ЛЕКЦІЯ:

ТЕМА: Послідовність розрахунку необхідних сил закріплення заготовок у верстатних пристроях. Приклади схем взаємодії сил та моментів та формули для розрахунків необхідної сили закріплення заготовки у пристрої.

План лекції

1 Особливості затискання заготовок в пристроях .

2 Вибір напрямку дії сили закріплення Q

2 Правила вибору напрямку і місця прикладення сили затискання

3 Вимоги до надійного закріплення заготовки у верстатному пристрою

4 Методика розрахунку необхідної сили затискання Q заготовки в пристрої.

4.1 Розробка теоретичної схеми базування

4.2 Розрахунок складових сили різання ***Ppiз - Px, Py, Pz.***

4.3 Складання розрахункової схеми дії сил.

4.4 Розрахунок коефіцієнта запасу закріплення.

4.5 Вибір напрямку дії сили закріплення Q.

4.6 Визначення напрямків дії сил тертя **Fтр**, що виникають в опорах.

4.7 Визначення необхідної сили закріплення Q.

5 Приклад розрахунку для визначення необхідної сили затискання заготовки в пристрої .

6 Розрахунки необхідних сил закріплення для різних варіантів схем дії сил на заготововку у пристроях.

1 Особливості закріплення заготовок у верстатних пристроях

Після розробки теоретичної схеми базування заготовки в пристрої вона має бути закріплена. При цьому враховуються всі сили, що діють на заготовку в процесі обробки**.**

Ці сили можуть бути представлені як сума всіх сил, що діють на заготовку та намагаються змістити її в процесі обробки і суми сил, що перешкоджають цьому зміщенню (див. рис.1).Під дією всіх цих заготовка повинна знаходитися в стані рівноваги тобто повинна бути нерухомою.

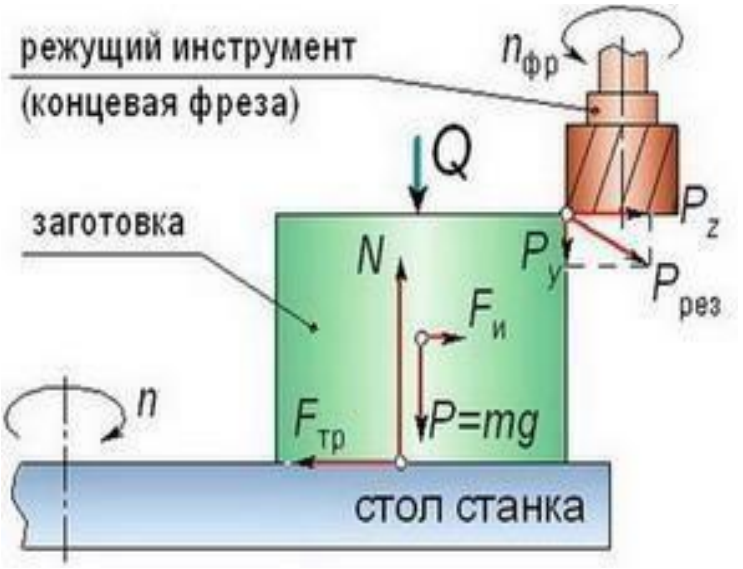


Рис. 1 Схема сил, що діють на заготовку в процесі обробки

На рис.1 показано приклад фрезерування торця циліндричної заготовки кінцевою фрезою. При цьому, стіл, на якому закріплена заготовка, є магнітним та обертається в процесі фрезерування.

<u>Загальне рівняння балансу рівноваги сил, що діють на заготовку в процесі обробки записується в наступному виді:</u>

$$Q + P + Fmp - Kз \cdot (Pріз + Fi) = 0$$

де ***Q*** - сила закріплення;

P = mg - вага заготовки;

Fmp = N f - сила тертя, що визначається як добуток коефіцієнта тертя ***f*** *(*наприклад для тертя сталь по сталі: коефіцієнт тертя - *f* = 0,1) на силу тиску (*<u>реакцію опори</u>)* ***N*** в цій точці.

Pріз (Px, Py ,Pz) – складові сили різання ***Pріз***, що діють на заготовку і визначаються залежно від величини <u>режимів різання, технологічного методу обробки, матеріалу різальної частини інструменту, матеріалу оброблюваної</u>

деталі і умов обробки;

Fi (Fвідц) - сила інерції або відцентрова сила, що виникає якщо заготовка обертається і її центр мас не співпадає з віссю обертання.

У випадку, коли заготовка нерухомо встановлена на столі верстата (фрезерування на фрезерному верстаті і свердлуванння на свердлувальному верстаті), **інерційні сили не враховуються**;

Кз - коефіцієнт запасу при закріпленні заготовки (***Kmin = 2,5***).

Для надійного закріплення заготовки в процесі механічної обробки необхідно з рівняння балансу рівноваги сил знайти розрахункову силу закріплення заготовки Q.

Ці сили визначаються по відомих формулах навчальних дисциплін «Опір матеріалів», «Теоретична механіка» та «Теорія різання»

2 Вибір напрямку дії сили закріплення Q

Для правильного закріплення заготовки у верстатному пристрої необхідно вибрати напрямок дії сили закріплення **Q.** При цьому слід враховувати наступні правила, що дозволяють зменшити силу затискання:

1 ***Напрям сили закріплення Q не повинен викликати перевертаючих моментів (***див. рис. 2) :

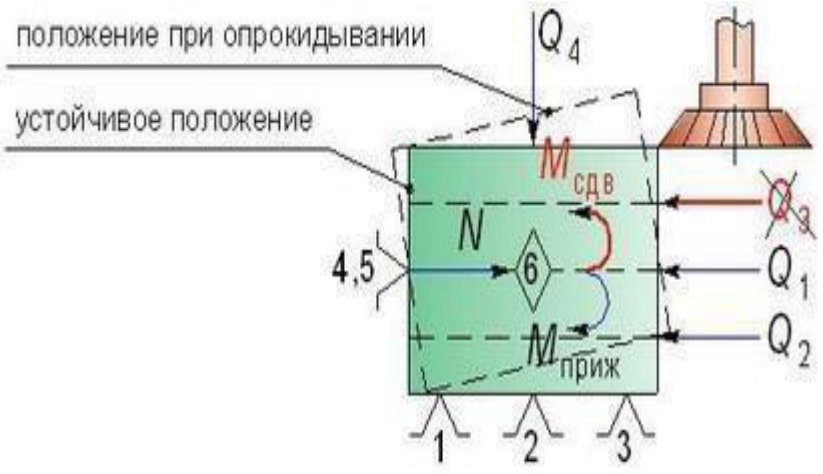


Рис.2 Схема виникнення перевертаючих моментів

На рис. 2 показані можливі варіанти вибору напряму прикладення сили закріплення Q. При розгляді можливих напрямків дії сили закріплення заготовки в пристрої можна зробити наступні висновки:

