

# МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

DOI: 10.34031/article\_5da45fa42a6a42.84240607

*\*Голдобина В.Г.*

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46

*\*E-mail: goldobina.valentina@gmail.com*

## ТОЧНОСТЬ ЗЕНКЕРОВАНИЯ ОТВЕРСТИЙ ПОСЛЕ СВЕРЛЕНИЯ

**Аннотация.** На предприятиях строительных материалов используется различное крупногабаритное технологическое оборудование, которое в процессе эксплуатации подвергается различным видам ремонта, требующих применения соответствующей техники и технологии. Применяемые для помола сырья мельницы имеют фланцевые соединения, которые крепятся прецизионными и крепежными болтами, обеспечивающие герметичность соединения. Прецизионные болты фланцевых соединений воспринимают всю нагрузку оборудования, поэтому к отверстиям под них во фланцах предъявляются повышенные требования по качеству. Обработка прецизионных отверстий должна выполняться по технологии, обеспечивающей требования к ним. В настоящей статье представлено исследование обработки отверстий зенкерованием, обеспечивающим точность отверстий после сверления по форме и пространственному отклонению. Приводятся результаты экспериментов, связанных с обработкой отверстий с использованием переносных устройств с выдвигным шпинделем и подвижной сверлильной головкой. Изложены отклонения отверстий, которые получены после сверления на переносных устройствах, и установлена зависимость отклонений от различных факторов, выражающаяся в разбивке и уводе оси отверстия. Установлено влияние технологической наследственности после сверления на точность отверстия при зенкеровании. Приведенные зависимости дают возможность спрогнозировать точность обработки отверстий с использованием переносных устройств после сверления и после зенкерования, установить фактическую глубину резания на зенкерование с учетом жесткости технологической системы и независимых переменных.

**Ключевые слова:** отверстия, фланцевые соединения, крупногабаритное оборудование, сверление, зенкерование, точность отверстий, технологическая наследственность.

**Введение.** В крупногабаритном оборудовании за срок эксплуатации производят ремонты, связанные с заменой изношенных и поломанных узлов и деталей на новые. Сборные конструкции технологического крупногабаритного оборудования имеют значительную часть болтовых соединений. Ответственные фланцевые соединения помольного оборудования скрепляются крепежными и прецизионными болтами, под которые обрабатываются соответствующие отверстия. К прецизионным отверстиям предъявляются повышенные требования по обеспечению точности по форме и пространственным отклонениям. В технических условиях на прецизионные соединения устанавливается допуск на цилиндричность отверстия в пределах допуска на диаметр и перпендикулярность отверстия относительно торцовых поверхностей фланца [1]. Во фланцевых соединениях доля, приходящаяся на прецизионные болты, от общего количества болтов составляет, в зависимости от узла оборудования, одну треть или одну вторую части, а то и все болты должны быть прецизионными. Это свя-

зано с тем, что на прецизионные болты приходится вся нагрузка, воспринимаемая узлом при работе оборудования, и именно они работают на срез [2, 3]. Обработка прецизионных отверстий во фланцевых соединениях крупногабаритного оборудования по месту монтажа заменяющего узла при ремонте на цементных заводах, выполняется с использованием переносных устройств или переносных станков [4, 5]. Переносные сверлильные станки, в отличие от переносных устройств, имеют узел крепления, с помощью которого станок устанавливается на объект и крепится [6].

В настоящей работе рассматривается точность обработки отверстий в сплошном металле сверлением и его влияние на технологическую наследственность для зенкерования. В работе использовались данные экспериментов, которые проводились на переносных устройствах различных типов, уступающие по жесткости стационарным станкам, с изменением независимых переменных, оказывающих влияние на целевую величину – точность отверстия [1]. Проведено ряд ра-

бот по обработке отверстий в стальных заготовках с механическими свойствами, соответствующими конструкционной стали, из которой изготавливаются фланцы помольного оборудования, с применением переносных устройств, которые используют для обработки отверстий при монтаже и ремонте крупногабаритного оборудования.

