

УДК 621.990

Ю.Ю. Носкова, О.А. Халтурин, Т.Р. Абляз

Y.Y. Noskova, O.A. Khalturin, T.R. Ablyaz

Пермский национальный исследовательский политехнический университет
State National Research Politechnic University of Perm

**МЕТОД КОНТРОЛЯ КОНИЧЕСКИХ РЕЗЬБ
ДЛЯ ЭЛЕМЕНТОВ БУРИЛЬНЫХ КОЛОНН
НА КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ МАШИНЕ**

**CONTROL METHOD FOR TAPER THREADS
OF THE ELEMENTS OF DRILL COLUMNS
IN THE COORDINATE-MEASURING MACHINE**

Проанализированы существующие методы контроля конических резьб, выявлены недостатки. Представлен современный метод контроля конических резьб на координатно-измерительной машине с учетом этих недостатков.

Ключевые слова: коническая резьба, контроль, измерение, КИМ.

Analyzed the existing methods of control taper threads, identified deficiencies. Presented the modern method of controlling taper threads on coordinate-measuring machine with their account.

Keywords: taper thread, control, measurement, CMM.

В нефтяной промышленности широко используются конические резьбовые соединения. Они обладают большой герметичностью, более просты при сборке. Эксплуатационные свойства резьбовых соединений в значительной степени определяются точностью изготовления и качеством рабочих поверхностей, требования к которым постоянно повышаются.

Несмотря на большой опыт производства деталей с конической резьбой, отсутствуют точные и быстрые методы контроля параметров полученной резьбы, применимые в производственных условиях. В соответствии со стандартами [1 и др.] и сложившейся практикой контроль резьбы осуществляется двумя методами: комплексным и дифференцированным [2].

Дифференцированный контроль резьбы применяют в тех случаях, когда допуски назначены на каждый отдельный параметр резьбовых деталей. Для измерения различных элементов резьбы требуется комплект специализиро-

ванных инструментов, номенклатура которых зависит от типа резьбы. Так, для резьб с треугольным профилем применяются измерители глубины профиля, шага резьбы, конусности; для измерения половин угла профиля применяют микроскопы. Измерение среднего диаметра d_2 наружных резьб осуществляется с помощью микрометров со вставками и др. Предприятиям, обрабатывающим резьбы по различным стандартам, и даже различных типоразмеров, нужна широкая номенклатура таких инструментов.

При измерении этими инструментами контакт с деталями имеет малую площадь, что в совокупности с переменным значением измерительного усилия приводит к возникновению погрешностей измерения, обусловленных упругими и пластическими деформациями [3]. При дифференцированном контроле используют средства измерения, у которых измерительное усилие находится в пределах от 1,2 до 10,0 Н. Погрешность от такого измерительного усилия является составляющей погрешности измерения и зависит от размеров измерительных наконечников, а также от механических свойств контактирующих материалов. Такие виды контроля не отвечают современным требованиям.

Комплексный метод контроля заключается в том, что на один из параметров резьбовой поверхности назначают комплексный допуск, ограничивающий одновременно погрешности нескольких других параметров. Этим параметром является средний диаметр резьбы. К комплексному методу относится контроль резьбы с помощью калибров.

Недостатком комплексного метода является то, что с помощью калибров нельзя произвести объективный контроль и проанализировать точность изготовления элементов профиля, заданную такими параметрами, как конусность, шаг резьбы, половина угла профиля. При определенной комбинации параметров совершенно негодная резьба может быть признана годной. Фактически с помощью калибров контролируется только один виток с наибольшим приведенным средним диаметром резьбы ниппеля (или с наименьшим относительным диаметром резьбы муфты), что трудно признать достаточным [2]. Такой контроль приводит к перебраковке, увеличивает трудоемкость ремонта, снижает срок службы трубы и при этом не исключает пропуск брака. При контроле с помощью калибров определяются не действительные значения проверяемых параметров, а лишь принадлежность измеряемой резьбы к категории годности или дефектности. Кроме этого, результаты контроля резьбы калибрами в значительной степени зависят от субъективных факторов и условий работы контролера.

Калибрами невозможно контролировать высоту резьбы, форму и значения радиусов впадин (вершин), которые обеспечивают прочность колонн и герметичность соединений. Поэтому для контроля этих параметров выборочно изготавливают слепки с резьбы, обмеряя их визуальным способом на

микроскопе. В целом на ручной субъектный контроль с помощью слепков требуется до двух суток. Причем такой контроль имеет значительную погрешность вследствие большой усадки слепков.

