ЛЕКЦІЯ:

Закріплення заготовок у верстатних пристроях.розрахунок необхідної сили закріплення заготовки в 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 ***Рріз - Рх, Ру, Рz.***

4.3 Складання розрахункової схеми дії сил.

4.4 Вибір напрямку дії сили закріплення Q.

4.5 Визначення напрямків дії сил тертя Fтр, що виникають в тих опорах.

4.6 Визначення необхідної сили закріплення Q

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

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.

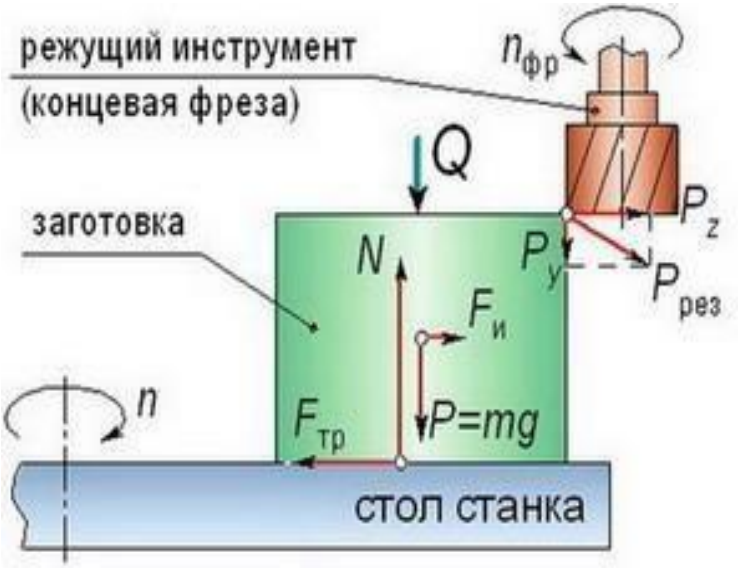


Рис. 1 Схема сил, що діють на заготовку в процесі обробки

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.

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

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

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 (*реакцію опори)* ***N*** в цій точці.

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

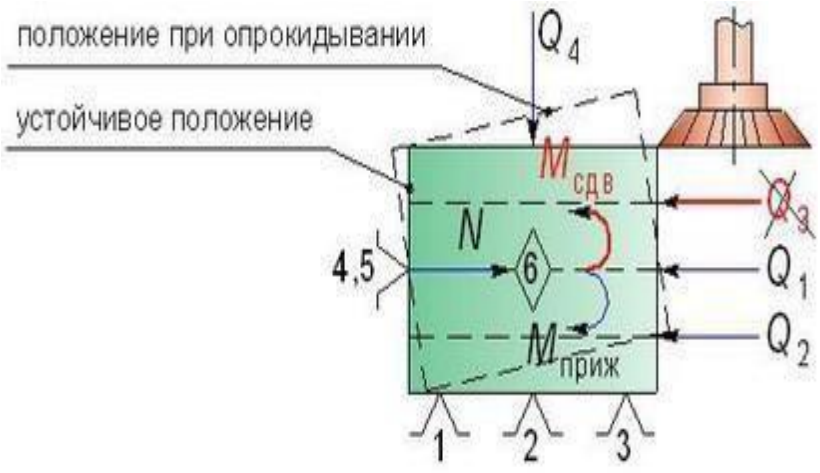


Рис.2 Схема виникнення перевертаючих моментів

На рис. 2 показані можливі варіанти вибору напряму прикладення сили закріплення Q.

