньо-фрезерних верстатах та інших.

Слід відмітити, що одночасно реалізувати наведені рекомендації практично неможливо. Тому перед технологом завжди стоїть творче завдання відшукати найбільш прийнятний варіант базування, що досягається аналізом переваг та недоліків кожного з можливих варіантів.

МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. На основі аналізу операційного ескізу деталі та умов виконання заданої операції, необхідно встановити поверхні деталі, що будуть використовуватись як технологічні бази. Вибір технологічних баз необхідно виконувати таким чином, щоб забезпечити необхідну орієнтацію та достатню стійкість деталі в пристрої. При цьому необхідно дотримуватись *принципу суміщення баз*. Кількість технологічних баз визначається вимогами робочого креслення деталі та умовами виконання операції.

2. Із усіх можливих технологічних баз необхідно вибрати головну та вирішити спосіб встановлення деталі в пристрої. За головну базу приймається поверхня, що забезпечує найбільш стійке положення деталі, або від якої задані найбільш точні розміри. Деталь, що встановлена головною

базою в пристрої, отримує майже повну орієнтацію, позбавляючись при цьому трьох або чотирьох (п'яти) ступенів свободи.

3. Використовуючи операційний ескіз, на поверхнях заготовки, що прийняті в якості базових, проставити умовні позначення опорних точок та пронумерувати їх, починаючи з головної бази, тобто розробити теоретичну схему базування.

ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Найменування та мета роботи
2. Ескіз заданої деталі з позначенням баз (технологічна, конструкторська, опорна тощо)
3. Теоретична схема базування заданої деталі
4. Висновок

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Принципи базування деталей в пристроях. Поняття «опорна точка».
2. Основні вимоги при виборі технологічних баз деталі.
3. Теоретична схема базування.
4. Класифікація баз за призначенням.
5. Класифікація технологічних баз.
6. Основні принципи вибору технологічних баз.
7. Послідовність розробки теоретичної схеми базування.
8. Класифікація конструкторських баз.

Практична робота №2

МАТЕРІАЛІЗАЦІЯ ТЕОРЕТИЧНОЇ СХЕМИ БАЗУВАННЯ

Мета роботи: Закріплення теоретичних знань з теорії базування та ескізній розробці конструкції пристрою по прийнятій схемі базування.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Після розробки теоретичної схеми базування необхідно визначити елементи пристосування, які зможуть забезпечити установку и закріплення деталі згідно схеми базування.

Деталі і механізми пристосування, що забезпечують правильне і одноманітне положення заготовки відносно інструменту, називаються **установчими елементами** (опорами). До установчих елементів пред'являються наступні вимоги:

- число і розташування установчих елементів повинні забезпечувати необхідну орієнтацію заготовки згідно з прийнятою в технологічному процесі схемою базування, а також достатню її стійкість;
- при використанні чорнових баз з шорсткістю до $R_a 25$ установчі елементи доцільно виконувати з обмеженою опорною поверхнею з метою зменшення впливу похибок цих баз на стійкість заготовки;
- установчі елементи по можливості не повинні ушкоджувати технологічні бази заготовки, що особливо важливо при її установці на точні бази, що не піддаються подальшій обробці;
- установчі елементи мають бути жорстко зафіксовані;
- з метою спрощення і прискорення ремонту пристосування його установчі елементи мають бути легкозмінними.

Дотримання цих вимог оберігає пристосування від браку при обробці і скорочує час і засоби, що витрачаються на його ремонт.

Опори сполучаються з технологічними базами встановлюваних заготовок. Розрізняють опори **основні**, за допомогою яких заготовку позбавляють ступенів вільності, і **допоміжні**, які посилюють технологічну систему. Опори вибирають виходячи з схеми установки, вимог до оснащеної операції, форми і стану технологічних баз, маси і матеріалу заготовки, очікуваних силових реакцій в опорах.

Найчастіше заготовки встановлюють плоскими поверхнями на опорні штирі і пластини. На рис. 2.1 показані опорні штирі з голівками. При використанні штиря з плоскою голівкою (рис. 2.1, *а*) база заготовки має бути заздалегідь оброблена.

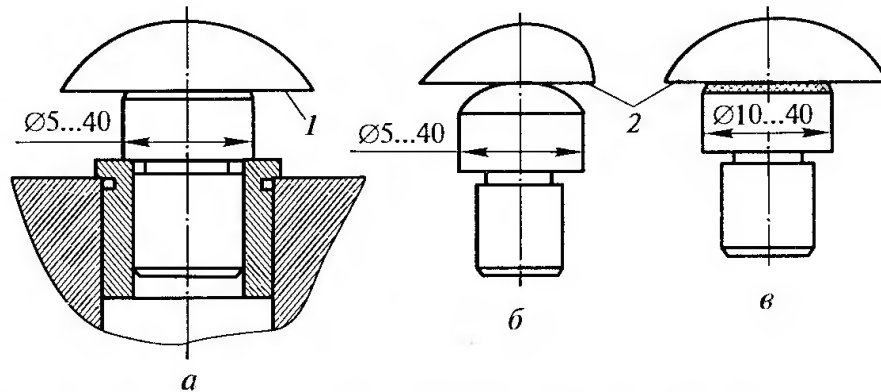


Рисунок 2.1 - Опорні штирі з плоскою(*я*), сферичною(*б*) і насіченою (*в*) голівками: **1** — оброблена база; **2** — необроблені бази

Тиск на такий штир не повинен перевищувати 40 МПа. Для штиря з сферичною голівкою (рис. 2.1, *б*), що сприймає навантаження до 30 кН, база заготовки може бути не оброблена. Вимоги до штиря з насіченою голівкою (рис. 2.1, *в*) аналогічні вимогам, що пред'являються до штиря з сферичною голівкою, проте через те, що сила тертя насіченої голівки із заготовкою більша, сила затиску може бути менша.

Опорні пластини для установки заготовок на оброблені бічні і верхні поверхні представлені на рис. 2.2, *а*, на нижні поверхні — на рис. 2.2, *б*.

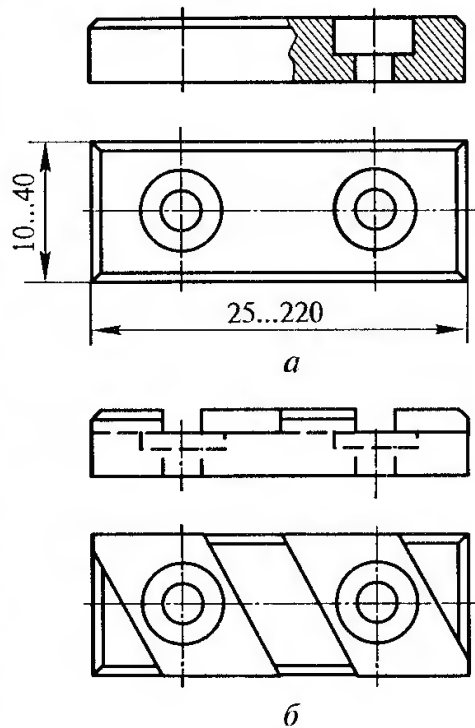


Рисунок 2.2 - Опорні пластини для установки заготовок на оброблені поверхні

Заготовки типу тіла обертання зовнішніми поверхнями встановлюють в призми — установчі елементи з робочою поверхнею у вигляді паза, утвореного двома площинами, нахиленими один до одного. Конструкції і розміри призм для установки коротких заготовок стандартизовані.

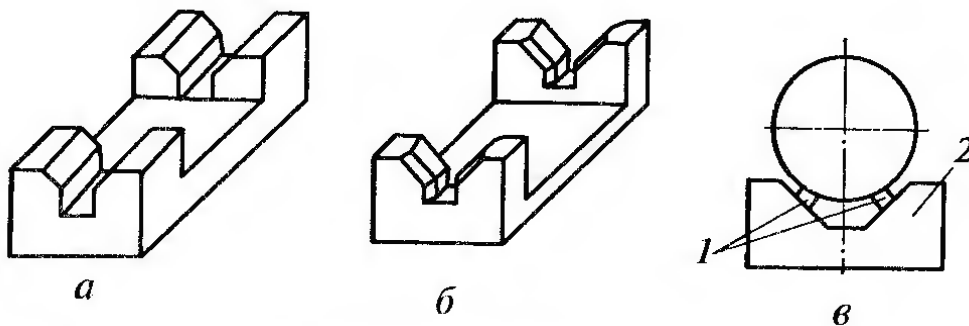


Рисунок 2.3 - Призми для установки недовгих (а) і довгих (б) заготовок і призма із запресованими змінними штирями (в): 1 — штирі; 2 — призма

Найбільш поширені конструкції призм приведені на рис. 2.3. Недовгі заготовки діаметром 5...150 мм встановлюють на призми, показані на рис. 2.3, а. Для базування довгих заготовок з необробленою базою використовують відносно вузьку призму (рис. 2.3, б). Призма із запресованими змінними

штирями, що дозволяють понизити знос корпусу пристосування, представлена на рис. 2.3, в.

Базування заготовки по двох циліндричних отворах — на установчі пальці і площину — забезпечують необхідну точність установки. Збільшення числа пальців не дає підвищення точності обробки.

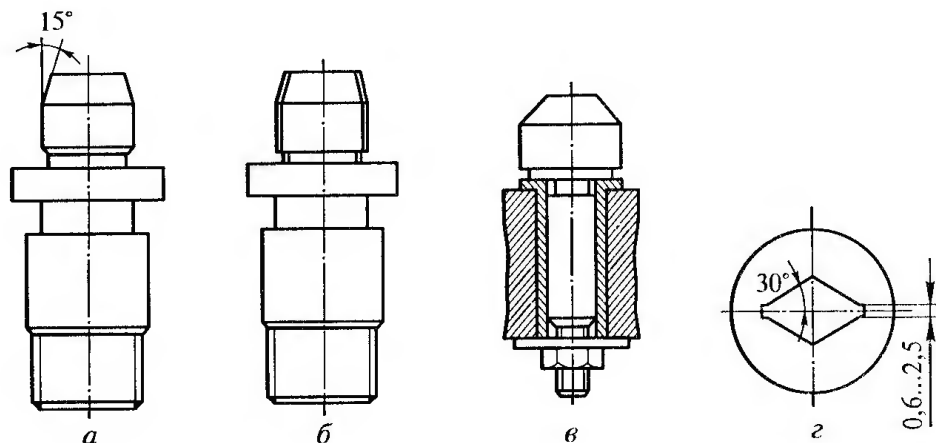


Рисунок 2.4 - Установчі пальці

На рис. 2.4 приведені конструкції установчих пальців: постійного циліндричного пальця, що встановлюється в корпусі пристосування з діаметром базового отвору 1,6...20 мм (рис. 2.4, а); зрізаного пальця з тими ж розмірами (рис. 2.4, б); змінного пальця, розташованого у втулці (рис. 2.4, в); зрізаного пальця, який використовується при базуванні заготовки на площину і два пальці (циліндричний і зрізаний), що знижує вимоги до точності відстані між базовими отворами (рис. 2.4, г, вигляд зверху).

