

УДК 621.81/.85

П. І. Літовченко

### РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ РАЦІОНАЛЬНОГО РОЗТАШУВАННЯ ШКІВІВ БАГАТОШКІВНОЇ ПАСОВОЇ ПЕРЕДАЧІ

*Розглянуто проблему раціонального розташування шківів багатощківних клинопасових передач, яке забезпечує підвищення їх експлуатаційних характеристик. Запропоновано методичку оцінювання підвищення експлуатаційних характеристик передачі за рахунок раціонального розташування її шківів.*

**Постановка проблеми.** Клинопасові передачі з трьома і більше шківками широко використовуються у приводах агрегатів автомобільних двигунів та інших приводах як загального, так і спеціального призначення. Геометричні параметри пасової передачі (кути нахилу гілок пасу, кути обхвату шківів, довжина) значною мірою впливають на тягову здатність і довговічність пасу. У свою чергу, вказані геометричні параметри залежать від взаємного розташування шківів передачі, яке визначається при її конструюванні. У процесі проектування пасових передач приводу агрегатів автомобільних двигунів ураховується, в основному, міркування більш компактного конструювання двигуна і його агрегатів, а не забезпечення максимально вигідних геометричних параметрів розташування елементів клинопасової передачі. У зв'язку з цим вибір найкращого варіанта розташування шківів, при якому забезпечується максимальна тягова здатність пасу, зниження сил і напружень у пасі, є актуальною проблемою.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У працях, присвячених геометричним розрахункам пасових передач, наприклад [1, 2], розглядаються, в основному, питання щодо розрахунку довжини пасу і кутів обхвату шківів. Питання стосовно вибору оптимального розташування шківів у відомих автору працях взагалі не порушувались. Автором цієї статті послідовно вирішувалися питання визначення геометричних параметрів пасових передач з трьома і більше шківками [3], що стало основою для розроблення матеріалу даної статті.

**Метою статті** є розроблення методички розрахунку координат раціонального розташування центрів шківів тришківної пасової передачі з натяжним роликком, при якому забезпечуються максимальні значення кутів обхвату на всіх шківках, та методички оцінювання підвищення експлуатаційних характеристик передачі за рахунок цього.

**Виклад основного матеріалу.** Для проведення досліджень використано геометричний образ пасової передачі двигунів ЗМЗ-4061, ЗМЗ-4063 (рис. 1), якими комплектуються автомобілі родини ГАЗЕЛЬ, та програму розрахунку геометричних параметрів пасових передач, які розроблено автором раніше.