При цьому можна зробити наступні висновки:

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

Напрям Q2 - **є *допустимим***, але виникає притискний момент $M_{прит}$, що може привести до зміщення заготовки;

Напрям Q3 – ***<u>є неприпустимим</u>***, оскільки виникає перевертаючий момент $M_{пер}$, який може перевернути заготовку через опорні точки 4 та 5;

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.***

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

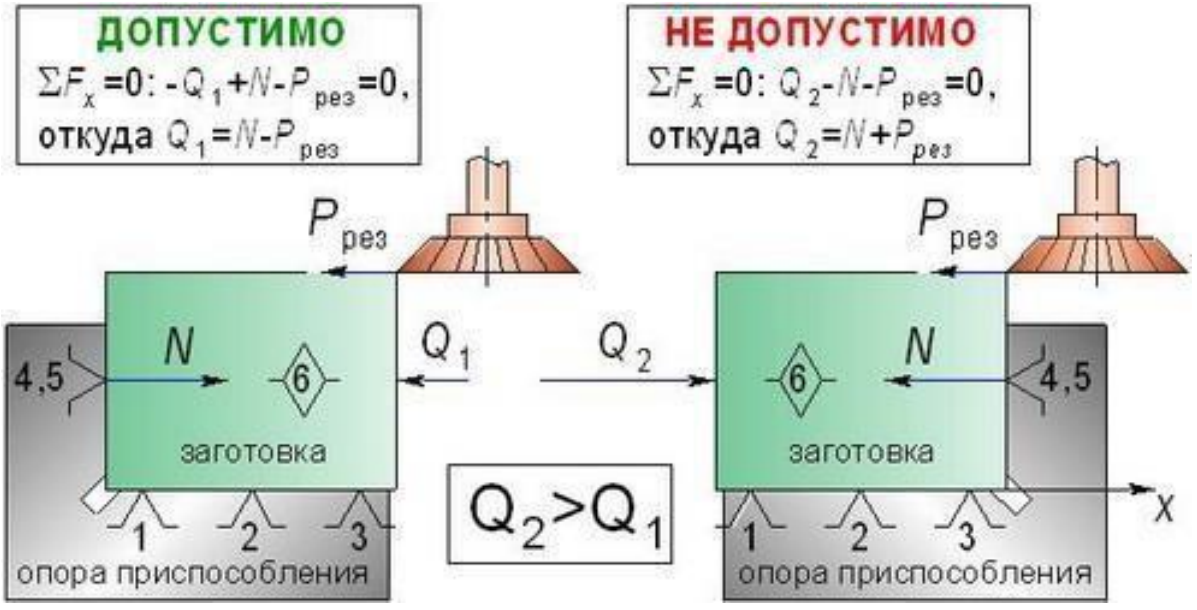


Рис. 3 Схема збільшення величини сили ***Q*** за умови неправильного вибору її напрямку дії

На рис. 3 показані варіанти вибору сили закріплення ***Q , що діє*** як в напрямку дії сили різання ***Pріз***, так і проти.

При цьому можна зробити такий висновок:

1 **Якщо силу затиску *Q1* направити *у напрямі дії* сили різання *Pріз*,** то значення сили затиску ***Q1*** зменшується на величину сили різання ***Pріз***, оскільки сила різання ***Pріз*** 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 Pріз***, то значення сили затиску ***Q2*** збільшується на значення сили різання ***Pріз***. ***Це призводить до збільшення навантаження на силовий механізм пристрою, а значить збільшення його габаритних розмірів і відповідно збільшення економічних витрат на виготовлення і експлуатацію пристрою.***

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

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

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

3. Точка прикладання сили затиску 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.

4 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 165 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. 6.4).