Напрям Q1 - *є допустимим*, оскільки при цьому не виникає перевертаючих моментів;

Напрям Q2 - є *допустимим*, але виникає притискний момент ***Mприт***, що може привести до зміщення заготовки;

Напрям Q3 – ***<u>є неприпустимим</u>***, оскільки виникає перевертаючий момент ***Mпер***, який може перевернути заготовку через опорні точки 4 та 5 та відірвати її від опорних точок 1-3;

Напрям Q4 - <u>є оптимальним</u>, оскільки не виникає перевертаючих моментів і все навантаження діє на три опорні точки (1, 2, 3), що краще випадку з ***Q1***, де навантаження передається тільки на дві точки (4 і 5).

Чим більше опорних точок знаходиться у напрямку дії сили закріплення Q, тим менше на них навантаження N, а отже знижується зношування опор.

2 Напрям дії сили закріплення Q <u>не повинен</u> бути спрямований назустріч силі різання Рріз (див. рис. 3).

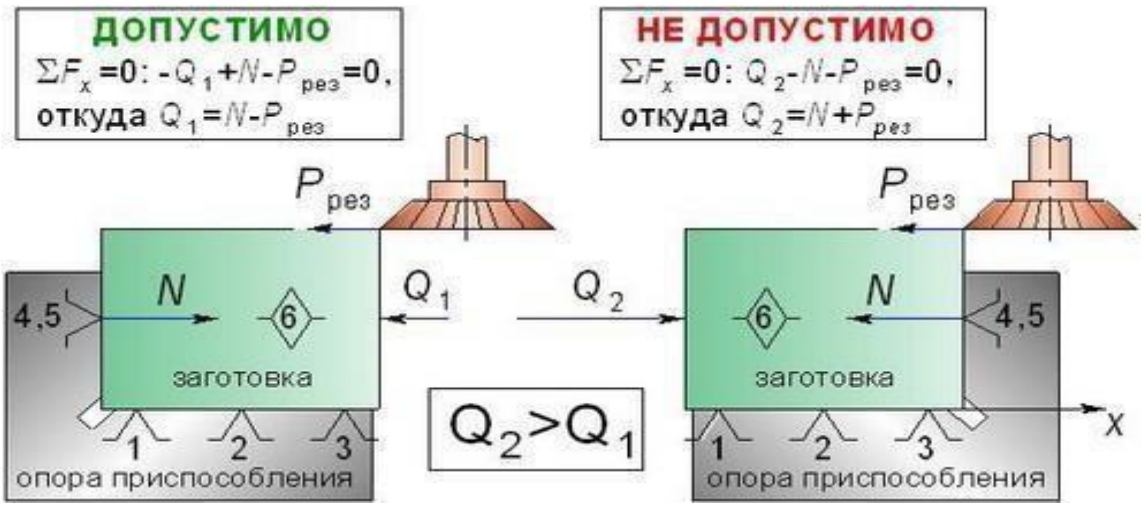


Рис. 3 Схема збільшення величини сили ***закріплення Q*** за умови неправильного вибору її напрямку дії

На рис. 3 показані варіанти вибору сили закріплення ***Q , що діє*** як в

напрямку дії сили різання ***Рріз***, так і проти.

При цьому можна зробити такий висновок:

1 **Якщо силу затиску *Q1* направити *у напрямі дії* сили різання *Рріз*,** то значення сили затиску ***Q1*** зменшується на величину сили різання ***Рріз***, оскільки сила різання ***Рріз*** сприяє затиску заготовки до опори пристрою, ***збільшуючи силу реакції опори N.***

***При цьому сила реакції опори N є дуже важливою, оскільки від неї буде залежати величина сили тертя Fmp = Nf ,* що не дає заготовці зміщуватися;**

2 **Якщо силу затиску *Q2 направити назустріч силі різання Рріз***, то значення сили затиску ***Q2*** збільшується на значення сили різання ***Рріз***.

При такій схемі взаємодії сил приведе до збільшення навантаження на силовий механізм пристрою, а значить збільшення його габаритних розмірів і відповідно збільшення економічних витрат на виготовлення і експлуатацію пристрою.

2 Правила вибору напрямку і місця прикладення сили затиску*:*

1. Сила затиску не повинна перекидати або зміщувати заготовку, необхідно щоб вона проектувалась в центр встановлювального елемента або в центр багатокутника, утворений лініями, що з'єднують установчі елементи пристрою.

2. Сила затиску з реакціями опор не повинна створювати згинаючих моментів для запобігання деформації заготовки і виникнення похибки закріплення.

3. Точка прикладання сили закріплення повинна бути розміщена як найближче до місця оброблення, особливо для нежорстких заготовок.

4. Сила затиску Q повинна бути спрямована перпендикулярно до встановлювальних елементів пристрою для забезпечення надійного контакту базової поверхні деталі з опорою ВП.

5. Якщо базових поверхонь деталі кілька, сила затиску повинна

направлятися на встановлювальний елемент із максимальною площею контакту з поверхнею заготовки.

6. Бажано, щоб сила затиску Q збігалася із силою ваги деталі за напрямком. Це дозволить понизити силу затиску Q.

7. Бажано, щоб сили затиску Q і сила різання P співпадали за напрямком.

На практиці вимоги 1-4 не завжди можна виконати, але треба для кожного випадку вибирати оптимальний варіант.

3 Вимоги до надійного закріплення заготовки у верстатному пристрої

1 При затисканні заготовки не повинно порушуватися її положення, що досягнуте при базуванні.

2 Сила закріплення не повинна деформувати заготовку.

3 Сила закріплення повинна бути мінімально необхідною, але достатньою для надійної фіксації деталі.

4 Заготовку в пристрої необхідно закріплювати і відкріплювати при мінімальних витратах сил і часу робітника.

Максимальна сила, яку робітник прикладає до рукоятки затискного механізму пристрою не повинна перевищувати 150 Н., а кількість закріплень – не більше 150 разів за 8 год.

