

УДК 621.9

**Н. М. Расулов**, д-р техн. наук, профессор, **Г. В. Дамирова**, ассистент  
Азербайджанский технический университет  
E-mail: [rasulov.nariman@yahoo.com](mailto:rasulov.nariman@yahoo.com); [mailaz.77@mail.ru](mailto:mailaz.77@mail.ru)

## НЕКОТОРЫЕ ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАКАТЫВАНИЯ РЕЗЬБЫ НА ДВУХРОЛИКОВЫХ ПРОФИЛЕНАКАТНЫХ СТАНКАХ

*Работа посвящена вопросам повышения эффективности процесса накатывания резьб на основе рационального использования технологических возможностей оборудования, применяемых при формировании подрезьбовой гладкой поверхности и резьбы. Представлена методика определения диаметра подрезьбовой гладкой поверхности, с учетом технологических возможностей оборудования, применяемые на производственных условиях. При этом применены методы математической статистики.*

*Представлен результат испытания представленной методики определения диаметра цилиндрических стержней под накатывания резьб на примере накатывания резьб на шпильках М16.*

**Ключевые слова:** резьба, накатывание, диаметр, рассеяние, связь, средний диаметр.

**N. M. Rasulov, G. V. Damirova**

## SOME WAYS OF IMPROVING THE EFFICIENCY OF ROLL FORMING THREADS ON TWO ROLLER PROFILE ROLLING MACHINES

*This paper is devoted to the issues of improving the efficiency of the process of roll forming threads on the basis of rational use of the technological possibilities of the equipment used in the formation of under the screw smooth surface and thread. The technique of determining the diameter of under the screw smooth surface, taking into account the technological possibilities of the equipment used in the production environment. This applied mathematical statistics methods. Presenting the results of the test method provided the definition of the diameter of the cylindrical rods by rolling threads on the example roll forming threads on shipilkah M16.*

**Keywords:** carving, roll forming, diameter, scattering communication, the average diameter.

**Постановка задачи.** Резьбонакатывание является прогрессивным методом и широко применяется для формирования резьб на деталях различного назначения. Накатывание резьб, будучи безотходной технологией обработки, обеспечивает высокую производительность, сформированные резьбы обладают высоким эксплуатационным показателем по сравнению с их нарезанием, обеспечивают экономию материала. Процесс экономически выгоден [1-4]. Повышение эффективности любой технологической операции является неизменной задачей технологии машиностроения. Одной из технологических задач, гарантирующей эффективность процесса накатывания резьбы является определение оптимального диаметра гладкой подрезьбовой поверхности заготовки. Эта задача комплексная и должна быть решена с учетом эффективности наладок технологических систем и при обработке гладкой поверхности, и при резьбонакатывании. При этом, важное значение имеет полное использование технологических возможностей применяемых оборудования, а также поля допуска на подрезьбовой поверхности, выделенная для износа режущего инструмента.

В производственных условиях диаметр заготовки принимается, обычно из технических документаций резьбонакатного оборудования, или выбирается из соответствующих справочников и стандартов [2-5]. Однако опыты машиностроительных заводов показывают, что при таком подходе на решение задачи не учитываются технологические возможности конкретных технологических систем при формировании подрезьбовой поверхности и резьбы, особенности материала детали несущей резьбы, в результате чего не обеспечивается эффективность производственного процесса [1-4].

Различаются две методики определения диаметра заготовки:

1. Определение диаметра заготовки, основываясь на постоянство объема (массы) материала до и после накатывания резьбы [2-5]. При этом, не учитываются влияние погрешностей шага и угла профиля резьбы на ее средний диаметр. Кроме того, известно, что иногда имеет место и продольные деформации на подрезбовых поверхностных слоях, хотя они имеют небольшие значения. Не учитывается влияние вышеперечисленных факторов на диаметр заготовки, а также часть допуска среднего диаметра резьбы, выделенная соответствующими стандартами на погрешности формы (отклонение от цилиндричности).