При обробці нежорстких заготовок окрім основних опор часто застосовують допоміжні, які підводять до заготовки після її базування по шести точках і закріплення. Число цих опор і їх розташування залежать від форми заготовки, місця прикладення сил і моментів, що виникають при різанні.

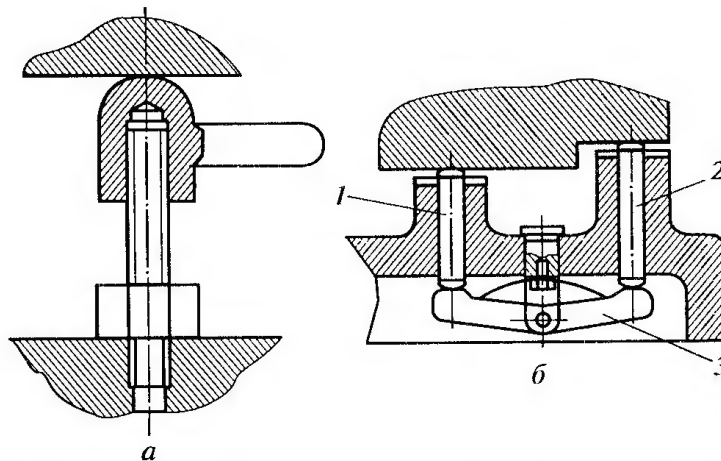


Рисунок 2.5 - Регульована гвинтова (а) допоміжна опора і така, що самовстановлюється (б): 1, 2 — штирі; 3 — важільна передача

Допоміжні опори можуть бути регульованими гвинтовими (рис. 2.5, а) і такими, що самовстановлюються (рис. 2.5, б), які працюють за рахунок важільної передачі 3 і штирів 1, 2.

Заготовки з центровими отворами базують в центрах. Для базування заготовок деталей типу тіла обертання застосовують патрони і оправки. Для деталей, що мають внутрішню циліндричну поверхню, в якості установчих елементів використовують оправки.

Конструктивно оправки підрозділяють на жорсткі і розтискні. Жорсткі оправки можуть бути конічними і циліндричними для посадки заготовок з гарантованим натягом або зазором.

На верстаті оправки встановлюють в центрах за допомогою конусного хвостовика або фланця. Центрові оправки мають центрові гнізда. Для того, щоб повідомити оправці обертальний рух, на лівому її кінці виконують квадрат або лиски; з цією ж метою встановлюють поводки.

Конічні оправки забезпечують високу точність центрування. Завдяки розклинюючій дії оправки досягається поєднання її осі і осі базового отвору (рис. 2.6, а). Заготовка утримується від повороту за рахунок досягнутого натягу, і затискати її не потрібно. До недоліків конічних оправок відносяться відсутність точного орієнтування заготовок по довжині при обробці партії внаслідок змін в межах допуску діаметру базового отвору, а

отже, неможливість обробки торців і уступів на заздалегідь налагоджених верстатах; неможливість установки довгих заготовок, оскільки вони утримуватимуться тільки одним кінцем.

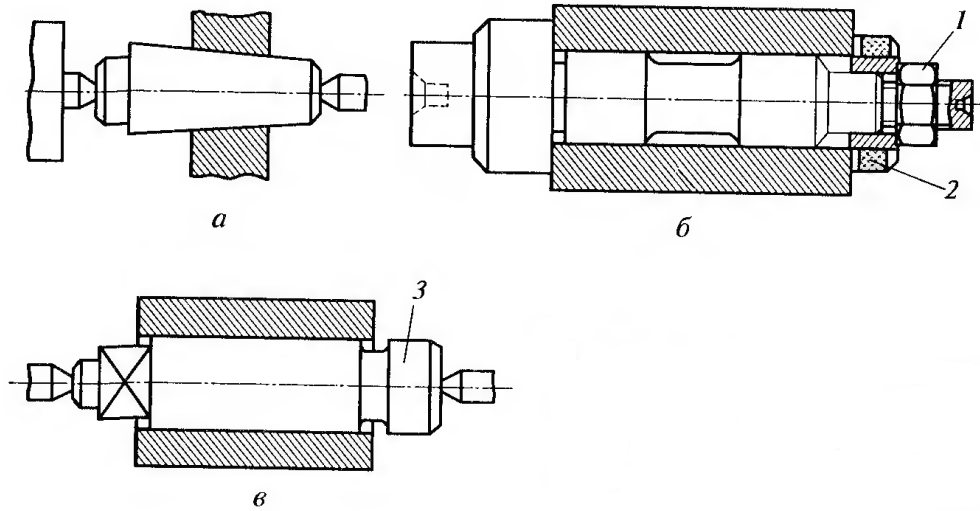


Рисунок 2.6 - Конічна (а) і циліндрична (б) оправки і оправка під запресовку (в):

1 — гайка; 2 — втулка; 3 — направляюча шийка

На рис. 2.6, б показана циліндрична оправка з гарантованим зазором і натягом за допомогою гайки 1 через втулку 2. Прокручування заготовки на оправці обмежене затягуванням гайки.

На рис. 2.6, в показана оправка під запресовку, яка, як і конічні оправки, забезпечує високу точність центрування. Застосовуючи при запресовці упорні кільця, можна точно орієнтувати заготовку по довжині оправки. Використання таких оправок дозволяє одночасно підрізувати обидва торці заготовки.

В якості баз при установці заготовок в пристосуваннях використовують циліндричні, плоскі і конічні, рідше сферичні і інші складні поверхні. Будь-яка заготовка має погрішності форми, розмірів, розташування і шорсткості поверхонь. У заготовок, заздалегідь оброблених на металорізальних верстатах, ці погрішності менші, ніж у заготовок, виготовлених литвом, штампуванням, вільним куванням тощо. Вказані погрішності здійснюють великий вплив на погрішності установки, що необхідно враховувати при

виборі схеми установки і конструюванні установчих поверхонь пристосувань.

Розглянемо як приклад випадок, коли установчою базою заготовки є плоска поверхня. Такі поверхні завжди мають відхилення від теоретично правильної площини, тому базування здійснюють на три жорсткі опорні точки; при цьому заготовка отримує цілком певне положення без гойдання.

Установка на площину допускається за наявності добре оброблених невеликих ділянок. Три опори слід розташовувати на як можна більших відстанях одна від одної, що підвищує стійкість заготовки. В якості опор застосовують штирі, пластини, допоміжні опори, що підводяться, і регульовані.

При установці заготовок на площину і два пальці один палець має бути зрізаним для зменшення величини перекосу і полегшення установки заготовки. Велика вісь зрізаного пальця розташовується перпендикулярно до лінії, що зв'язує центри пальців. Базові отвори слід вибирати з урахуванням найбільшої відстані між ними, так щоб вони були пов'язані з оброблюваними поверхнями основними розмірами.

МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитися з заданим операційним ескізом деталі, змістом операції та технічними вимогами до поверхні що оброблюється.
2. Встановити тип та модель металорізального верстата на якому виконується обробка заданої деталі.
3. Розробити теоретичну схему базування заготовки при виконанні заданої операції.
4. Розробити ескіз конструкції пристрою, що реалізує прийняту схему базування.

ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Найменування та мета роботи
2. Ескіз деталі
3. Теоретична схема базування
4. Ескіз пристрою, що реалізує розроблену теоретичну схему базування
5. Висновок

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Що таке «установчі елементи».
2. Вимоги до установчих елементів
3. Основні і допоміжні опори
4. Установчі елементи для заготовок типу тіл обертання
5. Установчі пальці
6. Оправки

Практичне заняття №3

РОЗРАХУНОК СИЛ ЗАТИСКУ ДЕТАЛІ В ПРИСТОСУВАННІ

Мета роботи. Закріплення теоретичних знань та надбання практичних навичок по визначенню необхідних сил затискання заготовок у пристроях при виконанні різних технологічних операцій механічної обробки.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Вибравши спосіб установки (базування) деталі і розмістивши установчі елементи в пристосуванні, визначають величину, місце прикладення і напрям сил для затиску оброблюваної деталі.

Затискні пристрої пристосувань повинні відповідати певним вимогам:

- 1) при затиску не змінювати початкове задане положення оброблюваної деталі в пристосуванні;
- 2) сила затиску повинна забезпечувати надійне закріплення деталі і не допускати зміщення, повороту або вібрацій деталі при обробці на верстаті;
- 3) в основному працювати від механізованих приводів.

Вибравши конструкцію затискних пристроїв, підбирають конструкцію приводу для їх переміщення при затиску і розтиску деталі в пристосуванні. Величину сил затиску і їх напрям визначають залежно від сил різання і їх моментів, що діють на оброблювану деталь. При закріпленні недостатньо жорстких деталей точки прикладення сил затиску повинні розміщуватися над опорами або якомога ближче до опор, при закріпленні жорстких деталей — між опорами пристосування.

Величину сил затиску деталі в пристосуванні можна визначити, вирішивши задачі статички на рівновагу твердого тіла, що знаходиться під дією усіх прикладених до нього сил і моментів, які виникають від цих сил, —

різання і інших, що прагнуть змістити встановлену деталь (сили ваги, інерційні відцентрові), затиску і реакції опор.

Величину сил різання і їх моментів визначають за формулами теорії різання металів або вибирають по нормативних довідниках. Знайдене значення сил різання для надійності затиску деталі множать на коефіцієнт запасу $K = 1,4 \dots 2,6$ (при чистовій обробці $K = 1,4$, при чорновій $K = 2,6$).

