

УДК 514.18

## ПАРАМЕТРИЧНИЙ ПІДХІД ДО МОДЕЛЮВАННЯ ДИСКА АВТОМОБІЛЬНОГО КОЛЕСА

Архіпов О.В., к.т.н.,

Єрмакова О.А., к.т.н.,

Дзюба В.В.

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

*(Україна)*

*В роботі розглядається питання побудови параметричної комп'ютерної моделі диска автомобільного колеса в програмі Autodesk Inventor. Побудована модель автомобільного диска дозволила отримати широкий діапазон різноманітних геометричних рішень.*

*Запропонований алгоритм побудови моделі диска дозволив шляхом варіації декількох параметрів суттєво змінювати геометрію направляючої кожної окремої спиці – від прямої до спіралі Архімеда, евольвенти кола, усіх проміжних кривих.*

*Отримано результати для випадків, коли спиці мають у перерізі квадратну, прямокутну (плоску), трапецеїдальну, трикутну геометрію з заокругленнями чи без них, а також форму кола. Це було досягнуто у межах однієї параметричної тривимірної моделі завдяки зміни значень відповідних параметрів.*

*Потрібно відмітити, що модель автомобільного диска була побудована не у дизайнерській, а у конструкторській програмі Autodesk Inventor. При цьому було враховано геометрію великої кількості аналогічних виробів, сучасні тенденції і можливі дизайнерські рішення.*

*Завдяки параметризації модель дозволяє швидко наочно оцінювати багато варіантів геометричних рішень, їх плюси і мінуси, аналізувати обране композиційне рішення. Це особливо важливо, якщо враховувати, що промислові дизайнери сучасний апарат тривимірного параметричного моделювання зазвичай не використовують при опрацюванні різних варіантів геометрії того чи іншого виробу.*

*Побудована модель автомобільного диска може бути легко використана для аеродинамічних, міцнісних та інших розрахунків.*

*У роботі наведено приклад застосування отриманої моделі при проектуванні різних варіантів крісла для маломобільних громадян з проблемами опорно-рухового апарату.*

*Ключові слова: комп'ютерне моделювання, геометрична параметризація, автомобільний диск, дизайн автомобіля, евольвента кола, спіраль Архімеда, Autodesk Inventor.*

**Постановка проблеми.** Сучасні засоби комп'ютерного геометричного моделювання, дають широкі можливості для створення параметричних моделей, що допускають найширші діапазони зміни геометрії моделі при зміні всього декількох чисельних значень в таблиці параметрів. З іншого боку, дизайн – це завжди нове komponування раніше вже створеного, відомого, відкритого або знайденого. Література по дизайну містить аналіз історичних закономірностей розвитку форм в техніці, можливі підходи до вибору композиційних рішень для великої кількості промислових виробів [1].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Останнім часом програма Autodesk Inventor [2] успішно використовується для параметричного моделювання деталей та вузлів автомобілів [3, 4]. Але алгоритмів та результатів побудови моделей автомобільних дисків з широким діапазоном можливої зміни їх геометрії в літературі немає.

**Формулювання цілей статті.** Розробка та апробація алгоритму побудови у програмі Autodesk Inventor параметричної комп'ютерної моделі диска автомобільного колеса, що відповідає сучасним вимогам.

**Основна частина.** Автомобільний диск є зовнішньо помітним виробом автомобілебудування, який характеризується безмежною кількістю варіантів виконання. При побудові параметричної моделі автомобільного диску, на наш погляд, найбільш важливою задачею є побудова моделі набору спиць. Нами було запропоновано ескіз траєкторії для побудови першої спиці набору (рис. 1). На етапі тривимірного моделювання вона може бути скопійована масивом, а також віддзеркалена відносно відповідної робочої площини. Виконати це необхідним чином дозволить зміна кута  $\alpha_1$ .

