

УДК 621.9.01

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИВЕДЕННОГО СРЕДНЕГО ДИАМЕТРА РЕЗЬБЫ ДЕТАЛЕЙ НА КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ

И.А. Щуров

Измерение приведенного среднего диаметра на координатно-измерительных машинах все еще остается нерешенным вопросом. Ранее автором предлагались методики расчета этого параметра, которые включали в себя и определение реального положения воображаемой оси резьбовой поверхности. Однако если осью резьбы считать геометрическое множество точек, которые в каждом ее радиальном сечении характеризуют центр этого сечения, то такая ось будет представлять собой кривую линию. В данной работе предпринята попытка оценить степень влияния искривления оси резьбы на указанную выше величину диаметра резьбы. Результаты исследований с использованием заданных облаков точек поверхности резьбы показали, что разработанная методика расчета достаточно точно отражает зависимость диаметра резьбы от степени искривления ее оси.

Ключевые слова: резьба, приведенный средний диаметр, облако точек, координатно-измерительная машина, воксельное моделирование.

1. Постановка задачи исследования. В последние десятилетия координатно-измерительные машины (КИМ) все шире применяются в производстве различных деталей. Такие детали зачастую имеют резьбовые поверхности. Соответственно, все более широкое применение КИМ для оценки точности полученных резьб является закономерным процессом. Однако в паспортах КИМ все еще отражены лишь измерения частных точностных характеристик резьб, таких как: собственно средний диаметр; шаги и углы профиля в заданных сечениях; наружный и внутренний диаметры. В то же время, резьба предназначена для свинчивания одной детали с другой, и именно такая свинчиваемость определяет ее функциональность и точность. Именно поэтому государственными стандартами точность резьбы определяется таким ее комплексным показателем, как приведенный средний диаметр, который определяет суммарный допуск резьбы [1]. Этот показатель зависит от всех частных показателей, перечисленных выше, а также от изгиба оси резьбы.

Понятие оси как прямой линии у любой поверхности имеет смысл только для идеальных поверхностей: идеального цилиндра, идеального конуса, идеального тела вращения. Даже если, например, каждое радиальное

сечение реального цилиндра является окружностью, то геометрическое множество точек центров таких окружностей будет являться кривой линией. Проблема для случая резьбы еще более усложняется, поскольку любое ее радиальное сечение есть неосесимметричная фигура. Соответственно, даже в идеальном случае формы такой поверхности определение центров указанных сечений будет вызвать определенные трудности. Если принять во внимание, что в радиальных сечениях ни у цилиндрической, ни у резьбовой поверхности не имеется идеальных фигур, то определение реальной оси этих поверхностей становится еще более сложной задачей. В любом случае определение идеальной винтовой поверхности, без натяга и смещения сопрягающейся с реальной резьбой, является необходимым элементом определения приведенного среднего диаметра этой резьбы [1].

В связи с этим, автором ранее были разработаны математические зависимости для определения указанных поверхностей и осей [2–4]. В основу этих зависимостей положено определение облаков точек поверхностей реальных резьб, которые могут быть получены на любом типе координатно-измерительных машин [5]. В целом это позволило достаточно точно для практики находить искомый точностный параметр для случаев, когда ось резьбы принималась прямолинейной. Оценок же для исследования адекватности методики расчета в условиях криволинейных осей резьб до настоящего времени не предпринималось. Такое состояние не позволяет с уверенностью утверждать, что разработанная методика расчета является адекватной и достаточной для определения приведенного среднего диаметра резьбы по результатам измерения облака точек на координатно-измерительных машинах.

Таким образом, **целью** данного этапа исследования является дальнейшая верификация ранее созданной методики расчета приведенного среднего диаметра резьбы деталей по результатам получения облаков точек на координатно-измерительных машинах. Такая верификация связана с оценкой точности изменения отклонения приведенного среднего диаметра резьбы при изменении величины отклонения ее оси от прямолинейности.

2. Моделирование резьбы детали с искривленной осью и расчет приведенного среднего диаметра этой резьбы. Для моделирования искривления оси резьбы необходимо принять некоторую гипотезу о форме такой оси. Очевидно, что в реальных условиях ось может иметь любую произвольную форму. Поскольку целью данного этапа исследований является оценка точности ранее полученной методики расчета, то предлагается на данном этапе выбрать одну из возможных кривых, например, дугу окружности. Такая форма имеет наихудшие среди прочих вариантов показатели точности, поскольку имеет единственный экстремум: витки резьбы будут последовательно изгибаться от одного торца резьбы к другому. Для сравнения, например, синусоидальная форма оси, которая имеет несколько экстремумов, по нашему мнению, позволит расположить в ради-

альном направлении витки более равномерно по всей длине свинчивания. Таким образом, далее была принята именно дугообразная ось резьбы.

Используя уравнение окружности, имеем:

$$z^2 + (y - R)^2 = R^2; \quad (1)$$

$$R = (z^2 + y^2)/(2y), \quad (2)$$

где z и y – соответственно, аппликата и ордината точек оси резьбы; R – радиус дуги осевой линии резьбы.