2. Диаметр заготовки определяются по результатам экспериментов, проведенных на оборудовании, предназначенных для обработки подрезбовой поверхности и накатки резьбы, с применением методов математической статистики [6-9]. Метод обеспечивает относительно высокую эффективность. Однако и он обладает рядом недостатков:

- погрешности шага и угла профиля резьбы представлены отдельно от среднего диаметра резьбы. Тогда как выявления и учет подобных погрешностей в производственных условиях является довольно сложной задачей;

- подобно первому случаю, при определении диаметра заготовки не учтен допуск на погрешность формы резьбы, включенный в допуск среднего диаметра резьбы.

Таким образом, задача совершенствования методики определения оптимального диаметра заготовки, обеспечивающая комплексную эффективность резьбоформирования является актуальной.

Целью настоящей работы является разработка методики определения оптимального диаметра подрезбовой поверхности с учетом особенностей производственного условия.

**Решение задачи.** При решении задачи на основе применяются следующие принципы резьбонакатывания и теории вероятности:

- между диаметром заготовки и средним диаметром резьбы-основным критерием точности накатанных резьб действует корреляционная связь;

- состояние и технологические возможности оборудования, применяемые при формировании подрезбовой гладкой и резьбовой поверхностей учитывающей среднеквадратичные отклонения размеров, обеспечиваемые при обработке;

- согласно положению теории вероятности, принимается, что центр рассеяния размеров ограниченного количества выборок совпадает с центром рассеяния всех деталей [10,11];

- допуск на отклонение формы резьбы включен в допуск среднего диаметра резьбы согласно соответствующему стандарту по резьбам (например, метрическая резьба) составляет его 25 % [12].

Для определения оптимального размера заготовки, прежде всего, выбирается номинальный размер и допуск гладкой подрезбовой поверхности, используя справочники или технические документы резьбонакатного оборудования. Принимается 75 % предложенного допуска, сохраняя при этом центр рассеяния размера. Этим доводится до нуля вероятность риска получения негодных накатанных резьб. Поэтому методика может быть напрямую применена при серийном изготовлении деталей с накатываемой резьбой и позволяет сэкономить время, достичь эффективность резьбоформирования, сократить дополнительные затраты.

Необходимо отметить, что отличительной особенностью наладки технологической системы при резьбонакатывании является отсутствие доли допуска на износ формирующего инструмента по сравнению с резьбонарезанием.

Оптимальность размера заготовки опирается на обеспечение следующих условий при резбонакатывании:

- полное использование технологических возможностей обеих технологических систем (обработка подрезьбовой поверхности, накатывание резьбы);
- соответствие предельных размеров заготовки и допустимые предельные размеры среднего диаметра накатанных резьб, т.е. обеспечение их увязки;
- обеспечение экономически выгодного размера наладки при обработке подрезьбовой поверхности с учетом размерного износа инструмента.

*Определение диаметра заготовки.* В производственных условиях при единой наладке технологической системы, обрабатываются подрезьбовые поверхности партии заготовки по принципу серийности, принятая в предприятии.

Количество деталей на партии рекомендуется брать больше 50. При ограниченных возможностях производственного процесса можно использовать и ограниченное количество заготовок [8, 10-11]. Измеряется размер каждой заготовки примерно в одном и той же их сечении, близкое к торцу. Заготовки номеруются. Накатываются резьбы на всех заготовках со случайной последовательностью. Измеряются средние диаметры накатанных резьб. Согласно результатом измерений определяется корреляционная связь между диаметром заготовки и средним диаметром резьбы.

Строится эмпирическое кривое рассеяние, определяется среднеквадратичное отклонение обеспечиваемое технологическими системами, осуществляется их сглаживание. (В налаженных производствах подобные сведения имеется на базе данных каждого оборудования).