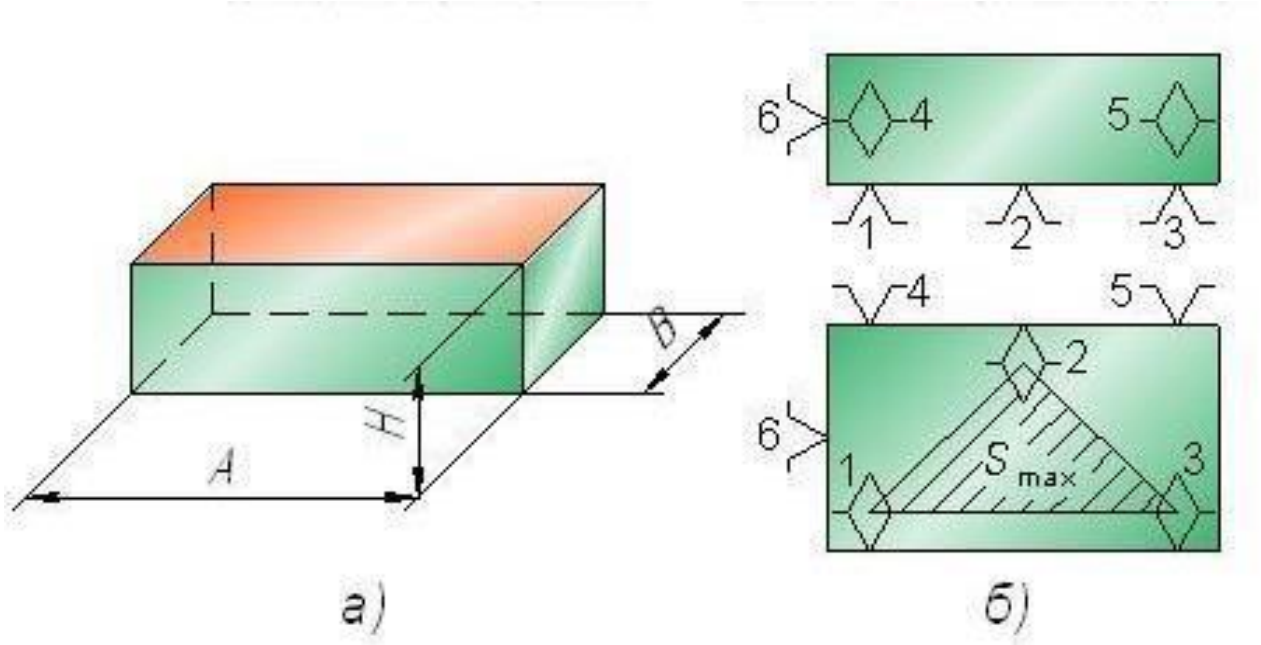


Рис.4 Теоретична схема базування заготовки

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 тільки 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 складові сили різання Рріз - Рх, Ру, Рz, що діють на заготовку в процесі обробки з боку різального інструменту (РІ).

Для розрахунку складових сили різання ***Рріз - Рх, Ру, Рz*** 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 дії сил - на схему базування заготовки наносяться всі сили, 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).

4 Вибирається місце прикладення та напрямок дії сили 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.