Величина коефіцієнта залежить від умов обробки деталі на верстаті:

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

де $K_0 = 1,5$ — гарантований коефіцієнт запасу при усіх випадках обробки; K_1 — коефіцієнт, залежний від виду поверхні деталі (необроблена або оброблена); K_2 — коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання при затупленні різального інструменту; K_3 — коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання при обробці переривчастих поверхонь на деталі; K_4 — коефіцієнт, що враховує постійність сили затиску, що розвивається силовим приводом пристосування; K_5 — коефіцієнт, що враховується за наявності моментів, які прагнуть повернути оброблювану деталь навколо її осі.

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

Перший варіант (рис. 3.1, а). Сила затиску W прикладена до оброблюваної деталі 1 і сила різання P однаково спрямовані і притискають деталь до опори 2 пристосування. При цьому потрібна мінімальна сила затиску W_{min} .

Другий варіант (рис. 3.1, б). Сила затиску W і сила різання P діють на оброблювану деталь 1 в протилежних напрямках; необхідна сила затиску

$$W = KP.$$

Третій варіант (рис. 3.1, в). Сила затиску W і сила різання P діють на оброблювану деталь у взаємно перпендикулярному напрямі. Силі різання P протидіють сили тертя між нижньою базовою площиною деталі і опорними штирями пристосування і між верхньою площиною деталі і затискними елементами. При цьому необхідна сила затиску

$$Wf_1 + Wf_2 = KP,$$

звідки

$$W = \frac{KP}{f_1 + f_2},$$

де f_1 і f_2 — коефіцієнти тертя між деталлю і установчими затискними елементами пристосування. При $f_1 = f_2 = 0,1$ сила затиску $W = 5KP$.

Четвертий варіант (рис. 3.1, г). Сила затиску W притискає деталь до опор, при цьому одна сила різання P_1 має один напрям з силою затиску і притискає деталь до нижніх опор, а друга сила різання P_2 діє в напрямі, перпендикулярному силі затиску. Зміщенню деталі в пристосуванні перешкоджають сили тертя, що виникають на площинах контакту деталі з установчими і затискними елементами пристосування. Величину сили затиску визначають із співвідношення

$$P_2 < (W + P_1)f_2 + Wf_1,$$

а з урахуванням коефіцієнта запасу ($K > 1$)

$$W = \frac{KP_2 - P_1f_1}{f_1 + f_2}.$$

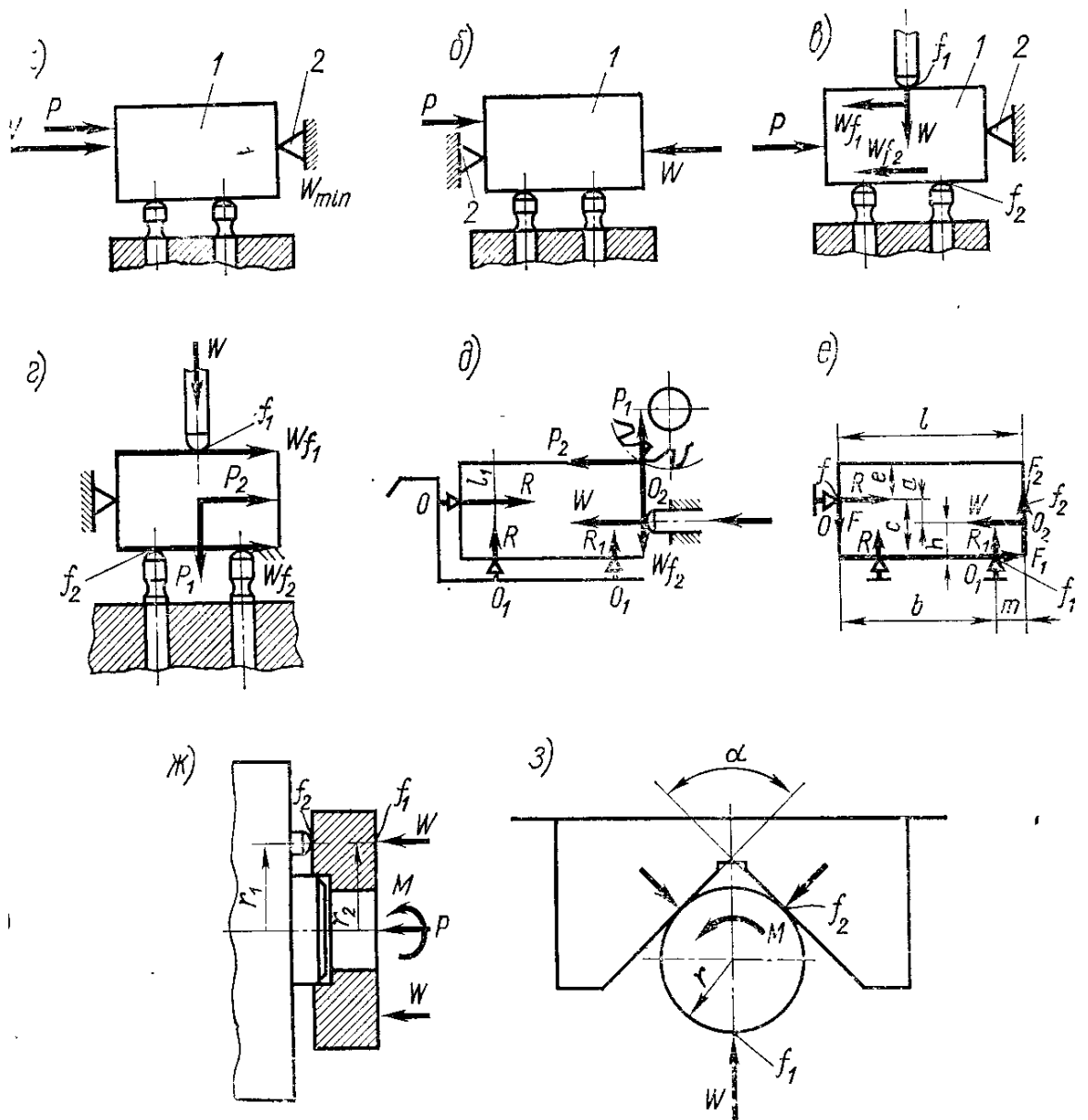


Рисунок 3.1 - Різні варіанти взаємодії сил різання і сил затиску на деталь, встановлену в пристосуванні

П'ятий варіант (рис. 3.1, д, е). Оброблювана деталь затискається горизонтально діючою силою затиску W . Відстань між силою затиску і силою реакції від бічного упору вибирають такою, щоб оброблювана деталь надійно була притиснута до установчих опор пристосування. На деталь, затиснуту в пристосуванні, діють сила затиску W , сили реакції R_1 і R від установчих і затискних опор і сили тертя F , F_1 і F_2 між поверхнями деталі, установчими і затискними елементами пристосування.

Прирівнюючи суму моментів відносно точки O нулю, знайдемо силу

$$W = \frac{R_1(b + f_1c)}{a - f_2e}.$$

Шостий варіант (рис. 3.1, д, е). При обробці деталі фрезою на неї діють сили різання P_1 і P_2 . Величину сили затиску з урахуванням сил різання знайдемо, прирівнюючи суму моментів усіх сил відносно точки O нулю:

$$Wa + Wf_2l - KP_2e - KP_1l = 0,$$

звідки

$$W = \frac{K(P_2e + P_1l)}{a + f_2l},$$

де K — коефіцієнт запасу.

Сьомий варіант (рис. 3.1, ж). Оброблювану деталь виточною встановлюють на центруючий жорсткий палець пристосування і лівою площиною притискають до трьох опорних штирів декількома прихватами. При обробці на деталь діють зміщуючий момент M і осьова сила P . Оброблювана деталь утримується від зміщення силами тертя, що виникають між поверхнями установчих і затискних елементів пристосування. В цьому випадку силу затиску W визначають з рівності

$$KM = f_1Wr_2 + f_2Wr_1 + f_2Pr_1,$$

звідки

$$W = \frac{KM - f_2Pr_1}{f_1r_2 + f_2r_1}.$$

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

$$KM = f_2 W r_1 + f_2 P r_1,$$

звідки

$$W = \frac{KM - f_2 P r_1}{f_2 r_1}.$$

Восьмий варіант (рис. 3.1, з). Оброблювана деталь зовнішньою циліндричною поверхнею встановлена в призмі з кутом $\alpha = 90^\circ$ і затиснута силою W . Повороту деталі навколо її осі протидіють сили тертя, що виникають на поверхнях контакту деталі з установчими і затискними елементами пристосування. Без урахування тертя на торці деталі

$$KM = W f_1 r + W f_2 r \frac{1}{\sin(\alpha/2)},$$

звідки

$$W = \frac{KM}{f_1 r + \frac{f_2 r}{\sin(\alpha/2)}}.$$

Дев'ятий варіант (рис. 3.2, а). Розглянемо дію двох сил різання P_z і P_x на оброблювану деталь I , затиснуту в трикулачковому патроні верстата; сила різання P_z створює момент

$$M_{\text{різ}} = P_z r_1,$$

який прагне повернути оброблювану деталь навколо її осі, а сила P_x — перемістити оброблювану деталь вздовж її осі. Сумарна сила затиску оброблюваної деталі трьома кулачками патрона

$$W_{\text{сум}} f r = KM_{\text{різ}} = K P_z r_1,$$

звідки

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

де $K = 1,4 \dots 2,6$ — коефіцієнт запасу; $M_{\text{різ}}$ — момент від сили різання P_z ; f — коефіцієнт тертя між поверхнями деталі і кулачків (залежить від виду поверхні кулачків); r — радіус оброблюваної частини деталі, затиснутої кулачками, мм; r_1 — радіус обробленої частини деталі, мм.

