

УДК 629.3.076



ПОПОВИЧ В.В.* ст. викладач,
КРАЙНИК Л.В.** докт. техн. наук, проф.
*Національний університет “Львівська політехніка”, кафедра автомобілебудування,
**ВАТ “Укравтобуспром”

ВПЛИВ КУТІВ ПОЗДОВЖНЬОГО Й ПОПЕРЕЧНОГО НАХИЛУ ОСЕЙ ШВОРНІВ НА КІНЕМАТИКУ КЕРМОВОГО ПРИВОДУ АВТОБУСА ІЗ ЗАЛЕЖНОЮ ПЕРЕДНЬОЮ ПІДВІСКОЮ З УРАХУВАННЯМ КООРДИНАТ ЦЕНТРА КУЛЬОВОГО ПАЛЬЦЯ ВАЖЕЛЯ ПОВОРОТНОГО КУЛАКА

© Крайник Л.В., Попович В.В., 2013

Наведені дві конструктивні схеми виконання поздовжньої тяги кермового приводу автобуса А074. Отримано основні формули для розрахунку кутів повороту лівого керованого колеса залежно від кута повороту сошки, лінійних розмірів ланок кермового приводу, кутів нахилу шворнів та координат центра кульового пальця важеля поворотного кулака. За отриманими формулами визначено вплив досліджуваних факторів на кінематичні передатні числа кермового приводу.

Two constructive schemes of execution of longitudinal pull-rod of a steering linkage of bus A074 are resulted. The basic expressions for calculating the angles of rotation of the left fist turning wheels of linear dimensions of parts of a steering drive, their connecting size to the frame bus and rotation angles bipod steering mechanism and deformation of springs. According to the obtained formulas determine the influence of the studied factors on kinematic conveyed among the steering issue.

Постановка проблеми. Під час проектування кермового приводу необхідно оптимізувати розміри його ланок та їх положення в просторі, а також кути поздовжнього й поперечного нахилу осей шворнів і координати центра кульового пальця важеля поворотного кулака, щоб забезпечити, зокрема, приблизну рівність кінематичних передатних чисел кермового приводу при поворотах керованих коліс вліво та вправо.

Аналіз відомих досліджень і публікацій. Відомі дослідження і публікації окремих авторів подані в роботі [1]. Ці дослідження знайшли своє

продовження у вигляді аналітичних описів кінематик кермового приводу й підвіски автобуса моделі А074 [1–7] і оптимізації конструктивних розмірів кермового приводу на основі згаданих аналітичних описів [1, 7].

Постановка задачі. Мета праці – використати розрахункову програму до запропонованих нижче формул, щоб дослідити вплив поздовжнього й поперечного нахилу осей шворнів і положення центра кульового пальця важеля поворотного кулака на кінематику кермового приводу автобуса із залежною передньою підвіскою.

Основний матеріал. Розглянемо

два варіанти кінематичної схеми кермового приводу автобуса моделі А074 [2]: кермовий привід із видовженою поздовжньою тягою і кермовий привід із розрізною поздовжньою тягою. Принцип дії кермового приводу в поєднанні з кермовим механізмом і підвіскою

описаний у публікаціях [1, 6]. В обох варіантах кермовий привід є шарнірним багатоланковим механізмом з жорсткими ланками. Опишемо кожен варіант окремо.

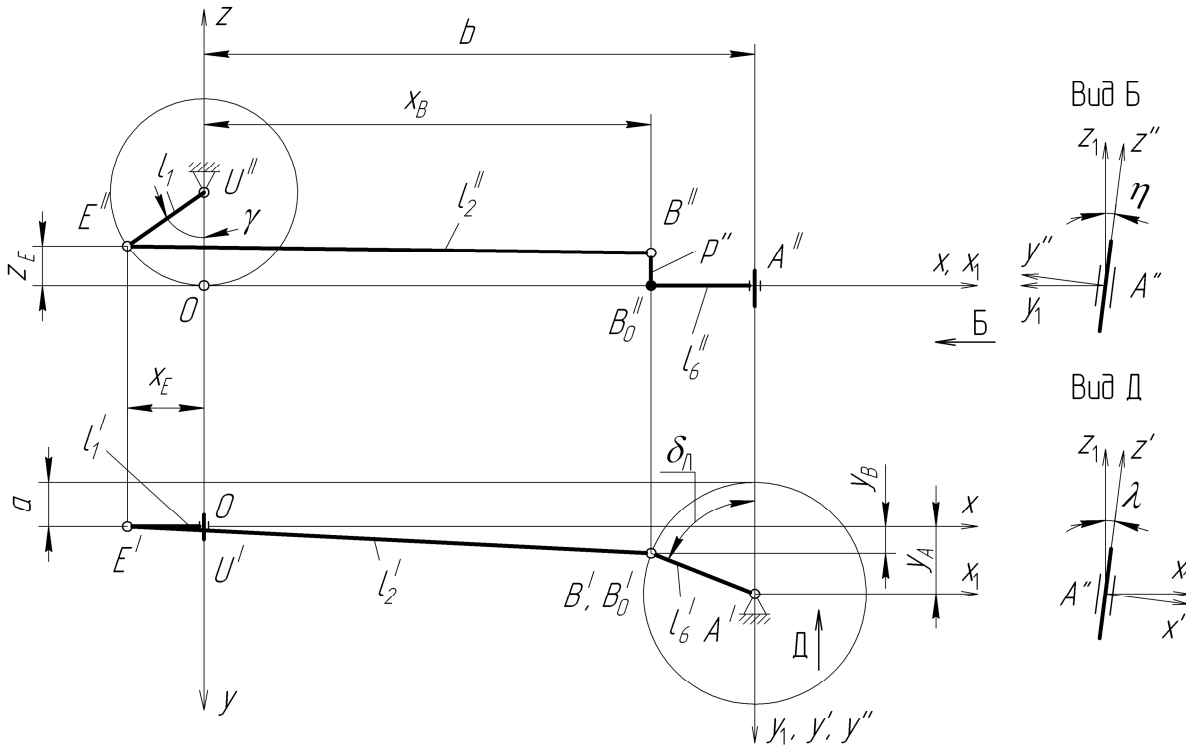


Рис.1. Кінематична схема кермового приводу з видовженою поздовжньою тягою автобуса А074

Варіант І: кермовий привід із видовженою поздовжньою тягою. Кермовий привід (рис. 1) нарисований у двох ортогональних проекціях: головний вигляд – у вертикальній площині, вигляд зверху – у горизонтальній. Шарніри ланок приводу позначимо літерами латинського алфавіту з двома штрихами на головному вигляді та з одним штрихом – на вигляді зверху. Привід помістимо в прямокутну систему координат $Oxyz$. Ланка $U''E''=l_1$ (сошка) обертається у вертикальній площині Oxz , паралельній площині симетрії автобуса навколо нерухомої точки U'' , яка знаходиться на

осі Oz . Точка E'' може переміщатись по дузі, розміщеній лівіше точки O (задача 1, 3) і по дузі, розміщеній правіше точки O (задача 2, 4). Точка B_0'' може рухатись у двох площинах – горизонтальній, що проходить через точки перетину осей керованих коліс із осями шворнів та нахилений відносно горизонтальної площини на кути λ і η . Очевидно, що горизонтальна площина паралельна до площини Oxy . Точка A'' перетину осі лівого керованого колеса з віссю шворня прийнята за початок трьох систем координат $A'x_1y_1z_1$, $A'x'y'z'$ та $A''x''y''z''$. Вісі координат $A''x_1$ і $A''y_1$ лежать у

горизонтальній площині, а вісь $A''z_1$ співпадає з віссю шворня за умови, що кути поздовжнього λ і поперечного η його нахилу дорівнюють нулю. Відтак, коли шворень повернути відносно осі $A''y_1$ на кут λ і навколо осі $A''x_1$ на кут η , то точка B'_0 опиниться в нахиленій площині $A''x'y'$ (для кута λ) або в нахиленій площині $A''x''y''$ (для кута η), а

вісь $A''z'$ ($A''z''$) співпадає з віссю шворня. Довжину відрізка B_0B позначимо літерою p .

У задачах 1 і 2 визначимо кут повороту лівого керованого колеса δ_n , як функцію параметрів $\gamma, \lambda, a, l_1, l_6, p$.