5 Пристрій необхідно проектувати таким, щоб сила різання не сприймалася затискними елементами.

6 Пристрої повинні бути простими і безпечними в роботі.

4 Послідовність розрахунку необхідної сили затискання заготовки у верстатному пристрої

Для розрахунку необхідної сили закріплення ***Q*** заготовки в пристрої необхідно виконати певну послідовність дій та розрахунків в такому порядку:

1 **Розробляється теоретична схема базування заготовки в пристрої (тобто встановлюється комплект технологічних баз) з таким розрахунком, щоб похибки базування і похибка затискання**

виключалися повністю, або якщо це неможливо, мали мінімально можливі значення.

На теоретичній схемі базування заготовки викреслюються контури заготовки і вказуються розташування опорних точок. При цьому розташування опор вибираються конструктивно, з таким розрахунком, щоб площа ***Smax,*** що утворена опорами, була максимальною або віддаль між опорами була максимальною (див. рис. 4).

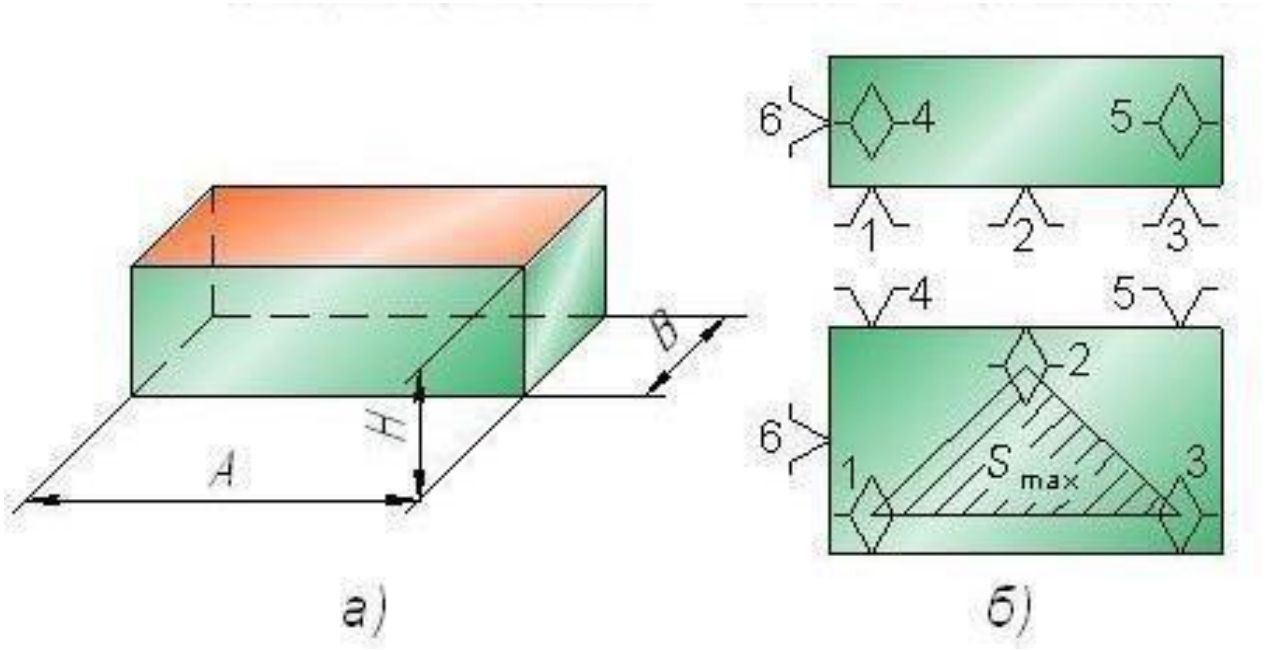


Рис.4 Теоретична схема базування заготовки

а - заготовка; б – теоретична схема базування

На рис.4 показана заготовка призматичної форми, у якої фрезерується верхня площина в розмір ***H.***

У зв'язку з тим, що площина фрезерується в розмір *H,* необхідно вибрати наступний комплект технологічних баз :

- **встановлювальна технологічна база** (опорні точки 1, 2, 3), що позбавляє заготовку 3 ступенів волі ;
- **напрямна технологічна база** (опорні точки 4, 5), позбавляє заготовку

2 ступенів волі ;

- **опорна технологічна база** (опорна точка 6) позбавляє заготовку 1 ступеня волі .

2 Розраховуються величини складових сили різання Рріз - *Px, Py, Pz,* що діють на заготовку в процесі обробки з боку різального інструменту (РІ).

Для розрахунку складових сили різання ***Рріз - Px, Py, Pz*** необхідно **встановити режими різання** (***глибина різання t, швидкість різання V, подача S***), що вказані в операційному описі технологічного процесу (ОК).

Якщо режими різання відсутні, то треба їх розрахувати або призначити по відповідних довідниках та нормативних матеріалах.

3 Розробляється розрахункова схема взаємодії сил та моментів – при прийнятій схемі базування заготовки та наносяться всі сили і моменти, що діють на неї в процесі механічної обробки :

- складові сили різання - ***Px, Py, Pz;***
- вага заготовки $P = mg$;
- реакції в опорах N (див. рис. 5);
- відцентрові та інерційні сили.

4 Вибирається місце прикладення та вказується напрямок дії сил різання та закріплення відповідно до рекомендацій п.6.2 (див.рис.5)

Слід відмітити, що реакції опор N виникають в тих точках, що сприймають на себе навантаження від сили закріплення Q.