**Методология.** Основным видом механической обработки отверстий в сплошном металле является сверление спиральными сверлами, которыми можно обеспечить точность диаметра отверстия по 12–13 квалитету, что характерно при традиционной технологии обработки на стационарных станках [7].

По результатам экспериментальных данных, при сверлении на переносных устройствах отверстий в сплошном металле спиральными сверлами, установлено, что имеет место обеспечение точности по диаметру отверстий ближе к 14-му квалитету, наличие разбивки с увеличением диаметра отверстия по отношению к диаметру сверла и отклонение по форме отверстия от круглости и цилиндричности (рис. 1). В поперечных сечениях отверстия по его длине отмечалось отклонение от круглости в виде овальности или огранки (рис. 1). В продольном сечении отверстия по его длине отклонение от цилиндричности

было в виде конусности при сверлении на переносном устройстве с выдвигным шпинделем сверлильной головки, и в виде корсетности при сверлении на переносном устройстве с подвижной сверлильной головкой [1].

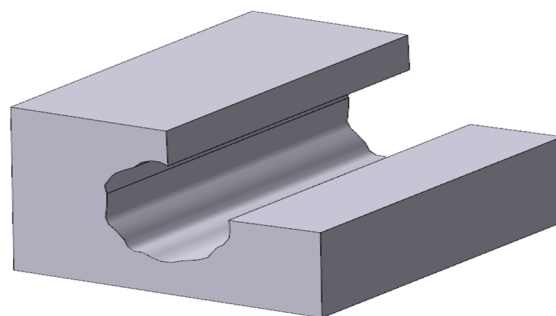


Рис. 1. Отклонения формы отверстия

На обоих устройствах наибольшая разбивка происходила на входном торце отверстия, т.е. при входе сверла в металл заготовки.

Кроме отмеченных отклонений имело место увод сверла (рис. 2, а), что явилось причиной появления отклонения от перпендикулярности отверстия относительно торца. Установлено, что величины приведенных отклонений тем больше, чем больше глубина сверления, связанная непосредственно с толщиной заготовок.

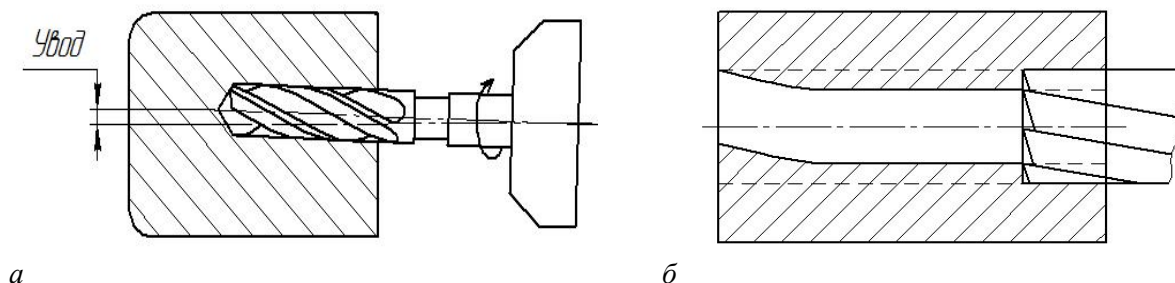


Рис. 2. Схемы обработки отверстий: а – увод сверла; б – зенкерование отверстия после сверления

Полученные при сверлении отклонения допустимы для крепежных болтов во фланцевых соединениях помольного оборудования. Диаметры таких болтов на 2 мм меньше диаметров отверстий под них. Прецизионные болты должны плотно входить в отверстия фланцев и прилегать торцами своих головок к торцам отверстий, что обеспечивается затяжкой этих болтов. При наличии неперпендикулярности отверстий головка болта либо не прилегает к торцу отверстия, либо болт изгибается под соответствующей затяжкой, что вызывает напряжение в болте. И то, и другое отрицательно влияет на фланцевое соединение при работе оборудования, что может привести к нежелательным последствиям.

