

ПОЛУЧЕНИЕ ВХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ 3-Х МЕРНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ МИКРОТОПОГРАФИИ ШЕРОХОВАТОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Рачишкин А.А.

Тверской государственный технический университет, г.Тверь

Ключевые слова: микротопография, шероховатая поверхность, компьютерное моделирование, входные параметры, параметры микрогеометрии.

Аннотация. В статье рассматривается способ приведения стандартных параметров микрогеометрии шероховатой поверхности, полученных с помощью обработки профилограмм, к входным данным для трёхмерного компьютерного моделирования её топографии. Описываются общие принципы для создания рельефа поверхности и алгоритм по индивидуальной генерации каждой микронеровности. Строится математическая модель и описываются возможности использования компьютерной дискретно-событийной системы моделирования.

CALCULATING INPUT DATA FOR GENERATING A 3D MODEL OF A ROUGH SURFACE MICROTOPOGRAPHY

Rachishkin A.A.

Tver State Technical University, Tver

Keywords: microtopography, rough surface, computer simulation, input data, microtopography parameters.

Abstract. The article is about building the mathematical model and the possibilities of using a discrete-event computer simulation system for modeling. It presents the method for converting standard parameters of the microgeometry of a rough surface to the input data for 3D modeling of topography, general principles for creating surface topography and an algorithm for the individual generation of each microroughness. Most measurement methods that provide standard parameters of the microgeometry could be converted to input data, for example profilograms' processing results.

Введение. Один из распространённых способов оценки микротопографии шероховатых поверхностей является анализ характеристик их профилограмм [1,2]. Стандартными параметрами микрогеометрии технических поверхностей [3] являются:

- среднее арифметическое отклонение профиля R_a ;
- высота наибольшего выступа профиля R_p ;
- средний шаг неровности профиля S_m ;
- относительная опорная длина профиля t_p .

Построение 3-х мерной модели шероховатой поверхности является базовым компонентом программного средства дискретно-событийного компьютерного моделирования контактного взаимодействия технических поверхностей [4] и основывается на стандартных параметрах микрогеометрии. Однако, математическое описание поверхности требует принятия ряда допущений. Это необходимо для дальнейшего расчёта характеристик контактного взаимодействия, поскольку приходится рассматривать не фактическую микротопографию поверхности, а её модель [1,2], позволяющую оценивать деформации неровностей, вступивших в контактное взаимодействие.

Целью данной статьи является приведение стандартных параметров шероховатой поверхности к входным данным программного модуля 3-х мерного моделирования микро топографии шероховатых поверхностей [5].

Генерация поверхности. Поскольку для решения большинства задач контактного взаимодействия можно пренебречь шероховатым слоем, находящимся ниже средней плоскости, генерация поверхности начинается от средней плоскости до максимальной высоты микронеровности, выявленной на профиле R_p [1]. Геометрия поверхности вне зависимости от способов обработки отличается от правильной геометрической формы, однако, моделирование реальной микронеровности сферическим сегментом широко распространено при исследовании процессов контактного взаимодействия поверхностей [1, 6]. Для модели 3-х мерной поверхности следует учитывать, что характеристики микрогеометрии, в следствии анизотропии технических поверхностей, для продольных и поперечных профилограмм существенно отличаются (рис. 1).