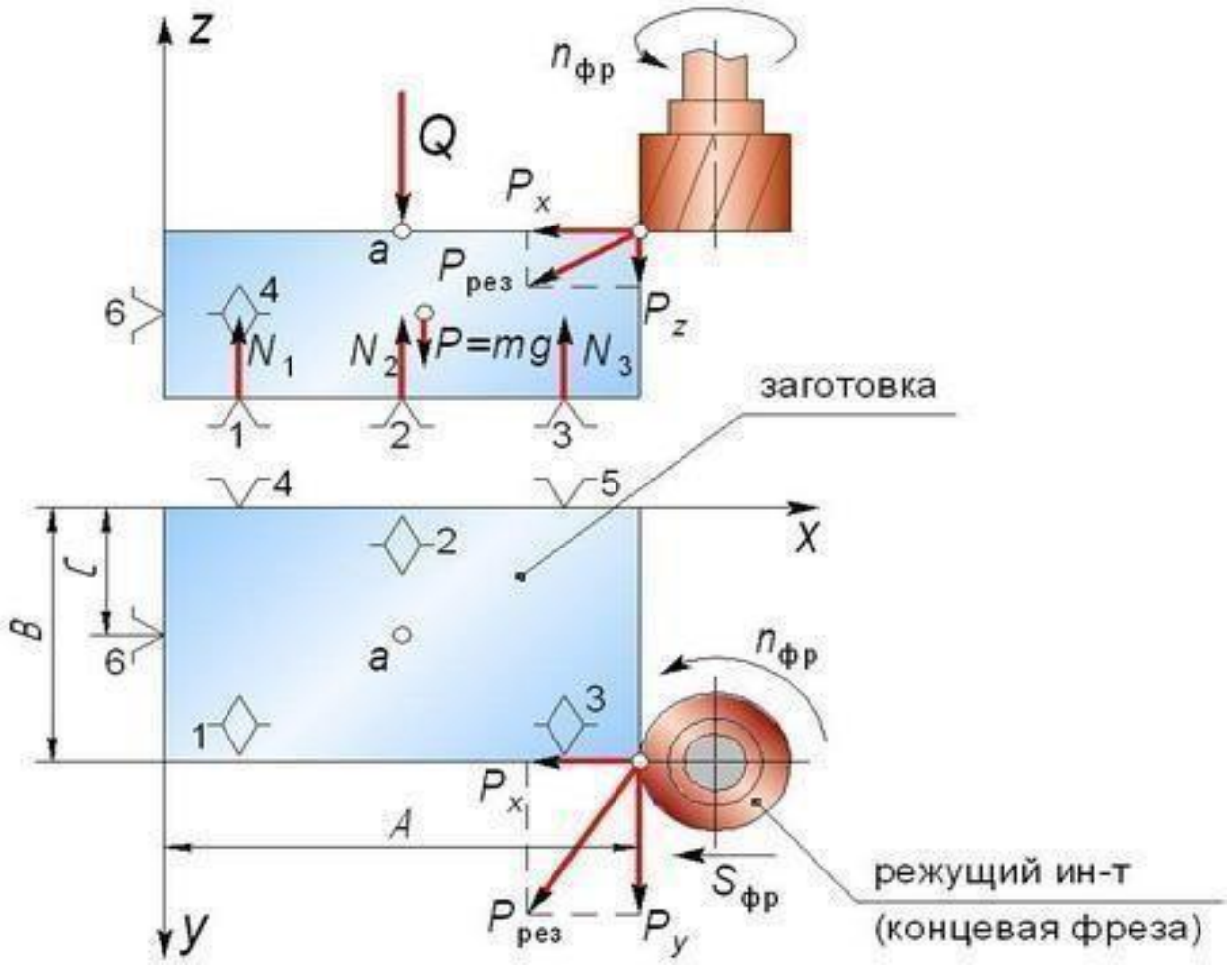


Рис.5 Розрахункова схема дії всіх сил, що діють в процесі обробки на заготовку

Приклад розрахункової схеми взаємодії сил показано на рис.5. **Реакції опор,** що виникають в опорних точках ***1, 2 і 3,*** не дають зміщуватися заготовці ***у вертикальному напрямі***.

Сили тертя *Fmp,* що виникають в цих точках, не дають можливість переміщатися заготовці в інших напрямах.

В опорних точках 4,5 і 6 реакції N не виникають тому, що вони не сприймають навантаження в процесі обробки.

5 Визначаються напрями сил тертя Fmp, що виникають в тих опорах, де виникають реакції N.

Відомо сили тертя ***Fmp,*** що виникають, направлені в протилежному напрямку сил шо створюють можливе зміщення заготовки. Тому, треба зрозуміти куди зміщуватиметься заготовка під впливом дії складових сил різання ***Рріз*** (див. рис. 6).

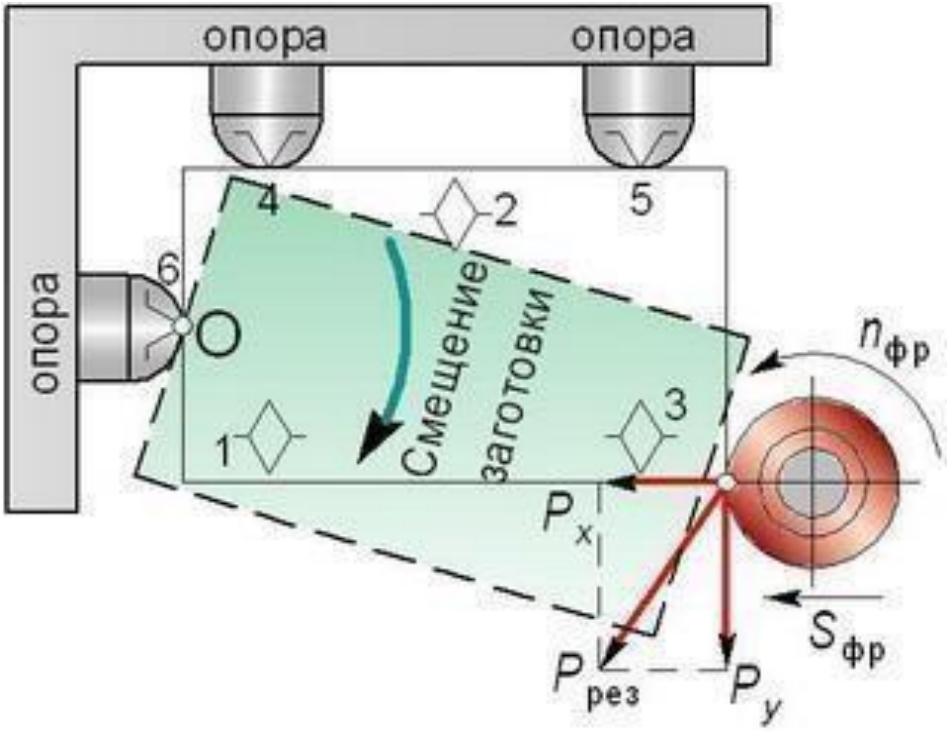


Рис. 6 Схема визначення можливого зміщення заготовки під дією складових сили різання

На рис.6 показано можливе зміщення заготовки під дією складових сили різання *Рріз - Px, Py, Pz* та можливий її поворот навколо опорної точки 6 (*точка О*) по годинниковій стрілці.