При контроле резьбы калибрами их рабочие поверхности изнашиваются. Для проверки изменения размеров калибров и корректировки измеряемого натяга применяется контроль калибров контркалибрами. При наличии систематических погрешностей при изготовлении деталей может возникать ситуация, когда с контркалибром калибр контактирует менее изношенной частью, а с резьбой – более изношенной, что может привести к искажению результатов контроля. Для предотвращения этого видится полезным иметь возможность получать и анализировать полный профиль резьбы.

В настоящее время на передовых предприятиях применяются новые уникальные лазерные компьютерные системы неразрушающих автоматических измерений геометрии наружной и внутренней резьбы, позволяющие корректировать и предотвращать дефекты параметров в реальном времени. Это отвечает современным требованиям машиностроения, в том числе нефтяного [4–7].

Внедрение таких систем требует специальной подготовки производства, больших временных и финансовых затрат. Управление этими системами требует подготовки отдельных высококвалифицированных специалистов. В то же время на многих машиностроительных предприятиях получает широкое распространение применение в процессе контроля различных координатно-измерительных машин (КИМ). Такие установки применяются как к деталям с простыми, так и сложными поверхностями. К последним относится и резьбовая поверхность, особенно коническая. Контроль сложных поверхностей также требует высокой квалификации метролога и зачастую отдельно поставляемого программного обеспечения, проработки стратегии измерения для каждой вновь водимой детали.

В связи с этим мы занимаемся разработкой методики измерения на КИМ параметров конической замковой резьбы для элементов бурильных колонн 3-102 ГОСТ Р 50864–96. В качестве измерительной установки нами была выбрана КИМ портального типа Contura G2. Методика основывается на разработке стратегии измерения (рис. 1), заключающейся в сканировании резьбы щупом в осевом направлении с получением совокупности точек в пространстве, описывающих профиль резьбы. Наличие такой совокупности точек дает возможность анализировать непосредственно сам профиль резьбы, оценивать действительную величину параметров резьбы, а также прогнозировать свинчиваемость изделия с калибрами и ответными деталями.

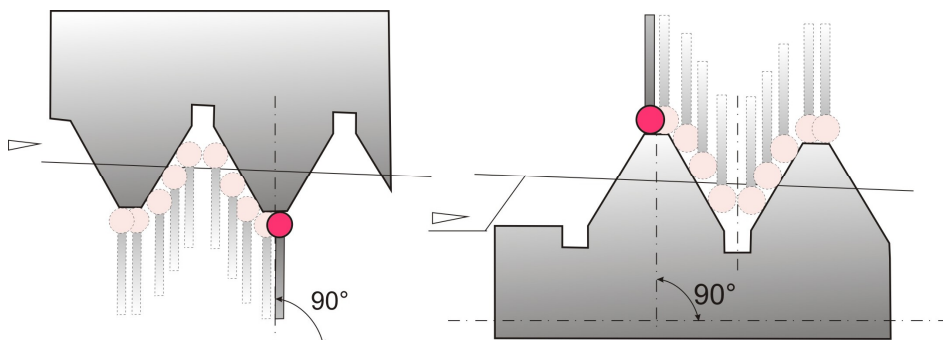


Рис. 1. Стратегия измерения

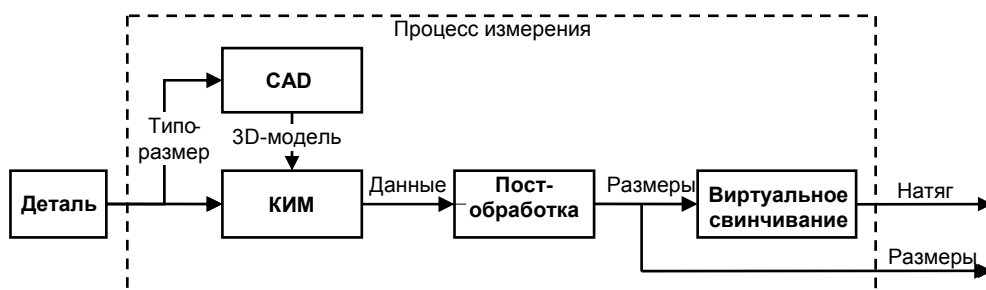


Рис. 2. Методика контроля конических резьб

В среде Calipso возможно параметрическое задание номиналов параметров элементов стратегии, что позволило создать параметрический план контроля, подходящий одновременно для измерения деталей различных типоразмеров в рамках одной конструкции профиля (рис. 2). Кроме того, такая гибкость позволит избежать необходимости выравнивания положения начала витка.