Задача 1. Запишемо координати точок E'' і B' :

$$x_E = -l_1 \cdot \sin \gamma_n; \quad y_E = 0; \quad z_E = l_1(1 - \cos \delta_n). \quad (1)$$

$$x_B = b - l_6 \cdot \sin \delta_n \cdot \cos \lambda + p \cdot \sin \lambda; \quad y_B = l_6(1 - \cos \delta_n) - a; \quad (2)$$

$$z_B = l_6 \cdot \sin \delta_n \cdot \sin \lambda + p \cdot \cos \lambda.$$

Довжину ланки $EB = l_2$ виразимо у вигляді рівняння:

$$l_2 = \sqrt{(x_B - x_E)^2 + (y_B - y_E)^2 + (z_B - z_E)^2}. \quad (3)$$

Підставимо координати точок E'' і B' у рівняння (3):

$$l_2 = \sqrt{[b - l_6 \cdot \sin \delta_n \cdot \cos \lambda + p \cdot \sin \lambda + l_1 \cdot \sin \gamma]^2 + [l_6 \cdot (1 - \cos \delta_n) - a]^2 + [l_6 \cdot \sin \delta_n \cdot \sin \lambda + p \cdot \cos \lambda - l_1(1 - \cos \gamma)]^2}.$$

Після необхідних перетворень отримаємо:

$$l_2 = \sqrt{a^2 + b^2 + 2l_1^2 + 2l_6^2 + p^2 - 2al_6 + 2l_1(b + p \cdot \sin \lambda) \sin \gamma + 2b \cdot p \cdot \sin \lambda - 2l_1 \cdot p \cdot \cos \lambda + 2l_1(p \cdot \cos \lambda - l_1) \cos \gamma - 2l_6[(b \cdot \cos \lambda + l_1 \cdot \sin \lambda) + l_1(\cos \lambda \cdot \sin \gamma - l_1 \cdot \sin \lambda \cdot \cos \gamma)] \sin \delta_n - 2l_6(l_6 - a) \cos \delta_n}. \quad (4)$$

Представимо рівняння (4) для початкового положення ланок приводу, коли $\gamma = 0^\circ$ і $\delta_n = 0^\circ$:

$$l_2 = \sqrt{a^2 + b^2 + 2l_1^2 + 2l_6^2 + p^2 - 2al_6 + 2b \cdot p \cdot \sin \lambda - 2l_1 p \cos \lambda + 2l_1(p \cdot \cos \lambda - l_1) - 2l_6(l_6 - a)}. \quad (5)$$

Із (4) і (5) виходить:

$$l_6 \{l_1[(1 - \cos \gamma) \sin \lambda + \cos \lambda \cdot \sin \gamma] + b \cdot \cos \lambda\} \sin \delta_n - l_6(l_6 - a) \cos \delta_n = l_1[(b + p \cdot \sin \lambda) \sin \gamma + (l_1 - p \cdot \cos \lambda)(1 - \cos \gamma)] + l_6(l_6 - a). \quad (6)$$

Введемо позначення:

$$l_1[(1 - \cos \gamma) \sin \lambda + \cos \lambda \cdot \sin \gamma] + b \cdot \cos \lambda = B \cdot \cos \omega; \quad l_6 - a = B \cdot \sin \omega. \quad (7)$$

Із цих позначень випливає:

$$B = \sqrt{l_1^2[(1 - \cos \gamma) \sin \lambda + \cos \lambda \cdot \sin \gamma]^2 + (l_6 - a)^2};$$

$$\omega = \operatorname{arctg} \frac{l_6 - a}{l_1 [(1 - \cos \gamma) \sin \lambda + \cos \lambda \cdot \sin \gamma] + b \cdot \cos \lambda} \quad (8)$$

Підставимо вирази (7) і (8) у рівняння (6):

$$\delta_n = \operatorname{arcsin} \frac{l_1 [(b + p \cdot \sin \lambda) \sin \gamma + (l_1 - p \cdot \cos \lambda)(1 - \cos \gamma)] + l_6 (l_6 - a)}{l_6 \sqrt{\{l_1 [(1 - \cos \gamma) \sin \lambda + \cos \lambda \cdot \sin \gamma] + b \cdot \cos \lambda\}^2 + (l_6 - a)^2}} - \operatorname{arctg} \frac{l_6 - a}{l_1 [(1 - \cos \gamma) \sin \lambda + \cos \lambda \cdot \sin \gamma] + b \cdot \cos \lambda} \quad (9)$$

Задача 2. Координати точки E'' та B' (рис. 2) визначаються як

$$x_E = l_1 \cdot \sin \gamma; \quad y_E = 0; \quad z_E = l_1 (1 - \cos \gamma). \quad (10)$$

$$x_B = b + l_6 \cdot \sin \delta_n \cdot \cos \lambda + p \cdot \sin \lambda; \quad y_B = l_6 (1 - \cos \delta_n) - a;$$

$$z_B = p \cdot \cos \lambda - l_6 \cdot \sin \delta_n \cdot \sin \lambda. \quad (11)$$

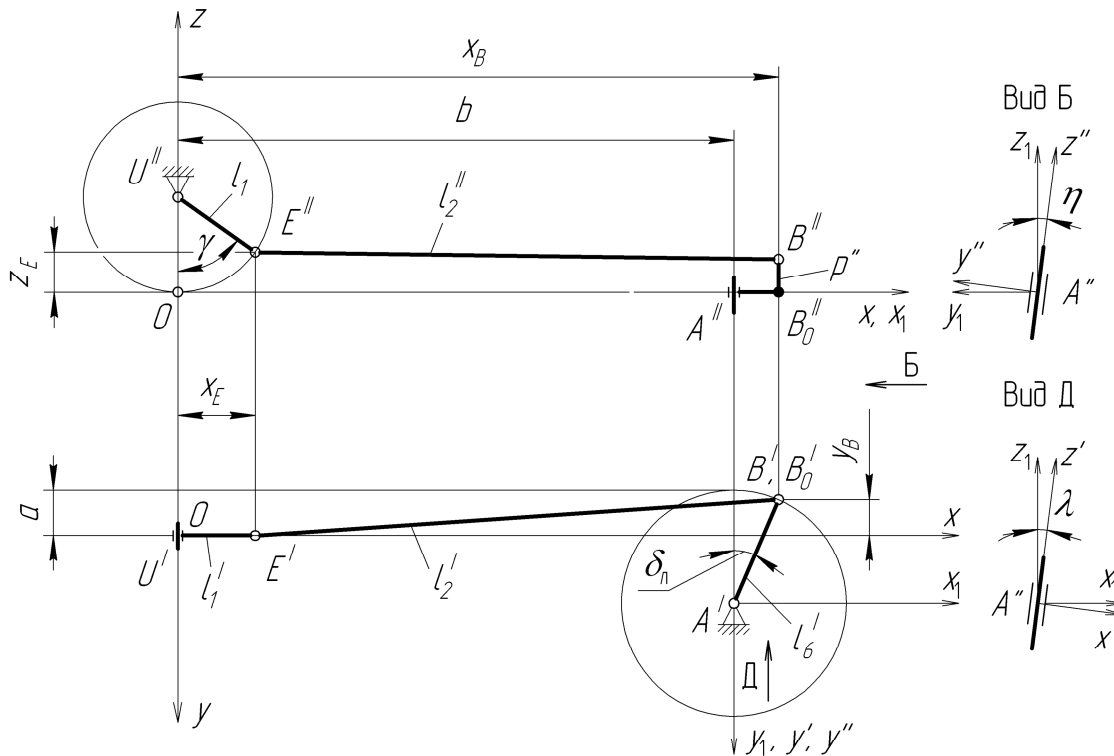


Рис.2. Кінематична схема кермового приводу з видовженою поздовжньою тягою автобуса А074

Підставимо координати точок E'' і B' у рівняння (3):

$$l_2 = \sqrt{[b + l_6 \cdot \sin \delta_n \cdot \cos \lambda + p \cdot \sin \lambda - l_1 \cdot \sin \gamma]^2 + [l_6 \cdot (1 - \cos \delta_n) - a]^2 + [p \cdot \cos \lambda - l_6 \cdot \sin \delta_n \cdot \sin \lambda - l_1 (1 - \cos \gamma)]^2}$$

$$l_2 = \sqrt{a^2 + b^2 + 2l_1^2 + 2l_6^2 + p^2 - 2a \cdot l_6 - 2l_1(b + p \cdot \sin \lambda) \sin \gamma + 2b \cdot p \cdot \sin \lambda - 2l_1 \cdot p \cdot \cos \lambda + 2l_1(p \cdot \cos \lambda - l_1) \cos \gamma + 2l_6[(b \cdot \cos \lambda + l_1 \cdot \sin \lambda) - l_1(\cos \lambda \cdot \sin \gamma + \sin \lambda \cdot \cos \gamma)] \sin \delta_n - 2l_6(l_6 - a) \cdot \cos \delta_n.} \quad (12)$$

Рівняння (12) для початкового положення ланок приводу, коли $\gamma = 0^\circ$ і $\delta = 0^\circ$, отримає вигляд:

$$l_2 = \sqrt{a^2 + b^2 + 2l_1^2 + 2l_6^2 + p^2 - 2al_6 + 2b \cdot p \cdot \sin \lambda - 2l_1 \cdot p \cdot \cos \lambda + 2l_1(p \cdot \cos \lambda - l_1) - 2l_6(l_6 - a).} \quad (13)$$

Із рівнянь (12) і (13) маємо:

$$l_6 \{l_1[(1 - \cos \gamma) \sin \lambda - \cos \lambda \cdot \sin \gamma] + b \cdot \cos \lambda\} \sin \delta_n - l_6(l_6 - a) \cos \delta_n + l_1[(p \cdot \cos \lambda - l_1) \cos \gamma - (p \cdot \cos \lambda - l_1) - (b + p \cdot \sin \lambda) \sin \gamma] + l_6(l_6 - a) = 0. \quad (14)$$