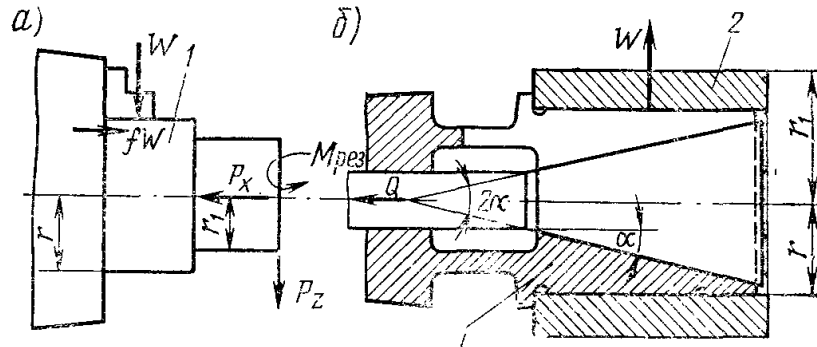


Рисунок 4.2 - Різні варіанти взаємодії сил різання і сил затиску на деталь, встановлену в патроні (а) і на цанговому оправляння (б)

Тоді сила затиску деталей одним кулачком патрона

$$W = \frac{W_{\text{сум}}}{z},$$

де z — кількість кулачків патрона.

Величину $W_{\text{сум}}$ перевіряють на можливість подовжнього зрушення оброблюваної деталі силою P_x за формулою

$$W_{\text{сум}} f \geq KP_x,$$

звідки

$$W_{\text{сум}} \geq \frac{KP_x}{f}.$$

Десятий варіант (рис. 3.2, б). Розглянемо дію сили різання P_x на оброблювану втулку 2, встановлену і затиснуту на цанговій оправці 1 (рис. 3.2, б). Сила P_z при обробці втулки 2 створює момент різання $M_{різ}$, якому протидіє момент від сили тертя $M_{тр}$ між установчою поверхнею цанги і оброблюваною деталлю.

Сумарна сила затиску $W_{сум}$ оброблюваної деталі усіма пелюстками цанги

$$W_{сум}fr = KM_{різ} = KP_zr_1,$$

звідки

$$W_{сум} = \frac{KM_{різ}}{fr} = \frac{KP_zr_1}{fr},$$

Момент від сили тертя

$$M_{тр} = W_{сум}fr,$$

де f — коефіцієнт тертя між деталлю і цангою.

Фактичні сили затиску деталі, що створюються затискними механізмами, повинні дорівнювати розрахунковим силам затиску або бути дещо більше їх. Величина фактичних сил затиску деталі залежить від величини початкової сили Q , приводу передатного відношення між фактичною силою затиску W_{ϕ} деталі і початковою силою Q для конкретного затискного пристрою пристосування. Залежність між силами W_{ϕ} і Q визначається рівністю

$$W_{\phi} = Qi_c,$$

звідки

$$i_c = \frac{W_{\phi}}{Q},$$

де i_c — передатне відношення між силами; Q — початкова сила, що розвивається робочим або механізованим приводом, Н; W_ϕ — фактична сила затиску оброблюваної деталі, Н.

МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитись з варіантами розрахункових схем взаємодії складових сил та моментів різання і сил затискання та формулами їх розрахунку для різних видів механічної обробки.

2. Ознайомитись з методикою розрахунку необхідних сил затискання заготовок в пристроях та розрахунку коефіцієнта запасу затискання K .

3. Для заданих варіантів схем встановлення заготовок та взаємодії сил і моментів різання при різних видах механічної обробки, визначити коефіцієнт запасу затискання, необхідну силу затискання та зробити відповідних висновки.

ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Найменування та мета роботи
2. Розрахункова схема взаємодії складових сил та моментів різання і сил затискання для заданого виду механічної обробки
3. Визначення коефіцієнту запасу затискання, необхідної сили затискання заготовки для заданого виду механічної обробки.
4. Висновок

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Вимоги до затискних пристроїв
2. Коефіцієнт запаса
3. Розрахунок сил затиску для різних схем встановлення заготовки

Практичне заняття №4

РОЗРАХУНОК ЗАТИСКНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРИСТОСУВАНЬ

Мета роботи. Закріплення теоретичних знань та надбання практичних навичок по розрахунку затискних елементів у пристроях при виконанні різних технологічних операцій механічної обробки.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Затискний механізм створює силу для закріплення заготовки, яка визначається з умови рівноваги усіх сил, прикладених до заготовки: сил різання, тертя, реакцій в опорах, відповідних моментів (у ряді випадків додатково враховують масу і силу інерції). З метою безпеки обслуговуючого персоналу розрахункове значення сили затиску збільшують в 2-2.5 рази.

Величину сил затиску і їх напрям визначають з урахуванням сил, що діють на заготовку (деталь). Розглянемо три типові випадки.

1. Сила Q затиску спрямована протилежно силі P_z різання. В цьому випадку $Q > P_z$. Враховуючи, що в процесі роботи різальний інструмент затупляється, а механічні властивості оброблюваного матеріалу і величина припуску можуть змінюватися, силу затиску збільшують в 2-2.5 рази.

2. Напрями сил різання і затиску співпадають. Це найбільш сприятливий випадок, при якому сила затиску буде мінімальною.

3. Сила Q затиску перпендикулярна до напрямку сили P_z різання (рис. 4.1). В даному випадку затискування забезпечується за рахунок сил тертя $F=Q\mu$ і $F_l=R\mu$, де μ — коефіцієнт тертя ($\mu = 0.1...0.2$ для оброблених поверхонь; $\mu = 0.2...0.4$ для необроблених поверхонь і $\mu = 0.5...0.7$ при установці на рифлені штирі); R — реакція опори.

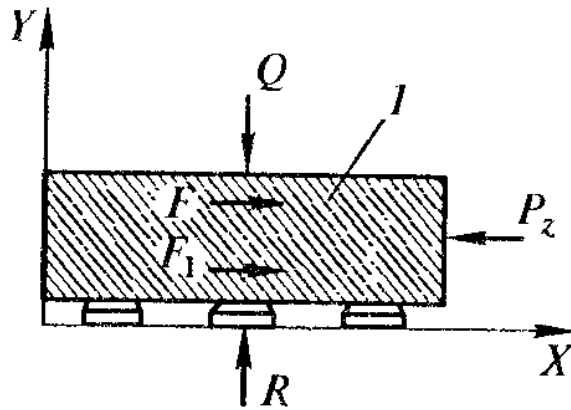


Рисунок 4.1 - Напрямок сил різання P_z і затиску Q при установці заготовки в пристосуванні

Проектуючи усі сили на осі X і Y , отримуємо $P_z - F - F1 = 0$; $Q - R = 0$. З другого рівняння маємо $Q = R$, тоді $F = F1$, і $P_z = 2F = 2Q\mu$. Звідси знаходимо Q , Н, при коефіцієнті запасу 2,0 ... 2,5:

$$Q = (1 \dots 1,25) \sim \frac{P_z}{\mu}$$

Затиск за рахунок сил тертя можна рекомендувати для операцій з невеликими силами; в усіх інших випадках краще ставити опори, сприймаючі ці сили. При інших напрямках сил різання і затиску для визначення значення Q рівняння рівноваги сил слід вирішувати, враховуючи коефіцієнт запасу.

Розрізняють клинові, важільні, гвинтові, комбіновані, ексцентрикові, цангові і ланцюгові затискні механізми.

Клиновий затискний механізм

Для надійного закріплення оброблюваної деталі в пристосуванні клин має бути що самогальмівний, тобто затискати оброблювану деталь після припинення дії на клин початкової сили P (рис. 4.2, а). Клинові затискувачі застосовують в якості проміжної ланки в складних затискних системах. Вони дозволяють збільшувати і змінювати напрям передаваної сили.

При розташуванні передаваних сил односкосним клиновим механізмом між силами P і Q виходить залежність, яку визначають з силового багатокутника (рис. 4.2, б):

$$P = Q \frac{\cos \varphi_3 \sin[\alpha \pm (\varphi_1 + \varphi_2)]}{\cos \varphi_1 \cos[\alpha \pm (\varphi_2 + \varphi_3)]};$$

знак «+» відноситься до закріплення клину, а знак «-» — до відкріплення його.

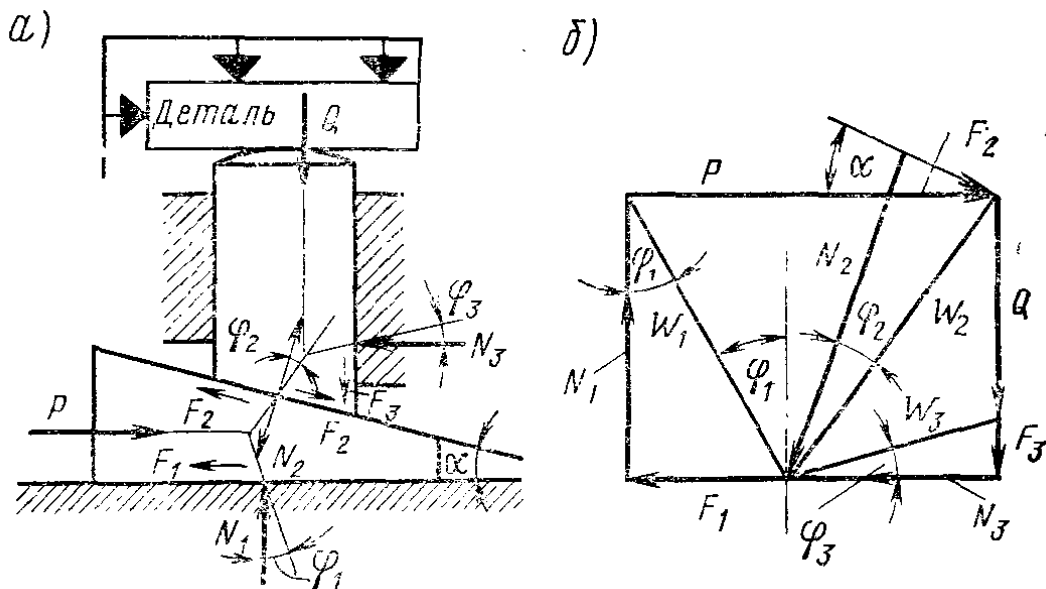


Рисунок 4.2 - Сили, що діють в односкосному клиновому затискувачі (а) і силовий багатокутник (б)

Самогальмування клину забезпечується малими кутами α нахилу його поверхні і виходить при $\alpha < \varphi_1 + \varphi_2$. На рис. 4.2, б дана схема дії сил в односкосним клиновим механізмі. Окрім початкової сили P на клин діють нормальні сили N_1 , N_2 і сили тертя F_1 , F_2 по його бічних поверхнях. Якщо $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3 = \varphi$, то для односкосового клину при розташуванні передаваної сили під прямим кутом залежність між силами P і Q виражається формулою

$$P = Q \operatorname{tg}(\alpha \pm 2\varphi).$$

Клинові затискувачі застосовують в пристосуваннях в поєднаннях з іншими елементарними затискувачами.

