

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТОЙКОСТИ МЕЛКОРАЗМЕРНЫХ СВЕРЛ ПРИ ГЛУБОКОМ СВЕРЛЕНИИ

**В.И. Гузеев**<sup>1</sup>, [guzeevvi@susu.ru](mailto:guzeevvi@susu.ru), <https://orcid.org/0000-0002-8277-1217>

**В.Г. Шаламов**<sup>1</sup>, [shalamovvg@susu.ru](mailto:shalamovvg@susu.ru)

**А.В. Морозов**<sup>2</sup>, [ntk\\_2005@rambler.ru](mailto:ntk_2005@rambler.ru)

<sup>1</sup> Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

<sup>2</sup> Владимирский государственный университет им. А.Г и Н.Г. Столетовых, Владимир, Россия

**Аннотация.** При сверлении отверстий диаметром меньше 3 мм и подачей смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) поливом наблюдается эффект откачивания СОЖ из зоны резания. В этом случае винтовые поверхности стружечных канавок сверла играют роль шнека. Пара винтовая поверхность сверла – обработанное отверстие составляет элемент шнекового насоса. Чем меньше диаметр сверла и чем больше частота его вращения, тем выше производительность такого насоса. Эксперименты показывают, что при обработке отверстий диаметром 1,5 мм глубиной 20 мм при частотах вращения 3000...6000 об/мин СОЖ, поступающая поливом, не доходит до режущих кромок сверла и фактически процесс резания осуществляется «всухую». Это требует частой переточки сверл. Иногда рабочие-операторы в течение одной смены вынуждены производить до 100 переточек сверл. Увеличение количества переточек в смену приводит к увеличению количества наладок, снижению производительности обработки, уменьшению ресурса и повышению расхода сверл. В некоторых случаях оказывается, что при сверлении все параметры отверстий выдерживаются по требованиям чертежа, но сверло теряет режущую способность через 3–6 отверстий и часто на первом же отверстии. В этом случае снимают это сверло, ставят следующее и заново осуществляют наладку операции.

Установлено, что величины разброса геометрических параметров сверл при стационарной заточке может оказывать значительное влияние на количество отказов работоспособности сверл, силы резания, режимы резания и, следовательно, на производительность и техническую надежность операции.

В статье рассматривается возможность повышения стойкости малоразмерных сверл за счет специальной заточки, обеспечивающей допустимую по точности разбивку обработанного отверстия. Этим обеспечивается проникновение СОЖ в зону резания.

Применение новой заточки повысило среднюю стойкость сверл на 28 %.

**Ключевые слова:** сверление, стойкость сверла, температура при сверлении, заточка сверла

**Для цитирования:** Гузеев В.И., Шаламов В.Г., Морозов А.В. Обеспечение стойкости мелкогабаритных сверл при глубоком сверлении // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». 2024. Т. 24, № 3. С. 53–63. DOI: 10.14529/engin240305

## ENSURING DURABILITY OF SMALL-SIZED DRILLS IN DEEP DRILLING

V.I. Guzeev<sup>1</sup>, guzeevvi@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8277-1217>  
V.G. Shalamov<sup>1</sup>, shalamovvg@susu.ru  
A.V. Morozov<sup>2</sup>, ntk\_2005@rambler.ru

<sup>1</sup> South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

<sup>2</sup> Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov, Vladimir, Russia

**Abstract.** When drilling holes with a diameter less than 3 mm and supplying cutting fluid (CF) by irrigation, there is an effect of pumping the CF out of the cutting zone. In this case, the helical surfaces of the flute grooves of the drill play the role of a screw conveyor. The pair: the helical surface of the drill – the machined hole, constitute an element of the screw pump. The smaller the diameter of the drill and the higher the frequency of its rotation, the higher the performance of such a pump. Experiments show that when machining holes with a diameter of 1.5 mm and a depth of 20 mm at rotation frequencies of 3,000...6,000 rpm, the CF supplied by irrigation does not reach the cutting edges of the drill, and in fact, the cutting process is carried out “dry”. This requires frequent re-sharpening of drills. Sometimes workers-operators have to make up to 100 re-sharpenings of drills during one shift. An increase in the number of re-sharpenings per shift leads to an increase in the number of adjustments, a decrease in processing productivity, a reduction in resource and an increase in drill consumption.

In some cases, it turns out that when drilling, all parameters of the holes are maintained according to the requirements of the drawing, but the drill loses its cutting ability after 3–6 holes and often on the first hole. In this case, they remove this drill, put the next one and re-adjust the operation.

It has been established that the magnitude of the spread of the geometric parameters of drills with stationary sharpening can significantly affect the number of failures of the drills, cutting forces, cutting modes and, consequently, the productivity and technical reliability of the operation.

The article discusses the possibility of increasing the durability of small-sized drills due to special sharpening, which provides a breakdown of the machined hole that is acceptable in terms of accuracy. This ensures the penetration of CF into the cutting zone.

Application of the new sharpening method increased the average durability of drills by 28%.

**Keywords:** drilling, drill durability, drilling temperature, drill sharpening

**For citation:** Guzeev V.I., Shalamov V.G., Morozov A.V. Ensuring durability of small-sized drills in deep drilling. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Mechanical Engineering Industry*, 2024:24(3):53–63. (In Russ.) DOI: 10.14529/engin240305

### Введение

Сложность изготовления глубоких отверстий часто связана с отказами режущего инструмента [1–4]. Особенно трудно обеспечить достаточную стойкость мелкогазовых спиральных сверл [5–9].