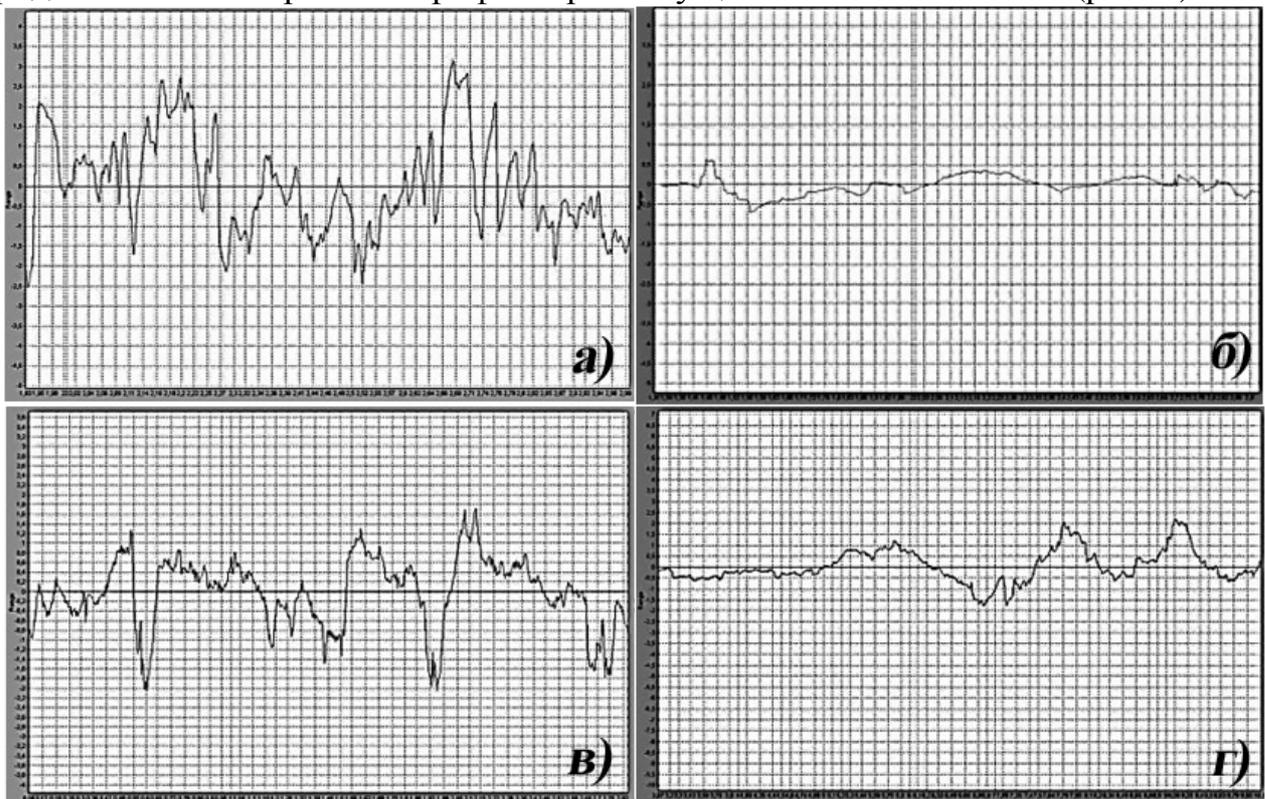


Рис. 1. Типичные профилограммы технических поверхностей - доводка: а) поперечная б) продольная; торцевое фрезерования: в) поперечная г) продольная

Исходя из рисунка 1 микронеровности будем моделировать в виде сегментов одинаково ориентированных эллипсоидов, распределённых на срединной плоскости по случайному закону согласно разработанному алгоритму. Такой подход к модели поверхности учитывает анизотропию контактирующих поверхностей, приводится к её частному случаю – ансамблю сферических сегментов [1] и имеет возможность применения аналитических решений соответствующих контактных задач. Для формирования блока исходных данных модели необходимо снять ряд продольных профилограмм, усреднить значения стандартных параметров микрогеометрии, затем провести подобные действия с поперечными профилограммами исследуемой поверхности.

Генерация микронеровности. Каждая модель микронеровности поверхности представляет из себя сегмент эллипсоида вращения (рис. 2) и имеет индивидуальные параметры. Для алгоритма генерации такого элемента необходимы следующие входные параметры:

- a – продольная полуось эллипсоида;
- b – поперечная полуось эллипсоида;
- a' – продольная полуось сегмента эллипсоида;
- b' – поперечная полуось сегмента эллипсоида;
- h – высота сегмента.

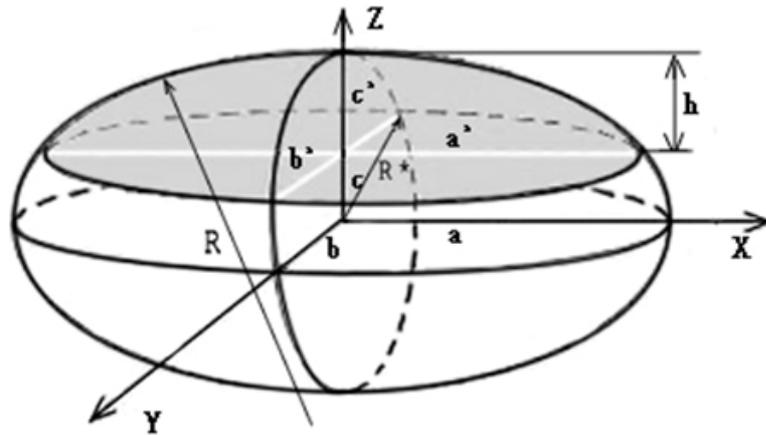


Рис. 2. Сегмент эллипсоида

При генерации моделей микронеровностей используется интервал для каждого из параметров. Выборка текущего значения параметров осуществляется с помощью бета-распределения. Функция плотности вероятности для бета-распределения переменной с параметрами α и β имеет вид [7]:

$$f(z) = \frac{\Gamma(\alpha + \beta)}{\Gamma(\alpha) \cdot \Gamma(\beta)} \cdot z^{\alpha - 1} \cdot (1 - z)^{\beta - 1} \quad (1)$$

В зависимости от значения α и β функция плотности вероятности может быть одновершинной (с максимумом), U-образной (с минимумом), равномерной, монотонно возрастающей и убывающей. Используя бетараспределение, можно моделировать как гауссовские поверхности, так и поверхности, имеющие детерминированную составляющую.