Важільний затискний механізм

Для визначення співвідношення між початковою силою Q механізованого приводу і силою затиску W деталі розглянемо їх дію на прямий важіль (рис. 4.3, *a*). Сила Q від механізованого приводу діє на лівий кінець важеля на відстані l_1 від осі гойдання O . Сила Q повертає важіль на осі біля точки O , а правий кінець важеля затискає оброблювану деталь з силою W , що знаходиться на відстані l від точки O . Внаслідок відмінності плечей l_1 і l важеля, а також враховуючи втрати на тертя на його осі при повороті, витікає, що величини сил Q і W будуть різними.

Реакцію на осі важеля позначимо через N . Від сили N виникає сила тертя Nf_0 , що діє назустріч обертанню важеля. Для визначення сили N напишемо рівняння рівноваги важеля відносно точки O_1 без урахування сили тертя:

$$M_{O_1} = Nl - Q(l_1 + l) = 0,$$

але

$$N = \frac{Q(l_1 + l)}{l},$$

або

$$N = Q + W.$$

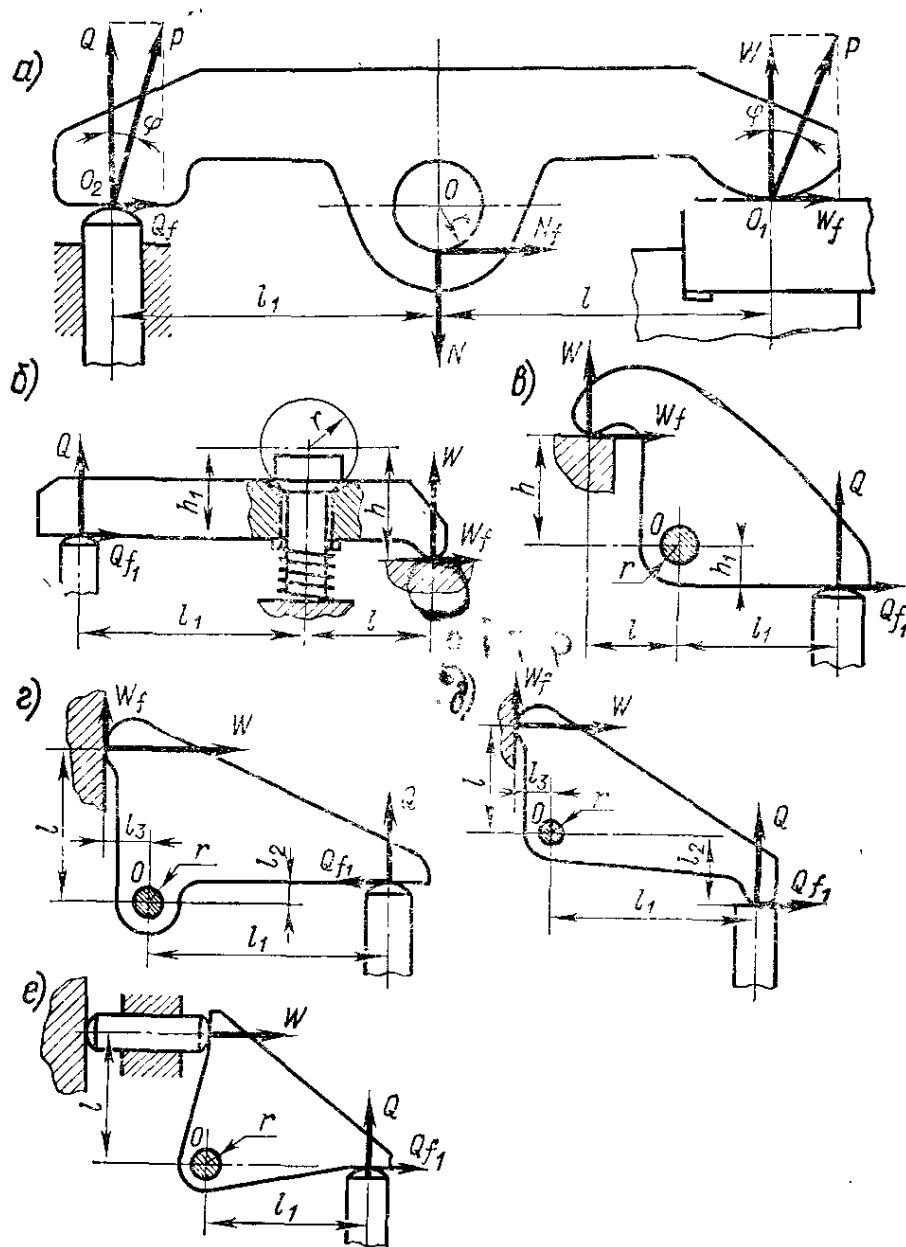


Рисунок 4.3 - Схеми дії сил у важільних прихватах пристосування

Для визначення співвідношення між початковою силою Q механізованого приводу і силою затиску W деталі знайдемо рівняння рівноваги важеля відносно осі обертання O з урахуванням тертя від сили N на його осі (рис. 4.3, а):

$$M_0 = Ql_1 - Nf_0r - Wl = 0,$$

звідки

$$Ql_1 = Wl + Nf_0r;$$

$$W = \frac{Ql_1 - Nf_0r}{l}.$$

Підставивши у формулу замість N її значення, отримаємо:

$$W = \frac{Ql_1 - (Q + W)f_0r}{l} = \frac{Ql_1 - Qf_0r - Wf_0r}{l};$$

$$Wl = Ql_1 - Qf_0r - Wf_0r;$$

$$Wl + Wf_0r = Ql_1 - Qf_0r,$$

звідки

$$W = \frac{Q(l_1 - f_0r)}{l + f_0r};$$

$$Q = \frac{W(l + f_0r)}{l_1 - f_0r}.$$

Передатне відношення

$$i_c = \frac{W}{Q} = \frac{Q(l_1 - f_0r)(l_1 - f_0r)}{W(l + f_0r)(l + f_0r)} = \frac{Q(l_1 - f_0r)^2}{W(l + f_0r)^2}.$$

Для важелів, представлених на *рис. 4.3, б, в*, з урахуванням додаткових сил тертя Qf_1 і Wf в місцях дії сил при $l_1 > l$, $W \geq Q$ і $f = \text{const}$ сила

$$Q = \frac{W(l + hf + rf_0)}{l_1 - h_1f_1 - rf_0}.$$

Для важелів, показаних на *рис. 4.3, з, д*, сила на штоку приводу ($f = \text{const}$):

при $l_1 \geq l$

$$Q = \frac{W(l + l_3f + 0,96rf_0)}{l_1 - l_2f_1 - 0,4rf_0};$$

при $l_1 = l$

$$Q = \frac{W(l + l_3f + 1,41rf_0)}{l_1 - l_2f_1}.$$

Для важеля (*рис. 4.3, е*):

при $l_1 \geq l$

$$Q = \frac{W(l + 0,96rf_0)}{l_1 - 0,4rf_0};$$

при $l_1 = l$

$$Q = \frac{W(l + 1,41rf_0)}{l_1}.$$

Гвинтовий затискний механізм

Сила, необхідна для затиску деталі гвинтовим затискувачем, залежить від довжини рукоятки і величини прикладеної до неї сили, форми затискного торця гвинта і виду різьби. Сила, прикладена на кінці рукоятки 2 різьбового затискувача з сферичним торцем 1 (*рис. 4.4, а*),

$$Q = \frac{Wr_{cp} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np})}{l}$$

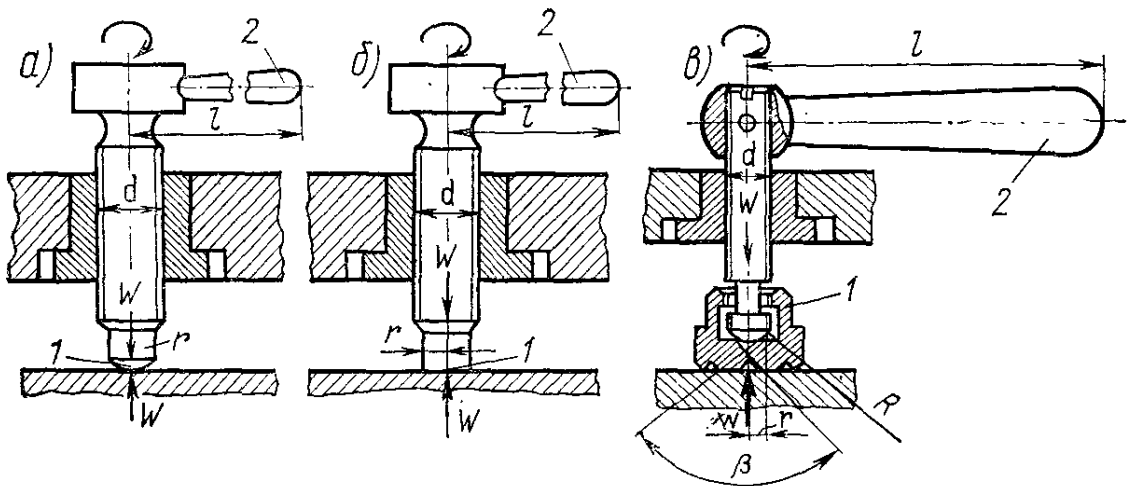


Рисунок 4.4 - Гвинтові затискувачі і їх розрахунок:

a — з рукояткою 2 і сферичним торцем 1; *б* — з рукояткою 2 і плоским торцем 1;

в — з рукояткою 2 і башмаком 1

Сила затиску

$$W = \frac{Ql}{r_{cp} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np})}$$