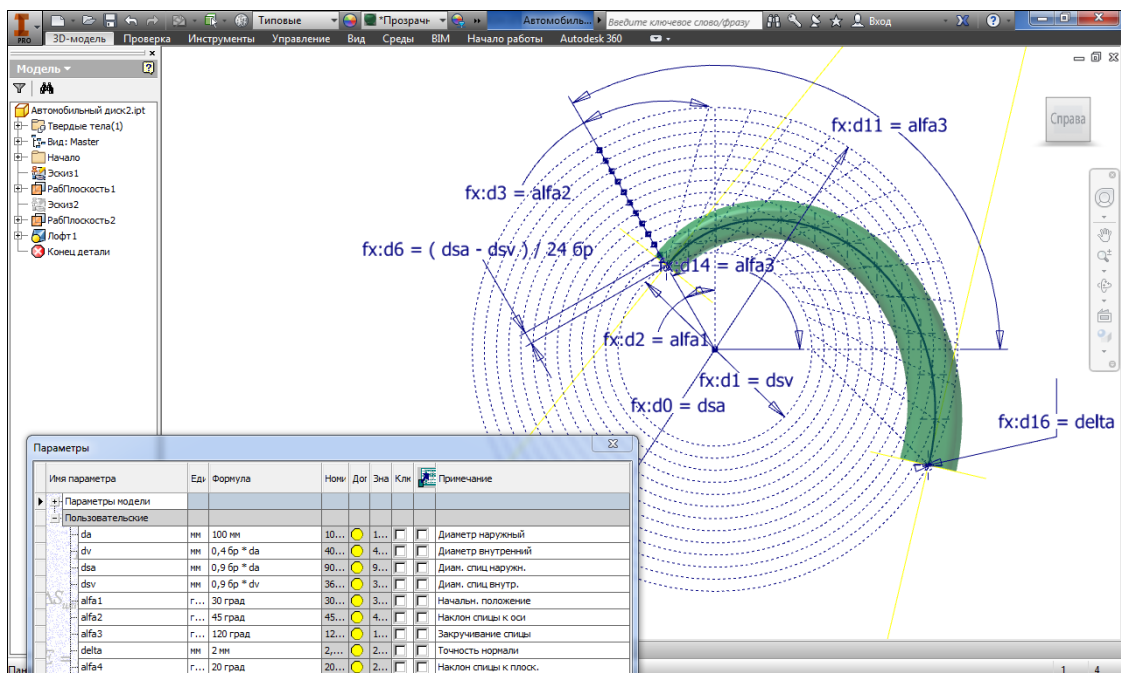


Рис. 1. Побудови спиці автомобільного диска

Тривимірна модель спиці виконувалась за перерізами та траєкторією, яка побудована за точками з застосуванням команди "Сплайн / Інтерполяція". Ескіз побудовано таким чином, що кут  $\alpha_1$  дає змогу змінювати початкову точку розташування спиці. Це важливо при необхідності віддзеркалення відносно початкової робочої площини. Кут  $\alpha_2$  змінює кут нахилу спиці, а також дозволяє автоматично переходити від побудови спіралі Архімеда ( $\alpha_2=0^\circ$ ) до евольвенти кола ( $\alpha_2=90^\circ$ ) та отримувати всі проміжні криві. Визначає "закручування" спиці кут  $\alpha_3$  (для евольвенти кола  $\alpha_3=360^\circ$ ). Він також дозволяє (при  $\alpha_3=0^\circ$ ) переходити до побудови прямолінійних спиць.

Окрему увагу потрібно приділити ескізам початкового та кінцевого перерізів, за якими будується спиця (рис. 2). В межах виконання роботи нами відпрацьовано застосування подібних за геометрією ескізів, які відрізняються тільки розмірами.

З зображення видно, що через зміну параметрів  $sh_1$ ,  $sh_2$ ,  $sh_3$ ,  $rh_1$ ,  $rh_2$  легко можна досягти квадратної, прямокутної (плоскої), трапецеїдальної, трикутної форми з заокругленнями чи без них (при обнуленні радіусів  $rh_1$ ,  $rh_2$ ). А також, при обнуленні лінійних ділянок, – форми кола.