В процесі розробки схеми дії сил, також необхідно встановити ***напрям дії сил тертя Fmp1, Fmp2, Fmp3***, що виникають в опорних точках ***1, 2, 3,*** в напрямку протилежному зміщенню заготовки (див. рис.7).

5 Розраховується коефіцієнт запасу закріплення

При визначенні необхідних сил закріплення заготовки у затискному механізмі верстатного пристрою коефіцієнт запасу

затисканняз розраховують за формулою:

Кз = К0 К1 К2 К3 К4 К5 ,

де ***К0 = 1,5*** – гарантований коефіцієнт запасу для всіх випадків оброблення;

К1 – коефіцієнт, що залежить від стану поверхневого шару заготовки (***k1= 1,0*** *– для попередньо оброблених заготовок;* ***k1 = 1,2*** *– для виливаних та штампованих заготовок)*;

К2 – коефіцієнт, який враховує збільшення сили різання внаслідок затуплення інструменту (***k2 = 1,0 – 1,5*** *– залежно від методу оброблення);*

К3 – коефіцієнт, який враховує збільшення сили різання при обробленні переривчастих поверхонь (***k_3 = 1,0*** *– при обробленні суцільних поверхонь;* ***К3=1,2*** *– в інших випадках);*

К4 – коефіцієнт, який враховує неоднаковість затискних зусиль, прикладених до заготовки (***k4 = 1,0*** *– при використанні механізованих притискачів;* ***К4 = 1,3*** *– в інших випадках);*

К5 – коефіцієнт, який враховує зручність розташування рукояток у ручних пристроях (***k5 = 1,2*** *– при необхідності повороту рукоятки на кут, більший 90°;* ***k5 = 1,0*** *– в інших випадках).*

Значення коефіцієнта запасу закріплення заготовки затискним механізмом верстатного пристрою рекомендується приймати не менше ніж 2,5!

6 Складається рівняння рівноваги дії сил у напрямку кожної осі x, y, z та проводиться визначення необхідних сил закріплення Qx, Qy, Qz (за відомими формулами навчальних дисциплін "Опір матеріалів" та "Теоретична механік").

ПРИКЛАД: Визначити необхідну силу затискання заготовки у верстатному пристрої (див.рис.7)

Вихідні дані :

Px, Py, Pz - складові сили різання ***Pріз***, розраховуються по довідникам;.

A, B, C - габаритні розміри заготовки;

r1, r2, r3, rQ - вибираються конструктивно з урахуванням розмірів заготовки

m - маса заготовки (*g = 9,8*);

f = 0,1 - коефіцієнт тертя (сталь по сталі);

Kzmin = 2,5 - мінімальний коефіцієнт запасу затискання.

Визначити необхідну силу закріплення Q заготовки в пристрої.

Рішення :

$$\begin{cases} \sum F_x = 0; \\ \sum F_y = 0; \\ \sum F_z = 0; \\ \sum M_O = 0. \end{cases}$$

Згідно методики для знаходження необхідної сили закріплення ***Q заготовки в пристрої***, необхідно розробити схему взаємодії сил та моментів, що діють на заготовку в процесі обробки, скласти і рішити систему рівнянь, що характеризує рівновагу твердого тіла (заготовки) під дією всіх сил:

Перші три рівняння показують, що сума проекцій усіх сил, що діють на заготовку, на координатні осі ***x, y, z*** повинна дорівнювати нулю. Ці рівняння повинні виконуватися через умову нерухомості (рівноваги) заготовки під дією всіх сил в процесі механічної обробки.

Останнє рівняння показує, що сума моментів від сил різання, що діють на заготовку, відносно точки ***О також*** повинна дорівнювати нулю. Точка ***О*** - точка, відносно якої відбувається можливе зміщення заготовки під дією складових сили різання ***Рріз***.

1 Складаємо сему взаємодії сил та моментів, що діють на заготовку в процесі обробки - див. рис. 7:

