ного отношения механизма при условии $u_1 > u_2$ имеем исполнение далекое от оптимального варианта. Поэтому такие варианты здесь не приведены.

Выводы. На основе подходов, примененных для задач оптимизации суммарной массы, разработана эффективная программная методика минимизации суммарного относительного объема многоступенчатого планетарного механизма $\overline{AI} \times ... \times \overline{AI}$. Методика учитывает условия прочности первой ступени. При этом поиск оптимального распределения общего передаточного отношения механизма по его ступеням учитывает как ограничения на значения чисел зубьев, так и ограничения конфигурационного характера.

Список литературы: **1.** Проектирование планетарных механизмов, оптимальных по динамическим характеристикам: Учеб. пособие по курсов. и дипл. проектированию / *В.А. Ткаченко*, *В.Т. Абрамов*, *М.Д. Коровкин.* – Харьков: Харьк. авиац. ин-т, 1983. – 110с. **2.** *Ткаченко В.А.* Планетарные механизмы (оптимальное проектирование) – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т "Харьк. авиац. ин-т", 2003. – 446с. **3.** *Абрамов В.Т.* Минимизация массы многоступенчатого планетарного механизма // Авиационно-космическая техника и технология. – Вып.33. – С.202-207. **4.** Пластмассовые зубчатые колеса в механизмах приборов. Расчет и конструирование. Справочное и научное издание / *В.Е. Старжинский, Б.П. Тимофеев, Е.В. Шалобаев, А.Т. Кудинов. Под общ. ред. В.Е. Старжинского и Е.В. Шалобаева.* – Санкт-Петербург-Гомель: ИММС НАН Б, 1998. – 538с. **5.** *Абрамов В.Т.* Определение весовых и инерционных характеристик элементов планетарных механизмов // Теория механизмов и машин. – Х.: Вища школа, 1982. – Вып.32. – С.85-87. **6.** *Абрамов В.Т., Гетя А.Н, Матусевич В.А., Шехов А.В.* Методика оптимизации многоступенчатого планетарного механизма по критерию массы // Вісник Національного технічного університету "ХПИ". – 2009. – Вип.29. – С.45-52. **7.** *Матусевич В.А., Шарабан Ю.В., Шехов А.В, Абрамов В.Т.* Равнопрочность зубчатых зацеплений в задаче оптимизации многоступенчатого планетарного механизма $\overline{AI}$ по критерию массы // Вісник Національного технічного університету "ХПИ". – 2010. – Вип.26. – С.77-85.

Поступила в редколлегию 26.04.10

УДК 621.833

М.В. МАТЮШЕНКО, к.т.н., доцент каф. ГМКГ НТУ "ХПІ", м. Харків
Г.В. ФЕДЧЕНКО, к.т.н., доцент каф. ГМКГ НТУ "ХПІ"
В.О. БЕРЕЖНИЙ, старший викладач каф. ГМКГ НТУ "ХПІ"
П.М. КАЛІНІН, к.т.н., професор каф. ІМ Акад. ВВ МВС України, м Харків

МЕТОД ГЕССЕНА В ЦИЛІНДРИЧНИХ ПЕРЕДАЧАХ НОВІКОВА

В статье представлена реализация метода обобщенной развертки для передач Новикова.

У статті представлена реалізація методу узагальненої розгортки для передач Новікова.

In article realization of a method of the generalized development of B.A.Gessen for Novikov tooth gearings is shown.

Вступ. Зубчасті передачі, будучи однією з найважливіших складових частин приводу сучасних машин, мають широке застосування в усіх галузях машинобудування України. У сучасній техніці застосовуються різні системи зачеплення, проте пануючою є евольвентна система, геометрична теорія якої була закладена двісті років тому в Росії Леонардом Ейлером. При евольвентному зачепленні поверхня зуба одного колеса є такою, що огинає сімейства поверхонь зуба іншого колеса у відносному русі, а лінія торкання є лінією дискримінанта цього сімейства. В цьому випадку, по поверхні одного зуба, а також заданому відносному розташуванню осей обертання і співвідношенню кутових швидкостей однозначно визначається геометрія зв'язаної поверхні.