Момент від сили Q , прикладеної на рукоятці різьбового затискувача з сферичним торцем (рис. 4.4, *a*),

$$M_Q = Ql = Wr_{cp} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}).$$

Сила, прикладена на кінці рукоятки різьбового затискувача з плоским торцем 1 (рис. 4.4, *б*),

$$Q = W \frac{r_{cp} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + 0,67fr}{l}$$

Сила затиску

$$W = \frac{Ql}{r_{cp} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + 0,67fr}$$

Момент від сили Q , прикладеної на рукоятці різьбового затискувача з плоским торцем,

$$M_Q = Ql = W[r_{cp} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + 0,67fr].$$

Сила, прикладена на рукоятці різьбового затискувача з сферичним торцем, що упирається в конусне гніздо затискного башмака (рис. 4.4, в),

$$Q = W \frac{r_{cp} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + fR \operatorname{ctg}(\beta/2)}{l}$$

Сила затиску

$$W = \frac{Ql}{r_{cp} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + fR \operatorname{ctg}(\beta/2)}$$

Момент від сили Q , прикладеної на рукоятці різьбового затискувача з башмаком,

$$M_Q = Ql = W[r_{cp} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + fR \operatorname{ctg}(\beta/2)].$$

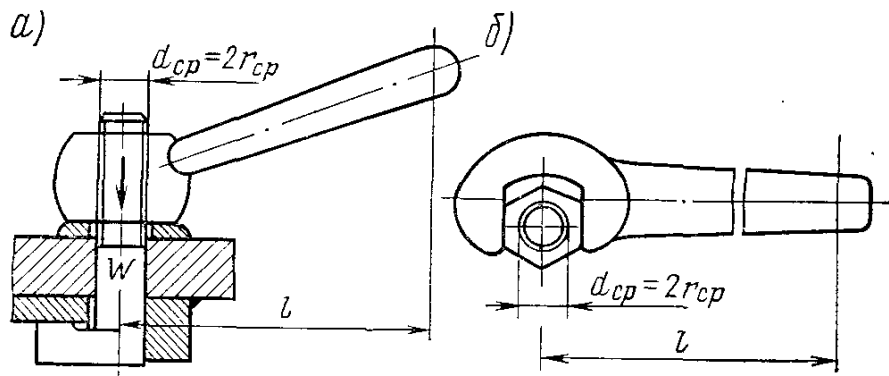


Рисунок 4.5 - Схема для розрахунку сили затиску:

а — передаваною гайкою з рукояткою; б — передаваною гайкою з ключем

Сила, прикладена на рукоятці (рис. 4.5, а) або на ключі (рис. 4.5, б) різьбового затискувача з гайкою

$$Q = \frac{W \left[r_{cp} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{пр}) + 0,33f \frac{D_H^3 - D_B^3}{D_H^2 - D_B^2} \right]}{l}$$

Момент від сили Q , прикладеної на рукоятці (рис. 4.5, а) або на ключі (рис. 4.5, б) різьбового затискувача з гайкою,

$$M_Q = Ql = W \left[r_{cp} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{пр}) + 0,33f \frac{D_H^3 - D_B^3}{D_H^2 - D_B^2} \right]$$

Сила затиску

$$W = \frac{Ql}{r_{cp} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{пр}) + 0,33f \frac{D_H^3 - D_B^3}{D_H^2 - D_B^2}}$$

Тут $Q = 14...20$ — шукана сила на рукоятці або ключі різьбового затискувача, що прикладається робітником, Н; W — необхідна сила затиску гвинтом деталі (визначається по приведених формулах), Н; $l \approx 14d$ —

відстань від осі гвинта до точки прикладення сили Q (d — номінальний зовнішній діаметр різьби), мм; r_{cp} — середній радіус різьби гвинта, мм; $\alpha \approx 2^\circ 30' \dots 3^\circ 30'$ — кут підйому гвинта різьби; умова самогальмування гвинта, болта ($\alpha \leq 6^\circ 30'$): $\operatorname{tg} \alpha = s / (2\pi r_{cp})$; $\varphi_{пр}$ — приведений кут тертя в різьбовій парі ($\varphi_{пр} \approx 6^\circ 40'$): $\operatorname{tg} \varphi_{пр} = f / \cos \beta_1$; $f = 0,1 \dots 0,15$ — коефіцієнт тертя при плоскому контакті двох деталей (на нижньому торці гайки або гвинта), що сполучаються; r — радіус циліндричної частини нижнього кінця гвинта, мм; s — крок різьби, мм; R — радіус сферичного кінця гвинта в гнізді башмака, мм; $\beta \approx 120^\circ$ — кут між дотичними до сферичної поверхні гвинта в гнізді башмака, град; $f_{пр}$ — приведений коефіцієнт тертя:

$$f_{пр} = \frac{f}{\cos \beta_1} = \frac{f}{\cos 30^\circ} = 1,15f;$$

β_1 — половина кута при вершині профілю метричної різьби при $f = 0,1$; $f_{пр} = \operatorname{tg} \varphi_{пр} = 0,115$, звідки $\varphi_{пр} = \operatorname{arctg} 0,115 \approx 6^\circ 40'$; D_H — зовнішній діаметр опорного торця гайки, мм; D_B — внутрішній діаметр опорного торця гайки, мм.

Залежно від необхідної сили затиску, що визначається за формулою [Н]

$$W = 0,64 \left(\frac{\pi d^2}{4} \right) [\sigma]_p = 0,5d^2 [\sigma]_p,$$

знаходимо номінальний зовнішній діаметр гвинта [мм]:

$$d = \sqrt{\frac{W}{0,5[\sigma]_p}},$$

де $[\sigma]_p \approx 58 \dots 98$ — допустиме напруження на розтягування матеріалу гвинта при змінному навантаженні, МПа.

Комбіновані затискні механізми

До комбінованих затискних пристроїв відносяться гвинтові прихвати, що складаються з гвинтового і важільного затискувачів; ексцентрикові прихвати, що складаються з ексцентрикового і важільного затискувачів тощо. Важелі прихватів для зручності установки деталей бувають пересувні і відкидні. Деталі прихватів в основному стандартизовані або нормалізовані.

На *рис. 4.6, а* показаний один з видів нормалізованих гвинтових прихватів з пересувною притискною планкою 1 і регульованою опорою 2. Прихват застосовують для кріплення оброблюваних деталей 3 з різними розмірами H . При загвинчуванні гайки 4 планка 1 затискає деталь 3. На *рис. 4.6, б* дана схема дії сил при затиску оброблюваної деталі цим гвинтовим прихватом. З рівності моментів сил відносно нерухомих опор знаходимо величину початкової сили Q , що розвивається гвинтом:

$$Q = \frac{W(l_1 + l_2)}{l_1\eta},$$

звідки сила затиску

$$W = \frac{Ql_1\eta}{l_1 + l_2},$$

де $\eta = 0,95$ — ККД, що враховує втрати на тертя між притискною планкою і її опорою; при $l_1 = l_2$ і $\eta = 1$ сила $W = 0,5Q$.

На *рис. 4.7, а* показаний один з нормалізованих гвинтових прихватів із закріпленою їм деталлю, а на *рис. 4.7, б* — схема дії сил при затиску оброблюваної деталі 3 цим прихватом. При загвинчуванні гвинта 5 правий кінець прихвата 6 піднімається, а лівий опускається і затискає деталь 3, встановлену на опорах 2, запресованих в корпус 1 пристосування. При установці деталі пружина 7 піднімає прихват, що утримується голівкою 4.

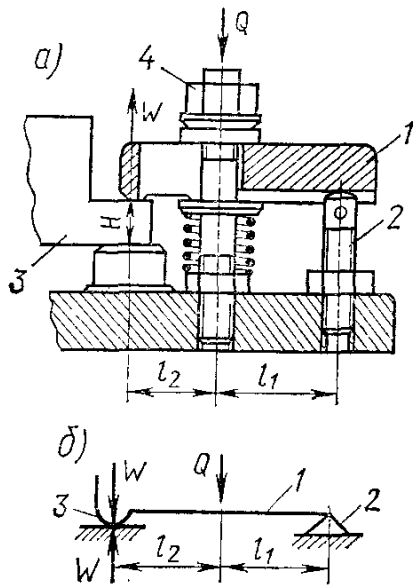


Рисунок 4.6 - Нормалізований гвинтовий прихват (а) і схема дії сил при затиску деталі цим прихватом (б)

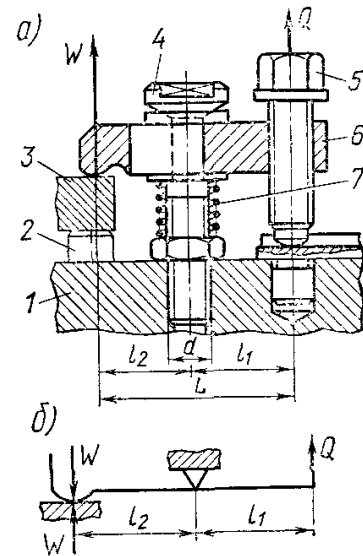


Рисунок 4.7 - Нормалізований гвинтовий прихват (а) і схема дії сил при затиску деталі цим прихватом (б)

З рівності моментів сил відносно нерухомих опор знаходимо величину початкової сили Q , що розвивається гвинтовим прихватом:

$$Q = \frac{Wl_2}{l_1\eta},$$

звідки сила затиску

$$W = \frac{Ql_1\eta}{l_2};$$

при $l_1 = l_2$ і $\eta = 1$ сила $W = Q$.

На *рис. 4.8, а* показаний гвинтовий відкидний прихват, а на *рис. 4.8, б* — схема дії сил при затиску їм оброблюваної деталі. При нагвинчуванні на поворотний болт *б* зірочка *5* натискає на відкидну планку *3*, в якій закріплений на осі сухар *4*, що затискає оброблювану деталь *1*. При згвинченні з болта зірочка перестає давити на відкидну планку з сухарем і

деталь розтискається. Потім болт *б* повертають вниз на осі *7*, а планку *3* піднімають, повертаючи на осі *2*, знімають оброблену деталь *1* і встановлюють наступну.