При сверлении отверстий диаметром меньше 3 мм и подачей смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) поливом наблюдается эффект откачивания СОЖ из зоны резания. В этом случае винтовые поверхности стружечных канавок сверла играют роль шнека. Пара винтовая поверхность сверла – обработанное отверстие составляет элемент шнекового насоса. Чем меньше диаметр сверла и чем больше частота его вращения, тем выше производительность такого насоса. Эксперименты показывают, что при обработке отверстий диаметром 1,5 мм глубиной 20 мм при частотах вращения 3000...6000 об/мин СОЖ, поступающая поливом, не доходит до режущих кромок сверла и фактически процесс резания осуществляется «всухую» [10, 11].

### Фактическая температура при сверлении

Для определения фактической температуры резания при сверлении топливоподводящих отверстий в корпусе распылителя дизельного двигателя проведены эксперименты. Измерение тем-

пературы осуществлялось путем замеров термо-э.д.с., возникающей в естественной термопаре: сверло – деталь.

Эксперимент проводился в следующих условиях: диаметр сверла равен 1,6 мм, материал – Р6М5, материал заготовки – сталь 45. Скорость резания изменялась от 9 до 30 м/мин при подаче 0,04 мм/об. Значение подачи определено по ограничению, связанному с прочностью сверла. Сверление производилось без охлаждения. По мере сверления определенного количества заготовок измерялась фаска износа по задней поверхности главных режущих кромок  $h_3$ . Результаты эксперимента приведены на графиках (рис. 1). Из графиков видно, что минимальный износ сверла наблюдается при температуре резания 260°. Такой температуре соответствуют скорость резания 9 м/мин. Использование таких режимов резания в производстве показало, что средняя стойкость сверл составляет 8,9 мин. Низкая стойкость обусловлена плохим охлаждением зоны резания.

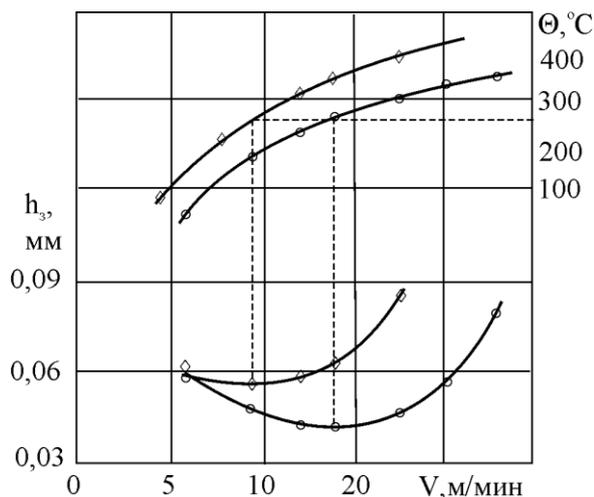


Рис. 1. Влияние скорости резания на температуру резания и износ сверла:  $\diamond$  – без охлаждения;  $\circ$  – с охлаждением

Fig. 1. The effect of cutting speed on cutting temperature and drill wear:  $\diamond$  – without cooling;  $\circ$  – with cooling

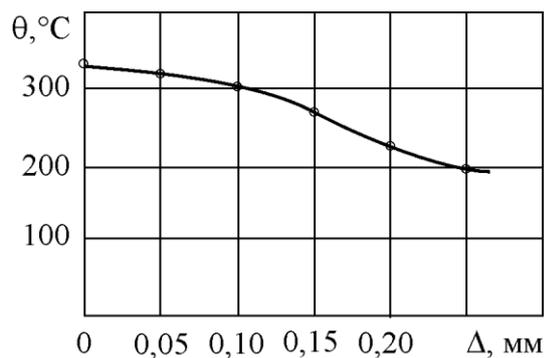


Рис. 2. Зависимость температуры в зоне резания от зазора между ленточками сверла и обработанным отверстием

Fig. 2. The dependence of the temperature in the cutting zone on the gap between the drill strips and the machined hole

мок при заточке сверла. Это, в свою очередь, оказывает влияние на величину разбивки отверстия и должно учитываться при проектировании спиральных сверл и оптимизации их параметров [17–20].

Для изучения возможности улучшения охлаждения за счет исключения эффекта откачивания СОЖ из зоны резания проведены эксперименты по обработке образцов, используя схему измерения термо-э.д.с. Деталь изготавливалась с диаметром отверстия большим диаметром сверла. Диаметр изменялся от 1,7 до 2 мм с шагом 0,05 мм, чем обеспечивался зазор между ленточками сверла и отверстием от 0,05 до 0,20 мм. СОЖ подавалась методом полива.

Результаты эксперимента приведены на графике, представленном на рис. 2. Из графика видно, что оптимальная температура 260° достигается при зазоре 0,15 мм и скорости резания 18 м/мин (см. рис. 1).