Все приведенные отклонения от требуемой точности к прецизионным отверстиям указывают на необходимость после сверления применения более точных способов механической обработки. Во фланцевых соединениях обработка точных отверстий с применением переносных устройств по месту монтажа возможна с использованием зенкерования или растачивания с последующим развертыванием. Для устранения отклонений, которые возникают при сверлении, наиболее рационально использование *зенкерования*. В процессе зенкерования устраняются недостатки, возникающие после сверления (рис. 2, б) [8]. Этот способ обработки отверстий обеспечивает более высокое качество и производительность в сравнении с растачиванием. В то же время технологическая

наследственность при зенкеровании по величине меньше, т.к. зенкер имеет более высокую жесткость, чем расточной резец.

Из выше изложенного следует, что необходимо установить технологическую наследственность влияния сверления на форму отверстия в продольном сечении при зенкеровании.

**Основная часть.** Технологическая наследственность после сверления (рис. 3) может быть оценена через погрешность, возникающую при зенкеровании.

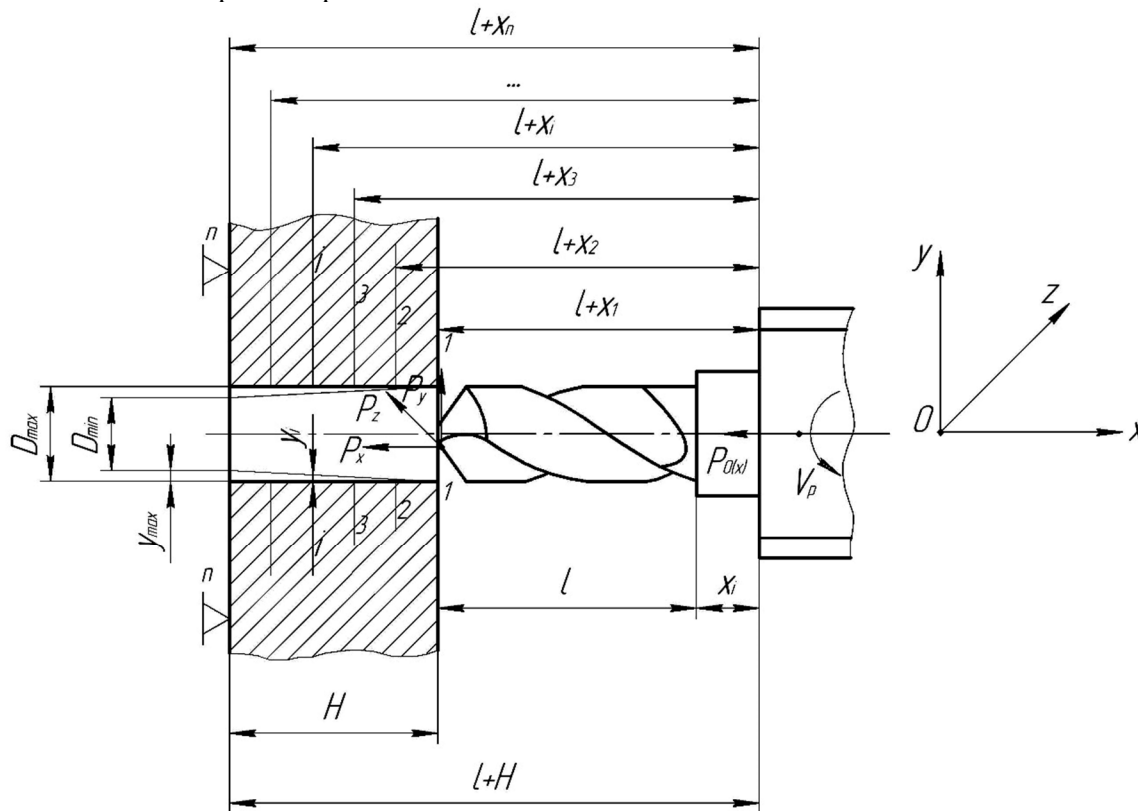


Рис. 3. Схема обработки при сверлении

Погрешность при зенкеровании можно определить по следующей формуле [1]:

$$y_3 = C \cdot t^x \cdot \left( \frac{l_1^3}{3 \cdot E_1 \cdot J_1} + \frac{l_2^3}{3 \cdot E_2 \cdot J_2} \right), \quad (1)$$