Існують інші методи аналітичної побудови зв'язаних поверхонь, наприклад, метод Х.И. Гохмана, Б.А. Гессена та ін.

По методу Б.А. Гессена поверхня зуба складається з деякої послідовності ліній, слід яких при обертанні поверхні в нерухомому просторі дає нову поверхню, що є узагальненою розгорткою поверхні зуба. При зворотному обертанні розгортки в просторі колеса сімейство ліній на розгортці описує поверхню зуба. Розгортки поверхонь зубів мають одну загальну лінію. Поєднання утворень Б.А. Гессена з методами векторного аналізу дозволяє вести дослідження зубчастих передач Новікова; розкривати і досліджувати багато диференціальних властивостей поверхонь біля точок контакту.

Постановка задачі. Зубчасте колесо А знаходиться в зачепленні із зубчастим колесом В. Поверхня $П_a$ колеса А з поверхнею $П_b$ колеса В має загальну точку М (для передач ОЛЗ), або дві (для передач ДЛЗ). Виділимо основну нерухому систему декартових координат $O_0x_0y_0z_0$. Тоді $\vec{r}_a$ – радіус-вектор точки М в системі координат; $\vec{V}_a$ – швидкість точки М на поверхні $П_a$.

$$\vec{V}_a = \vec{\omega}_a \times \vec{r}_a .$$

З колесом А пов'язаний простір Q_A; з колесом В – Q_b і з нерухомим простором полюсної системи – Q_p. Виділимо в Q_p гладку класу C^2 криву Γ_λ. У довільній точці М, положення якої визначається завдовжки дуги S_λ, одиничні вектори основного тріедра [5] є $\vec{\tau}_\lambda, \vec{n}_\lambda, \vec{b}_\lambda$ і вектор Дарбу:

$$\vec{\aleph}^{o}_{\lambda} = \vec{\tau}_\lambda T_\lambda + \vec{b}_\lambda K_\lambda ,$$

де T_λ та K_λ – кручення і кривизна кривої Γ_λ.

У реальній передачі [3] простори Q_A та Q_p знаходяться у відносному русі так, що Q_A обертається відносно Q_p з кутовою швидкістю $\vec{\omega}_a$. Повідомимо системі простору кутову швидкість $-\vec{\omega}_a$. Тоді Q_A виявиться нерухомим, а Q_p

– що обертається з кутовою швидкістю $-\vec{\omega}_a$. Точка М кривої Γ_λ бере участь в двох рухах: одне з яких є переміщення уздовж кривої Γ_λ; інше – обертання разом із Q_p з кутовою швидкістю $-\vec{\omega}_a$. В результаті такого руху точка М опише в Q_A деяку криву Γ_v, яка перетинається з кривою Γ_λ в точці М. Характер кривої Γ_v залежить від характеру кривої Γ_λ і закону руху точки М по кривій Γ_v. Крива Γ_v є відображенням кривої Γ_λ в просторі Q_A, причому це відображення є узагальненою розгорткою кривої Γ_λ. Аналогічно вищевикладеному вводимо в розгляд вектор Дарбу $\vec{\aleph}_V^o$, пов'язаний з кривою Γ_v за допомогою основного триедра. Якби на самому початку була виділена крива Γ_v в просторі Q_A і визначений по ній рух точки М, то при обертанні Q_A з кутовою швидкістю $\vec{\omega}_a$ відносно простору Q_p в останньому слідом точки М була б крива Γ_v. Це означає, що криві Γ_v та Γ_λ взаємно зворотні, тобто одна є узагальненою розгорткою інший при відповідному відносному обертанні просторів Q_A та Q_p.