Таким образом, для повышения стойкости мелкокоразмерных сверл и производительности обработки глубоких отверстий необходимо обеспечить лучший подвод СОЖ в зону резания. Это может быть достигнуто за счет специальной заточки сверл, обеспечивающей разбивку отверстия в процессе обработки для достижения зазора между стенками обработанного отверстия и ленточками сверла. Кроме того, заточка должна обеспечивать проектные геометрические параметры сверл. Для обеспечения такой заточки необходимо определить степень влияния отдельных параметров на величину разбивки диаметра отверстия и гарантировать благоприятный отвод стружки [8].

### Геометрические параметры сверл

Существующая технология изготовления стандартного спирального сверла малого диаметра обеспечивает определенные точности его параметров: наружного диаметра и сердцевины сверла, стружечных канавок, угла наклона спирали [12–16]. Очевидно, что размерный разброс этих параметров окажет влияние на длину и геометрию поперечной и главной режущих кро-

Для оценки такого влияния проводились исследования геометрических параметров сверл с помощью компьютерного моделирования и замеров на большом инструментальном микроскопе БМИ (общее увеличение 30х).

Стандартом на геометрические параметры сверл малого диаметра предусмотрено постепенное увеличение диаметра сердцевины с целью повышения жесткости сверла. На рис. 3 показаны численные значения изменения диаметра сердцевины сверла вдоль его оси. В скобках приведены наибольшие размеры в рассматриваемой партии сверл.

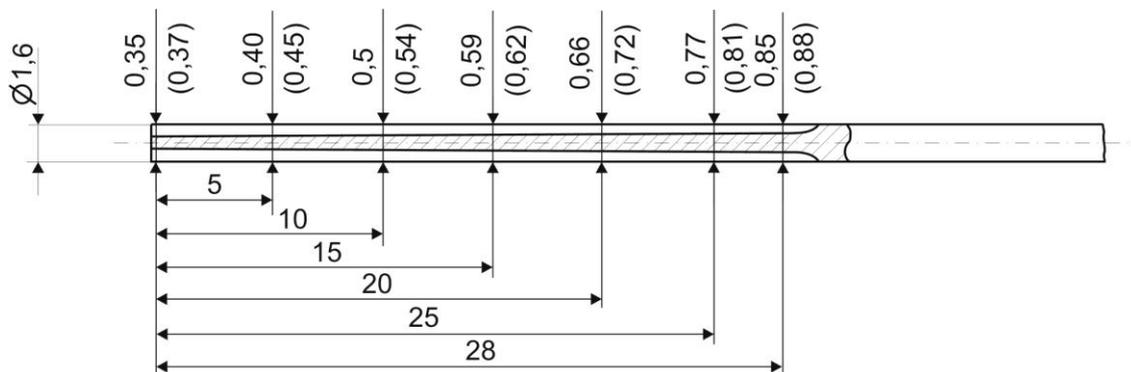


Рис. 3. Изменение диаметра сердцевины сверла вдоль оси  
Fig. 3. Changing the diameter of the drill core along the axis

Для построения компьютерной модели сверла и исследования геометрических параметров тела спиральной части сверла были сделаны плоские, перпендикулярные оси сверла, срезы. С помощью большого инструментального микроскопа БМИ производились замеры профиля стружечных канавок, затыловочной части и сердцевины сверл. Кроме того, замерялся наружный диаметр сверл, общая длина сверла и длина спиральной части, угол наклона спирали.

На рис. 4 предоставлены примеры профилей плоских срезов сверл, произведенных на минимальном и максимальном (на середине спиральной части сверла) диаметрах сердцевин. В табл. 1, 2 приведены координаты профилей этих плоских срезов сверл. Приведенные данные наглядно иллюстрируют изменения профиля сверла вдоль его оси.

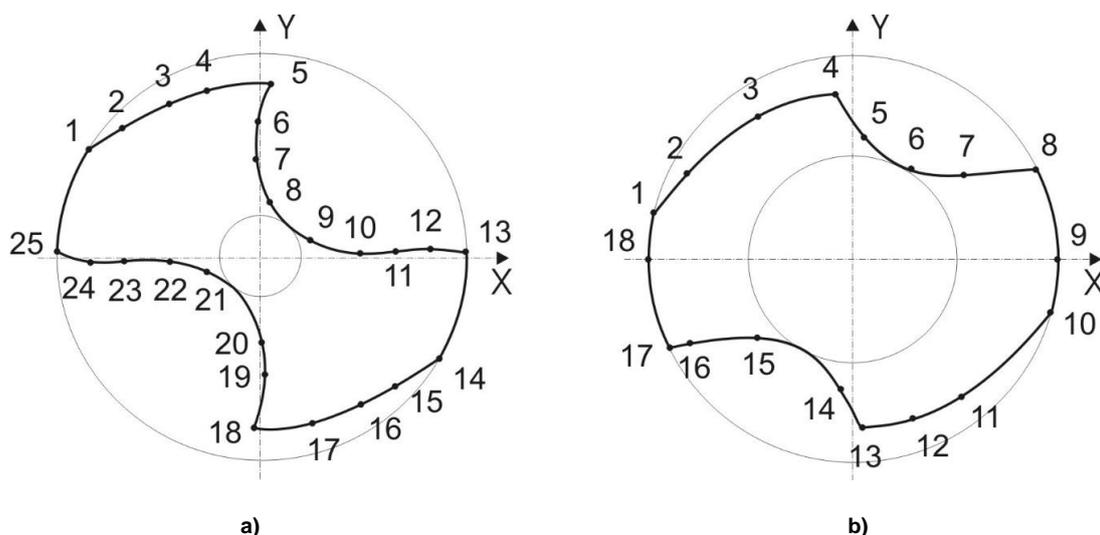


Рис. 4. Профили плоских срезов сверл:  
а – минимальный диаметр сердцевины (0,32 мм); б – максимальный диаметр сердцевины (0,62 мм)  
Fig. 4. Profiles of flat sections of drills: a – minimum core diameter (0.32 mm); b – maximum core diameter (0.62 mm)