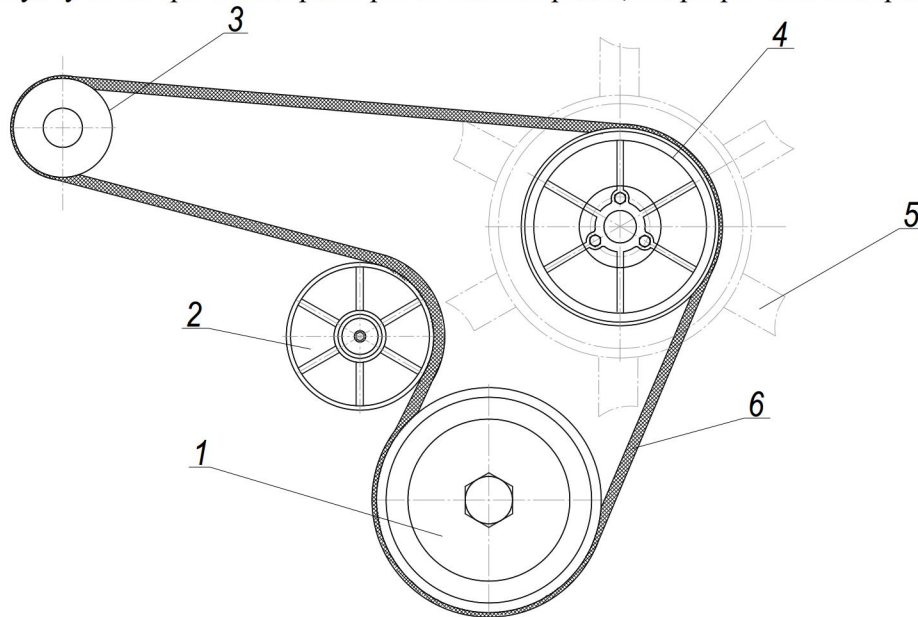


Рис. 1. Схема пасової передачі двигуна ЗМЗ-4061 автомобіля ГАЗ 3221

Було проведено чисельні розрахункові експерименти з визначення геометричних параметрів передачі з координатами розташування шківів, які варіюються. При цьому розглядалася залежність кута  $\alpha_4$  обхвату на критичному шківі 4 (критичним відповідно до рекомендацій [4] вважається шків з найменшим кутом обхвату, значення якого менше за нормативне  $[\alpha] = 120^\circ$ ) від координат розташування шківів.

У процесі дослідження за допомогою вказаних засобів клинопасової передачі двигуна ЗМЗ-4061 у результаті попередніх розрахунків було встановлено, що для базової конфігурації передачі кути обхвату шківів мають такі значення:

$$\begin{aligned}\alpha_1 &= 182,77^\circ > [\alpha] = 120^\circ, \\ \alpha_3 &= 169,75^\circ > [\alpha] = 120^\circ, \\ \alpha_4 &= 107,62^\circ < [\alpha] = 120^\circ,\end{aligned}$$

де  $\alpha_1$  – кут обхвату пасом ведучого шківів 1, розташованого на колінчастому валі двигуна;  $\alpha_3$  – кут обхвату пасом шківів 3 приводу генератора;  $\alpha_4$  – кут обхвату пасом шківів 4 приводу водяного насоса і вентилятора;  $[\alpha] = 120^\circ$  – мінімальне значення кута обхвату для ведучих шківів клинопасових передач.

Як бачимо з результатів розрахунку, кут обхвату шківів 4 не відповідає умовам його достатності. Розрахуємо параметри пасової передачі, яка забезпечує достатність кута обхвату на всіх шківів.

На основі схеми передачі (див. рис.1) розроблено розрахункову схему (рис. 2), на якій наведено геометричні розміри шківів і координати розташування їх центрів відносно системи координат  $x, y$ , жорстко зв'язаної з ведучим шківом 1. Суцільною лінією окреслено базову конфігурацію передачі, штриховою – удосконаленої передачі.