Введемо позначення:

$$l_1[(1 - \cos \gamma) \sin \lambda - \cos \lambda \cdot \sin \gamma] + b \cdot \cos \lambda = B_1 \cdot \cos \omega_1; \quad l_6 - a = B_1 \cdot \sin \omega_1. \quad (15)$$

Із позначення (15) отримаємо:

$$B_1 = \sqrt{\{l_1[(1 - \cos \gamma) \sin \lambda - \cos \lambda \cdot \sin \gamma] + b \cdot \cos \lambda\}^2 + (l_6 - a)^2};$$

$$\omega_1 = \arctg \frac{l_6 - a}{l_1[(1 - \cos \gamma) \sin \lambda - \cos \lambda \cdot \sin \gamma] + b \cdot \cos \lambda}. \quad (16)$$

Підставимо вирази (15) і (16) у рівняння (14):

$$l_6 \cdot B_1 (\sin \delta_n \cdot \cos \omega_1 - \sin \omega_1 \cdot \cos \delta_n) = -l_6(l_6 - a) + [l_1(p \cdot \cos \lambda - l_1) - (p \cdot \cos \lambda - l_1) \cos \gamma + (b + p \cdot \sin \lambda) \sin \gamma];$$

$$\delta_n = \arcsin \frac{l_1[(b + p \cdot \sin \lambda \cdot \sin \gamma) - (l_1 - p \cdot \cos \gamma)(1 - \cos \gamma)] - l_6(l_6 - a)}{l_6 \sqrt{\{l_1[(1 - \cos \gamma) \sin \lambda - \cos \lambda \cdot \sin \gamma] + b \cdot \cos \lambda\}^2 + (l_6 - a)^2}} + \arctg \frac{l_6 - a}{l_1[(1 - \cos \gamma) \cdot \sin \lambda - \cos \lambda \cdot \sin \gamma] + b \cdot \cos \lambda}. \quad (17)$$

У задачах 3 і 4 визначимо $\delta_n = f(\gamma, \eta, a, l_1, l_6, p)$.

Задача 3. Координати точки E'' (рис. 1) маємо у записі (1), а координати точки B' будуть:

$$x_B = b - l_6 \cdot \sin \delta_n \cdot \cos \eta; \quad y_B = l_6(1 - \cos \delta_n \cdot \cos \eta) - p \cdot \sin \eta - a;$$

$$z_B = p \cdot \cos \eta - l_6 \cdot \cos \delta_n \cdot \sin \eta. \quad (18)$$

Підставимо координати цих точок у рівняння (3):

$$l_2 = \sqrt{[b - l_6 \cdot \sin \delta_n \cdot \cos \eta + l_1 \cdot \sin \gamma]^2 + [l_6 - a - p \cdot \sin \eta - l_6 \cdot \cos \delta_n \cdot \cos \eta]^2 + [p \cdot \cos \eta - l_1(1 - \cos \gamma) - l_6 \cdot \cos \delta_n \cdot \sin \eta]^2};$$

$$l_2 = \sqrt{a^2 + b^2 + 2l_1^2 - l_6^2 + p^2 - 2l_6(l_6 - a) + 2l_1[b \cdot \sin \gamma - p(1 - \cos \gamma) \cos \eta - l_1 \cos \gamma] - 2l_6 \cdot p \cdot \sin \eta + 2a \cdot p \cdot \sin \eta + l_6^2 \cdot \cos^2 \eta \cdot \sin^2 \delta_n - 2l_6(b + l_1 \cdot \sin \gamma) \cos \eta \cdot \sin \delta_n + l_6^2 \cdot \cos^2 \delta_n - 2l_6[(l_6 - a) \cos \eta - l_1(1 - \cos \gamma) \sin \eta] \cos \delta_n} \quad (19)$$

Для $\gamma = 0^\circ$ і $\delta_n = 0^\circ$ залежність (19) отримає вигляд:

$$l_2 = \sqrt{a^2 + b^2 + 2l_1^2 - l_6^2 + p^2 - 2l_6(l_6 - a) - 2l_1^2 - 2l_6 \cdot p \cdot \sin \eta + 2a \cdot p \cdot \sin \eta + l_6^2 - 2l_6[(l_6 - a) \cos \eta - l_1(1 - \cos \gamma) \sin \eta]} \quad (20)$$

Із рівнянь (19) і (20) маємо:

$$l_6^2 \cdot \cos^2 \eta \cdot \sin^2 \delta_n - 2l_6(b + l_1 \cdot \sin \gamma) \cos \eta \cdot \sin \delta_n + l_6^2 \cdot \cos^2 \delta_n - 2l_6[(l_6 - a) \cos \eta - l_1(1 - \cos \gamma) \sin \eta] \cos \delta_n + 2l_1[b \cdot \sin \gamma + (l_1 - p \cdot \cos \eta)(1 - \cos \gamma)] + 2l_6(l_6 - a) \cos \eta - l_6^2 = 0. \quad (21)$$

Задача 4. Координати точки E'' (рис. 2) маємо у записі (10), а координати точки B' будуть:

$$x_B = b + l_6 \cdot \sin \delta_n \cdot \cos \eta; \quad y_B = l_6(1 - \cos \delta_n \cdot \cos \eta) - p \cdot \sin \eta - a; \quad z_B = p \cdot \cos \eta - l_6 \cdot \sin \eta \cdot \cos \delta_n. \quad (22)$$

Підставимо координати точок E'' і B' у рівняння (2.3):

$$l_2 = \sqrt{[b + l_6 \cdot \sin \delta_n \cdot \cos \eta - l_1 \cdot \sin \gamma]^2 + [(l_6 - a) - p \cdot \sin \eta - l_6 \cdot \cos \delta_n \cdot \cos \eta]^2 + [p \cdot \cos \eta - l_1(1 - \cos \gamma) - l_6 \cdot \sin \eta \cdot \cos \delta_n]^2};$$

$$l_2 = \sqrt{a^2 + b^2 + 2l_1^2 - l_6^2 + p^2 - 2l_6(l_6 - a) - 2l_1[b \cdot \sin \gamma + p \cdot (1 - \cos \gamma) \cos \eta + l_1 \cdot \cos \gamma] - 2l_6 \cdot p \cdot \sin \eta + 2a \cdot p \cdot \sin \eta + l_6^2 \cdot \cos^2 \eta \cdot \sin^2 \delta_n + 2l_6(b - l_1 \cdot \sin \gamma) \cos \eta \cdot \sin \delta_n + l_6^2 \cdot \cos^2 \delta_n - 2l_6[(l_6 - a) \cdot \cos \eta - l_1(1 - \cos \gamma) \cos \eta] \sin \eta] \cos \delta_n} \quad (23)$$

Рівняння (23) для початкового положення ланок приводу, коли $\gamma = 0^\circ$ і $\delta_n = 0^\circ$, отримає вигляд:

$$l_2 = \sqrt{a^2 + b^2 + 2l_1^2 - l_6^2 + p^2 - 2l_6(l_6 - a) - 2l_1^2 - 2p \cdot \sin \eta \cdot (l_6 - a) + l_6^2 - 2l_6(l_6 - a) \cos \eta}. \quad (24)$$

Із рівнянь (23) і (24) маємо:

$$l_6^2 \cdot \cos^2 \eta \cdot \sin^2 \delta_n + 2l_6(b - l_1 \cdot \sin \gamma) \cos \eta \cdot \sin \delta_n + l_6^2 \cdot \cos^2 \delta_n - 2l_6[(l_6 - a) \cos \eta - l_1(1 - \cos \gamma) \sin \eta] \cos \delta_n - 2l_1[b \cdot \sin \gamma - (l_1 - p \cdot \cos \eta)(1 + \cos \gamma)] + 2l_6(l_6 - a) \cos \eta - l_6^2 = 0. \quad (25)$$

Значення кута повороту лівого керованого колеса δ_n вчисляли залежно від кута повороту сошки γ в діапазоні від 0 до 35° за формулами (9) і (17), а за формулами (21) і (25) визначали кут δ_n методом послідовних наближень,

використовуючи програму, створену в середовищі MATHCAD. Відтак знаходили значення кута повороту правого керованого колеса δ_n і середній кут повороту передніх керованих коліс δ_{cp} [7]. Для визначеного кута δ_{cp}

вчисляли загальне передатне число кермового приводу i . У розрахункові формули підставляли розміри, взяті з робочих креслень експериментальної моделі автобуса А074: $a = 128$ мм, $b = 1290$, $l_1 = 265$, $l_6 = 230$ мм. У розрахунках фігурувало шість фіксованих значень довжин p ($p = 0, 25, 50, 75, 100$ і 125 мм), а для кожного із шести фіксованих значень p – чотири фіксовані значення кута λ ($\lambda = 0, 1.5, 3$ і 5°) та чотири фіксовані значення кута η ($\eta = 0, 5, 10$ і 15°). Прийнято максимально допустимі повороти керованих коліс до 35° .