На рис. 5 представлены профили режущей части заточенных сверл. В табл. 3, 4 приведены координаты соответствующих профилей. Из рис. 5 видно, что даже при незначительном отличии

у двух сверл диаметров сердцевин (0,305 мм и 0,46 мм), профилей стружечной канавки и углов наклона спирали профили их режущей части имеют существенные различия. Так, у них разные длины поперечной режущей кромки, разные длины и конфигурация главных режущих кромок.

Координаты точек профиля плоского среза сверла при  $\varnothing_c = 0,32$  мм  
Table 1

№ точки	1	2	3	4	5	6	7	8
X	-0,67	-0,545	-0,36	-0,215	0,04	0	0	0,04
Y	0,43	0,51	0,60	0,66	0,69	0,53	0,39	0,23

№ точки	9	10	11	12	13	14	15	16
X	0,20	0,39	0,53	0,68	0,81	0,68	0,53	0,39
Y	0,065	0,01	0,02	0,025	0,01	-0,45	-0,515	-0,595

№ точки	17	18	19	20	21	22	23	24	25
X	0,20	-0,025	0,015	0	-0,215	-0,36	-0,545	-0,67	-0,81
Y	-0,67	-0,685	-0,47	-0,345	-0,06	-0,02	-0,02	-0,03	0,03

Координаты точек профиля плоского среза сверла при  $\varnothing_c = 0,62$  мм  
Table 2

№ точки	1	2	3	4	5	6	7	8	9
X	-0,775	-0,645	-0,375	-0,06	0,05	0,225	0,425	0,71	0,795
Y	0,19	0,34	0,565	0,65	0,48	0,34	0,325	0,34	-0,03

№ точки	10	11	12	13	14	15	16	17	18
X	0,75	0,425	0,34	0,03	-0,06	-0,375	-0,645	-0,733	-0,795
Y	-0,24	-0,555	-0,64	-0,673	-0,51	-0,33	-0,335	-0,34	-0,03

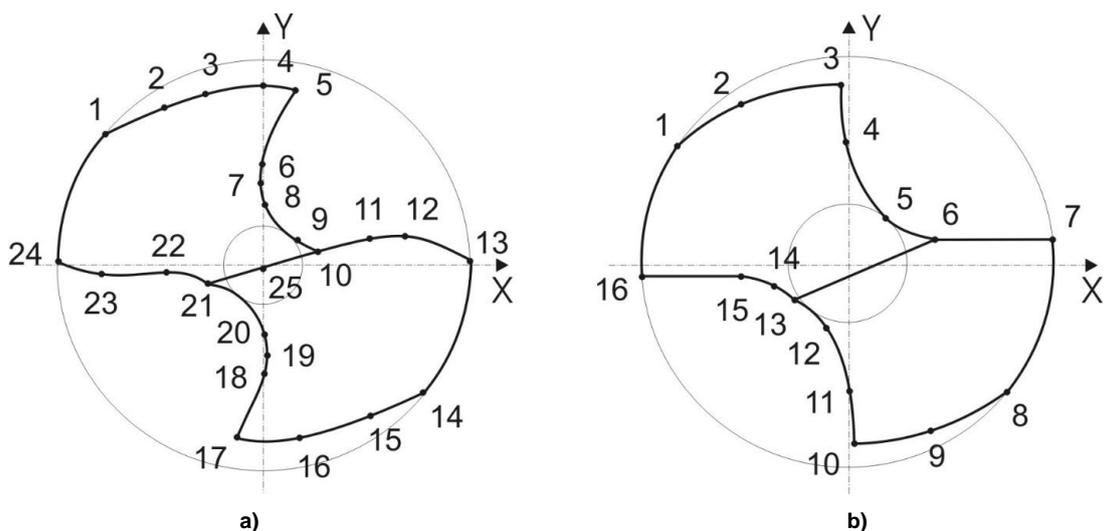


Рис. 5. Профили режущей части сверл:  
а – сверло с диаметром сердцевин 0,305 мм; б – сверло с диаметром сердцевин 0,46 мм  
Fig. 5. Profiles of the cutting part of the drills:  
a – a drill with a core diameter of 0.305 mm; b – a drill with a core diameter of 0.46 mm

Таблица 3

Координаты точек профиля режущей части сверла при  $\varnothing_c = 0,305$  мм

Table 3

Coordinates of the profiles points of the cutting part of the drill at  $\varnothing_s = 0.305$  mm

№ точки	1	2	3	4	5	6	7	8
X	-0,635	-0,38	-0,22	0	0,13	0	-0,005	0
У	0,51	0,61	0,665	0,70	0,675	0,39	0,315	0,23