В этом случае точки оси резьбы будут лежать ниже ее идеального положения – положения оси аппликат. Следовательно, величина ординаты точки и будет представлять собой отклонение ее от идеальной прямолинейной линии оси резьбы. Тогда величину радиуса дуги окружности – осевой линии резьбы можно рассчитать по формуле (2), а величину отклонения точек этой оси по формуле:

$$\Delta Y = -\sqrt{(R^2 - z^2)} + R. \quad (3)$$

Далее необходимо было произвести расчет точек поверхности резьбы с учетом данного смещения ее оси вдоль ординаты. Была использована ранее разработанная методика расчета и созданная на ее основе компьютерная программа [2]. Полученное облако точек показано на рис. 1. Для наглядности показан результат расчета резьбы М12х1,75 длиной 50 мм со стрелой прогиба оси 1 мм, ось аппликат смещена на середину резьбы.

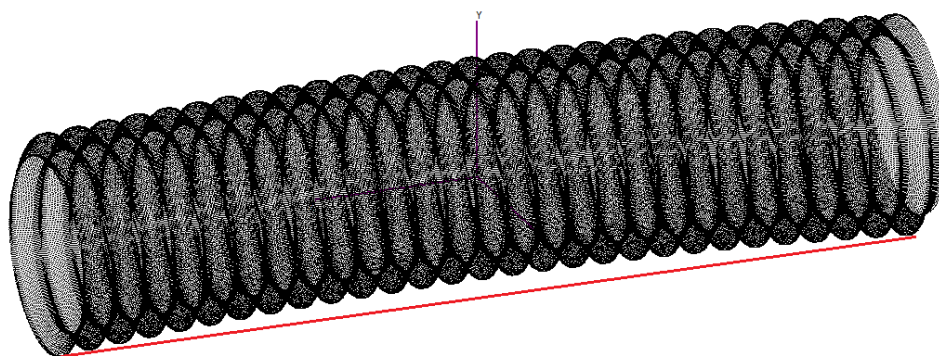


Рис. 1. Пример расчета облака точек резьбы с прогибом ее оси 1 мм

Используя такой подход, по рассматриваемой методике был произведен расчет приведенного среднего диаметра d_2 таких резьб для величин прогиба оси от 0 до 1 мм с шагом 0,05 мм. В результате были получены величины данного диаметра от 10,8815 до 11,8772 мм. График приращений указанных диаметров в зависимости от величин прогиба оси резьбы приведен на рис. 2.

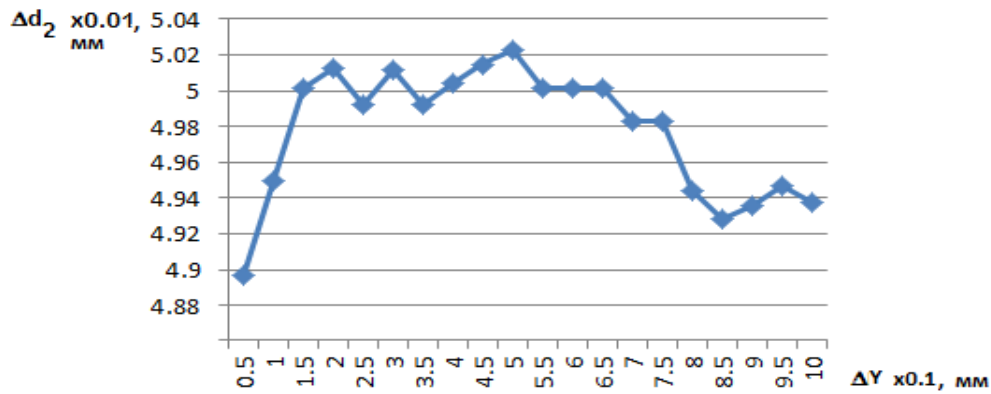


Рис. 2. Зависимость приращения диаметра в зависимости от величины прогиба оси резьбы

Как видно из графика, на каждом шаге приращений стрелы прогиба оси равном 0,05 мм, приращение приведенного среднего диаметра также составляет $0,05^{+0,0002}_{-0,001}$ мм, или отклонение составляет 2,5 %, что можно признать приемлемой для практики измерения резьб точностью, и что подтверждает адекватность ранее полученной методики расчета.

Вывод. Моделирование облака точек резьбовой поверхности M12x1,75 с осью в виде дуги окружности с величинами стрелы прогиба на длине свинчивания 50 мм равными от 0 до 1 мм показало примерно равные отклонения приведенного среднего диаметра, что говорит об адекватности полученной ранее методики расчета этого параметра.

Библиографический список

1. Государственные стандарты СССР. Резьбы. Издание официальное. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 360 с.
2. Щуров, И.А. Расчет точности обработки и параметров инструментов на основе дискретного твердотельного моделирования: монография / И.А. Щуров. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. – 320 с.
3. Shchurov, I.A. Calculation of the virtual pitch thread diameter using the cloud of points from CMM / I.A. Shchurov // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2011. – Vol. 53, Iss. 1–4. – Pp. 241–245.
4. Shchurov, I.A. Improved Axis Determination Method for Calculation of Virtual Pitch Thread Diameter Using a Point Cloud from CMM / I.A. Shchurov // ICIE 2018. – 2019. – Pp. 1621–1629.
5. Gong, Y. Feature-Based Three-Dimensional Registration for Repetitive Geometry in Machine Vision / Y. Gong, E.J. Seibel // Journal of Information Technology & Software Engineering. – 2011. – Vol. 6, Iss. 4. – Pp. 1–5.

[К содержанию](#)