За результатами обчислень виконано вибіркові графічні залежності передатного числа i від кута повороту сошки $\gamma_{\text{л}}$, $\gamma_{\text{п}}$ (рис. 3, а) для $\lambda = 0^\circ$, $\eta = 0^\circ$, $p = 0$ мм (крива 1) та для $\lambda = 5^\circ$, $\eta = 0^\circ$, $p = 125$ мм (крива 2). Очевидно, що крива 1, описує рух у площині А"x'y' точки B_0^I , для якої вплив параметрів λ , η і p відсутній, а крива 2 – рух точки B'' у площині А"x'y', для якої враховано вплив λ і p на величину i . Лівіше від точки

перетину K кривих 1 і 2 величина i для кривої 2 поступово збільшувалась, а правіше від точки K – зменшувалась. У кінцевому результаті при $\gamma_{\text{л}} = 25^\circ$ i збільшилось на 1%, а при $\gamma_{\text{п}} = 25^\circ$ – зменшилось на 4,7%.

Що стосується впливу параметрів η і p на величину i , то вона поступово збільшувалась разом зі збільшенням $\gamma_{\text{л}}$, починаючи від точок перетину M і N (рис. 3, б) кривих 3 і 4 з кривою 1. Для $\gamma_{\text{л}} = 25^\circ$, $\eta = 5^\circ$, $p = 125$ мм збільшення i (крива 3) становило 1,3%. Правіше від точок M і N криві 3 і 4 опускались нижче кривої 1 і поступово віддалялись від неї. Крива 5 для лівого і правого поворотів керованих коліс знаходилась нижче кривої 1, що призвело до зменшення i при $\gamma_{\text{п}} = 25^\circ$ на 8,3%.

Окрім графіків доцільно також розглянути табличні середньоарифметичні поправки $\Delta i'_{\text{cp}}$, $\Delta i''_{\text{cp}}$ та $\Delta i'''_{\text{cp}}$ на відповідні їм початкові величини передатних чисел i для лівого і правого поворотів керованих коліс. Ці параметри визначали за формулами:

$$\Delta i_{\text{cp}} = \sum_{k,p,\gamma,\lambda,\eta} \frac{i_k(\Gamma, p) - i_k(\Gamma, p=0, \lambda=0^\circ, \gamma=0^\circ)}{i_k(\Gamma, p)} \cdot 100\%; \quad (26)$$

$$\Delta i'_{\text{cp}} = \sum_{k,p,\gamma,\lambda,\eta} \frac{i_k(\Gamma, p, \lambda, \gamma=0^\circ) - i_k(\Gamma, p=0, \lambda=0^\circ, \gamma=0^\circ)}{i_k(\Gamma, p, \lambda, \gamma=0^\circ)} \cdot 100\%; \quad (27)$$

$$\Delta i''_{\text{cp}} = \sum_{k,p,\gamma,\lambda,\eta} \frac{i_k(\Gamma, p, \lambda=0^\circ, \gamma) - i_k(\Gamma, p=0, \lambda=0^\circ, \gamma=0^\circ)}{i_k(\Gamma, p, \lambda=0^\circ, \gamma)} \cdot 100\%. \quad (28)$$

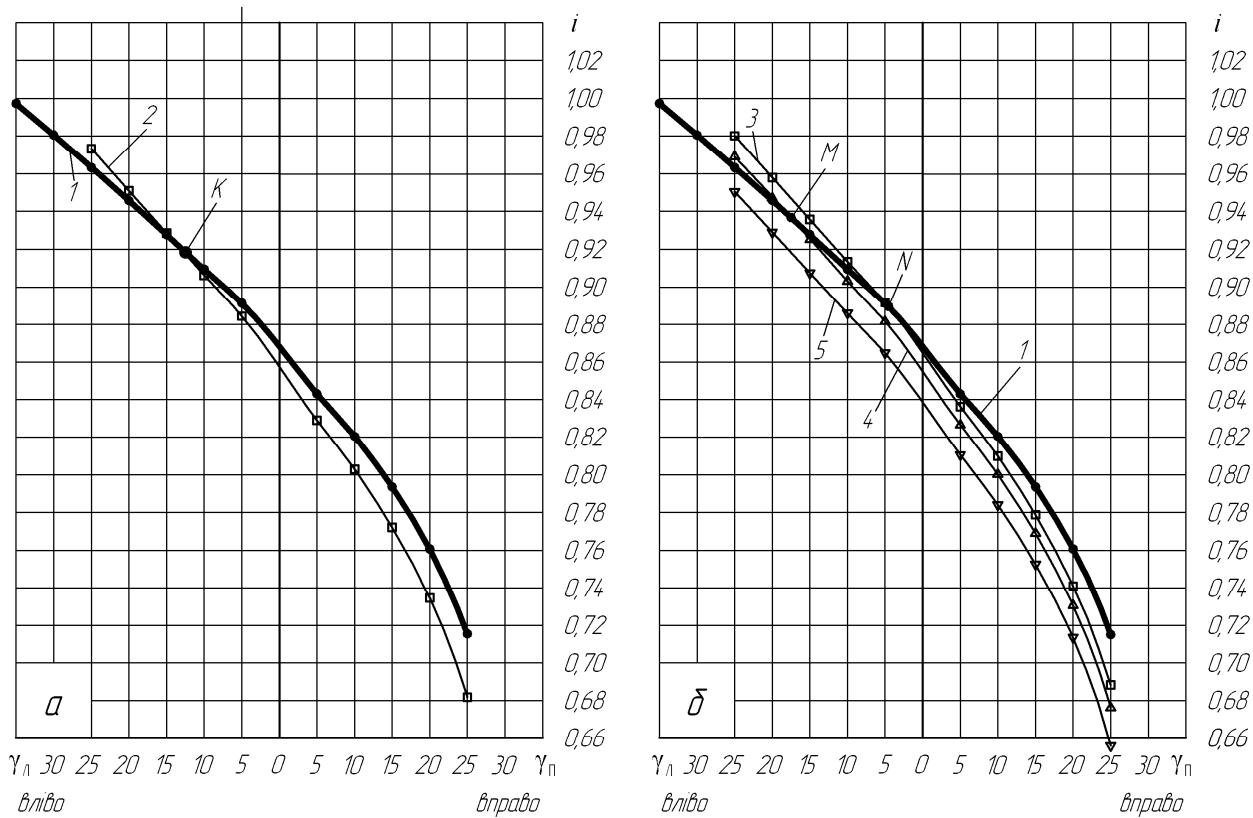


Рис.3. Залежність передатного числа i кермового приводу з видовженою поздовжньою тягою від кута повороту γ сошки автобуса А074 для:

1 – $p = 0$ мм, $\lambda = 0^\circ$, $\eta = 0^\circ$; 2 – $p = 125$ мм, $\lambda = 5^\circ$, $\eta = 0^\circ$; 3 – $p = 125$ мм, $\lambda = 0^\circ$, $\eta = 5^\circ$;
 4 – $p = 125$ мм, $\lambda = 0^\circ$, $\eta = 10^\circ$; 5 – $p = 125$ мм, $\lambda = 0^\circ$, $\eta = 15^\circ$

Формулою (26) враховано вплив параметра p на i , формулою (27) – вплив параметрів p і λ на i , а формулою (28) – вплив p і η на i . Результати розрахунків подані в таблиці, які засвідчують, що зі збільшенням p від 0 до 125 мм (див. колонки 2 і 3) для лівого повороту керованих коліс поправка $\Delta i'_{\text{ср л}}$ змінювалась від 0% до +1,15%, а для правого повороту $\Delta i'_{\text{ср п}}$ – від 0% до –1,39%. Якщо розглядати одночасний вплив p і λ на величину i , то поправка для лівого повороту $\Delta i'_{\text{ср л}}$ змінювалась від –0,01% до +0,99%, а для правого повороту $\Delta i'_{\text{ср п}}$ – від –0,01% до –2,95%.

При сталому p (див. таблицю) поправка $\Delta i'_{\text{ср л}}$ поступово зменшувалась зі збільшенням кута λ , а при сталих значеннях λ вона збільшувалась зі збільшенням p . Відповідно поправка $\Delta i'_{\text{ср п}}$ мала тільки від'ємне значення. Її

абсолютна величина при сталому p поступово збільшувалась зі збільшенням кута λ , а при сталих значеннях λ і збільшенні p числова величина $\Delta i'_{\text{ср п}}$ також збільшувалась.