Розглянемо тепер систему просторів Q_p та Q_B, останнє з яких обертається відносно першого з кутовою швидкістю $\vec{\omega}_\beta$. Точка М опише в просторі Q_B деяку криву Γ_μ, яка також буде узагальненою розгорткою лінії Γ_λ в просторі Q_B. Рух точки М на кривій Γ_μ визначений функціональною залежністю $S_\mu = S_\mu(t)$. У точці М виділяються вектори основного триедра і вектор Дарбу $\vec{\aleph}_V^o$.

У просторі Q_p рухається деяка лінія Γ_α, увесь час перетинаючи в точці М лінію Γ_λ. З огляду на те, що твірна Γ_α увесь час перетинає в точці М, що направляє, віднесемо лінію Γ_α до системи координат простору Q_λ^o основного триедра кривої Γ_λ. У точці М твірна має одиничні вектори основного триедра і вектор Дарбу $\vec{\aleph}_\alpha^o$. У системі Q_λ^o швидкість точки кривої Γ_α, співпадаючою в даний момент з точкою М, може відрізнятися від швидкості $\vec{V}_\lambda$ за рахунок ковзання уздовж $\vec{\tau}_\alpha$. Але тоді можна вибрати іншу нульову, що направляє, таку щоб ковзання кривої Γ_α по напряму $\vec{\tau}_\alpha$ було відсутнє. Нехай такою нульовою, що направляє є Γ_α. Положення довільної точки М* кривої визначається в системі Q_λ^o радіус-вектором $\vec{\rho}_\alpha$, проведеним з точки М в точку М*. При незмінному положенні точки М радіус-вектор $\vec{\rho}_\alpha$ буде функцією дуги S_α кривої Γ_α, що змінюється від точки М до точки М*. При русі ж точки М, тобто зі зміною дуги S_λ, одна і та ж точка М* (S_α=const) в загальному випадку мінятиме своє положення в просторі Q_λ^o. Отже радіус-вектор $\vec{\rho}_\alpha$ у

загальному випадку має бути функцією двох дуг S_α і S_λ. Тоді абсолютний радіус-вектор $\vec{r}_\lambda^*$ точки М* буде

$$\vec{r}_\lambda^* = \vec{r}_\lambda(S_\lambda) + \vec{\rho}_\alpha(S_\lambda, S_\alpha)\,. \tag{1}$$

При русі уздовж Γ_λ крива Γ_α може обертатися і деформуватися в просторі Q_λ^o. Інакше кажучи, якщо визначити рух точки М в часі $S_\lambda = S_\lambda(t)$ і розглядати одну і ту ж точку М* лінії Γ_α, то для неї буде

$$\vec{V}_{\lambda*} = \vec{V}_\lambda + (\vec{\omega}_{\alpha\lambda} + \vec{\aleph}_\lambda^o \frac{dS_\lambda}{dt}) \times \vec{\rho}_\alpha + \frac{\partial \vec{\rho}_\alpha}{\partial \varepsilon_\alpha}\varepsilon_\alpha\,,$$

де $\vec{V}_\lambda = \dfrac{d\vec{r}_{\lambda*}}{dt} = \vec{\tau}_{\lambda*}\dfrac{dS_{\lambda*}}{dt}$ – швидкість руху точки М* (S_α=const); $\vec{\omega}_{\alpha\lambda}$ – кутова швидкість обертання кривої Γ_α відносно Q_λ^o; ε_α – параметр, що враховує деформацію кривої Γ_α.

Криву Γ_α можна вибрати так, що одночасно виконуватимуться дві рівності:

$$\vec{\omega}_{\alpha\lambda} = 0; \quad \varepsilon_\alpha = 0,$$

тобто крива Γ_α залишається нерухомою в просторі Q_λ^o.