где  $C$  – коэффициент, который вычисляется по формуле:

$$C = 10 \cdot C_p \cdot S^y \cdot K_p = 670 \cdot S^{0,65} \cdot K_p;$$

где  $K_p$  – поправочный коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал,  $K_p = \left( \frac{\sigma_6}{750} \right)^{0,75}$ ,

$\sigma_6$  – прочность обрабатываемого материала, МПа;  $l_1$  – вылет режущего инструмента, мм;  $l_2$  – вылет шпинделя, мм;  $t$  – фактическая глубина резания, мм;  $x$  – показатель степени;  $E_1$  – модуль упругости режущего инструмента (зенкера), МПа;  $E_2$  – модуль упругости шпинделя, МПа;  $J_1$  – момент инерции режущего инструмента (зенкера), мм<sup>4</sup>;  $J_2$  – момент инерции шпинделя, мм<sup>4</sup>.

Номинальная глубина резания  $t_n$  для зенкерования:

$$t_n = (d_3 - d_c) / 2,$$

где  $d_3$  – фактический диаметр зенкера, мм;  $d_c$  – фактический диаметр сверла, мм.

В результате разбивки диаметр отверстия после сверления имеет больше размер, чем диаметр сверла. Соответственно глубина резания изменяется на величину разбивки  $y_p$  по длине отверстия и будет отличаться от номинальной глубины резания. Если отсутствует увод сверла, то фактическую глубину резания в рассматриваемых поперечных сечениях отверстия можно определить по формуле:

$$t_i = [(d_3 - d_c) / 2] - y_{pi}. \quad (2)$$

Величина разбивки  $y_{pi}$  зависит от многих факторов и переносных устройств, с помощью которых проводится обработка отверстий.

Для переносных устройств с подвижной сверлильной головкой разбивку в поперечных сечениях после сверления  $y_{pi} = y(x)$  можно определить по формуле [9]:

$$y(x) = \frac{1}{E_u \cdot J_u} \cdot \left[ \frac{P_o \cdot d \cdot l_1 \cdot (l + l_1) \cdot (l_1 - l)}{12 \cdot l} - \frac{P_l \cdot (l + l_1) \cdot (2l - l_1)}{3} - \frac{P_1 \cdot l_0 \cdot x \cdot (2l_1 - x) \cdot (2l - l_1)}{12 \cdot l} \right] + \frac{P_1 \cdot l_0}{4 \cdot E \cdot J} \cdot \left[ \frac{(l_0 + x)^3 \cdot (2l \cdot l_1 + l_1 x - x^2) - 2l_0^2 \cdot l \cdot l_1^2}{3l \cdot l_1^2} - \frac{x(2l_1 - x) \cdot (l_0 + x)^2}{l_1(l + l_1)} \right], \quad (3)$$

где  $P_o$  – осевое усилие;  $P_1$  – вес подвижной сверлильной головки;  $d$  – диаметр режущего инструмента (сверла);  $l$  – длина вылета режущего инструмента до шпинделя;  $l_1$  – расстояние между опорами направляющих;  $x$  – переменная величина перемещения равная длине обработки, то есть толщине заготовки  $H$ , мм, изменяется от  $0$  к  $H$  (рис. 3). Ее можно представить как:  $x = l_1 - l_0$ .