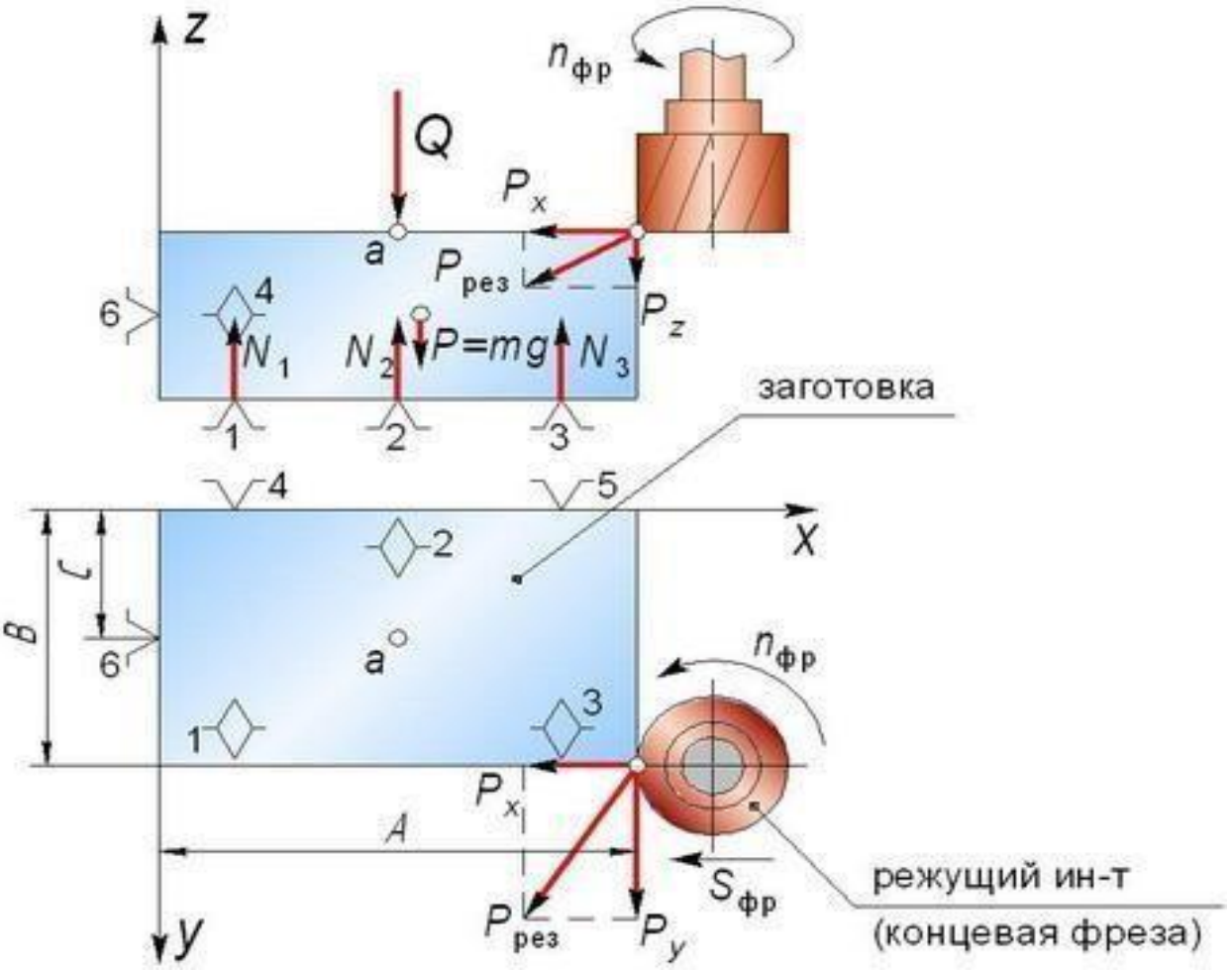


Рис.5 Розрахункова схема дії всіх сил, що діють в процесі обробки на заготовку

Наприклад, на рис.5 **реакцій опор *N*** виникають в точках ***1, 2 і 3*,** та не дають зміщуватися заготовці ***у <u>вертикальному напрямі</u>***.

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

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

<u>Визначаються напрями сил тертя Fmp, що виникають в тих опорах, де виникають реакції N.</u>

Відомо сили тертя ***Fmp,*** що виникають, направлені в протилежному

напрямку до можливого зміщення заготовки. Тому, треба зрозуміти куди зміщуватиметься заготовка під впливом дії складових сил різання ***Ppіз*** (див. рис. 6).