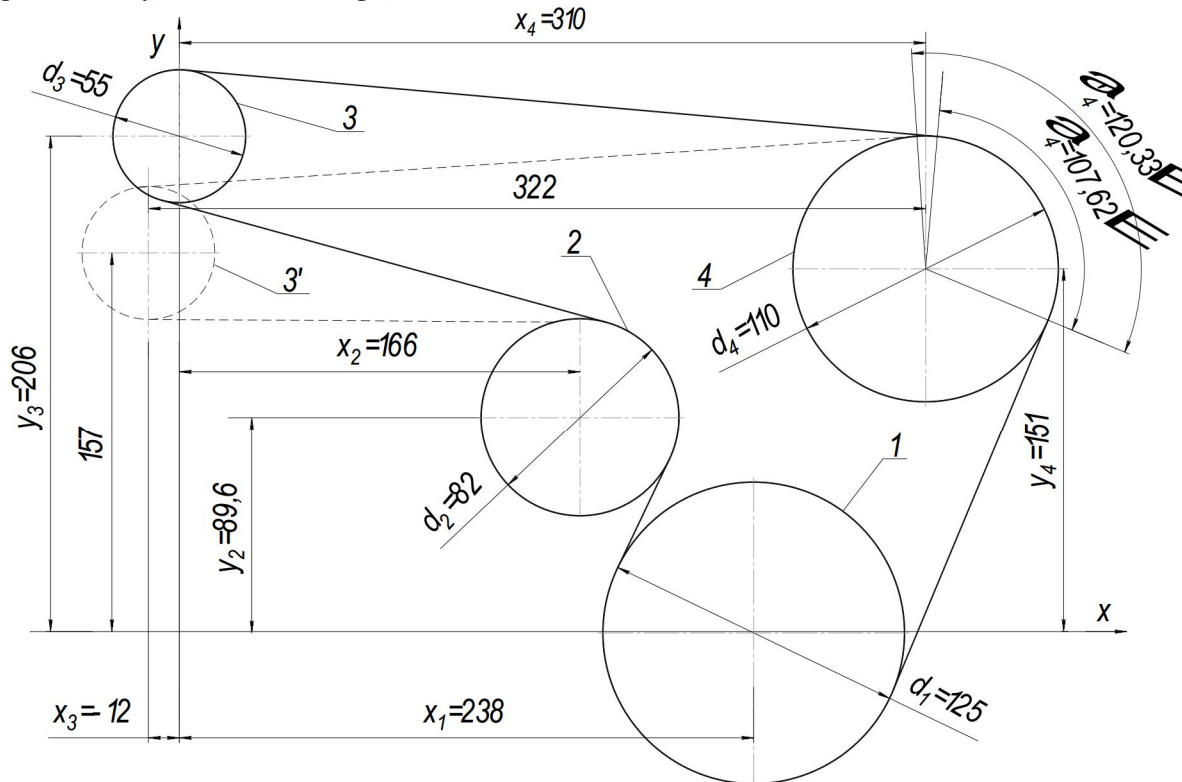


Рис. 2. До розрахунку кута обхвату  $\alpha_4$  при змінних значеннях  $y_3$  і  $x_4$

Аналіз базової схеми свідчить, що збільшення кута обхвату можна досягти шляхом зміни координат  $x_3$ ,  $y_3$ ,  $x_4$ , а саме: для збільшення кута обхвату  $\alpha_4$  координату  $y_3$  потрібно зменшувати, а також збільшувати координату  $x_4$  або зменшувати координату  $x_3$ .

Для реалізації цього необхідно встановити діапазони допустимих значень  $y_3$ ,  $x_3$  і  $x_4$ . Указані діапазони визначаються габаритами компонування двигуна, і для дослідження вони були призначені з наведених нижче міркувань.

Мінімальним значенням координати  $y_3$  може бути таке, яке забезпечує додаткову компенсацію кута  $\alpha_3$  при  $\beta_{23} \geq 0$ , максимальним – значення координати  $y$  при базовому положенні шківів 3, тобто діапазон для досліджуваної передачі окреслюється значеннями  $y_3 = 206 \dots 157$ . Координата  $x_4$  не може бути



збільшена за рахунок переміщення водяного насоса та вентилятора, оскільки насос і вентилятор, встановлений на його валу, змонтовано всередині блок-картера двигуна. Таким чином, збільшення відстані між шківом 3 і 4 можна здійснювати тільки за рахунок зменшення координати  $x_3$ . Ця координата може бути зменшена лише шляхом більшого винесення генератора зі шківом 3 відносно ведучого шківа так, як показано на рис. 2 штриховою лінією.

Розрахунок виконувався для двох значень координати  $x_3$  ( $x_3 = 0$  мм і  $x_3 = -12$  мм) для вказаного діапазону зміни  $y_3$  з дискретністю зміни координати  $\Delta y_3 = 10$  мм, у результаті чого одержано шість характерних точок, які дозволяють адекватно оцінити характер зміни кутів обхвату на шківів при зміні координати  $y_3$  для постійних значень  $x_3$ .