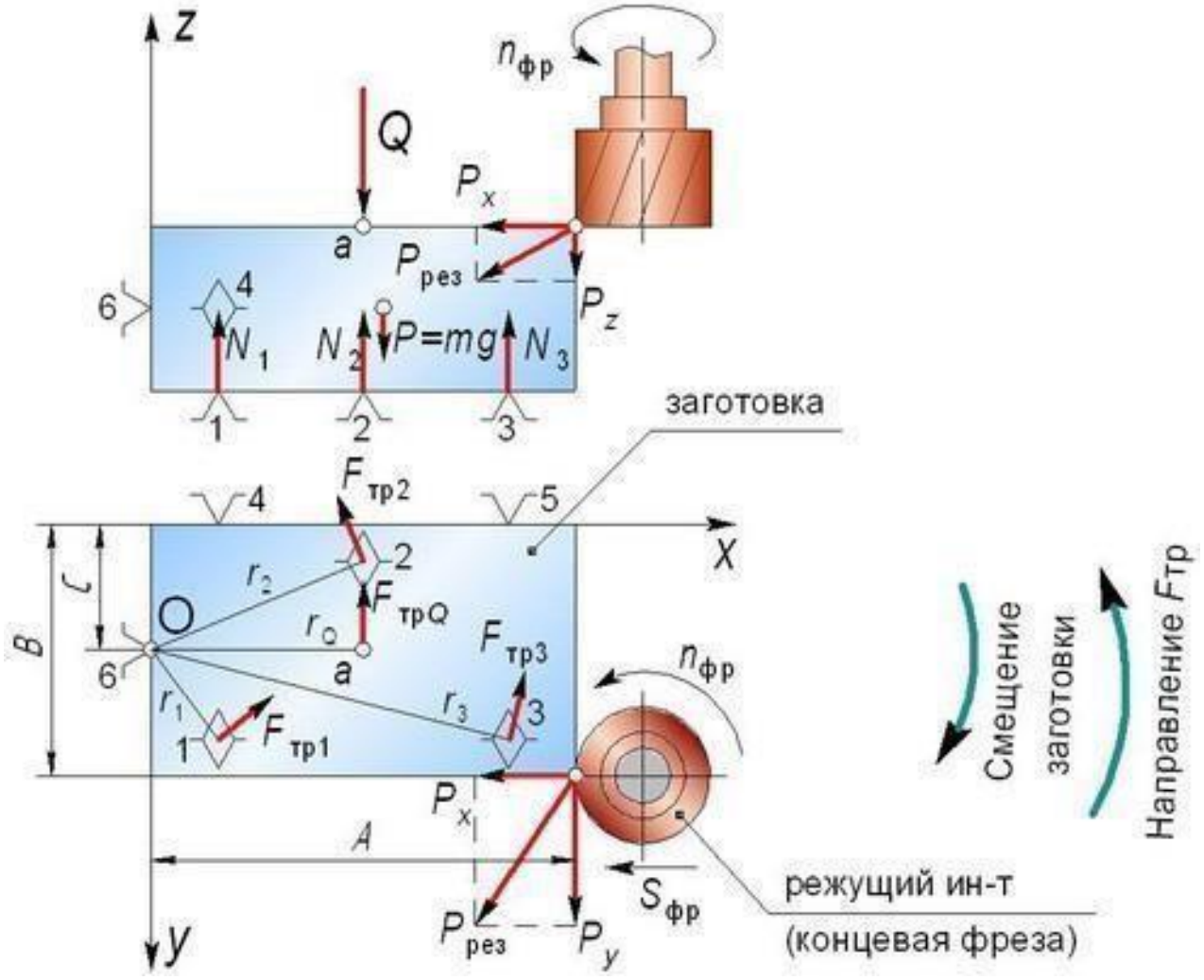


Рис.7 Схема взаємодії сил та моментів для розрахунку необхідної сили закріплення заготовки ***Q***

2 Розрахунок необхідної сили закріплення *Q заготовки* зводиться, у більшості випадків, до послідовного рішення цих трьох рівнянь :

2.1 Складаємо рівняння рівноваги заготовки під дією всіх сил для знаходження сили необхідної сили затискання Q:

Для спрощення розрахунків, приймаємо, що сили реакції опор N в опорних точках1,2 і 3 однакові:

$$N_1 = N_2 = N_3 = N$$

Тоді умова рівноваги всіх сил або рівняння рівноваги по осі z (див. рис. 7) буде мати вигляд:

$$\sum F_z = 0: \; 3 \cdot N - Q - mg - P_z = 0$$

3 3 рівняння рівноваги виводимо формулу для визначення необхідної сили затискання Q по осі Z :

$$\boxed{Q = 3 \cdot N - mg - P_z} \quad (1)$$

4 Визначаємо невідому реакція опори N у формулі (1):

- згідно умови задачі маємо (див.рис.7):

$$N_1 = N_2 = N_3 = N$$

5 У зв'язку з тим, що реакції опор в точках 1, 2, 3 однакові то сили тертя в цих точках також однакові, тобто:

$$F_{тр1} = F_{тр2} = F_{тр3} = F_{тр}$$

6 Відомо, що сила тертя Fтр визначається залежно від коефіцієнта тертя f та реакції опори N по такій формулі:

$$F_{тр} = f \cdot N$$

7 Звідки виводимо формулу для визначення реакції опори N:

$$N = \frac{F_{тр}}{f} \qquad (2)$$

8 Підставивши значення (2) у формулу (1) отримуємо повне рівняння рівноваги. Відповідно сила тертя Fтр визначається з рівняння рівноваги моментів відносно точки О (див. рис.7) :

$$\sum M_O = 0: P_x \cdot (B-C) + P_y \cdot A - F_{тр1} \cdot r_1 - F_{тр2} \cdot r_2 - F_{тр3} \cdot r_3 - F_{трQ} \cdot r_Q = 0$$

$$P_x \cdot (B-C) + P_y \cdot A - F_{тр} \cdot (r_1 + r_2 + r_3) - f \cdot Q \cdot r_Q = 0$$

9 Звідки виводимо формулу для визначення сили тертя Fтр :

$$F_{тр} = \frac{P_x \cdot (B-C) + P_y \cdot A - f \cdot Q \cdot r_Q}{r_1 + r_2 + r_3} \qquad (3)$$

10 Проводимо підстановку встановлених значень N та Fтр з формул 1, 2, 3 в такому порядку (3) -> (2) -> (1) та отримаємо:

$$Q = \frac{3}{f} \cdot \frac{P_x \cdot (B-C) + P_y \cdot A - f \cdot Q \cdot r_Q}{r_1 + r_2 + r_3} - mg - P_z$$

$$3 \cdot (P_x \cdot (B-C) + P_y \cdot A - f \cdot Q \cdot r_Q) - f \cdot (mg + P_z)(r_1 + r_2 + r_3)$$

$$Q \cdot f \cdot (r_1 + r_2 + r_3) = 3 \cdot P_x \cdot (B-C) + 3 \cdot P_y \cdot A - 3 \cdot f \cdot Q \cdot r_Q - f \cdot (mg + P_z)(r_1 + r_2 + r_3)$$

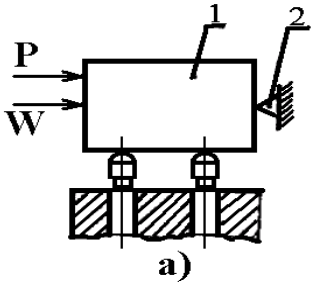
В результаті проведених перетворень отриманих формул виводимо загальну формулу для розрахунку необхідної сили закріплення Q заготовки у верстатному пристрої:

$$Q = \frac{3 \cdot P_x \cdot (B-C) + 3 \cdot P_y \cdot A - f \cdot (mg + P_z)(r_1 + r_2 + r_3)}{f \cdot (r_1 + r_2 + r_3) + 3 \cdot f \cdot r_Q}$$

На основі наведеного прикладу визначення необхідної сили закріплення заготовки у верстатному пристрої рекомендується виконувати розрахунки необхідних сил закріплення при виконанні практичних робіт, в курсовому проекті та бакалаврській роботі.

7 РОЗРАХУНКИ НЕОБХІДНИХ СИЛ ЗАКРІПЛЕННЯ ДЛЯ ПОШИРЕНИХ ВАРІАНТІВ СХЕМ ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАГОТОВОК У ПРИСТРОЯХ

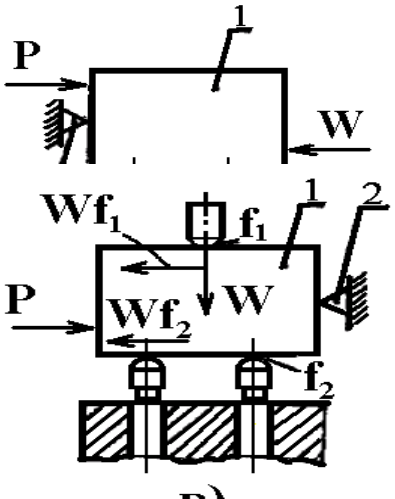
Розглянемо найбільш поширені розрахункові схеми дії на заготовку сил різання, закріплення та їх моментів.