Величина початкової сили, що розвивається цим гвинтовим прихватом

$$Q = \frac{Wl_1}{L\eta},$$

звідки сила затиску

$$W = \frac{QL\eta}{l_1},$$

де l_1 , l_2 і L — довжини плечей затискного важеля (планки).

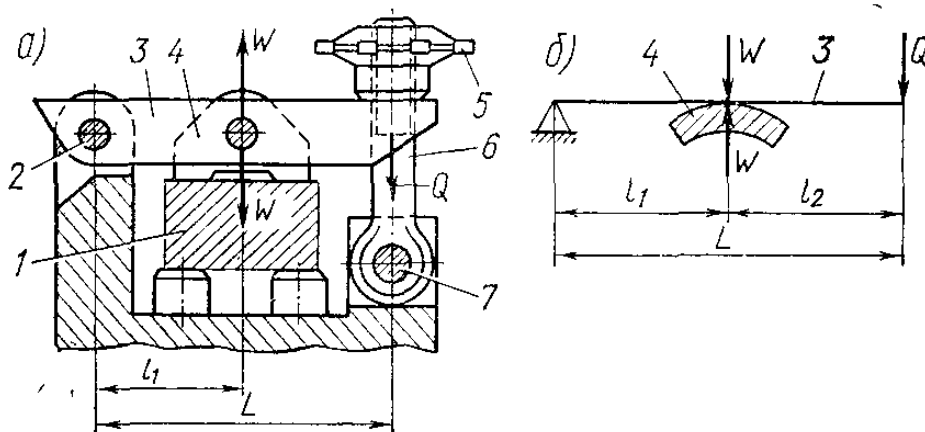


Рисунок 4.8 - Нормалізований гвинтовий прихват (а)

і схема дії сил при затиску деталі цим прихватом (б)

При $l_1 = 0,5$ і $\eta = 1$ сила $Q = 0,5W$; $W = 2Q$.

З приведених формул можна зробити висновок, що прихват, представлений на *рис. 4.6*, використовує для затиску деталі лише половину прикладеної сили Q ; прихват, показаний на *рис. 3.7*, — усю прикладену силу Q ; прихват, даний на *рис. 3.8*, затискає деталь з силою W , в два рази більшою, ніж прикладена сила Q (за умови $l_1 = l_2$; $L = 2l_1$ і $\eta = 1$).

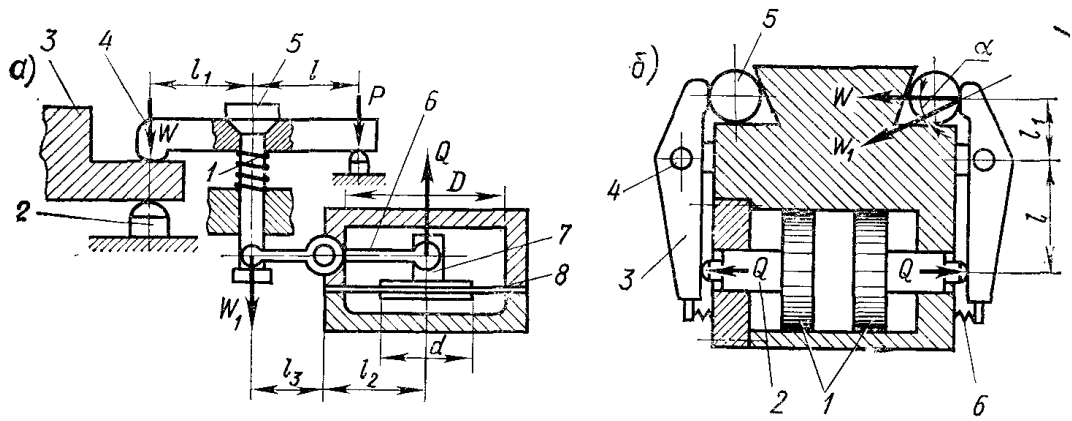


Рисунок 4.9 - Нормалізований прихват з пневмокамерою (а) і пневматичним циліндром (б)

На рис. 4.9, а представлена схема комбінованого затискного пристрою з пневматичним приводом. При поданні стислого повітря в нижню порожнину пневмокамери мембрана 8 прогинається і шток 7, жорстко пов'язаний з мембраною, повертаючи важіль-підсилювач 6 на осі, праве його плече піднімає, а ліве опускає. В цей час важіль 6 лівим плечем опускає стрижень 5 з планкою 4 і планка лівим плечем затискає деталь 3, встановлену на опорах 2. При поданні стислого повітря у верхню порожнину пневмокамери мембрана 5 прогинається вниз і шток 7, повертаючи важіль-підсилювач 6 на осі, переміщає праве його плече вниз, а ліве — вгору. В цьому випадку важіль лівим плечем піднімає стрижень 5 і він припиняє натиск на планку 4 і деталь звільняється. Для зручності установки і знімання деталей 3 пружина 1 піднімає прихват 4 і притискає його до верхньої голівки стрижня 5.

Сила затиску деталі цим затискним пристроєм

$$W = Q \frac{l_2}{l_3} \cdot \frac{l_1}{l + l_1} \eta.$$

Сила на штоку пневмокамери

$$Q = W \left[\frac{(l + l_1)l_3}{l_2 l_1 \eta} \right],$$

де l_2 і l_3 — довжини плечей важеля-підсилювача; l_1 і l — довжини плечей притискного важеля (планки); η — коефіцієнт, що враховує тертя в шарнірних з'єднаннях і пневмокамері.

На *рис. 4.9, б* показана схема комбінованого затискного пристрою з пневмоциліндром. При поданні стислого повітря у безштокову порожнину пневмоциліндра поршні *1* з штоками *2* переміщуються від центру в різні боки. В цей час штоки повертають планки *3* на осях *4* і вони затискають деталі *5*. При поданні стислого повітря в штокові порожнини пневмоциліндра поршні з штоками переміщуються до центру і штоки припиняють натиск на планки. Пружини *б* повертають планки *3* на осі *4* і деталі *5* розтискаються.

Сила затиску деталі планкою

$$W = \frac{Ql\eta}{l_1};$$

$$W_1 = \frac{Ql\eta}{l \cos \alpha}.$$

Сила на штоку

$$Q = W_1 \frac{l_1}{l} \cos \frac{\alpha}{\eta},$$

або

$$Q = W \frac{l_1}{l} \cdot \frac{1}{\eta}.$$

Тут l і l_1 — довжини плечей планки; $\eta = 0,9$ — коефіцієнт втрати на тертя в ущільненнях поршня і штока і на осях планок; α — кут між силами затиску деталі.

МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитись з методикою розрахунку затискних елементів пристроїв.

3. Для заданих варіантів схем встановлення заготовок та взаємодії сил і моментів різання при різних видах механічної обробки, визначити силу затиску та праметри затискних елементів.

ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Найменування та мета роботи
2. Розрахункова схема взаємодії складових сил та моментів різання і сил затискання для заданого виду механічної обробки
3. Розрахунок затискних елементів.
4. Висновок

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Затискні елементи пристосувань
2. Визначення сили затиску заготовки в пристосуванні
3. Класифікація затискних елементів
4. Розрахунок затискних елементів

ЛІТЕРАТУРА

1. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування технологічного спорядження : посібник / Л. І. Боженко. – Львів : Світ, 2001. – 296 с.
2. Медведєв В.С. Технологічне оснащення : навчальний посібник до самостійного вивчення дисципліни спеціальностей 7.090202 «Технологія машинобудування», 7.090203 «Металорізальні верстати», 7.090204 «Інструментальне виробництво» для студентів денної й заочної форми навчання / сост. : В. С. Медведєв, В. В. Скибін. – Краматорськ: ДДМА, 2009. – 56 с.
3. Павленко І.І., Мажара В.А. Технологічне оснащення. Методичні вказівки до виконання курсового проекту студентами спеціальності «Прикладна механіка». – Кропивницький: ЦНТУ, 2017. – 36 с.
4. Проектування технологічного оснащення : практикум : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / І.О. Григурко, С.М. Анастасенко, В.Л. Будуров. - Львів : Видавництво "Новий Світ-2000", 2021. - 218 с.
5. Технологічна оснастка : курс лекцій : навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей технічних вищих навчальних закладів / М. Г. Дичковський ; Міністерство освіти і науки України, Тернопільській державний технічний університет імені Івана Пулюя. - Херсон : Олді-плюс, 2018. - 322 с.
6. Боровик А.И. Технологічна оснастка механоскладального виробництва. Підручник. – К.: «Кондор», 2008. – 726 с.
7. Бондаренко С.Г. Розмірні розрахунки механоскладального виробництва: навч. посібник/ Бондаренко С.Г. - Київ: ІСДО, 1993. – 544 с.
8. Петров, О. В. Комп'ютерне проектування технологічного оснащення. Курсове проектування : навчальний посібник [Текст] / О. В. Петров, С. І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 125 с.

9. Кузнецов Ю.М. Приводи затискних механізмів металообробних верстатів: монографія/ Ю.М. Кузнецов, Б.І. Придальний. – Луцьк: Вежа-Друк, 2016. – 352с.