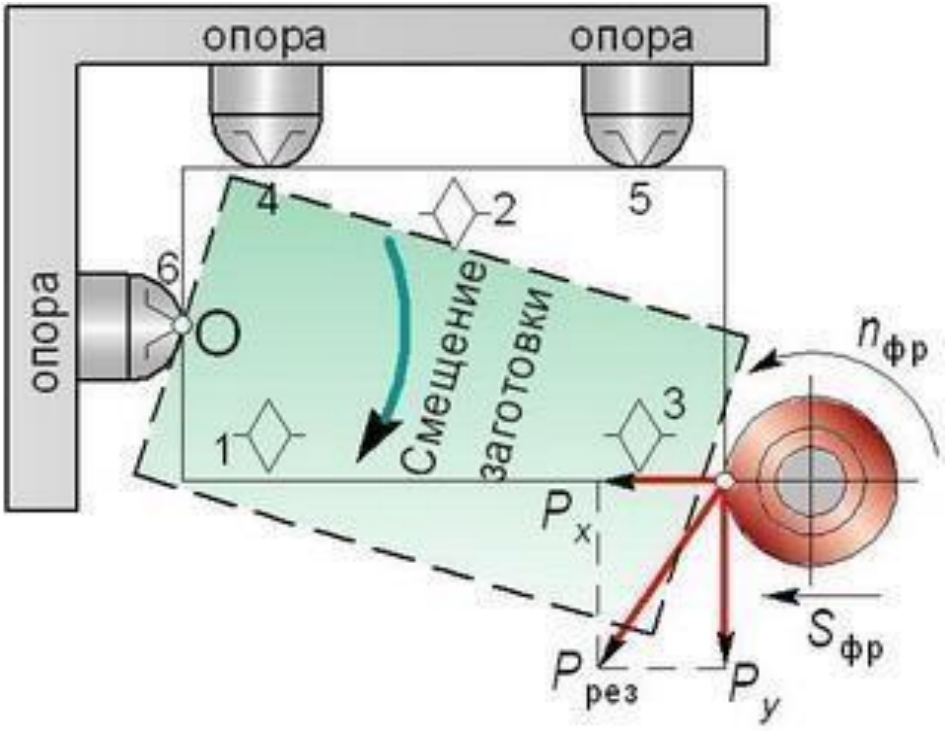


Рис. 6 Схема визначення можливого зміщення заготовки під дією складових сили різання

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

Потім, 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).

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 механіка").