Таблиця

efwefe

Середньостатистичні поправки $\Delta i_{\text{срл}}$, $\Delta i_{\text{срп}}$ на відповідне їм передатне число $i_{\text{л}}$, $i_{\text{п}}$ автобуса А074 при $\gamma = 0 \dots 35^\circ$ залежно від положення центра кульового пальця p важеля поворотного кулака та кутів поздовжнього λ й поперечного η нахилу осей шворнів

p , мм	$\lambda = 0; \eta = 0$		$\lambda = 1,5; \eta = 0$		$\lambda = 3; \eta = 0$		$\lambda = 5; \eta = 0$		$\lambda = 0; \eta = 5$		$\lambda = 0; \eta = 10$		$\lambda = 0; \eta = 15$	
	$\Delta i_{\text{срл}}$	$\Delta i_{\text{срп}}$	$\Delta i'_{\text{срл}}$	$\Delta i'_{\text{срп}}$	$\Delta i'_{\text{срл}}$	$\Delta i'_{\text{срп}}$	$\Delta i'_{\text{срл}}$	$\Delta i'_{\text{срп}}$	$\Delta i''_{\text{срл}}$	$\Delta i''_{\text{срп}}$	$\Delta i''_{\text{срл}}$	$\Delta i''_{\text{срп}}$	$\Delta i''_{\text{срл}}$	$\Delta i''_{\text{срп}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	%													
Варіант I														
0	0,00	0,00	0,01	-0,01	-0,06	-0,10	-0,26	-0,34	-0,35	-0,46	-1,47	-1,83	-3,43	-4,19
25	0,34	-0,32	0,30	-0,39	0,18	-0,54	-0,08	-0,86	-0,005	-0,78	-1,13	-2,16	-3,09	-4,52
50	0,68	-0,63	0,59	-0,76	0,25	-0,97	0,08	-1,38	0,34	-1,10	-0,79	-2,48	-2,75	-4,85
75	1,02	-0,95	0,88	-1,12	0,67	-1,41	0,27	-1,90	0,68	-1,41	-0,45	-2,80	-2,40	-5,18
100	1,37	-1,27	1,17	-1,53	0,91	-1,85	0,45	-2,42	1,08	-1,73	-0,11	-3,12	-2,06	-5,50
125	1,71	-1,58	1,47	-1,89	1,15	-2,29	0,63	-2,95	1,36	-2,05	0,23	-3,44	-1,72	-5,83
Варіант II														
0	0,00	0,00	0,04	0,03	-0,004	-0,007	-0,19	-0,17	-0,88	0,09	-2,51	-0,69	5,26	-2,38
25	0,67	-0,71	0,61	-0,78	0,47	-0,93	0,17	-1,25	-0,21	-0,62	-1,93	-1,40	4,59	-3,10
50	1,34	-1,42	1,19	-1,61	0,96	-1,87	0,52	-2,33	0,46	-1,33	-1,27	-2,12	3,91	-3,83
75	2,01	-2,10	1,76	-2,45	1,44	-2,81	0,88	-3,42	1,14	-2,28	-0,59	-2,90	3,23	-4,56
100	2,68	-2,93	2,38	-3,27	1,92	-3,76	1,24	-4,53	1,80	-2,76	0,08	-3,56	2,56	-5,30
125	3,35	-3,57	2,91	-4,11	2,58	-4,72	1,60	-5,66	2,47	-3,49	0,75	-4,29	1,42	-6,58

Що стосується впливу параметрів p і η на поправки $\Delta i''_{\text{ср л}}$ та $\Delta i''_{\text{ср п}}$, то збільшення η при сталому p вело до зменшення алгебраїчних величин обох поправок. Вплив η посилювався зі збільшенням p .

Варіант II: кермовий привід із розрізною поздовжньою тягою. Точка E'' (рис. 4) може переміщатись по дузі радіуса l_1 , розміщеній лівіше точки E_0'' (задача 5, 7) і правіше точки E_0'' (задача 6,8).

Задача 5. Математична залежність між кутом повороту сошки γ і кутом повороту β ланки OC'' виражається формулою [1]:

$$\beta = \arcsin \frac{l_1 [b \cdot \sin \gamma - d \cdot (1 - \cos \gamma)] + l_3 [b \cdot \sin \beta' + (d + l_1) \cos \beta']}{l_3 \sqrt{(b + l_1 \cdot \sin \gamma)^2 + (d + l_1 \cdot \cos \gamma)^2}} - \arctan \frac{d + l_1 \cdot \cos \gamma}{b + l_1 \cdot \sin \gamma}. \quad (29)$$

Щоб пов'язати в кінцевому результаті кути γ і $\delta_{\text{л}}$, запишемо спочатку координати точок D'' і B' :

$$\begin{aligned} x_D &= -l_4 \cdot \sin(\beta - \beta'); & y_D &= 0; & z_D &= -l_4 \cdot \cos(\beta - \beta'). & (30) \\ x_B &= c - l_6 \cdot \sin \delta_{\text{л}} \cdot \cos \lambda + p \cdot \sin \lambda; & y_B &= n + l_6 \cdot (1 - \cos \delta_{\text{л}}); & & & \\ z_B &= -l_4 + l_6 \cdot \sin \delta_{\text{л}} \cdot \sin \lambda + p \cdot \cos \lambda. & & & & & (31) \end{aligned}$$

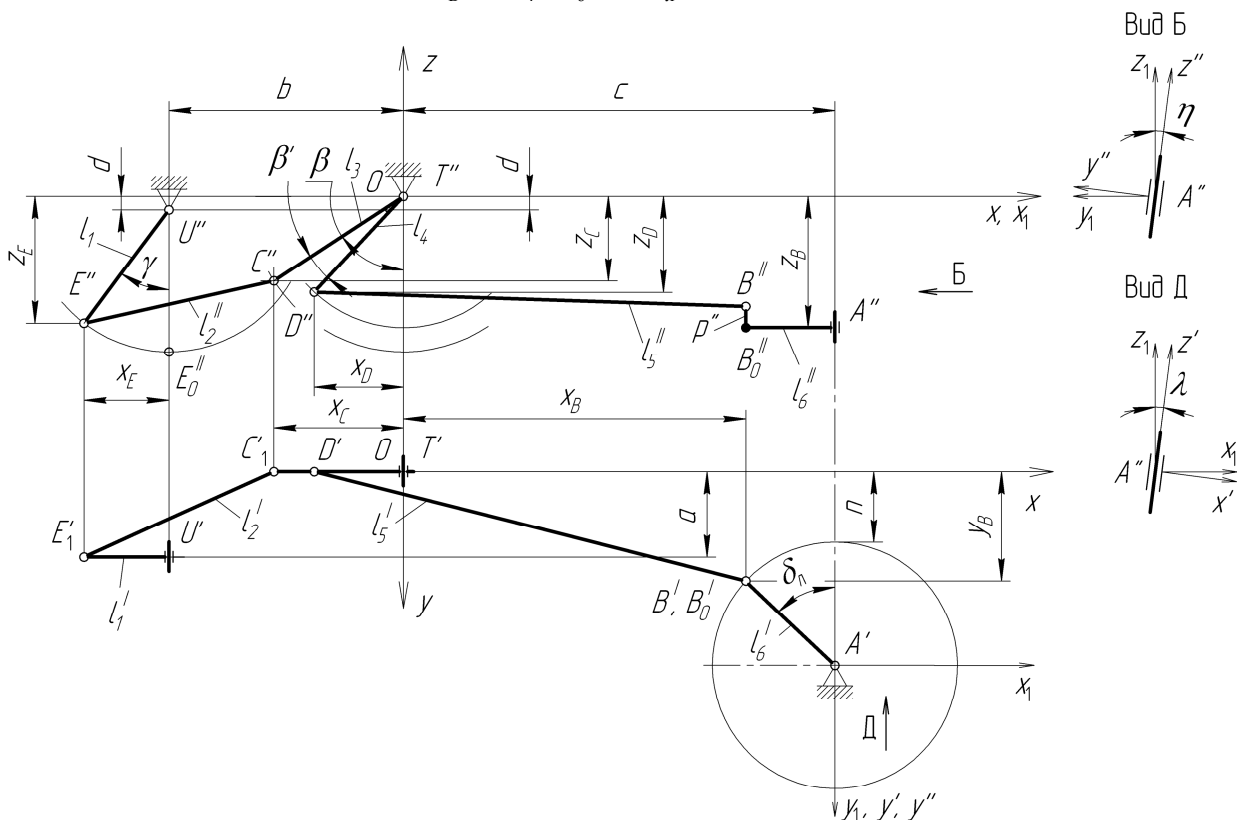


Рис. 4. Кінематична схема кермового приводу з розрізною поздовжньою тягою автобуса А074

Підставимо координати цих точок у рівняння:

$$l_5 = \sqrt{(x_B - x_D)^2 + (y_B - y_D)^2 + (z_B - z_D)^2}. \quad (32)$$

Враховуючи записи (30) і (31), отримаємо:

$$l_5 = \sqrt{[c - l_6 \cdot \sin \delta_n \cdot \cos \lambda + p \cdot \sin \lambda + l_4 \cdot \sin(\beta - \beta')]^2 + [(n + l_6) - l_6 \cdot \cos \delta_n]^2 + [-l_4 + l_6 \cdot \sin \delta_n \cdot \sin \lambda + p \cdot \cos \lambda + l_4 \cdot \cos(\beta - \beta')]^2};$$

$$l_5 = \sqrt{c^2 - l_6^2 + n^2 + p^2 + 2l_6(l_6 + n) + 2p[c + l_4 \cdot \sin(\beta - \beta')] \cdot \sin \lambda + 2l_4\{c \cdot \sin(\beta - \beta') + [1 - \cos(\beta - \beta')(l_4 - p)]\} + l_6^2 \cdot \sin^2 \delta_n - 2l_6\{[c + l_4 \cdot \sin(\beta - \beta')] \cos \lambda + l_4[1 - \cos(\beta - \beta')] \sin \lambda\} \sin \delta_n + l_6^2 \cdot \cos^2 \delta_n - 2l_6(l_6 + n) \cos \delta_n.} \quad (33)$$