Диаметр заготовки определяется на основе размерных связей между размерами подрезьбовой поверхности и средним диаметром накатанных резьб (рис.). На рисунке зависимость 1 выражает кривое рассеяние диаметра заготовки, а 2 кривую рассеяние среднего диаметра накатанных резьб. Согласно данных многочисленных исследований обе кривые подчиняются нормальному закону рассеяния. Корреляционная связь между диаметром заготовки и средним диаметром резьбы определяется разницей координат центр группирования их кривых рассеяния:

$$A = a_p - a_3$$

где  $a_p$  – координат центра группирование среднего диаметра накатанных резьб;

$a_3$  – координат центра группирование диаметра подрезьбой поверхности.

Как и ожидается, средние диаметры накатанных резьб рассеиваются сравнительно в узком диапазоне внутри предельных размеров, предусмотренных чертежом. Так как, предварительный допуск на размер заготовки составлял ? части предложенного.

Таким образом, необходимо достичь увязки фактических предельных значений среднего диаметра накатанных резьб с предельно допустимыми их значениями.

На основе анализа схемы, представленной на рисунке легко убедиться в том, что для обеспечения намеченной задачи необходимо сместить левую половину кривой рассеяния среднего диаметра резьбы 2 налево, на величину

$$l_1 = a_p - 3\sigma - d_{2min} \quad (2)$$

а ее правую половину направо на величину

$$l_2 = d_{2max} - T_{\phi} - 3\sigma - a_p = d_{2max} - mT_{d2} - 3\sigma - a_p \quad (3)$$

где  $d_{2min}$  и  $d_{2max}$  – наименьший и наибольший допустимые средние диаметры резьбы,

$\sigma$  – средне квадратическое отклонение среднего диаметра накатанных резьб;

$T_{d2}$  – допуск среднего диаметра резьбы;

$T_{\phi}$ - допуск по среднему диаметру на отклонение формы резьбы:  
 $m$ - коэффициент, учитывающий долю допуска отклонение формы в допуске среднего диаметра резьбы.

Необходимо сместить нижний предел фактического среднего диаметра накатанных резьб налево, на величину  $l_1$ , а его верхний предел направо, на величину  $l_2$ .

Для обеспечения подобного смещения достаточно сместить предельные размеры гладкой подрезьбовой поверхности соответственно, используя при этом корреляционные связи  $A$  между средним диаметром резьбы и диаметром заготовки.