а)

Перший варіант. Сила закріплення ***W***, прикладена до оброблюваної заготовки ***1***, та сила різання ***P*** однаково спрямовані і притискають заготовку до опори 2 пристрою (рис.1 а).

При такій схемі розподілу сил заготовку утримує мінімальна сила закріплення $W_{мін.}$



в)

Другий варіант. Сила затиску ***W*** і сила різання ***P*** діють на оброблювану заготовку ***1*** в протилежних напрямках (рис. 1, *б*); звідки для даної схеми дії сил необхідна сила закріплення : $W = K_з P$.

Третій варіант. Сила закріплення ***W*** і сила різання ***P*** діють на оброблювану заготовку у взаємно

перпендикулярному напрямку (рис. 1, *в*).

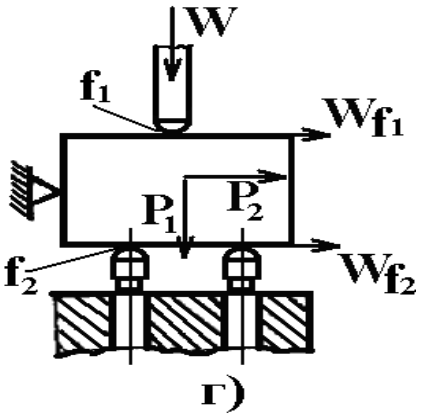
При такому варіанті розподілу сил - силі різання ***P*** протидіють сили тертя між нижньою технологічною базовою поверхнею заготовки (коефіцієнт тертя - f_2) і опорними штирями пристрою та між верхньою площиною заготовки і поверхнею затискнх елементів (коефіцієнт тертя - f_1).

У цьому варіанті рівняння рівноваги заготовки під дією всіх сил (рис.1, *в*) має вигляд: $$\boldsymbol{Wf_1 + Wf_2 = KзP}\ ,$$

звідки розррахункова необхідна сила закріплення:

$$\boldsymbol{W = \frac{KзP}{f_1 + f_2}}$$

де ***f 1 i f 2*** — коефіцієнти тертя між базовими поверхнями заготовки і затискними елементами пристрою.



г)

Четвертий варіант. Сила закріплення ***W*** притискає заготовку до опор (рис. 1, г) при цьому одна складова сили різання ***P1*** діє в одному напрямоу з силою закріплення і притискає заготовку до нижніх опор пристрою, а друга сила різання ***P2*** діє перперпендикулярно до напрямку сили закріплення ***W***.

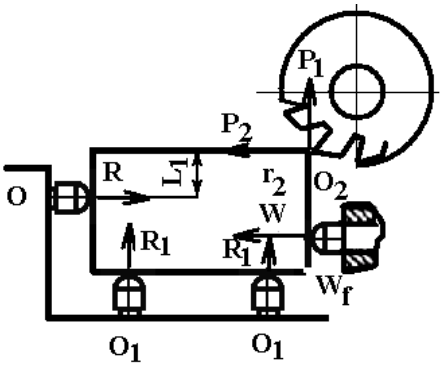
Зміщенню заготовки в пристрої перешкоджають сили тертя, що виникають на базових поверхнях контакту поверхонь деталі зі встановлювальними і затискними елементами пристрою.

Необхідну величину сили закріплення визначаємо з рівняння рівноваги заготовки яке має вигляд:

$$\boldsymbol{Кз P_2 \le (W + P_1) \cdot f_2 + W f_1},$$

звідки необхідна розрахункова сила закріплення:

$$\boldsymbol{W = \frac{(KP_2 - P_1 f_2)}{f_1 + f_2}}.$$



д)

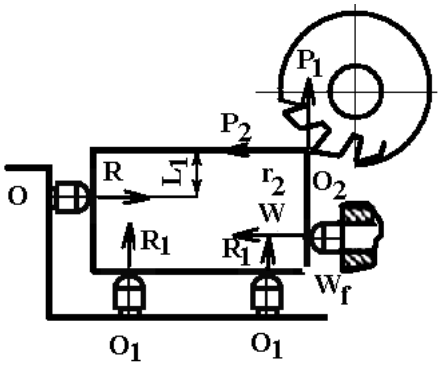
Пятий варіант. Оброблювана заготовка закріплюється (рис. 1, д, е) горизонтально діючою силою закріплення ***W*** . Відстань між силою закріплення і силою реакції від бокового упору вибирають таким щоб заготовка була надійно притиснута до встановальних опор пристрою.

На заготовку, закріплену в пристрої, діє сила закріплення ***W***, сили реакції опор ***R1 i R,*** що виникають від встановлювальних опор та сили тертя ***F, F1, F2*** між базовими поверхнями заготовки, встановлювальними і затискними елементами пристрою.

Складаємо рівняння рівноваги заготовки згідно якого сума всіх моментів відносно

точки О дорівнює нулю (див.рис.1, д), та знаходимо необхідну розрахункову силу закріплення:

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



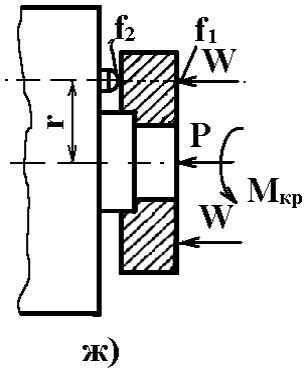
д)

Шостий варіант. При обробці заготовки фрезою (рис. 1, д, е) на неї діють сили різання ***P1 і P2***.

Величину сили закріплення з урахуванням дії всіх сил та моментів різання знайдемо, з рівняння рівноваги заготовки прирівнюючи суму моментів усіх сил відносно точки О нулю:

$$W_a + W f_2 L - K P_2 e - K P_1 L = 0,$$

звідки: $W = \frac{K(P_2 e + P_1 L)}{a + f_2 L}$.



ж)

Сьомий варіант. Оброблювану заготовку по круглій виточці встановлюють на центруючий жорсткий палець (рис. 1, ж) пристрою та лівою торцевою площиною притискають до трьох опорних штирів кількома прихватами.