Рівняння (1) задає деяку поверхню Π_α, яку можна представити набором кривих Γ_α, що рухаються, якщо зробити заміну $S_\lambda(t)$:

$$\vec{r}_\lambda^* = \vec{r}_\lambda(t) + \rho_\alpha(S_\alpha, t)\,.$$

Розглянемо систему просторів Q_p та Q_A, останнє з яких обертається відносно першого з кутовою швидкістю $\vec{\omega}_a$. Повідомимо системі кутову швидкість $-\vec{\omega}_a$. Простір Q_A виявиться нерухомим, а простір Q_p – що обертається з кутовою швидкістю $-\vec{\omega}_a$. Відмітимо в Q_A слід лінії Γ_α при її русі уподовж Γ_λ і одночасному обертанні разом із Q_p з кутовою швидкістю $-\vec{\omega}_a$. В результаті такого складного руху у Q_A визначиться набір кривих Γ_α у вигляді поверхні Π_a. Ця поверхня є узагальненою розгорткою поверхні Π_a – поверхні зуба колеса А. Поверхні Π_α та Π_a взаємні, тобто якщо одна з поверхонь є розгорткою інший при прямому русі Q_p та Q_A, то при зворотному русі поверхні міняються ролями. Тому поверхню Π_a будемо називати поверхнею зуба колеса А; поверхню Π_α – розгорткою поверхні Π_a.

Аналогічно міркуючи, отримуємо радіус-вектор поверхні Π_{β}, що являється узагальненою розгорткою поверхні Π_B зуба колеса В. У працюючій передачі існують такі області, в яких пара поверхонь зубів різних коліс мають одну (для передач ОЛЗ) і дві (для передач ДЛЗ) точки контакту. Більше того, контакт між цими поверхнями має бути безперервним, інакше положення веденого колеса виявляється невизначеним. У такому разі ми можемо в полюсному просторі відмітити слід точки контакту поверхонь. В результаті отримаємо лінію зачеплення – нульову, що направляє Γ_{λ}.

Висновки. Методом допоміжних поверхонь, виділених в полюсному просторі, за допомогою перетворення у вигляді узагальненої розгортки, утворені поверхні зубів обох коліс. Такого типу складання, стосовно циліндричних передач Новікова ДЛЗ, дають можливість отримати такі локально-диференціальні характеристики передачі, як співвідношення дериватів, які є теоретичною базою для гідродинаміки мастила передачі.

Список літератури: 1. *Гессен Б.А.* Аналитический метод исследования пространственных зацеплений // Труды семинара по теории машин и механизмов. – Вып.19, АН СССР. – 1949. **2.** *Залгаллер В.А.* Теория огибающих. – М.: Наука, 1975. – 102с. **3.** *Короткин В.И., Дорожкин В.Н.* О некоторых геометрических особенностях зубчатых передач зацеплением Новикова // Проблемы качества и эффективности технологии изготовления зубчатых передач: Тез. докл. конф. – Омск: ОПИ, 1979. – С.50-53. **4** *Фавар Ж.* Курс локальной дифференциальной геометрии. Пер. с англ. – М.: Изд-во иностр. лит-ры., 1963. – 123с.

Надійшла до редколегії 31.05.11

УДК 621.833

А.А. МУХОВАТЫЙ, к.т.н., старший преподаватель каф. машиноведения ВНУ им. В. Даля

МЕТОД СИНТЕЗА ВЫСОКОНАГРУЖЕННЫХ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

В работе разработан метод синтеза зубчатых передач с использованием значения параметра, оказывающего основное влияние на величину критериев работоспособности зацепления. Синтезирован исходный контур, обеспечивающий улучшение критериев работоспособности зубчатых передач.

У роботі розроблено метод синтезу зубчастих передач із використанням значення параметра, що робить основний вплив на величину критеріїв працездатності зачеплення. Синтезовано вихідний контур, що забезпечує поліпшення критеріїв працездатності зубчастих передач.