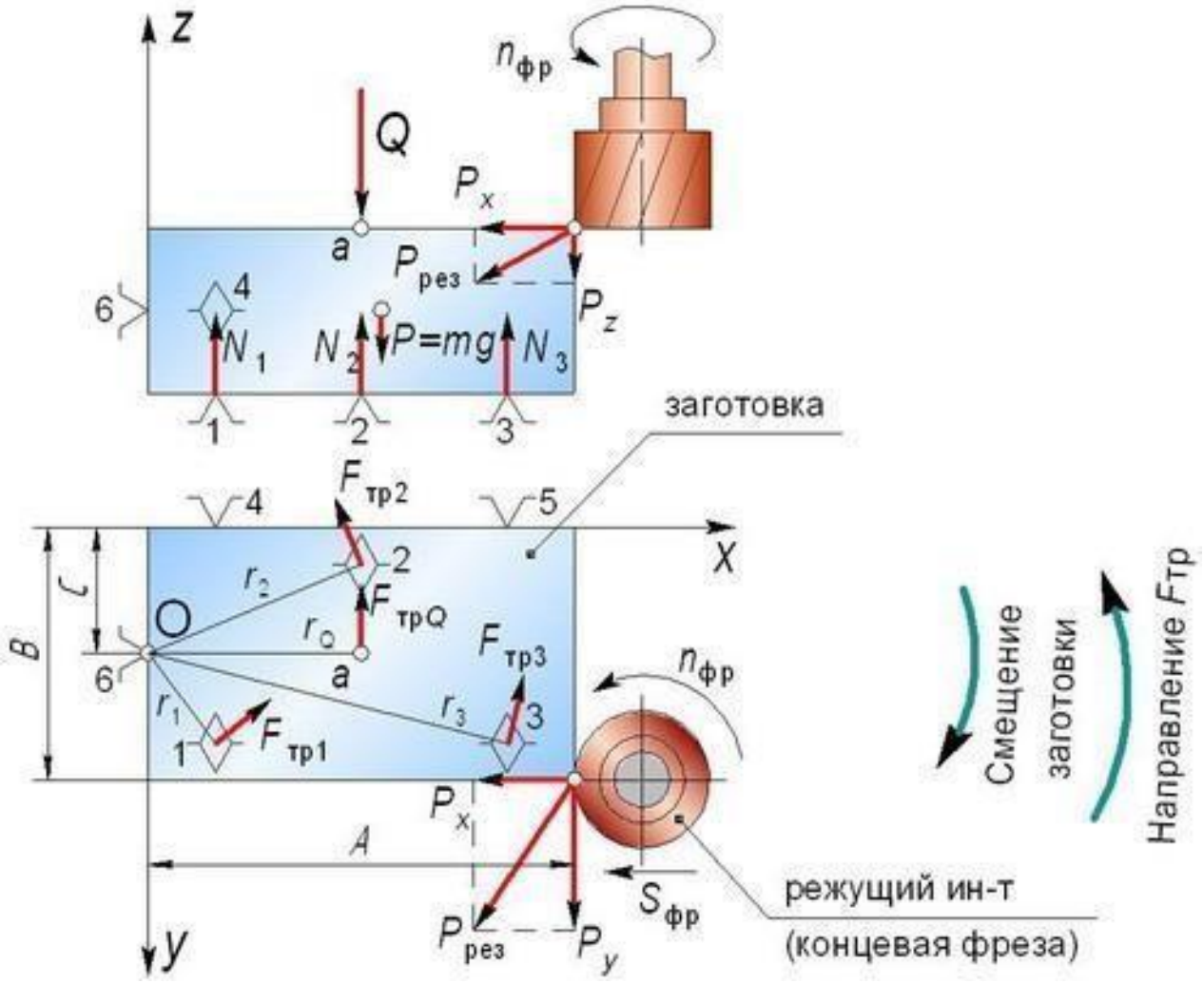


Рис.7 Схема дії сил при розрахунках необхідної сили затискання ***Q***

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

Вихідні дані :

Px, Py, Pz - складові сили різання ***Ppiз***, 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.

<u>Необхідно визначити силу затискання Q заготовки в пристрої.</u>

<u>Рішення</u> :

Для знаходження необхідної сили закріплення ***Q***, необхідно рішити систему рівнянь, що характеризує рівновагу твердого тіла під дією всіх сил

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

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 сил, що діють на заготовку, відносно точки ***O*** повинна дорівнювати нулю. Точка ***O*** - точка, відносно якої відбувається можливе зміщення заготовки під дією складових сили різання ***Рріз***.

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

<u>1. Складаємо рівняння рівноваги заготовки під дією всіх сил для знаходження сили необхідної сили затискання Q:</u>

Для спрощення розрахунків, приймаємо, що реакції опор ***N*** в опорних точках*1,2 і 3* однакові:

$$N_1 = N_2 = N_3 = N$$

:

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

Тоді умова рівноваги всіх сил по осі ***z*** (див. рис. 7) наступна:

Виводимо формулу для визначення необхідної сили затискання ***Q по осі Z :***

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

7 ***<u>Визначаємо невідому реакція опори N у формулі (1)</u>:***

$$N_1 = N_2 = N_3 = N$$

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

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

Відомо, що сила тертя ***Fmp*** визначається залежно від коефіцієнта тертя ***f*** **та** реакції ***N*** по такій формулі:

$$F_{тр} = f \cdot N$$

Звідки виводимо формулу для визначення реакції опори ***N:***

$$\boxed{N = \frac{F_{тр}}{f}} \quad (2)$$

8 ***<u>Визначаємо силу тертя Fmp</u>*** :

Сила тертя ***Fmp визначається*** з рівняння рівноваги моментів відносно точки ***O*** (див. рис.7) :

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

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

Звідки виводимо формулу для визначення сили тертя ***Fmp*** :

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

9 <u>Проводимо підстановку встановлених значень N та Fmp з формул 1, 2, 3 в такому порядку (3) -> (2) -> (1):</u>

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

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

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

В результаті перетворень, отриманих формул виводимо загальну формулу для визначення необхідної сили затискання заготовки ву верстатному пристрої *Q*:

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

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