№ точки	9	10	11	12	13	14	15	16
X	0,13	0,21	0,41	0,55	0,805	0,61	0,41	0,13
У	0,09	0,045	0,09	0,11	0,005	-0,51	-0,59	-0,68

№ точки	17	18	19	20	21	22	23	24	25
X	-0,11	0	0,015	0	-0,22	-0,38	-0,635	-0,805	0
У	-0,675	-0,425	-0,36	-0,28	-0,075	-0,03	-0,04	0,005	-0,015

Таблица 4

Координаты точек профиля режущей части сверла при  $\varnothing_c = 0,46$  мм

Table 4

Coordinates of the profiles points of the cutting part of the drill at  $\varnothing_s = 0.46$  mm

№ точки	1	2	3	4	5	6	7	8
X	-0,655	-0,41	-0,03	-0,01	0,145	0,34	0,795	0,60
У	0,45	0,61	0,69	0,46	0,175	0,09	0,085	-0,50

№ точки	9	10	11	12	13	14	15	16
X	0,325	0,03	0,005	-0,08	-0,20	-0,28	-0,405	-0,81
У	-0,65	-0,695	-0,50	-0,25	-0,143	-0,09	-0,05	-0,05



Для исследования изменения переднего и заднего углов вдоль режущей кромки сверла создана компьютерная модель с помощью программы Solid Works. Эта модель воспроизводит параметры приспособления для заточки сверл. При виртуальной установке параметров незаточенного сверла в данное приспособление получается компьютерная модель заточенного сверла (рис. 6). Созданная таким образом компьютерная модель режущей части сверла позволяет исследовать изменение переднего и заднего углов вдоль режущей кромки сверла. На рис. 7 показаны секущие плоскости, расположенные по нормали к режущей кромке сверла. Числовые значения переднего и заднего углов в данных сечениях приведены на рис. 8.

Рис. 6. Компьютерная модель сверла

Fig. 6. Computer model of the drill

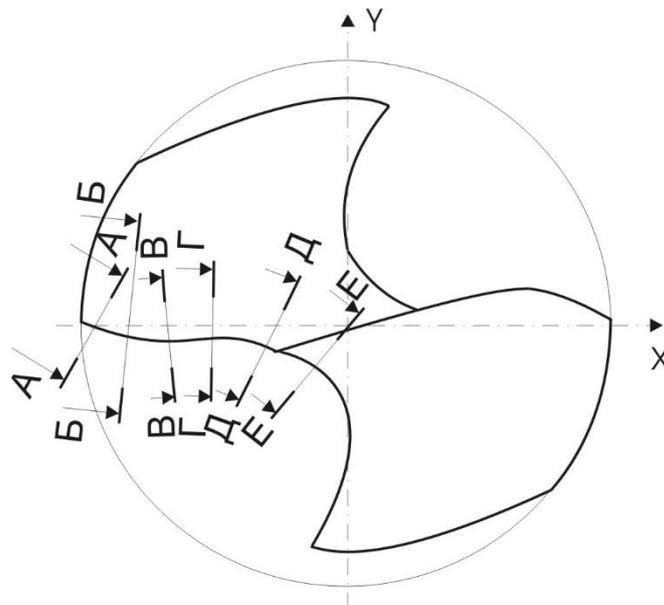


Рис. 7. Секущие плоскости к режущей кромке  
Fig. 7. Cutting planes to the cutting edge

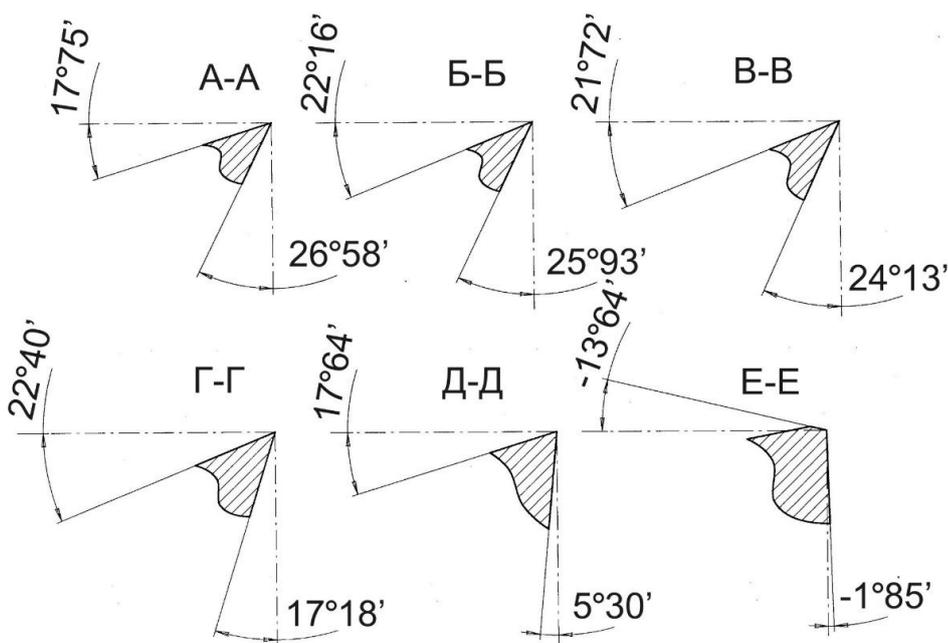


Рис. 8. Значения переднего и заднего углов вдоль режущей кромки сверла  
Fig. 8. Values of the front and rear angles along the cutting edge of the drill

### Результаты и обсуждения

Проведенные исследования геометрических параметров сверл малого диаметра показали:

1. В партии сверл имеет место разброс их геометрических параметров:

- угол наклона спирали 21°54'...24°14';
- диаметр сверла 1,59 мм...1,62 мм;
- диаметр сердцевины (на расстоянии 30 мм от хвостовика) 0,28 мм...0,38 мм.