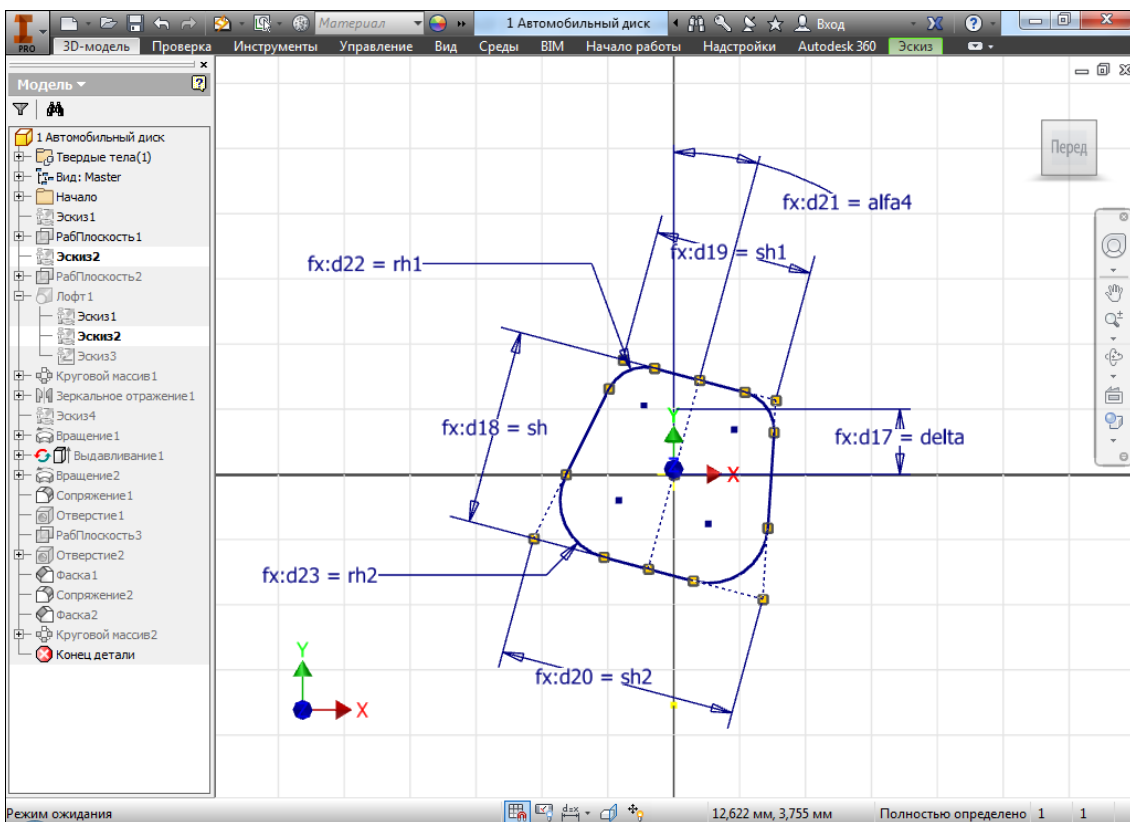


Рис. 2. Ескіз початкового перерізу спиці

Якщо ж відмовитися від симетричності при побудові ескізу, що наведений на рис. 2, а також замінити прямолінійні ділянки в ньому,

наприклад, гілками парабол, які можуть вироджуватися у прямі, то в додаток до вище перерахованих фігур легко можна отримати геометрію серпа чи лопатки турбомашини в перерізі. Тобто достатньо невичерпний набір. Крім того, варіація кута  $\alpha_4$  дозволяє змінювати поворот ескізу відносно точки дотику з траєкторією пересування.

На рис. 3 надані варіанти візуалізації, що відповідають різним значенням параметрів  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$ , кількості спиць та геометрії їх перерізів. Зміна ще і інших параметрів призводить до безмежної кількості варіантів геометричних рішень.



Рис. 3. Вплив параметрів на варіанти візуалізації тривимірної моделі автомобільного диска

Усі наведені параметри моделі були занесені нами до таблиці параметрів користувача програми Autodesk Inventor. Це дозволило швидко аналізувати їх вплив на геометрію автомобільного диска.

Після зміни деяких параметрів побудовану модель диска було застосовано для проектування різних варіантів крісла для маломобільних громадян з проблемами опорно-рухового апарату (рис. 4).



Рис. 4. Модель крісла для інваліда-візочника

**Висновки.** Наведений підхід до створення параметричної комп'ютерної моделі автомобільного диска було апробовано на декількох інших виробах. Отримані моделі дають змогу швидко аналізувати різні дизайнерські варіанти конструкцій та можуть бути використані для аеродинамічних, міцнісних та інших розрахунків. Таким чином, сучасні методи комп'ютерного геометричного моделювання дають змогу по новому підходити до конструювання, забезпечують скорочення термінів проектування.