Для початкового положення ланок механізму, коли $\gamma = 0^\circ$, $\delta_n = 0^\circ$ і $\beta = 0^\circ$:

$$l_5 = \sqrt{c^2 + n^2 + p^2 + 2c \cdot p \cdot \sin \lambda}. \quad (34)$$

Із рівнянь (33) і (34) маємо:

$$l_6\{[c + l_4 \cdot \sin(\beta - \beta')] \cos \lambda + l_4[1 - \cos(\beta - \beta')] \sin \lambda\} \sin \delta_n + l_6(l_6 + n) \cdot \cos \delta_n = l_4\{p \cdot \sin(\beta - \beta') \sin \lambda + c \cdot \sin(\beta - \beta') + (l_4 - p)[1 - \cos(\beta - \beta')]\} + l_6(l_6 + n). \quad (35)$$

Зробимо позначення:

$$\begin{aligned} \{[c + l_4 \cdot \sin(\beta - \beta')] \cos \lambda + l_4[1 - \cos(\beta - \beta')] \sin \lambda\} &= B_2 \cdot \cos \omega_2; \\ l_6 + n &= B_2 \cdot \sin \omega_2. \end{aligned} \quad (36)$$

Із позначень (36) отримаємо:

$$B_2 = \sqrt{\{[c + l_4 \cdot \sin(\beta - \beta')] \cos \lambda + l_4[1 - \cos(\beta - \beta')] \sin \lambda\}^2 + (l_6 + n)^2};$$

$$\omega_2 = \arctg \frac{l_6 + n}{[c + l_4 \cdot \sin(\beta - \beta')] \cos \lambda + l_4[1 - \cos(\beta - \beta')] \sin \lambda}. \quad (37)$$

Підставимо вирази (36) і (37) у рівняння (35):

$$\begin{aligned} l_6 \cdot B_2 (\sin \delta_n \cdot \cos \omega_2 + \sin \omega_2 \cdot \cos \delta_n) &= \\ = l_4\{[c + p \cdot \sin \lambda] \sin(\beta - \beta') + (l_4 - p)[1 - \cos(\beta - \beta')]\} + l_6(l_6 + n). \end{aligned}$$

Звідси:

$$\begin{aligned} \delta_n &= \arcsin \frac{l_4\{[c + p \cdot \sin \lambda] \cdot \sin(\beta - \beta') + (l_4 - p)[1 - \cos(\beta - \beta')]\} + l_6(l_6 + n)}{l_6 \sqrt{\{[c + l_4 \cdot \sin(\beta - \beta')] \cos \lambda + l_4[1 - \cos(\beta - \beta')] \sin \lambda\}^2 + (l_6 + n)^2}} - \\ &\quad - \arctg \frac{l_6 + n}{[c + l_4 \cdot \sin(\beta - \beta')] \cos \lambda + l_4[1 - \cos(\beta - \beta')] \sin \lambda}. \end{aligned} \quad (38)$$

Задача 6. Залежність між кутом повороту сошки γ і кутом β повороту ланки OC'' описується формулою [1] (рис. 5):

$$\beta = \arcsin \frac{-l_1 \cdot [b \cdot \sin \gamma + d(1 - \cos \gamma)] + l_3 \cdot [b \cdot \sin \beta' + (d + l_1) \cos \beta']}{l_3 \sqrt{(b - l_1 \cdot \sin \gamma)^2 + (d + l_1 \cdot \cos \gamma)^2}} - \arctg \frac{d + l_1 \cdot \cos \gamma}{b - l_1 \cdot \sin \gamma}. \quad (39)$$

Координати точок D'' і B'' будуть:

$$x_{D''} = l_4 \cdot \sin(\beta + \beta'); \quad y_{D''} = 0; \quad z_{D''} = -l_4 \cdot \cos(\beta + \beta'). \quad (40)$$

$$x_{B''} = c + l_6 \cdot \sin \delta_{\pi} \cdot \cos \lambda + p \cdot \sin \lambda;$$

$$y_{B''} = n + l_6(1 - \cos \delta_{\pi}); \quad z_{B''} = -l_4 + p \cdot \cos \lambda - l_6 \cdot \sin \delta_{\pi} \cdot \sin \lambda. \quad (41)$$

Підставимо координати цих точок у формулу (32):

$$l_5 = \sqrt{[c + l_6 \cdot \sin \delta_{\pi} \cdot \cos \lambda + p \cdot \sin \lambda - l_4 \cdot \sin(\beta + \beta')]^2 + [n + l_6 - l_6 \cdot \cos \delta_{\pi}]^2 + [-l_4 + p \cdot \cos \lambda - l_6 \cdot \sin \delta_{\pi} \cdot \sin \lambda + l_4 \cdot \cos(\beta + \beta')]^2};$$

$$l_5 = \sqrt{c^2 - l_6^2 + n^2 + p^2 + 2l_6(l_6 + n) + 2p[c - l_4 \cdot \sin(\beta + \beta')] \sin \lambda - 2l_4\{c \cdot \sin(\beta + \beta') - (l_4 - p \cdot \cos \lambda)[1 - \cos(\beta + \beta')]\} + l_6^2 \cdot \sin^2 \delta_{\pi} + 2l_6\{[c - l_4 \cdot \sin(\beta + \beta')] \cos \lambda + l_4[1 - \cos(\beta + \beta')] \sin \lambda\} \sin \delta_{\pi} - 2l_6(l_6 + n) \cdot \cos \delta_{\pi}} \quad (42)$$

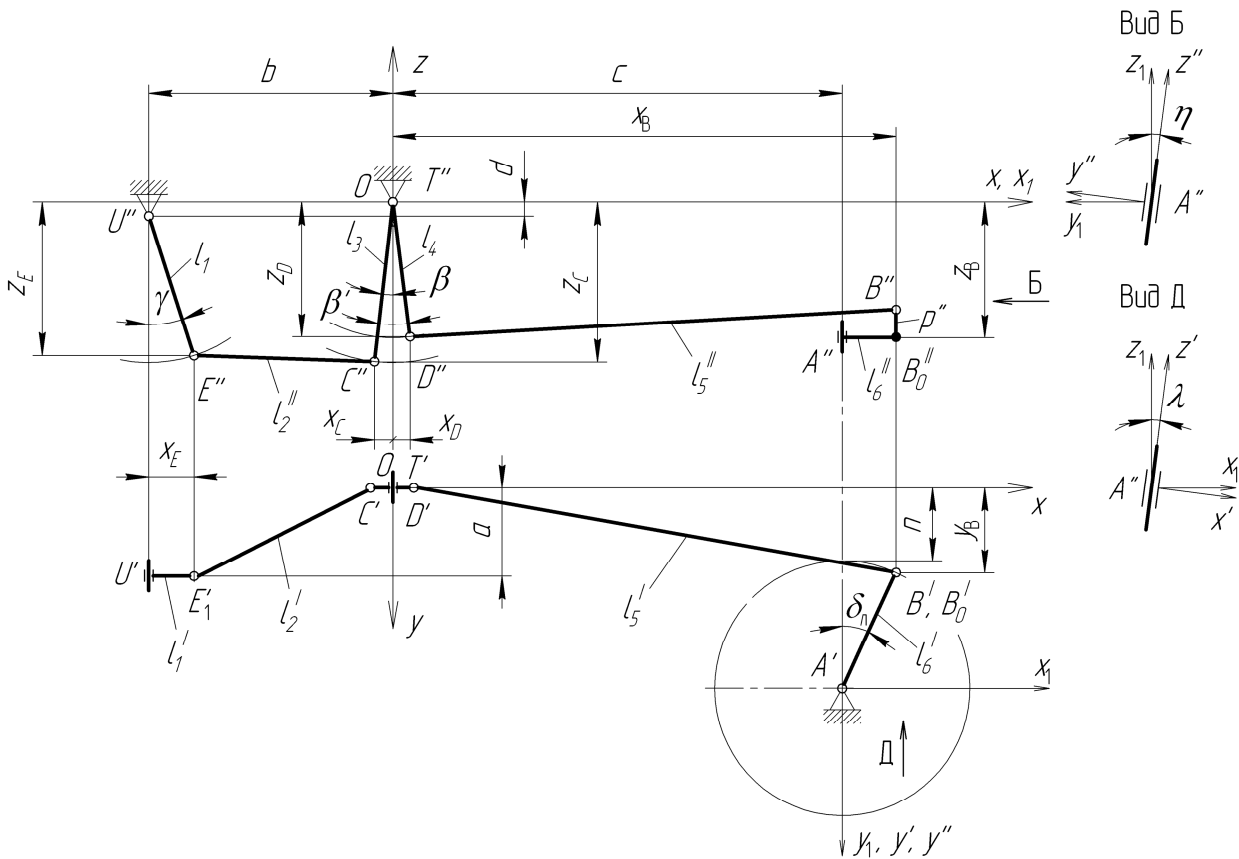


Рис.5. Кінематична схема кермового приводу з розрізною поздовжньою тягою автобуса А074

