

ОБГРУНТУВАННЯ СИЛОВИХ ПАРАМЕТРІВ НИЗЬКОДИНАМІЧНОЇ ЗУБЧАТО-КУЛЬКОВОЇ ЗАПОБІЖНОЇ МУФТИ

В процесі роботи технологічного обладнання часто виникають перевантаження, що в багатьох випадках приводить до зростання крутних моментів вище допустимих і руйнування деталей і вузлів машин. Тому, для забезпечення їх надійної роботи використовується ціла гамма захисних пристроїв, які мають ряд недоліків, а саме: інтенсивні ударні навантаження в процесі спрацювання і низьку надійність та довговічність.

Метою даного дослідження є визначення силових параметрів кулькової запобіжної муфти (А.С. № 1751530), яка забезпечує збільшення холостого ходу, і відповідно, зменшення динамічних навантажень в процесі повертання півмуфт в режимі перевантаження. На рис. 1 зображена загальна кінематична схема захисного механізму. Він складається з цапфи 1, на якій закріплена центральна шестірня 2, і вільно встановлена зірочка 5. В отворах зірочки розміщені пальці з фланцями 4, які з одного боку закріплені в отворах сателітів 3. З іншої сторони, на торцевій поверхні фланців виконані луники 7, з якими входять в зачеплення кульки 8, котрі знаходяться в отворах 9 опорної поверхні півмуфти 6. Дана півмуфта встановлена з можливістю осьового переміщення на цапфі і підтиснута пружиною 10, яка підтиснута гайками 11. В процесі перевантаження сателітів навколо центральної шестірні та виходу кульок із лунок. Холостий хід муфти регулюється підбором певного числа зубів центральної шестірні і сателітів, що дає змогу зменшити динамічні навантаження.

Для визначення крутного моменту муфти розглянемо розрахункову схему механізму розчеплення півмуфт (рис. 2). В загальному випадку сила P рівна:

$$P = P_{np} / \text{tg} \beta \quad (1)$$

де P_{np} - сила підтиску пружиною півмуфти;

β - кут між силами P і P_{np} .

Кут β визначаємо через біжуче значення X_{δ} :

$$\beta = \arcsin(m + K + X_{\delta}) / r_k \quad (2)$$

де X_{δ} - біжуче значення $[0 \dots X]$;

m - величина заглиблення кульки в сателітний диск;

K - відстань між півмуфтами;

Підставляючи (2) і (1) і враховуючи силу тертя між кульками і опорною поверхнею півмуфти, а також тертя в зубчатих парах і в шліцевому з'єднанні, силу P можна визначити із залежності:

$$P = \frac{C(\Delta + X_{\delta})}{\text{tg}(\arcsin(m + k + X_{\delta}) / r_k) - \rho) - D \cdot f / d - \eta^n} \quad (3)$$

де C - жорсткість пружини;

Δ - попередня деформація пружини;

r_k - радіус кульки;

ρ - кут тертя між кульками і опорною поверхнею півмуфти;

D - діаметр кола, на якому розташовані центри кульок;

f - коефіцієнт тертя в шліцевому з'єднанні;

d - середній діаметр шліців;

η - коефіцієнт корисної дії зубчатої передачі;

n - кількість сателітів.

Щоб визначити напрям дії сили P відносно центру обертання сателітного диску розглянемо розрахункову схему механізму повертання кульки відносно лунки в процесі розщеплення півмуфти (рис. 3).

В початковому положенні центри кульки і лунки співпадають і знаходяться в точці O . При повороті центральної шестірні радіусом r_1 на кут γ , сателітний диск радіусом r_2 повертається на кут φ . Напрямок сили P завжди знаходиться на лінії, яка проходить через точку контакту "кулька-лунка", а також через їх центри.