Соответственно  $l_0$  также является величиной переменной и при  $x \rightarrow 0$   $l_0 \rightarrow l_1$ .

$$y(x) = \left( \frac{P_o \cdot d \cdot l^2(2l - x)}{4E_u \cdot J_u(l + x)} + \frac{P_o \cdot d(l + x)^2}{4E \cdot J} \right) - \left( \frac{Pl(l + x)^2}{E \cdot J} + \frac{2P \cdot l^3}{3E_u \cdot J_u} \right), \quad (4)$$

где  $d$  – диаметр инструмента, мм;  $P_o$  – осевое усилие;

$$P = \Delta P_y; \Delta P_y \approx 0,0185(1 - f) \cdot P_o$$

$l$  – длина вылета режущего инструмента до шпинделя, мм;  $x$  – переменная величина перемещения равная длине обработки, то есть толщине заготовки  $H$ , мм, изменяется от  $0$  к  $H$  (рис. 3).  $E$  – модуль упругости шпинделя, МПа;  $E_u$  – модуль упругости режущего инструмента (сверла), МПа;  $J$  – момент инерции шпинделя, мм<sup>4</sup>;  $J_u$  – момент инерции режущего инструмента (сверла), мм<sup>4</sup>.

Изменение величины разбивки по длине сверления, соответственно изменяет глубину резания, которая отражается в силе резания. Переменная сила резания влияет на изменение погрешности обработки при зенкеровании. Подставляя соответствующие входные параметры в формулы (3) и (4) по длине сверления, длине сверла, силе резания и другие, можно вычислить величину разбивки в каждом рассматриваемом поперечном сечении по длине отверстия. Полученные значения разбивки подставляются в формулу (2) для определения фактической глубины резания в тех же сечениях, в которых вычислялась разбивка.

Если в процессе сверления имеет место и разбивка отверстия, и увод сверла, то фактическую глубину резания в рассматриваемых поперечных сечениях отверстия можно определить по формуле:

$$t_i = [(d_3 - d_c) / 2] + y_0 - y_{pi}, \quad (5)$$

$E_u$  – модуль упругости режущего инструмента (сверла), МПа;  $E$  – модуль упругости направляющих переносного устройства, по которым перемещается сверлильная головка, МПа;  $J_u$  – момент инерции режущего инструмента (сверла), мм<sup>4</sup>;  $J$  – момент инерции направляющих, мм<sup>4</sup>.

Для переносных устройств с *выдвижным шпинделем* сверлильной головки разбивка в поперечных сечениях  $y_{pi} = y(x)$  определяется по формуле [10]:

где  $y_{pi}$  – разбивка отверстия после сверления в  $i$  поперечных сечениях, которая вычисляется по формулам (3) или (4), в зависимости от используемого переносного устройства;  $y_0$  – увод оси отверстия после сверления.

Величину увода оси отверстия после сверления (рис. 4) для переносных устройств с выдвижным шпинделем можно вычислить по формуле [1]:

$$y_0 = P_o \cdot \left( \frac{l_1^3}{3 \cdot E_u \cdot J_u} + \frac{l_2^3}{3 \cdot E \cdot J} \right), \quad (6)$$

где  $l_1$  – вылет режущего инструмента, мм;  $l_2$  – вылет шпинделя,  $l_2 = l_0 + x$ , мм, где  $l_0$  – постоянная величина вылета шпинделя;  $x$  – переменная величина вылета шпинделя, которая зависит от длины обработки, т.е.  $x \rightarrow H$ .

Значения  $E, E_u, J, J_u$  те же, что в формуле (4).

Для переносных устройств с подвижной сверлильной головкой, жестких переносных станков и без выдвижных шпинделей величина увода оси отверстия  $y_0$  может быть определена по формуле [1]:

$$y_0 = \frac{P_o \cdot l_1^3}{3 \cdot E_u \cdot J_u}, \quad (7)$$

где значения  $l_1, E_u$  и  $J_u$  те же, что в формуле (6).

При использовании в переносных станках направляющих втулок для инструмента вылет режущего инструмента  $l$  в формулах (3) и (4) и  $l_1$  в формулах (6) и (7) заменяется на длину, равную расстоянию от выходного торца втулки до поверхности заготовки,  $-l_3$  (рис. 4).