Результати розрахунку подано у вигляді графіків зміни кута обхвату  $\alpha_4$  (рис. 3).

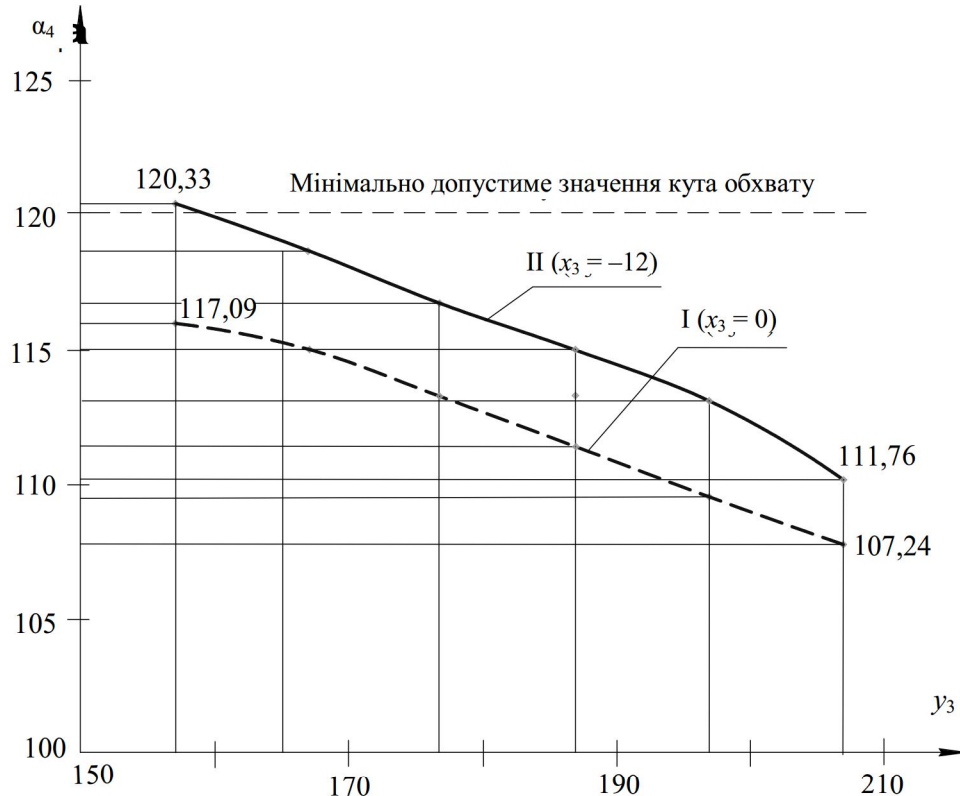


Рис. 3. Графіки зміни кутів обхвату шківа 4 передачі залежно від зміни координат розташування шківа 3.

Як бачимо, при застосуванні цього варіанта пасової передачі при максимально допустимому зменшенні ординати  $y_3$  досягається необхідне значення кута обхвату  $\alpha_4 = 120,33^\circ$ .

Таким чином, для забезпечення необхідного мінімального кута обхвату на всіх шківів передачі необхідно знайти раціональне взаємне розташування шківів передачі, яке досягається тільки зміною координат центра шківа 3 та відповідних міжцентрових відстаней.

Для оцінювання зміни значень силових факторів у передачі, яка отримана завдяки досягнутому раціональному розташуванню її шківів, визначались величина потрібної сили попереднього натягу  $F_0$  для базового і вдосконаленого варіантів пасової передачі. Оскільки варіанти пасової передачі, які розглядаються, розрізняються лише кутом обхвату шківа  $\alpha_4$ , одержано формулу для розрахунку сили попереднього натягу пасу, виражену саме через цей параметр.

Відомо, що співвідношення між силами у ведучій і веденій гілках пасу та силою корисного опору (коловою силою)  $F_t$  можна описати залежністю [4]

$$F_1 - F_2 = F_t, \quad (1)$$

де  $F_1$  – сила у ведучій гілці пасу;  $F_2$  – сила у веденій гілці пасу.