2. При переточках сверл из-за утолщения сердцевины, предусмотренной конструкцией сверла, увеличивается диаметр сердцевины, что оказывает влияние на длины поперечной и главной режущих кромок.

3. Угол наклона спирали и диаметр сверла оказывает влияние на длины режущих кромок, передний и задний углы.

4. В разных сечениях по нормали к режущей кромке величины переднего и заднего углов переменны и изменяются в больших диапазонах. Это влияет на величину и направление составляющих силы резания на элементарных участках режущей кромки.

5. Из-за существующей технологии изготовления сверл наблюдается разброс размерных параметров стружечных канавок и, следовательно, формы главной режущей кромки и передних углов.

Величина разброса геометрических параметров сверл при стационарной заточке может оказывать значительное влияние на количество отказов работоспособности сверл, силы резания, режимы резания и, следовательно, на производительность и техническую надежность операции.

Для обеспечения расчетно-обоснованных и заданных параметров режущей части сверла необходима адаптация заточки под фактические геометрические параметры тела сверла.

Зная фактическую геометрию тела сверла, подлежащего заточке, и анализируя с помощью математических моделей возможные варианты получения геометрических параметров режущей части сверла, можно выбрать рациональную схему заточки, обеспечивающую лучшую работоспособность сверла, и реализовать ее на перенастраиваемом приспособлении.

Производственные испытания 2360 сверл с новой заточкой показали, что средняя стойкость сверл составила 11,5 мин.

На рис. 9 показан полигон распределения стойкости испытываемых сверл. Из рис. 9 следует, что 36 % сверл имели стойкость 16–20 мин, 27 % сверл имели стойкость 10–13 мин, 20,7 % сверл имели стойкость 36–120 мин и только 6,27 % сверл имели стойкость меньше 8 мин.

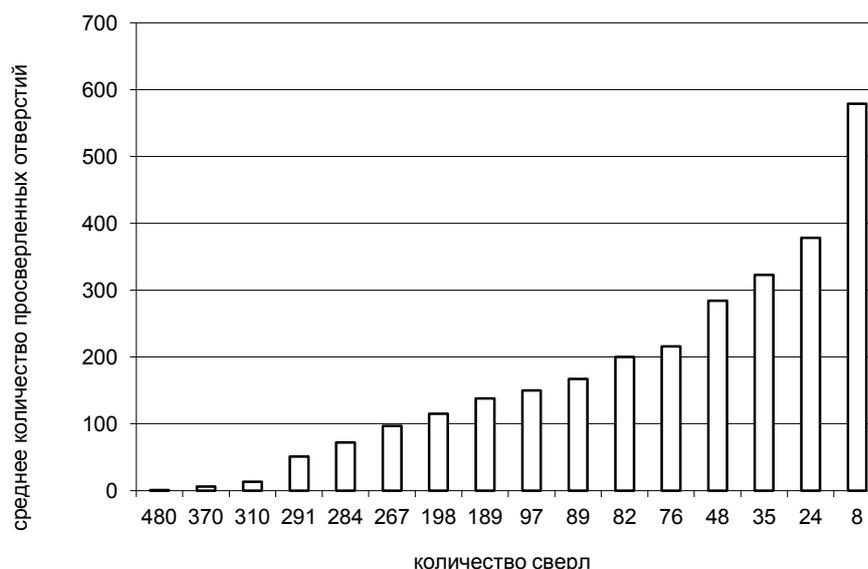


Рис. 9. Полигон распределения сверл с новой заточкой по количеству просверленных отверстий  
Fig. 9. Polygon for the distribution of drills according to new sharpening method, based on number of holes drilled

Применение новой заточки повысило среднюю стойкость сверл на 28 %. В связи с тем, что оптимальная температура при новой заточке соответствует более высокой скорости резания, равной 18 м/мин (см. рис. 1), обработка ведется с большей минутной подачей, равной 160 мм/мин, что позволяет за период стойкости сверла обработать большее количество отверстий.

На рис. 9 представлен полигон распределения сверл с новой заточкой по количеству просверленных отверстий. Среднее количество отверстий, обработанных одним сверлом, составило 76 отверстий. При традиционной заточке эта величина равнялась 36 отверстиям. Таким образом, выработка одним сверлом увеличилась более чем в 2 раза по сравнению с обработкой сверлами традиционной заточки.

Статистические данные стойкости сверл с новой заточкой приведены на рис. 10.