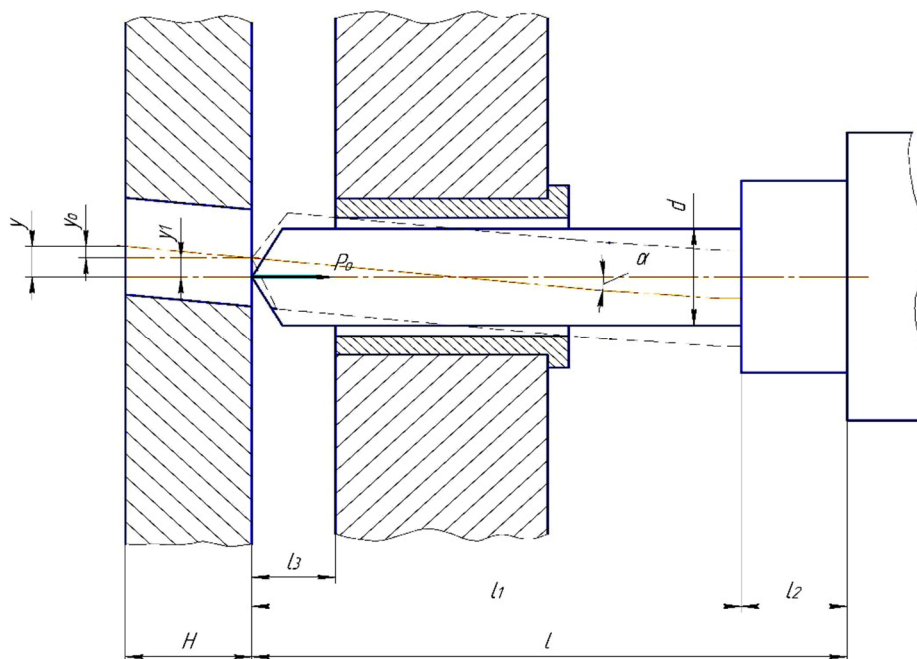


Рис. 4. Схема увода оси отверстия

Для установления технологической наследственности влияния сверления на точность и форму отверстия в продольном сечении при зенкеровании, рассчитывается погрешность  $y_i$  от переменной глубины резания  $t_i$  в нескольких поперечных сечениях по длине отверстия, количество которых принимается в зависимости от длины (глубины) отверстия. Расстояние между сечениями желательнее принимать с равномерным шагом. Вычисление глубины резания  $t_i$  в принятых  $i$  поперечных сечениях производится по формуле (2) или (5).

Полученные значения глубины резания подставляются в формулу (1) и рассчитывается погрешность  $y_i$  в каждом сечении. Величина вылета шпинделя  $l_2$  в формуле (1) принимается равной переменной величине перемещения  $x_i$ , которая изменяется от 0 к H (рис. 3).

Диаметры отверстия после зенкерования  $D_{zi}$  по его длине в каждом поперечном сечении, зависящие от погрешности зенкерования в тех же сечениях, можно определить по формуле:

$$D_{zi} = d_z + 2 \cdot y_{zi}, \tag{8}$$

где  $d_z$  – фактический диаметр зенкера, мм;  $y_{zi}$  – погрешность зенкерования по длине отверстия в каждом поперечном сечении, вычисленная по формуле (1), мм.

Для установления максимальной погрешности  $y_{\max}$  формы отверстия после зенкерования ее величина определяется, как разность максимального и минимального диаметров отверстия, из следующего выражения:

$$y_{\max} = (D_{z \max} - D_{z \min}) / 2.$$

Проверкой обеспечения точности обработки отверстий после зенкерования является, соблюдение условия:

$$\Delta_z = D_{z \max} - D_{z \min} \leq TD_z, \tag{9}$$

где  $\Delta_z$  – погрешность диаметр отверстия после зенкерования;  $TD_z$  – допуск цилиндричности отверстия, мм.

Из изложенной зависимости влияния сверления на точность отверстий для последующей обработки необходимо установить достаточность глубины резания для зенкерования по следующему условию:

$$t_{\max} = (D_{z \max} - d_c) / 2 \leq t_n.$$

Если это условие не соблюдается, т.е.  $t_{\max} > t_n$ , то следует принять диаметр сверла меньшего размера, вычислив его из следующего выражения:

$$d_c = D_{z \max} - 2 \cdot t_{\max}.$$

Если вычисленное значение диаметра не соответствует стандартному, то принимается ближайший меньший диаметр сверла.