Необхідно поєднати функціонально залежністю плече моменту з кутом повороту сателіта γ :

$$l = r_1 \cdot \sin \alpha \quad (4)$$

Кут α визначається по формулі:

$$\alpha = 180 - \left(\frac{180 - \gamma}{2} \right) = \frac{180 + \gamma}{2} - \mu \quad (5)$$

де

$$\mu = \arcsin \left(\frac{b \cdot \sin \varphi}{2} \right) \quad (6)$$

По теоремі косинусів визначаємо сторону C з трикутника $\Delta DOO'O$:

$$C = \sqrt{a^2 + b^2 + 2ab \cdot \cos \varphi} \quad (7)$$

де

$$\begin{cases} a = 2r_1 \cdot \sin \gamma/2 \\ b = 2r_2 \cdot \sin \varphi/2 \\ \psi = \varphi + \gamma/2 \\ \varphi = (r_1/r_2)\gamma \end{cases} \quad (8)$$

В загальному випадку плече L рівне:

$$L = r_1 \sin \frac{\frac{180+\gamma}{2} - \arcsin \left(2r_2 \sin \frac{r_1 \gamma}{r_2 \cdot 2} \sin \left(\frac{r_1 \gamma}{r_2 \cdot 2} + \frac{\gamma}{2} \right) \right)}{\sqrt{4r_1^2 \sin^2 \frac{\gamma}{2} + 4r_2^2 \sin^2 \frac{r_1 \gamma}{2r_2} - 8r_1 r_2 \sin \frac{\gamma}{2} \sin \frac{r_1 \gamma}{r_2 \cdot 2} \cos \left(\frac{\gamma}{2} + \frac{r_1 \gamma}{r_2} \right)}} \quad (9)$$

Для того, щоб у формулі для знаходження моменту була одна змінна, біжуче значення якої буде здаватись з певним кроком, значення X_{δ} необхідно визначити через γ . Аналізуючи рис.2 і рис. 3, біжуче положення перетину кульки при спрацюванні, яке знаходиться по торці лунки і позначається на схемах $gk\delta$, визначається так:

$$X_{\delta} = \sqrt{r_k^2 - r_{k,\delta}^2} - (m + k) \quad (10)$$

Величина $gk\delta$ (виходячи з рисунка 3), рівна:

$$gk\delta = r_{\Lambda} - C \quad (11)$$

Підставляючи (11) в (10) і розписавши C отримаємо:

$$X_{\delta} = \sqrt{r_k^2 - \left(r_{\Lambda} \sqrt{4r_1^2 \sin^2 \frac{\gamma}{2} + 4r_2^2 \sin^2 \frac{r_1 \gamma}{2r_2} - 8r_1 r_2 \sin \frac{\gamma}{2} \sin \frac{r_1 \gamma}{r_2 \cdot 2} \cos \left(\frac{\gamma}{2} + \frac{r_1 \gamma}{r_2} \right)} \right)^2 - (m + k)} \quad (12)$$

Для спрощення виразу моменту його доцільно записати у вигляді системи рівнянь:

$$\left. \begin{aligned}
 M &= P \cdot L; \\
 P &= C \left(\frac{\Delta + \sqrt{z_k^2 - (2n-q)^2} - (m+k)}{\operatorname{tg}(\arcsin \sqrt{r^2 - (rk-q)^2} / r_k)} - \rho \right) - \frac{D \cdot f}{d - n^n}; \\
 L &= r_1 \sin \left(\frac{180 + \gamma}{2} - \arcsin \left(2r_2 \sin \frac{r_1 \gamma}{2r_2} \sin \left(\frac{r_1 \gamma}{2r_2} + \frac{\gamma}{2} \right) / q \right) \right); \\
 q &= \sqrt{4r_1^2 \sin^2 \frac{\gamma}{2} + 4r_2^2 \sin \frac{r_1 \gamma}{2r_2} \sin \frac{r_1}{2} \cos \left(\frac{\gamma}{2} + \frac{r_1 \gamma}{2r_2} \right)}
 \end{aligned} \right\}$$