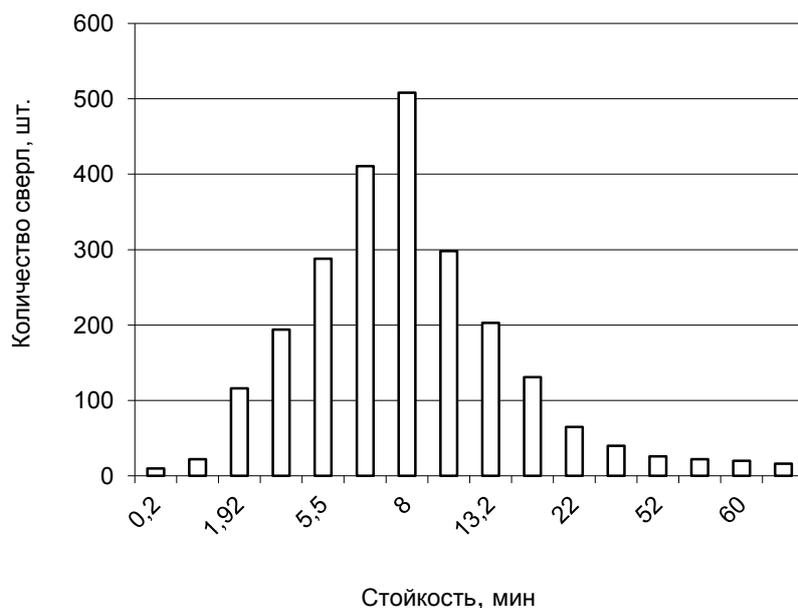


Рис. 10. Статистические данные стойкости сверл с новой заточкой  
Fig. 10. Statistical data on the durability of drills after new sharpening

#### Список литературы

1. Древаль А.Е., Рагрин Н.А., Самсонов В.А. Формирование отказов спиральных сверл в условиях автоматизированного производства. Электронное научно-техническое издание // Машиностроение и компьютерные технологии, 2011. № 10. 10 с.
2. Мартынов А.Д. О контроле симметричности заточки режущих кромок спиральных сверл // Спиральные сверла. Вильнюс, 1964. 15 с.
3. Самсонов В.А. Рагрин Н.А., Стародубов И.И. Особенности износа ленточек и уголков быстрорежущих спиральных сверл // Известия КГТУ им. И. Раззакова, 2013. № 29. С. 160–163.
4. Рагрин Н.А. Влияние условий обработки на физическую модель износостойкости инструмента при сверлении. // Технология машиностроения, 2013. № 12. С. 15–24.
5. Рагрин Н.А. Обеспечение безотказности быстрорежущих спиральных сверл в условиях автоматизированного производства // Машиностроитель, 2012. № 7. С. 37–39.
6. Древаль А.Е., Ткаченко И.В., Рагрин Н.А. Модели отказов спиральных сверл // Проблемы эксплуатации инструмента в металлообрабатывающей промышленности, 1992. С. 55–62.
7. On the design and development of a new BTA tool to increase productivity and workpiece accuracy in deep hole machining/ J. Frazao, S. Chandrashekar, M.O.M. Osman, T.S. Sankar // Int. J. Adv. Manuf. Technol. 1986. Vol. I (4). P. 3–23.
8. Ke F., Ni J., Stephenson D.A. Continuous chip formation in drilling // International Journal of Machine Tools & Manufacture. 2005. Vol. 45. P. 1652–1658.
9. An experimental study of cutting fluid effects in drilling / D.M. Haan, S.A. Batzer, W.W. Olson, J.W. Sutherland // Journal of Material Processing Technology. 1997. Vol. 71. P. 305–313.
10. Song X., Lih J., Yen D. Application of small-hole dry drilling in bimetal part // Journal of Materials Processing Technology. 2007. Vol. 186. P. 304–310.
11. Hamade R.F., Ismail F. A case for aggressive drilling of aluminium // Journal of Materials Processing Technology. 2005. Vol. 166. P. 86–97.
12. Audy J. A study of computer-assisted analysis of effects of drill geometry and surface coating on forces and power in drilling // Journal of materials processing technology. 2008. Vol. 204. P. 130–138.
13. Biermann D., Terwey I. Cutting edge preparation to improve drilling tools for HPC processes // CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology. 2008. Vol. 1. P. 76–80.

14. Denkena B., Lucas A., Bassett E. Effects of the cutting edge microgeometry on tool wear and its thermomechanical load // *CIRP Annals – Manufacturing Technology*. 2011. Vol. 60. P. 73–76.
15. Biermann D., Heilmann M., Kirschner M., Analysis of the Influence of Tool Geometry on Surface Integrity in Single-lip Deep Hole Drilling with Small Diameters // 1st CIRP Conference on Surface Integrity (CSI) *Procedia Engineering*. 2011. Vol. 19. P. 16–21.
16. Jurko J., Pand A. Identification the tool wear mechanisms and forms at drilling of a new stainless // AASRI conference on Modeling, Identification 2012 steels and Control AASRI *Procedia*. 2012. Vol. 3. P. 127–132.
17. Spur G., Masuha J.R. Drilling with twist drills of different cross section profile // *Ann. CIRP*. 1981. Vol. 30. P. 31–35.
18. Гречишников В.А., Колесов Н.В., Петухов Ю.Е. Математическое моделирование в инструментальном производстве. М.: МГТУ «Станкин», 2003. 117 с.
19. Коноплев В.Н., Урлапов Г.П. Повышение стойкости спиральных сверл и метчиков // *Вестник машиностроения*. 1969. № 4. С. 68.
20. Айнабекова А.А., Самсонов В.А. Анализ зависимости стойкости высокоскоростных спиральных сверл от качества заточки // *Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова*. 2015. № 1 (34). С. 159–164.