Залежність між силами у гілках пасу можна виразити за допомогою формули Ейлера

$$F_1 = F_2 e^{f\alpha_1}, \quad (2)$$

де  $f$  – приведений коефіцієнт тертя між пасом і шківом;  $\alpha_1$  – кут обхвату ведучого шківа.

Якщо виразити силу  $F_1$  через  $F_2$  з формули (2) і підставити це значення у формулу (1), то після деяких перетворень можна дістати:

$$F_2 = \frac{F_t}{e^{f\alpha_1} - 1}. \quad (3)$$

З іншого боку, зв'язок між силою у веденій гілці пасу, коловою силою і силою попереднього натягу пасу описується залежністю

$$F_2 = F_0 - 0,5F_t. \quad (4)$$

Прирівнюючи праві частини виразів (3) і (4) і вирішуючи їх сумісно відносно  $F_0$ , можна отримати залежність для розрахунку сили попереднього натягу пасу при різних кутах обхвату ведучого шківа:

$$F_0 = F_t \left( \frac{1}{e^{f\alpha_1} - 1} + 0,5 \right). \quad (5)$$

Вважаючи шків 4 веденим є відношенню до шківа 3, проведемо розрахунки сили попереднього натягу  $F_0$  для базового і вдосконаленого варіантів передачі. Розрахунки показали, що при раціональному розташуванні шківів у досліджуваній передачі при збереженні постійної тягової здатності досягається зниження сили попереднього натягу пасу на 9 %, зниження напруження у ведучій гілці пасу – на 7 %, у веденій – на 15 %. За рахунок зниження сили попереднього натягу досягнуто зменшення на 3 % радіальної сили, яка діє на вал водяного насоса, що підвищує втомлену міцність цього вала і довговічність підшипників.

Підбиваючи підсумки наведених міркувань, сформулюємо алгоритм розрахунку раціонального розташування шківів:

- за допомогою програми розрахунку геометричних параметрів, що розроблена автором раніше, визначаються кути обхвату на всіх шківів передачі;
- визначається критичний шків (шків), на якому кут обхвату менше за допустиме значення;
- шляхом аналізу передачі визначаються шків, координати яких можна варіювати для збільшення кута обхвату на критичному шківі;
- шляхом розрахунків за допомогою програми розрахунку геометричних параметрів визначаються координати розташування шківів удосконаленої передачі.

**Висновок.** У результаті проведених досліджень розроблено загальну послідовність розрахунку координат раціонального розташування шківів багатошківної клинопасової передачі, яке забезпечує максимальні значення кутів обхвату пасом усіх шківів.

Перспективним напрямком досліджень є подальша формалізація процесу розрахунку, а саме застосування методів автоматизованого пошуку рішень (наприклад, методу найкорішого спуску) для швидкого пошуку набору оптимальних значень координат раціонального розташування шківів.

#### Список використаних джерел

1. Мартынов В. К. Геометрический расчет ременных передач с натяжным роликом / В. К. Мартынов, М. А. Надольский // Изв. вузов. Машиностроение. – 1997. – № 10 – 12. – С. 26 – 28.
2. Буланов Э. А. К расчету угла обхвата / Э. А. Буланов // Изв. вузов. Машиностроение. – 1994. – № 10 – 12. – С. 28 – 32.
3. Литовченко П. И. К расчету геометрических параметров ременной передачи с тремя шкивами / П. И. Литовченко // Вопр. проектирования и производства летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского “ХАИ”. – Вып. 1(44). – Х., 2006. – С.131 – 136.
4. Павлице В. Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин : підруч. / В. Т. Павлице. – 2-е вид., перероб. – Л. : Афіша, 2003. – 560 с.

*Стаття надійшла до редакції 22.11.2007 р.*