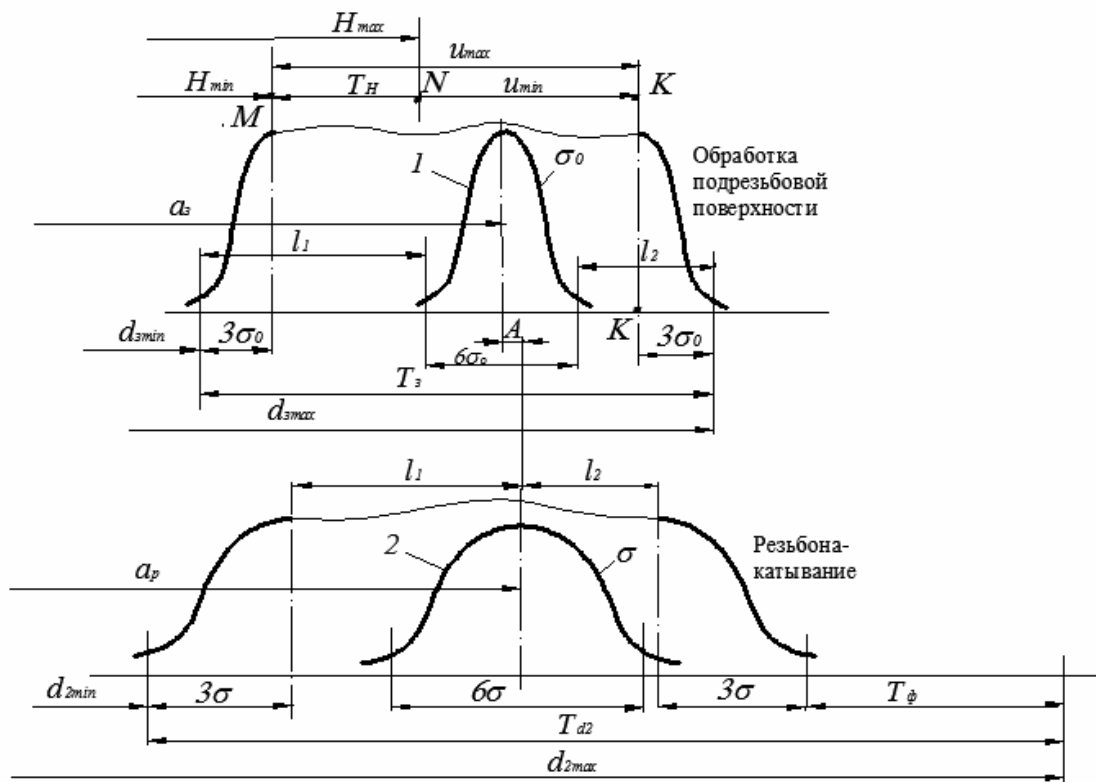


Рисунок - Схема размерных связей между накатыванием резьб и обработкой подрезьбовой поверхности

Размер заготовки определяется с использованием размерных связей заготовка-деталь. Согласно схемы (рис.), наименьший диаметр заготовки равен:

$$d_{3min} = a_p - l_1 - 3\sigma_0 \tag{4}$$

а ее наибольший диаметр

$$d_{3max} = a_p - l_2 + 3\sigma_0 \tag{5}$$

где  $\sigma_0$  - средне квадратическое отклонение диаметра заготовки.

С учетом связей (1), (2), (3) в выражениях (4) и (5) получим:

$$d_{3min} = d_{2min} - A + 3\sigma - 3\sigma_0 \tag{6}$$

$$d_{3max} = d_{2max} - A - 3\sigma + 3\sigma_0 - mT_{d2} \tag{7}$$

Тогда допуск диаметра заготовки определяется формулой:

$$T_{3p} = d_{3max} - d_{3min} = T_{d2} - mT_{d2} + 6(\sigma_0 - \sigma) = (1 - m)T_{d2} + 6(\sigma_0 - \sigma) \tag{8}$$

Формулы (6), (7) и (8) предлагаются для определения размера заготовки в конкретных условиях обработки.

**Обеспечение эффективности наладки.** Вопросы наладки технологической системы при обработке подрезьбовой поверхности: - размер наладки, наладка на размер, моменты снятия режущего инструмента из механической обработки из-за его износа являются составными частями обеспечения эффективности резбоборформирования.

Анализом механизма формирования подрезьбовой поверхности при ее обработке и схемы, представленной на рисунке выявлены, наименьший размер наладки  $H_{min}$  (точка М) и момент снятия инструмента из механической обработки из-за его износа (или же его подналадки) (точка К):

$$H_{min} = d_{2min} + 3\sigma_0 \quad (9)$$

$$T_H = d_{2max} - 3\sigma_0 - H_{min} - U_{u min} \quad (10)$$

Где  $T_H$  - допуск наладки технологической системы

$U_{u min}$  - минимально допустимый износ режущего инструмента, обеспечивающий эффективности обработки.

Наибольший размер наладки  $H_{max}$  (координат точки N) определяется исходя из комплексной обеспечении эффективности процесса наладки и количества обработанных деталей до износа режущего инструмента при наладке. Т.е. обеспечена максимальное значение  $U_{u min} \Rightarrow \max U$  минимальная стоимость наладки.

**Сравнительное испытание на производстве.** Были исследованы диаметр заготовки и средний диаметр резьб (накатанных на них) 100 образцов, изготовленных серийно, принятых на предприятиях в условиях обработки: размера подрезьбовой поверхности, технологий механической обработки и резбонакатывание на двухроликовом станке.

Выявлено, что несмотря на учет погрешности формы резьб, диапазон охвата средних диаметров накатанных резьб составляет 69,4 % часть допуска, предназначенное для этой цели.