### References

1. Dreval A.E., Ragrin N.A., Samsonov V.A. [Formation of failures of twist drills in automated production. Electronic scientific and technical publication] *Mechanical engineering and computer technologies*, 2011, no. 10. 10 p. (In Russ.)
2. Martynov A.D. [On control of the symmetry of sharpening of cutting edges of twist drills]. *Twist drills*. Vilnius, 1964. 15 p. (In Russ.)
3. Samsonov V.A. Ragrin N.A., Starodubov I.I. [Features of wear of ribbons and corners of high-speed twist drills]. *Bulletin of KSTU im. I. Razzakova*, 2013, no. 29, pp. 160–163. (In Russ.)
4. Ragrin N.A. [Effect of processing conditions on the physical model of tool wear resistance during drilling]. *Technology of mechanical engineering*, 2013, no. 12, pp. 15–24. (In Russ.)
5. Ragrin N.A. [Ensuring failure-free operation of high-speed twist drills in automated production]. *Mashinostroitel*, 2012, no. 7, pp. 37–39. (In Russ.)
6. Dreval A.E., Tkachenko I.V., Ragrin N.A. [Failure models of twist drills]. *Problems of tool operation in the metalworking industry*, 1992, pp. 55–62. (In Russ.)
7. Frazao J., Chandrashekar S., Osman M.O.M., Sankar T.S. On the design and development of a new BTA tool to increase productivity and workpiece accuracy in deep hole machining. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, 1986, vol. I (4), pp. 3–23.
8. Ke F., Ni J., Stephenson D.A. Continuous chip formation in drilling. *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 2005, vol. 45, pp. 1652–1658.
9. Naan D.M., Batzer S.A., Olson W.W., Sutherland J.W. An experimental study of cutting fluid effects in drilling. *Journal of Material Processing Technology*, 1997, vol. 71, pp. 305–313.
10. Song X., Lih J., Yen D. Application of small-hole dry drilling in bimetal part. *Journal of Materials Processing Technology*, 2007, vol. 186, pp. 304–310.
11. Hamade R.F., Ismail F. A case for aggressive drilling of aluminium. *Journal of Materials Processing Technology*, 2005, vol. 166, pp. 86–97.
12. Audy J. A study of computer-assisted analysis of effects of drill geometry and surface coating on forces and power in drilling. *Journal of materials processing technology*, 2008, vol. 204, pp. 130–138.
13. Biermann D., Terwey I. Cutting edge preparation to improve drilling tools for HPC processes. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 2008, vol. 1, pp. 76–80.
14. Denkena B., Lucas A., Bassett E. Effects of the cutting edge microgeometry on tool wear and its thermomechanical load. *CIRP Annals – Manufacturing Technology*, 2011, vol. 60, pp. 73–76.
15. Biermann D., Heilmann M., Kirschner M., Analysis of the Influence of Tool Geometry on Surface Integrity in Single-lip Deep Hole Drilling with Small Diameters. *1st CIRP Conference on Surface Integrity (CSI) Procedia Engineering*, 2011, vol. 19, pp. 16–21.

16. Jurko J., Pand A. Identification the tool wear mechanisms and forms at drilling of a new stainless. *AASRI conference on Modeling, Identification 2012 steels and Control AASRI Procedia*, 2012, vol. 3, pp. 127–132.
17. Spur G., Masuha J.R. Drilling with twist drills of different cross section profile. *Ann. CIRP*, 1981, vol. 30, pp. 31–35.
18. Grechishnikov V.A., Kolesov N.V., Petukhov Yu.E. *Matematicheskoye modelirovaniye v instrumen-tal'nom proizvodstve* [Mathematical modeling in tool production]. Moscow, 2003. 117 p.
19. Konoplev V.N., Uralov G.P. [Increasing the durability of twist drills and taps]. *Bulletin of mechanical engineering*, 1969, no. 4, p. 68. (In Russ.)
20. Ainabekova A.A., Samsonov V.A. [Analysis of the dependence of the durability of high-speed twist drills on the quality of sharpening]. *Bulletin of the Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov*, 2015, no. 1 (34), pp. 159–164. (In Russ.)

#### **Информация об авторах**

**Гузев Виктор Иванович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технологии автоматизированного машиностроения», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; guzeevvi@susu.ru

**Шаламов Виктор Георгиевич**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технологии автоматизированного машиностроения», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; shalamovvg@susu.ru

**Морозов Алексей Валентинович**, д.т.н., профессор кафедры технологии машиностроения, Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых, Владимир, Россия; ntk\_2005@rambler.ru.

#### **Information about the authors**

**Viktor I. Guzeev**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Automated Mechanical Engineering Technology, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; guzeevvi@susu.ru

**Viktor G. Shalamov**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Automated Mechanical Engineering Technologies, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; shalamovvg@susu.ru

**Alexey V. Morozov**, doctor of science, professor of machine building technology department, Vladimir State University named after A. and N. Stoletovs, Vladimir, Russia; ntk\_2005@rambler.ru

**Статья поступила в редакцию 01.08.2024; принята к публикации 26.08.2024.  
The article was submitted 01.08.2024; accepted for publication 26.08.2024.**