#### ***Література***

1. Сомов Ю.С. Композиция в технике. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1987. 288 с.
2. Зиновьев Д.В. Основы проектирования в Autodesk Inventor 2016. 2-е изд. М.: ДМК Пресс, 2016. 256 с.
3. Архіпов О.В. Створення параметричних рядів деталей при проектуванні в автомобілебудуванні. *Сучасні проблеми моделювання: наукове фахове видання. МДПУ ім. Б. Хмельницького*. Мелітополь, 2017. Вип. 9. С. 11-15.
4. Архіпов О.В., Масляев К.В., Ланцов Д.О. Параметричне комп'ютерне моделювання в дизайні автомобільних вузлів та агрегатів. *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. Київ: КНУБА, 2018. Вип. 94. С. 3-7.

## ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ ДИСКА АВТОМОБИЛЬНОГО КОЛЕСА

Архипов А.В., Ермакова Е.А., Дзюба В.В.

*В работе рассматривается вопрос построения параметрической компьютерной модели диска автомобильного колеса в программе Autodesk Inventor. Построенная модель автомобильного диска позволила получить широкий диапазон различных геометрических решений.*

*Предложенный алгоритм построения модели диска позволил путем вариации нескольких параметров существенно изменять геометрию направляющей каждой отдельной спицы – от прямой до спирали Архимеда, эвольвенты круга, всех промежуточных кривых.*

*Получены результаты для случаев, когда спицы имеют в сечении квадратную, прямоугольную (плоскую), трапециевидную, треугольную геометрию с закруглениями или без них, а также форму круга. Это было достигнуто в рамках одной параметрической трехмерной модели благодаря изменению значений соответствующих параметров.*

*Нужно отметить, что модель автомобильного диска была построена не в дизайнерской, а в конструкторской программе Autodesk Inventor. При этом были учтены геометрия большого количества аналогичных изделий, современные тенденции и возможные дизайнерские решения.*

*Благодаря параметризации модель позволяет быстро наглядно оценивать много вариантов геометрических решений, их плюсы и минусы, анализировать избранное композиционное решение. Это особенно важно, если учитывать, что промышленные дизайнеры современный аппарат трехмерного параметрического моделирования обычно не используют при проработке различных вариантов геометрии того или иного изделия.*

*Построенная модель автомобильного диска может быть легко использована для аэродинамических, прочностных и других расчетов.*

*В работе приведен пример применения полученной модели при проектировании различных вариантов кресла для маломобильных граждан с проблемами опорно-двигательного аппарата.*

*Ключевые слова: компьютерное моделирование, геометрическая параметризация, автомобильный диск, дизайн автомобиля, эвольвента круга, спираль Архимеда, Autodesk Inventor.*

## PARAMETRIC APPROACH TO MODELING A CAR WHEEL DISC

Arkhipov O., Yermakova O., Dziuba V.

*The paper considers the issue of constructing a parametric computer model of a car wheel disk in Autodesk Inventor. The constructed model of a car disk allowed to obtain a wide range of various geometric solutions.*

*The proposed algorithm for constructing a disk model made it possible, by varying several parameters, to substantially change the geometry of the guide of each individual spoke — from the straight line to the Archimedes spiral, the involute of the circle, and all the intermediate curves.*

*The results are obtained for cases when the spokes have a square, rectangular (flat), trapezoidal, triangular geometry with or without rounding, as well as a circle shape. This was achieved within the framework of one parametric three-dimensional model due to a change in the values of the corresponding parameters.*

*It should be noted that the model of the car was built not in art design program, but in mechanical design program. At the same time, the geometry of a large number of similar products, current trends and possible design decisions were taken into account.*

*Thanks to the parameterization, the model allows you to quickly visually evaluate many options for geometric solutions, their pros and cons, and analyze the selected compositional solution. This is especially important if you consider that industrial designers usually do not use the modern apparatus of three-dimensional parametric modeling when working out various options for the geometry of a particular product.*

*The constructed model of a car disk can be easily used for aerodynamic, strength and other calculations.*

*The paper gives an example of the application of the obtained model in the design of various chair options for people with limited mobility with problems of the musculoskeletal system.*

*Keywords: computer modeling, geometric parameterization, car disk, car design, circle involute, Archimedes spiral, Autodesk Inventor.*