Стратегия измерения состоит из элементов, описывающих основные составляющие впадины профиля конической треугольной резьбы. При этом эти элементы имеют укороченные размеры, позволяющие шупу гарантированно касаться элементов резьбы на реальной детали.

Параметры, определяющие положение и размеры элементов стратегии, рассчитываются исходя из размеров профиля. Положение элементов для каждой впадины одинаково относительно их центров (O' на рис. 3) и отличается только положением самих центров относительно координат детали.

$$H = \frac{P(\cos(2\varphi) + \cos(\alpha))}{\sin(\alpha)(\cos(2\varphi) + 1)},$$

$$p_1 = p_5 - \frac{P \cdot \cos(\alpha/2 + \varphi) \sin(\alpha/2)}{\cos(\varphi) \sin(\alpha)},$$

$$p_2 = \frac{P \cdot \cos(\alpha/2 + \varphi) \cos(\alpha)}{\cos(\varphi) \sin(\alpha)} - \frac{p_5}{\operatorname{tg}(\alpha/2)} - \frac{H}{2},$$

$$p_3 = K_3 P,$$

$$p_4 = -(90^\circ - \alpha/2),$$

$$p_5 = K_5 P + r \cdot \cos(\alpha/2),$$

$$p_6 = \frac{K_5 P}{\operatorname{tg}(\alpha/2)} + r(2 - \sin(\alpha/2)) - \frac{H}{2},$$

$$p_7 = K_7 P,$$

$$p_8 = 90^\circ - \alpha/2,$$

$$p_9 = 0,$$

$$p_{10} = 2r - \frac{H}{2},$$

$$p_{11} = 180^\circ + K_9 + \alpha/2,$$

$$p_{12} = 180^\circ - K_{10} - \alpha/2.$$

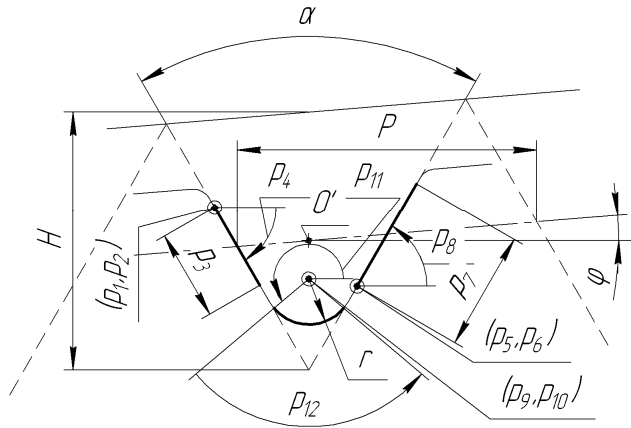


Рис. 3. Элементы стратегии измерения

Параметрическое описание стратегии производится без применения опционального модуля РСМ. Поэтому параметры резьбы и другие константы задаются с помощью псевдоэлементов геометрии (рис. 4), при расчете положения элементов стратегии используются ссылки на значения, указанные в псевдоэлементах (рис. 5).