Значения диаметров зенкера  $d_{z \max}$  и  $d_{z \min}$  можно определить по формулам:

$$d_{z \max} = D_{оме} + TD_{оме} - y_{\max}; \tag{10}$$

$$d_{z \min} = D_{оме} + TD_{оме} - y_{\max} - Td_z, \tag{11}$$

где  $D_{оме}$  – номинальный диаметр зенкеруемого отверстия;  $TD_{оме}$  – допуск на диаметр зенкеруемого отверстия;  $y_{\max}$  – максимальная величина разбивки;  $Td_z$  – поле допуска на изготовление

зенкера, задается в зависимости от точности обрабатываемого отверстия.

Номинальный диаметр зенкера принимается по максимальному расчетному значению диаметра, т.е.  $d_3 = d_{3 \max}$ , вычисленный по формуле (10).

**Выводы.** Приведенная зависимость точности зенкерования от технологической наследственности после сверления позволяет:

– оценить влияние отклонений отверстий от цилиндричности после сверления на форму отверстий после зенкерования;

– спрогнозировать точность обработки отверстий с использованием переносных устройств на стадии проектирования технологии обработки прецизионных отверстий во фланцах крупногабаритного оборудования;

– выполнить расчеты по установлению фактической глубины резания на зенкерование с учетом жесткости технологической системы и независимых переменных, оказывающих влияние на точность отверстия;

– назначить режущие инструменты (сверло, зенкер) с нужными размерами – диаметром и длиной рабочей части, и требуемой точностью.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Голдобина В.Г. Точность обработки отверстий во фланцах крупногабаритного оборудования при использовании переносных установок: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. 106 с.

2. Банит Ф.Г., Несвижский О.А. Механическое оборудование цементных заводов. М.: Машиностроение, 1975. 318 с.

3. Дроздов Н.Е. Эксплуатация, ремонт и испытание оборудования предприятий строительных материалов, изделий и конструкций. М.: Высш. школа, 1979. 312 с.

4. Воробьев Л.Н. Технология машиностроения и ремонта машин. М.: Высш. школа, 1981. 344 с.

5. Голдобина В.Г. Разработка технологии и оборудования механической обработки прецизионных отверстий фланцевых соединений крупногабаритного оборудования: диссертация канд. техн. наук. Белгород, 2005. С. 80–93.

6. Голдобина В.Г. Обработка отверстий с использованием переносного станка // Научное обозрение. 2015. №20. С. 129–133.

7. <https://poznayka.org/s98086t1.html> Сверление отверстий.

8. [www.stroitelstvo-new.ru/zhestyanye-raboty/zenkerovanie.shtml](http://www.stroitelstvo-new.ru/zhestyanye-raboty/zenkerovanie.shtml) Зенкерование отверстий.

9. Голдобина В.Г. Точность обработки отверстий с использованием переносных устройств // Журнал «Известия Самарского научного центра Российской академии наук». Том 12, № 1(2). Самара, 2010. С. 326–329.

10. Голдобина В.Г. Влияние жесткости технологической системы на точность и форму обрабатываемых отверстий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. №3. С. 93–96.

*Информация об авторах*

**Голдобина Валентина Григорьевна**, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения. E-mail: [goldobina.valentina@gmail.com](mailto:goldobina.valentina@gmail.com). Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

*Поступила в июле 2019 г.*

© Голдобина В.Г., 2019

**\*Goldobina V.G.**

*Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov  
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.*

*\*E-mail: [goldobina.valentina@gmail.com](mailto:goldobina.valentina@gmail.com)*