Применена настоящая методика, определен диаметр заготовки, изготовлены 100 заготовки согласно заводской технологий, осуществлено накатывания резьб на двухроликовом профиленакатном станке, измерен средний диаметр резьбы на всех образцах.

Выявлено, что точность средних диаметров всех накатанных резьб находятся в допусковом пределе. Диапазон изменения среднего диаметра резьб составлял 96,5% предназначенного допуска.

В результате достигли расширение допуска на диаметр заготовки примерно на 27 % и повышена эффективность резбоборформирования.

### Выводы

1. Применяемые на практике методика определения диаметра подрезьбовой поверхности при накатывание резьб не обеспечивают эффективности процесса, так как они не учитывают особенностей конкретных условий формирования резьб.

2. Представлена методика определения диаметра гладкой поверхности под накатывание резьб, с применением методов математической статистики, позволяющая учитывать особенность конкретных условий формирования подрезьбовой гладкой поверхности и резьбы.

3. Применение разработанной методики при накатывание резьбы на шпильках М16 задвижек нефтепромыслового назначения, позволила расширить допуск размера заготовки на 27 %, по сравнению с принятой на производстве, соответственно обеспечено повышение эффективности процесса резьбонакатывание.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Афонин, А. Н. Повышение эффективности накатывания резьб: автореф. дис. ... д-р.техн.наук: 05.02.07 / А. Н. Афонин. – Орел, 2010. - 34 с.
2. Киричек, А. В. Резьбонакатывание: Библиотека технолога / А. В. Киричек, А. Н. Афонин. – М.: Машиностроения, 2009. - 312 с.
3. Миропольский, Ю. А. Накатывание резьб и профилей / Ю. А. Миропольский, Э. П. Луговой - М.: Машиностроение, 1976. - 175 с.
4. Накатывание резьб, червяков, шлицев и зубьев / В. В. Лапин, М. И. Писаревский, В. В. Самсонов и др. - Л.: Машиностроение. Ленинград. Отд-ние, 1986. - 228 с.
5. ОСТ 141505-84. Диаметры стержней под накатывание резьбы метрической по ГОСТ 9150-81 - 8 с.
6. Расулов, Н. М. Использование вероятностно-статистического метода при определении диаметра заготовки под накатывание резьбы / Н. М. Расулов - М.: Вестник машиностроения, 1999. - № 4 - с. 36-38.
7. Dəmirova, G. V. İkidiyirəkli profildiyirləyən dəzğahda diyirlənmiş profillərin dəqiqlik məsələləri / G. V. Dəmirova // Материалы Международной научно – технической конференции «Интеллектуальные технологии в машиностроении» - Баку, 2016. - с. 231-234.
8. Rəsulov, N.M. İkidiyirəkli profildiyirləyən dəzğahda yivdiyirləmədə pəstahın yivəlti səthinin ölçülərinin təyini. Maşınşünaslıq / N. M. Rəsulov, G.V. Dəmirova - Bak?, 2016. - №1.- s. 25-29.
9. Rəsulov, N.M. İkidiyirəkli profildiyirləyən dəzğahda diyirlənən yivlərin forma dəqiqliyinin yüksəldilməsi / N. M. Rəsulov, G.V. Dəmirova // Современные проблемы отношений университетов с промышленностью в Болонской образовательной системе. Материалы международного симпозиума. - Гяндже, 2016. - с. 194-197.
10. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения: учебное пособие / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров - 5-е изд. стер. - М.: КноРус, 2010. - 480 с.
11. Смирнов, Н. В. Курс теории вероятностей и математической статистики для механических приложений / Н. В. Смирнов, И. В. Дунин-Барковский - М.: Машиностроение, 1969. - 512 с.
12. ГОСТ 16093-2004. Основные нормы взаимозаменяемости. Метрические резьбы. Допуски и посадки с зазором. - М.: Стандартиформ, 2005. - 39 с.

Поступила в редколлегию 29.12.2017 г.