Запишемо рівняння (42) для початкового положення ланок механізму, коли $\gamma = 0^\circ$, $\delta_{\pi} = 0^\circ$ і $-\beta = \beta$:

$$l_5 = \sqrt{c^2 + n^2 + p^2 + 2p \cdot c \cdot \sin \lambda}. \quad (43)$$

Із рівнянь (42) і (43) отримуємо:

$$l_6(l_6 + n) - l_4 \cdot p \cdot \sin(\beta + \beta') \cdot \sin \lambda - l_4 \{c \cdot \sin(\beta + \beta') + (p \cdot \cos \lambda - l_4)[1 - \cos(\beta + \beta')]\} + \\ + l_6 \{[c - l_4 \sin(\beta + \beta')] \cos \lambda + l_4 [1 - \cos(\beta + \beta')] \sin \lambda\} \sin \delta_n - l_6(l_6 + n) \cos \delta_n = 0. \quad (44)$$

Позначимо:

$$[c - l_4 \cdot \sin(\beta + \beta')] \cos \lambda + l_4 [1 - \cos(\beta + \beta')] \sin \lambda = B_3 \cdot \cos \omega_3; \\ l_6 + n = B_3 \cdot \sin \omega_3. \quad (45)$$

Із виразів (45) випливає:

$$B_3 = \sqrt{\{[c - l_4 \cdot \sin(\beta + \beta')] \cos \lambda + l_4 [1 - \cos(\beta + \beta')] \sin \lambda\}^2 + (l_6 + n)^2}; \\ \omega_3 = \arctg \frac{l_6 + n}{[c - l_4 \cdot \sin(\beta + \beta')] \cos \lambda + l_4 [1 - \cos(\beta + \beta')] \sin \lambda}. \quad (46)$$

Позначення (45), а також вирази (46) підставимо у формулу (44):

$$l_6 \cdot B_3 (\sin \delta_n \cdot \cos \omega_3 - \sin \omega_3 \cdot \cos \delta_n) = \\ = l_4 \{(c + p \cdot \sin \lambda) \sin(\beta + \beta') - (l_4 - p \cdot \cos \lambda) [1 - \cos(\beta + \beta')]\} - l_6(l_6 + n); \\ \delta_n = \arcsin \frac{l_4 \{(c + p \cdot \sin \lambda) \sin(\beta + \beta') - (l_4 - p \cdot \cos \lambda) [1 - \cos(\beta + \beta')]\} - l_6(l_6 + n)}{l_6 \sqrt{\{[c - l_4 \cdot \sin(\beta + \beta')] \cos \lambda + l_4 [1 - \cos(\beta + \beta')] \sin \lambda\}^2 + (l_6 + n)^2}} + \\ + \arctg \frac{l_6 + n}{[c - l_4 \cdot \sin(\beta + \beta')] \cos \lambda + l_4 [1 - \cos(\beta + \beta')] \sin \lambda}. \quad (47)$$

Задача 7. Кут повороту β ланки OC'' (рис. 4) залежить від кута повороту сошки γ і описується формулою (29). Координати точки D'' подано у записі (30), а координати точки B' будуть:

$$x_B = c - l_6 \cdot \cos \eta \cdot \sin \delta_n; \quad y_B = n + l_6(1 - \cos \delta_n \cdot \cos \eta) - p \cdot \sin \eta; \\ z_B = p \cdot \cos \eta - l_6 \cdot \cos \delta_n \cdot \sin \eta - l_4. \quad (48)$$

Підставимо координати точок D'' і B' у рівняння (32):

$$l_5 = \sqrt{[c - l_6 \cdot \sin \delta_n \cdot \cos \eta + l_4 \cdot \sin(\beta - \beta')]^2 + [l_6 + n - p \cdot \sin \eta - l_6 \cdot \cos \delta_n \cdot \cos \eta]^2 + \\ + [p \cdot \cos \eta - l_6 \cdot \cos \delta_n \cdot \sin \eta - l_4(1 - \cos(\beta - \beta'))]^2}; \\ l_5 = \sqrt{\frac{c^2 - l_6^2 + n^2 + p^2 + 2l_6(l_6 + n) + \\ + 2l_4[c \cdot \sin(\beta - \beta') - p \cdot \cos \eta(1 - \cos(\beta - \beta')) + l_4(1 - \cos(\beta - \beta'))] - \\ - 2l_6 \cdot p \cdot \sin \eta - 2n \cdot p \cdot \sin \eta + l_6^2 \cdot \cos^2 \eta \cdot \sin^2 \delta_n - 2l_6 \cdot \cos \eta [c + l_4 \cdot \sin(\beta - \beta')] \sin \delta_n + \\ + l_6^2 \cdot \cos \delta_n - 2l_6 [(l_6 + n) \cos \eta - l_4(1 - \cos(\beta - \beta'))] \cdot \sin \eta \cos \delta_n}{}}. \quad (49)$$

Залежність (49) для $\gamma = 0^\circ$, $\delta = 0^\circ$ і $\beta = \beta'$ отримає вигляд:

$$l_5 = \sqrt{\frac{c^2 - l_6^2 + n^2 + p^2 + 2l_6(l_6 + n) - 2l_6 \cdot p \cdot \sin \eta - \\ - 2n \cdot p \cdot \sin \eta + l_6^2 - 2l_6 \cdot (l_6 + n) \cos \eta}{}}. \quad (50)$$

Із рівнянь (49) і (5) маємо:

$$l_6^2 \cdot \cos^2 \eta \cdot \sin^2 \delta_n - 2l_6 \cdot \cos \eta [c + l_4 \cdot \sin(\beta - \beta')] \sin \delta_n + l_6^2 \cdot \cos^2 \delta_n - 2l_6 [(l_6 + n) \cos \eta - l_4 (1 - \cos(\beta - \beta')) \sin \eta] \cos \delta_n + 2l_4 [c \cdot \sin(\beta - \beta') + (l_4 - p \cdot \cos \eta)(1 - \cos(\beta - \beta'))] - l_6^2 + 2l_6 (l_6 + n) \cos \eta = 0. \tag{51}$$

Задача 8. Залежність між кутом повороту сошки γ (рис. 5) і кутом β повороту ланки OC'' описується формулою (39). Координати точки D'' маємо у записі (40), а координати точки B' будуть:

$$x_B = c + l_6 \cdot \sin \delta_n \cdot \cos \eta; \quad y_B = l_6 (1 - \cos \delta_n \cdot \cos \eta) - p \cdot \sin \eta + n; \quad z_B = -l_4 + p \cdot \cos \eta - l_6 \cdot \cos \delta_n \cdot \sin \eta. \tag{52}$$

Підставимо координати цих точок у формулу (32):

$$l_5 = \sqrt{[c + l_6 \cdot \sin \delta_n \cdot \cos \eta - l_4 \cdot \sin(\beta + \beta')]^2 + [l_6 + n - p \cdot \sin \eta - l_6 \cdot \cos \delta_n \cdot \cos \eta]^2 + [p \cdot \cos \eta - l_4 (1 - \cos(\beta + \beta')) - l_6 \cdot \cos \delta_n \cdot \sin \eta]^2};$$

$$l_5 = \sqrt{\frac{c^2 + 2l_4^2 - l_6^2 + n^2 + p^2 + 2l_6 (l_6 + n) - 2l_4 [c \cdot \sin(\beta + \beta') + p \cdot \cos \eta (1 - \cos(\beta + \beta')) + l_4 \cdot \cos(\beta + \beta')] - 2l_6 \cdot p \cdot \sin \eta - 2n \cdot p \cdot \sin \eta + l_6^2 \cdot \cos^2 \eta \cdot \sin^2 \delta_n + 2l_6 \cdot \cos \eta [c - l_4 \cdot \sin(\beta + \beta')] \cdot \sin \delta_n + l_6^2 \cdot \cos^2 \delta_n - 2l_6 \cdot [(l_6 + n) \cos \eta - l_4 (1 - \cos(\beta + \beta')) \sin \eta] \cdot \cos \delta_n}{}} \tag{53}$$

Залежність (53) для $\gamma = 0^\circ$, $\delta_n = 0^\circ$ і $\beta = -\beta'$ приймає вигляд:

$$l_5 = \sqrt{c^2 + n^2 + p^2 + 2l_6 (l_6 + n) - 2l_6 \cdot p \cdot \sin \eta - 2n \cdot p \cdot \sin \eta - 2l_6 (l_6 + n) \cos \eta}. \tag{54}$$