При обробці на заготовку діють крутний момент ***Mkp*** і осьова сила ***Po***. Заготовка утримується від провороту моментами тертя, що виникають між її базовими поверхнями та поверхнями опор і затискних елементів пристрою . У даному випадку необхідну силу закріплення ***W*** визначають з рівняння рівноваги:

$$K M_{kp} = f_1 W r_2 + f_2 W r_1 + f_2 P r_1$$

звідки необхідна сила закріплення :

$$W = \frac{K M_{kp} - f_2 P r_1}{f_1 r_2 + f_2 r_1}$$

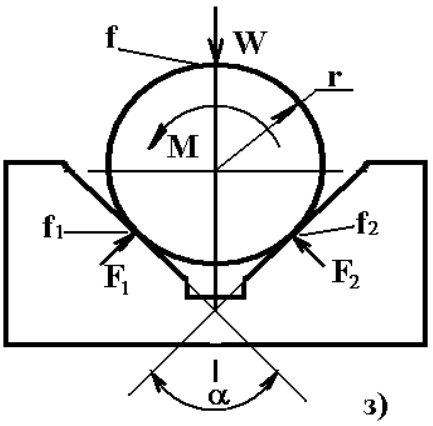
При такому встановленні заготовки в пристрої, але невеликій тангенціальній жорсткості затискних елементів закріплення, момент тертя між заготовкою і прихватом не враховуються.

Рівняння рівноваги заготовки в пристрої:

$$K M_{kp} = f_2 W r_1 + f_2 P r_1 \quad ,$$

звідки необхідна сила закріплення :

$$W = \frac{KM_{kp} - f_2 Pr_1}{f_2 r_1}.$$



з)

Восьмий варіант. Загтовка (рис. 1, з) зовнішньою циліндричною поверхнею встановлена у призмі з кутом $a = 90°$ і закріплена силою W.

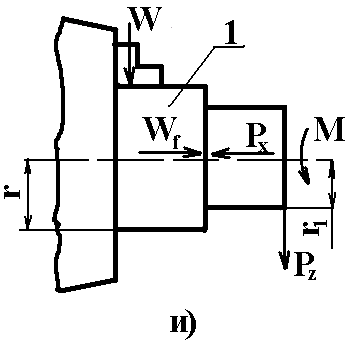
Провороту заготовки навколо її осі протидіють ***моменти тертя***, що виникають на базових поверхнях заготовки і призми та затискними елементами пристрою.

Складаємо рівняння рівноваги без врахування сили тертя на торці заготовки:

$$KM_{kp} = f_1 Wr \quad + f_2 Wr \left(\frac{1}{sin^{\alpha}/_2}\right),$$

Звідки необхідна сила закріплення **:**

$$W = \frac{KM_{kp}}{f_1 r \ + \frac{f_2 r}{sin^{\alpha}/_2}}.$$



и)

Девятий варіант. Розглянемо дії двох сил різання ***Pz і P*** на заготовку *1*, закріплену в трикулачковому самоцентрівному патроні токарного верстата (рис. 1, и); сила різання ***Pz*** створює крутний момент різання який прагне повернути заготовку навколо її осі, а сила ***Px*** - перемістити заготовку уздовж її осі.

Сумарний момент тертя на зовнішній поверхні заготовки трьома кулачками патрона, що не дає можливості провороту заготовки від моменту різання ***Мріз***
(рівняння рівноваги):

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

звідки необхідна сила закріплення заготовки :

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

де $W_{сум}$ – сумарна сила закріплення заготовки всіма кулачками патрона, ***Н***;

r - радіус поверхні заготовки, що затиснута кулачками, *мм;*

r1 - радіус обробленої поверхні заготовки, ***мм;***

f - коефіцієнт тертя між цилідричною поверхнею заготовки і кулачків (по круговій поверхні заготовки, залежить від виду поверхні кулачків);

Z – кількість кулачків патрона;

Мріз - момент від сили різання , що виникає при точінні.

Розраховану величину сили $W_{сум}$ обовязково перевіряють на можливість поздовжнього зсуву заготовки силою різання ***Px*** за формулою:

$$W_{сум} f \geq K P_x ,$$

звідки необхідна сила закріплення заготовки у поздовжньому напрямі:

$$W_{сум} = \frac{K P_x}{f}.$$

Порівнюючі дві розраховані сили закріпення $W_{сум}$ за необхідну силу закріплення заготовки в трикулачковому патроні приймають силу, що має найбільшу величину.

Результати (формули) наведених вище розрахунків для різних схем взаємодії сил різання та закріплення заготовки у пристрої зведені в таблицю та використовуються студентами для складання схем взаємодії сил та розрахунків необхідних сил закріплення заготовок в пристроях при виконанні практичних робіт та в процесі виконання відповідних розділів курсового проекта та бакалаврської роботи.

НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА ТЕХНОЛОГІЧНА ОСНАСТКА

ЛЕКЦІЯ:

ТЕМА: Послідовність розрахунку необхідних сил закріплення заготовок у верстатних пристроях. Приклади схем взаємодії сил та моментів та формули для розрахунків необхідної сили закріплення заготовки у пристрої**.**

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1Особливості затискання заготовок в пристроях .

2 Вибір напрямку дії сили закріплення Q.

3 Правила вибору напрямку і місця прикладення сили затискання.

4 Вимоги до надійного закріплення заготовки у верстатному пристрою.

5 Послідовність розрахунку необхідної сили затискання Q заготовки в пристрої.

5.1Розробка теоретичної схеми базування

5.2 Розрахунок складових сили різання ***Рріз - Рх, Ру, Рz.***

5.3Складання розрахункової схеми дії сил.

5.4Розрахунок коефіцієнта запасу закріплення.

5.5Вибір напрямку дії сили закріплення Q.

5.6Визначення напрямків дії сил тертя **Fтр**, що виникають в опорах.

5.7 Визначення необхідної сили закріплення Q.

6 Приклад розрахунку для визначення необхідної сили затискання заготовки в пристрої .

7 Розрахунки необхідних сил закріплення для різних варіантів схем дії сил на заготововку у пристроях.

Джерела

Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування технологічного спорядження: Навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей вищих закладів освіти / Л. І. Боженко. — Львів: Світ, 2001. — 296 с. — ISBN 966-603-023-3

Проектування технологічної оснастки : навч. посібник для студ. вищих навч. закл. / В. А. Гайворонський [та ін.] ; Національний ун-т кораблебудування ім. адмірала Макарова. — Миколаїв: НУК, 2006. — 256 с. — ISBN 966-321-067-2