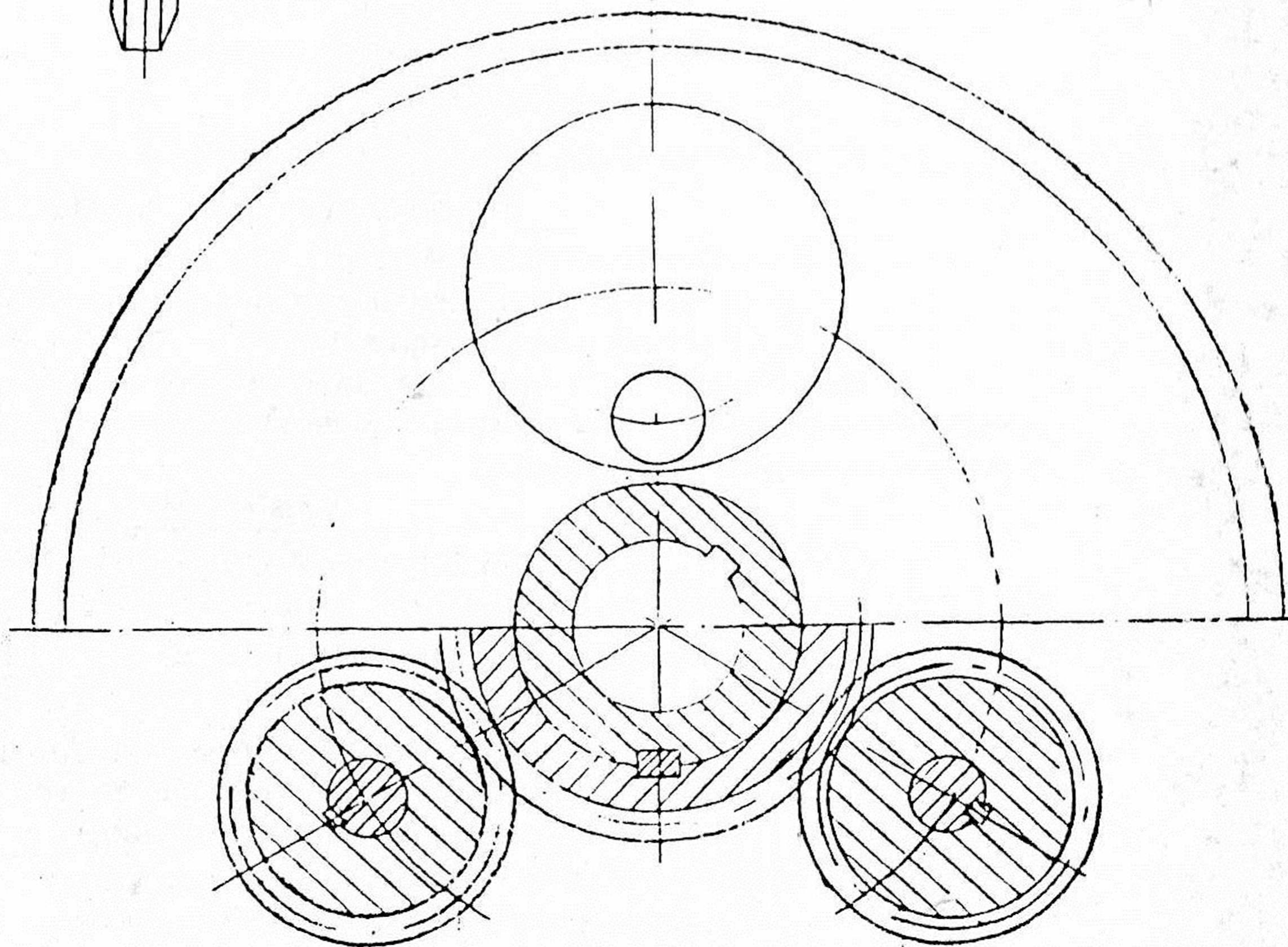
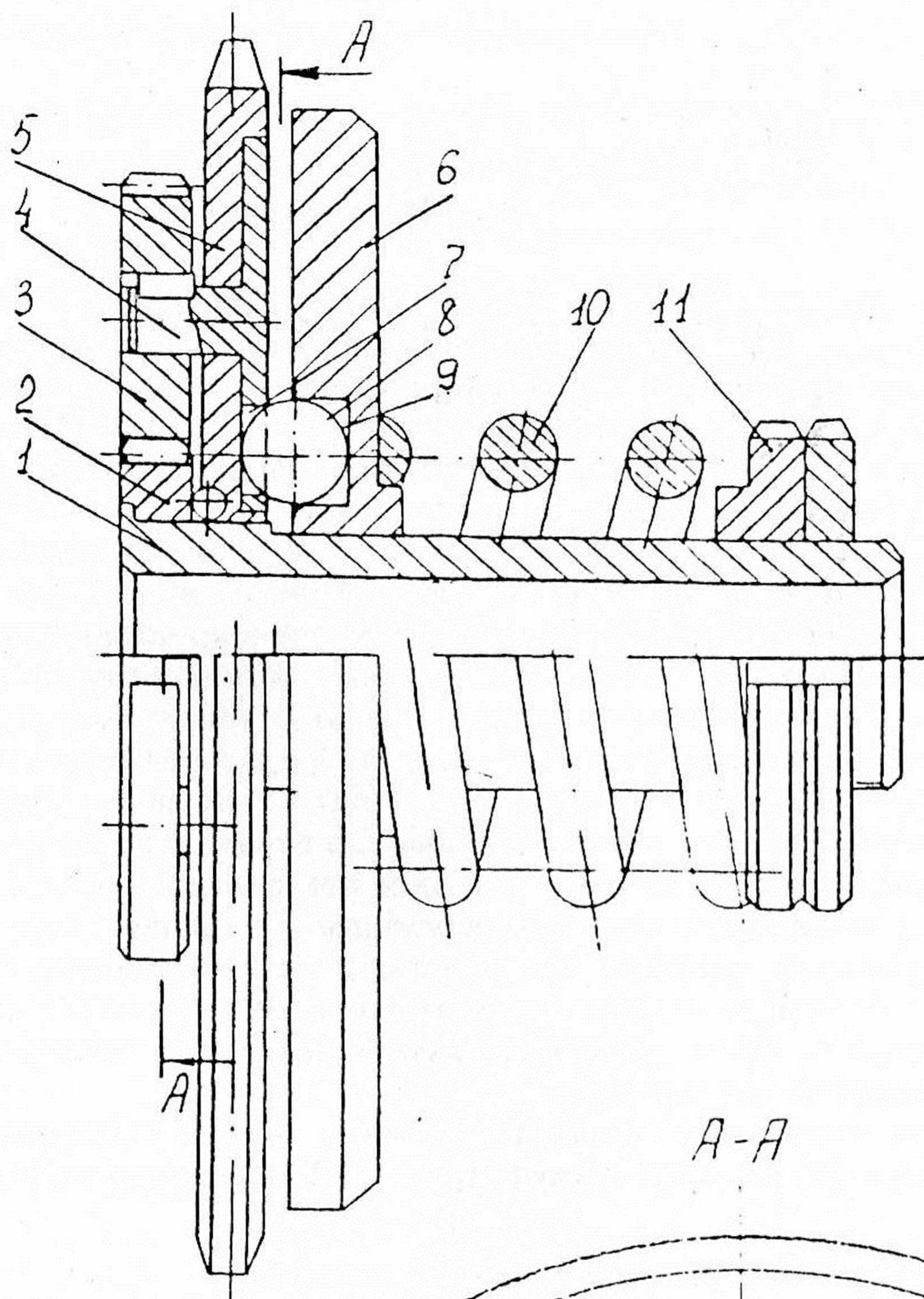
Значення моменту спрацювання муфти від величини кута повертання γ представлено на рис.4. З графіка видно, що по мірі розщеплення півмуфт при $\gamma = 8^\circ$, крутний момент, що передається муфтою, зростає до максимального значення, а при подальшому розщепленні опадає.

Збільшення кута повертання веде до збільшення плеча L і до зменшення сили P .

Таким чином проведені теоретичні дослідження дають можливість спроектувати запобіжну муфту з відповідними конструктивними і силовими параметрами для практичних цілей.

ЛІТЕРАТУРА.

А. С. №1751530 СССР, МКИ F16D 7/06. Предохранительная муфта./ Гевко И.Б., Гевко Р.Б., Гевко Е.М., Дубык О.И. // Открытия. Изобретения, - 1992. - № 28. - с.149.



puc. 1