Продольную и поперечную оси сегментов эллипсоида можно найти исходя из радиусов самих эллипсоидов. Согласно [7] продольный и поперечный радиусы можно выразить в виде:

$$R = a^2 / b, \quad (2)$$

$$R^* = b = c. \quad (3)$$

Продольную и поперечную полуоси сегментов можно представить как:

$$a' = a \cdot (1 - (b - h)^2 / b^2)^{1/2}, \quad (4)$$

$$b' = (2 \cdot b \cdot h)^{1/2}. \quad (5)$$

Приведённый радиус равен:

$$R_{прв} = (R \cdot R^*)^{1/2}. \quad (6)$$

Учитывая формулы (2), (3) и (6). Продольную и поперечную полуоси сегментов можно рассчитать:

$$a' = (2 \cdot h \cdot R)^{1/2}, \quad (7)$$

$$b'=(2 \cdot h \cdot R^*)^{1/2}. \quad (8)$$

где h – индивидуальная высота генерируемой микронеровности равная высоте сегмента её моделирующего. Она имеет интервал, задаваемый пользователем, (стандартно от 0 до R_p) и принимает значения при генерации поверхности согласно закону бета-распределения. R и R^* – продольный и поперечный радиусы модели микронеровности соответственно. Однако, они не являются стандартными параметрами микрогеометрии. Их можно определить геометрически обрабатывая профилограммы, либо исходя из стандартных параметров микрогеометрии. Можно показать, что средний радиус микронеровности для одной профилограммы можно рассчитать по формуле:

$$R=t_m^2 \cdot S_m^2 / (8 \cdot R_a) \quad (9)$$

где R – средний радиус выступов профиля, t_m – относительная опорная длина профиля по средней линии, S_m – средний шаг профиля по средней линии, R_a – среднее арифметическое отклонение.

Заключение. Микрогеометрические характеристики являются основополагающими при исследовании контактного взаимодействия шероховатых поверхностей. Предложенный способ преобразования стандартных характеристик профиля к входным параметрам для генерации компьютерной модели трёхмерной шероховатой поверхности, является легко программируемым и инкапсулирует от оператора все приведённые преобразования, достаточно ввести только необходимые стандартные данные, получаемые с помощью профилографа. Кроме того, имеется возможность варьирования приведённых параметров модели (режим продвинутого редактирования). За счёт этого модель топография поверхности может быть тонко настроена, что важно при исследовании функциональных свойств контактирующих поверхностей.

Список литературы

1. Дёмкин Н.Б. Качество поверхности и контакт деталей машин / Н.Б. Дёмкин, Э.В. Рыжов. – М. Машиностроение, 1981. – 224 с.
2. Goryacheva I.G. Mechanics of discrete contact // Tribology International. 2006, v.39, p. 381-386.
3. ГОСТ 25142-82. Шероховатость поверхности. Термины и определения. Введён 1983-01-01 М.: Стандартинформ, 2018. 17с.
4. Rachishkin A.A. Study of operational characteristics of tribological conjunction by discrete-event computer simulation / A.A. Rachishkin, O.V. Sutyagin // The 10th International Conference BALTRIB'2019. International Tribology Council, Vytautas Magnus University, Agriculture Academy, Lithuanian Scientific Society Department "Tribologija". 2019, pp. 209-214.
5. Сулягин О.В. Компьютерное моделирование микротопографии шероховатых поверхностей / О.В. Сулягин, А.Н. Болотов, А.А. Рачишкин // Трение и износ. 2015. Т. 36, №5. С. 536-545
6. Горячева И.Г. Механика фрикционного взаимодействия. – М.: Наука, 2001. – 478 с.
7. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн / Под общ. ред. И.Г. Арамановича. – М: Наука, 1973. – 831с.

Сведения об авторе:

Рачишкин Андрей Александрович – к.т.н., доцент кафедры «Автоматизация технологических процессов», ТвГТУ, г.Тверь.