Із рівнянь (53) і (54) маємо:

$$l_6^2 \cdot \cos^2 \eta \cdot \sin^2 \delta_n + 2l_6 \cdot \cos \eta [c - l_4 \cdot \sin(\beta + \beta')] \sin \delta_n + l_6^2 \cdot \cos^2 \delta_n - 2l_6 [(l_6 + n) \cos \eta - l_4 (1 - \cos(\beta + \beta')) \sin \eta] \cos \delta_n - 2l_4 [c \cdot \sin(\beta + \beta') - (l_4 - p \cdot \cos \eta)(1 - \cos(\beta + \beta'))] - l_6^2 + 2l_6 (l_6 + n) \cos \eta = 0. \tag{55}$$

Формули (38) і (47) використовували для визначення кута повороту лівого керованого колеса δ_n , а за формулами (51) і (55) визначали кут δ_n методом послідовних наближень. Потім знаходили кут повороту правого керованого колеса δ_n , середній кут повороту передніх керованих коліс δ_{cp} та загальне передатне число i . У розрахункові формули підставляли прив'язувальні розміри та розміри ланок кермового приводу з розрізною поздовжньою тягою (рис. 4 і 5), близькі до оптимальних [7]: $a = 68$ мм, $b = 590$, $c = 700$, $d = 25$, $l_1 = 265$, $l_3 = 290$, $l_6 = 230$, $n = 40$ мм і $\beta' = 14^\circ$. Значення p , λ і η брали ті самі, що й для варіанту I.

На рис. 6 показані графічні залежності загального передатного числа i від кута повороту сошки γ . Крива 1 (рис. 6, а) є кривою початкового відліку ($p = 0$ мм, $\lambda = 0^\circ$, $\eta = 0^\circ$), а крива 2 виражає вплив розміру $p_0 = 125$ мм і кута $\lambda = 5^\circ$ на величину i . Збільшення кута γ_n від $\sim 12^\circ$ (точка К) до 25° збільшувало i порівняно з кривою 1, а зменшення кута γ_n від $\sim 12^\circ$ до 0° і далі до $\gamma_n = 25^\circ$ зменшувало i . Початкова величина i для лівого повороту при $\gamma_n = 25^\circ$ збільшилась на 2,4%, а для правого повороту при $\gamma_n = 25^\circ$ зменшилась на 5,9%.

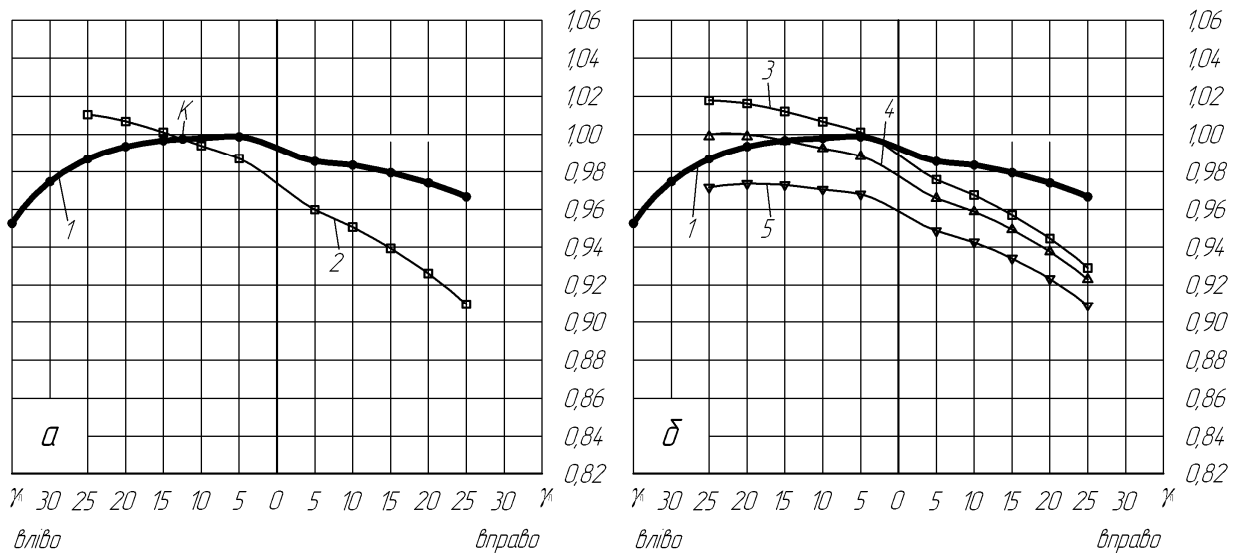


Рис.6. Залежність передатного числа i кермового приводу з розрізною поздовжньою тягою від кута повороту γ сошки автобуса А074 для:

1 - $p = 0$ мм, $\lambda = 0^\circ$, $\eta = 0^\circ$; 2 - $p = 125$ мм, $\lambda = 5^\circ$, $\eta = 0^\circ$; 3 - $p = 125$ мм, $\lambda = 0^\circ$, $\eta = 5^\circ$;
4 - $p = 125$ мм, $\lambda = 0^\circ$, $\eta = 10^\circ$; 5 - $p = 125$ мм, $\lambda = 0^\circ$, $\eta = 15^\circ$

Початкова величина i для лівого повороту при $\gamma_{л} = 25^\circ$ та $\eta = 5^\circ$ (рис. 6, б, крива 3) збільшилась на 3,1%, а для правого повороту при $\gamma_{п} = 25^\circ$ та $\eta = 15^\circ$ (крива 5) зменшилась на 4,7%. Водночас початкова величина i для правого повороту при $\gamma_{п} = 25^\circ$ та $\eta = 15^\circ$ зменшилась на 6%.

Вплив величин p (див. таблицю) на поправки $\Delta i_{ср}$, p і λ на $\Delta i'_{ср}$ та p і η на $\Delta i''_{ср}$ для кермового приводу з розрізною поздовжньою тягою аналогічний впливові цих величин на відповідні поправки для кермового приводу із видовженою поздовжньою тягою (варіант I). Проте вплив цих параметрів на відповідні поправки для варіанту II істотніший.

Висновки

1. Збільшення ординати центра кульового пальця p поворотного кулака збільшувало передатне число кермового приводу i для лівого повороту керованих коліс і зменшувало його для правого повороту разом зі збільшенням кута повороту сошки вліво $\gamma_{л}$ і вправо $\gamma_{п}$.

2. Аналогічний вплив на передатне число кермового приводу для лівого і правого повороту керованих коліс мав кут поздовжнього нахилу λ осей шворнів, зі збільшенням якого разом зі збільшенням p

цей вплив посилювався.

3. Кут поперечного нахилу η осей шворнів збільшував передатне число i разом зі збільшенням p лише для $\gamma_{л} > 5^\circ$ і $\eta = 5^\circ$ та $\gamma_{л} > 17^\circ$ і $\eta = 10^\circ$. При інших значеннях параметрів $\gamma_{л}$, $\gamma_{п}$ та η передатне число зменшувалось.

Список літератури

1. Попович В. В. Оптимізація розмірів ланок кермового приводу та їх прив'язувальних розмірів до рами автобуса із залежною підвіскою // Науковий вісник НЛТУ України: збірник науково-технічних праць. – Львів, 2012. – Випуск 22.1 – С. 133 – 139.

2. Крайник Л. В., Попович В. В. Оптимізація кінематики передньої підвіски та кермового керування шасі автобуса з дверми у передньому звісі // Вісник НТУ "ХП": тематичний випуск "Автомобіле- и тракторобудування". – Харків: Харків. політехн. ін-т, 2010. – № 1. – С. 96–100.

3. Крайник Л. В., Попович В. В. Аналітичний опис кінематики кермового приводу автобуса із залежною передньою підвіскою // Вісник НУ "ЛП": динаміка, міцність та проектування машин і

приладів. – Львів: НУ "Львівська політехніка", 2010. – № 678. – С. 68–74.

4. *Крайник Л. В., Попович В. В.* Кінематика кермового приводу автобуса із залежною передньою підвіскою з урахуванням деформації ресор // Щорічний науково-виробничий журнал Національного транспортного університету: проектування, виробництво та експлуатація автотранспортних засобів і поїздів. – Львів, 2010. – № 18. – С. 145–151.

5. *Крайник Л. В., Попович В. В.* Аналітичний опис кінематики кермового приводу автобуса із залежною передньою підвіскою. Частина II // вісник СНУ ім. Володимира Даля. – Луганськ, 2010. – № 7 (149). – С. 70–75.

6. *Крайник Л. В., Попович В. В.* Кінематика кермового приводу із

залежною передньою підвіскою з урахуванням деформації ресор // Щорічний науково-виробничий журнал Національного транспортного університету: проектування, виробництво та експлуатація автотранспортних засобів і поїздів. – Львів, 2011. – № 19. – С. 188–198.

7. *Попович В.В.* Оптимізація незгодженості кінематик кермового приводу і залежної підвіски керованих коліс автобуса // Щорічний науково-виробничий журнал Національного транспортного університету: проектування, виробництво та експлуатація автотранспортних засобів і поїздів. – Львів, 2011. – № 19. – С. 252–257.