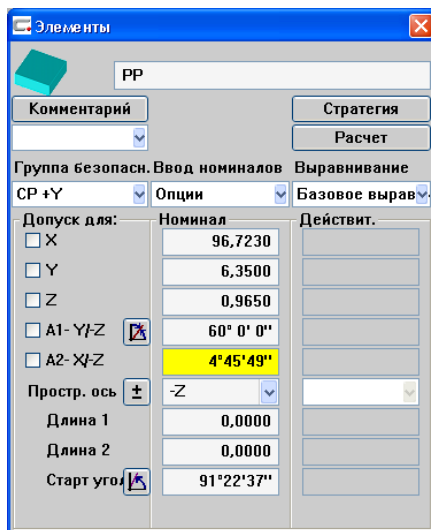


Рис. 4. Задание исходных данных

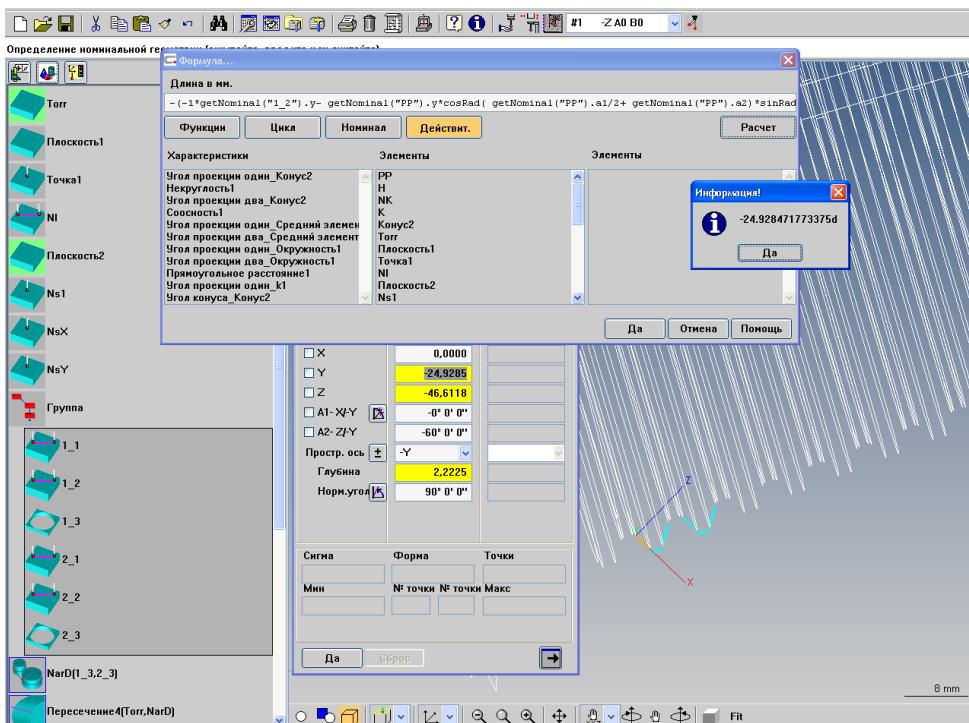


Рис. 5. Описание элементов стратегии измерения в Carl Zeiss Calipso

Расчет параметров резьбы производится при помощи геометрических построений (рис. 6).

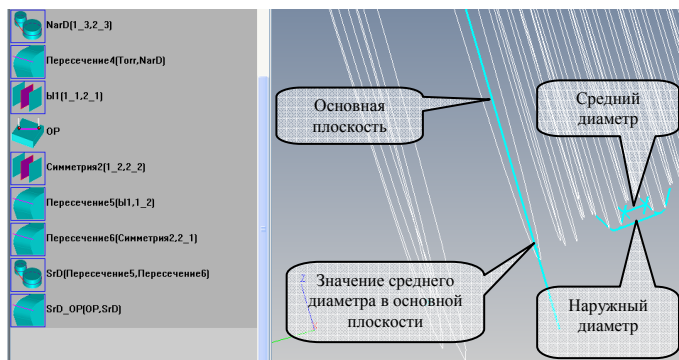


Рис. 6. Расчет параметров резьбы

Преимуществом представленного метода является то, что на многих машиностроительных предприятиях уже имеются КИМ, а значит, есть и специалисты, работающие на них. Разработанный способ измерения, возможно, сравнительно просто внедрять на предприятиях изготавливающих изделия с ответственной конической резьбой и имеющих в своем распоряжении КИМ.

Список литературы

1. ГОСТ Р 50864–96. Резьба коническая замковая для элементов бурильных колонн.
2. Ковалев М.К. Нарезание и контроль резьбы бурильных труб и замков. – М.: Недра, 1965. – 170 с.
3. Николаева Е.В. Повышение точности и производительности резьбошлифования на основе разработанного метода и средства для измерения параметров наружных резьб: дис. ... канд. техн. наук. – Омск, 2006. – 139 с.
4. Автоматизированный оптический контроль качества трубных резьб [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.utinlab.ru/item12.html>.
5. Остапчук В.Г., Куликов В.А., Семенов С.Л. Автоматизированный контроль параметров резьбы [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.micron.ru/information/articles/2>.
6. Лазерные системы «ОПТЭЛ» для автоматизированного неразрушающего контроля геометрии наружной и внутренней резьбы [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.nvp-optel.ru/produktsiya/75-lazernye-sistemy-qoptelq-dlya-avtomatizirovannogo-nerazrushayuschego-kontrolya-geometrii-narujnoi-i-vmutrennei-rezby>.
7. Автоматизированная установка бесконтактного контроля геометрии резьбы муфт и труб [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.uralniti.ru/menu-napr/main-menu-ner-kontr/18-naprnerkontrkonrezb>.

Получено 1.02.2012