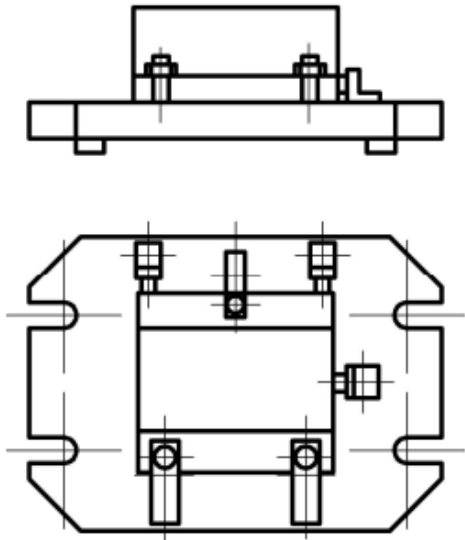
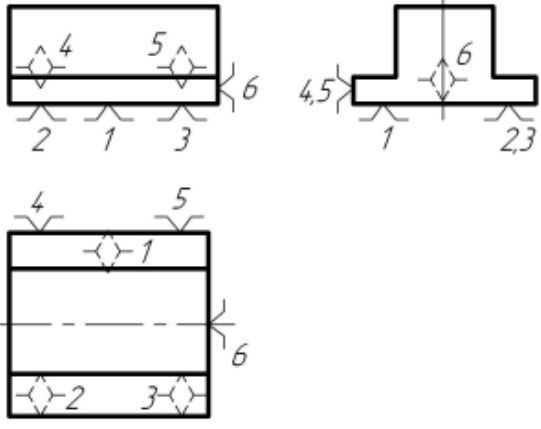
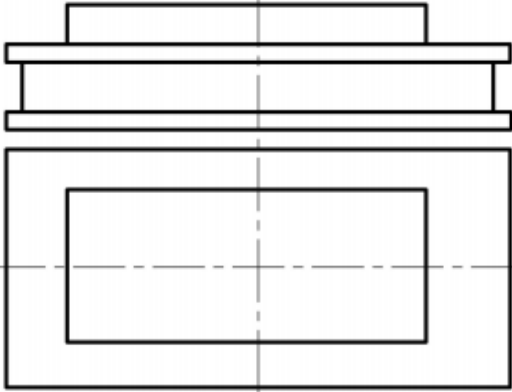
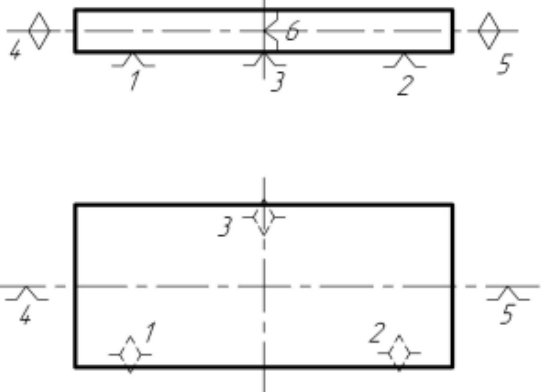
10. Гевко Б.М. Технологічна оснастка. Контрольні пристрої. Навчальний посібник / Б.М. Гевко, М.Г. Дичковський, А.В. Матвійчук – К. : Кондор, 2009. – 220с.

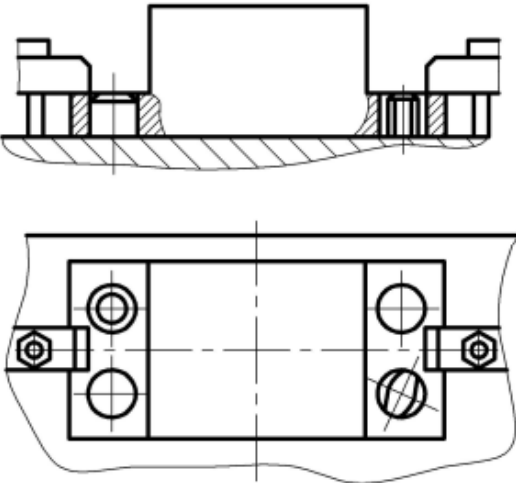
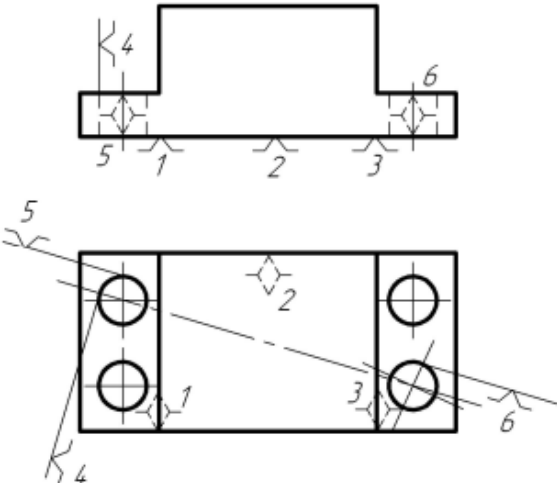
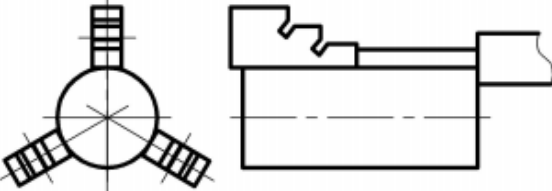
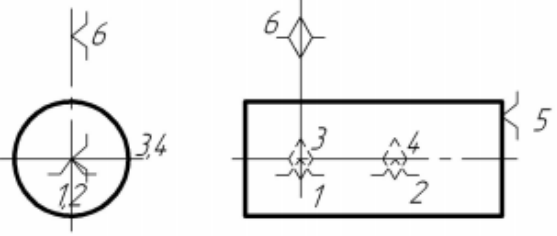
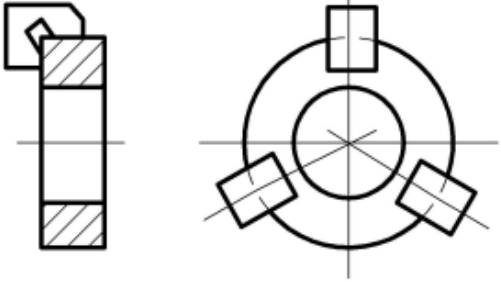
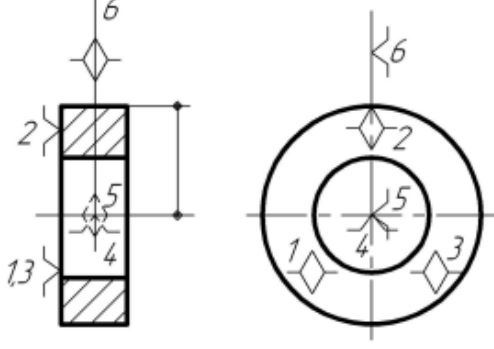
11. Яковенко І. Е., Пермяков О. А., Фесенко А. В. Технологічні основи машинобудування: навчальний посібник для студентів спеціальностей 131 – Прикладна механіка, 133 –Галузеве машинобудування / І. Е. Яковенко, О. А. Пермяков, А.В. Фесенко – Харків: «Діса плюс», 2022. – 424 с.

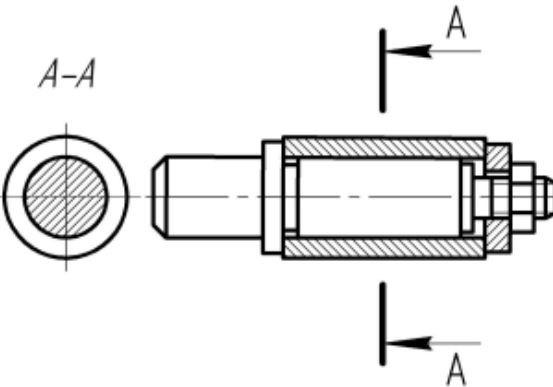
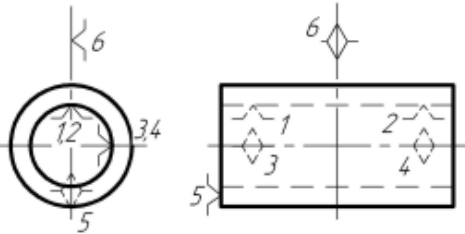
12. Яковенко І. Е., Пермяков О. А. Технологічна оснастка. Розрахунки. Проектування: навчальний посібник для студентів спеціальностей 131 – Прикладна механіка, 133 – Галузеві машинобудування /І. Е. Яковенко, О. А. Пермяков – Харків : НТУ «ХП», 2024. – 233с.

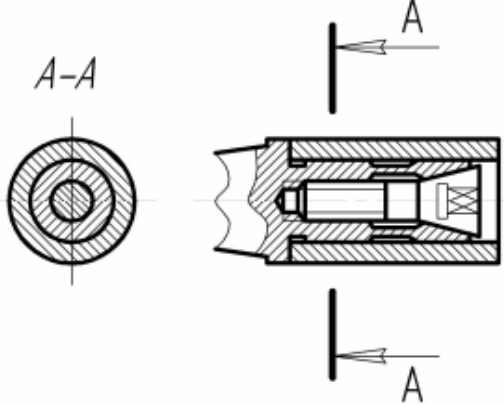
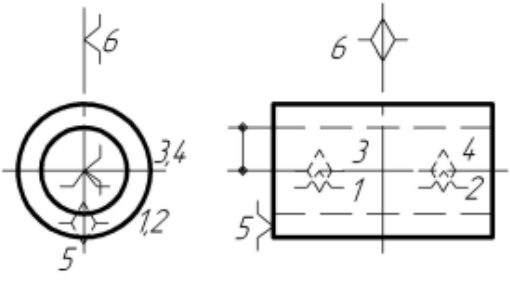
13. Яковенко І. Е., Пермяков О. А. Технологічна оснастка. Конструкції. Перспективи.: навчальний посібник для студентів спеціальностей 131 – Прикладна механіка, 133 – Галузеве машинобудування / І. Е. Яковенко, О. А. Пермяков – Харків: НТУ «ХП», 2024. – 313с.

Додаток. Розповсюджені в машинобудуванні схеми базування заготовок

Спосіб установлення	Схема базування
<p data-bbox="395 443 756 555">Установлення заготовки на площину основи і дві бокові сторони</p> 	
<p data-bbox="338 1281 772 1348">Установлення заготовки на площину (на магнітній плиті)</p> 	

Спосіб установки	Схема базування
<p data-bbox="363 264 727 383">Установлення заготовки на площину і два пальці (круглий і зрізаний)</p> 	
<p data-bbox="331 965 762 1084">Установлення вала в трикулачковому самоцентрувальному патроні</p> 	
<p data-bbox="331 1447 762 1565">Установлення кільця в трикулачковому самоцентрувальному патроні</p> 	

Спосіб установки	Схема базування
<p data-bbox="325 264 756 300">Установлення вала в центрах</p> 	
<p data-bbox="325 869 756 904">Установлення вала в призму</p> 	
<p data-bbox="300 1352 778 1429">Установлення втулки на круглій оправці (із зазором)</p> 	

Спосіб установки	Схема базування
<p data-bbox="284 286 785 362">Установлення втулки на розтискній оправці (без зазору)</p> 	
<p data-bbox="258 1064 826 1176">Установлення заготовки на оброблювану поверхню на операції безцентрового врізного шліфування</p> 