## ACCURACY OPENING OF HOLES AFTER DRILLING

**Abstract.** At enterprises of building materials, various large-scale technological equipment is used, which in the process of operation is subjected to various types of repair, requiring the use of appropriate equipment and technology. Mills used for grinding raw materials have flanged connections that are attached with precision and fastening bolts to ensure the tightness of the connection. The precision bolts of the flange connections perceive the entire load of the equipment; therefore, high quality requirements are imposed on the holes for them in the flanges. Precision holes must be machined according to technology that meets their requirements. This article presents a study of hole machining by countersinking, ensuring the accuracy of holes after drilling in shape and spatial deviation. The results of experiments related to the machining of holes using portable devices with a sliding spindle and a movable drilling head are given. The deviations of the holes, which are

obtained after drilling on portable devices, are set out, and the dependence of the deviations on various factors, which is expressed in breaking down and leading away the hole axis, is established. The influence of technological heredity after drilling on the accuracy of the hole when countersinking is established. The dependences give the opportunity to predict the accuracy of holes machining using portable devices after drilling and after core drilling, to establish the actual depth of cut for core drilling taking into account the rigidity of the technological system and independent variables.

**Keywords:** holes, flange joints, large-size equipment, drilling, sinking, hole accuracy, technological heredity.

## REFERENCES

1. Goldobina V.G. Accuracy of processing holes in the flanges of large-sized equipment when using portable units [Tochnost obrabotki otverstii vo flansah krupnogabaritnogo oborudovanij pri ispolzovanii perenosnih ustanovok]. Belgorod: BSTU. 2018, 106 p. (rus)
2. Banit F.G., Nesvizh O.A. Mechanical equipment of cement plants [Mehanicheskoe oborudovanie sementnih zavodov]. M.: Mashinostroenie. 1975, 318 p. (rus)
3. Drozdov N.Ye. Operation, repair and testing of equipment of enterprises of building materials, products and structures [Ikspluatasij, remont i ispitanie oborudovanij predprijtii stroitelnih materialov, izdelii i konstruksii]. M.: Higher. School. 1979, 312 p. (rus)
4. Vorobiev L.N. Engineering technology and machine repair [Tehnologij mashinostroenij i remont mashin]. M.: Higher. School. 1981, 344 p. (rus)
5. Goldobina, V.G. Development of technology and equipment for mechanical processing of precision openings of flange joints of large-sized equipment [Razrabotka tehnologii i oborudovanij mehanicheskoy obrabotki presizionih otverstii flansevih soedinenii krupnogabaritnogo oborudovanij]: dissertation Cand. tech. sciences. Belgorod, 2005. Pp. 80–93. (rus)
6. Goldobina V.G. Processing holes using a portable machine [Obrabotka otverstii s ispolzovaniem perenosnogo stanka]. Scientific Review Journal. 2015. No. 20. Pp. 129–133. (rus)
7. <https://poznayka.org/s98086t1.html> Drilling holes.
8. [www.stroitelstvo-new.ru/zhestyanye-raboty/zenkerovanie.shtml](http://www.stroitelstvo-new.ru/zhestyanye-raboty/zenkerovanie.shtml) Reaming holes.
9. Goldobina V.G. Accuracy of hole machining using portable devices [Tochnost obrabotki otverstii s ispolzovaniem perenosnih ustroistv]. News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences". 2010. Vol. 12. No. 1 (2). Pp. 326–329. (rus)
10. Goldobina V.G. Influence of the rigidity of the technological system on the accuracy and shape of the holes to be machined [Vlijnie jestkosti tehnologicheskoi sistemi na tochnost I formu obrabativaemih otverstii]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2010. No. 3. Pp. 93–96. (rus)

### Information about the authors

**Goldobina, Valentina G.** PhD, Assistant professor. E-mail: goldobina.valentina@gmail.com. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

*Received in July 2019*

### Для цитирования:

Голдобина В.Г. Точность зенкерования отверстий после сверления // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 9. С. 99–105. DOI: 10.34031/article\_5da45fa42a6a42.84240607

### For citation:

Goldobina V.G. Accuracy opening of holes after drilling. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 9. Pp. 99–105. DOI: 10.34031/article\_5da45fa42a6a42.84240607