**УДК: 621.95.025.7**

*Береснев С.А.,*

*магистрант 2 курса,*

*БГТУ* ***«ВОЕНМЕХ» имени Д.Ф.Устинова, г.Санкт-Петербург***

*Кочеткова Т.П.,*

*к.т.н., доцент,*

*БГТУ* ***«ВОЕНМЕХ» имени Д.Ф.Устинова, г.Санкт-Петербург***

Никитин М.А.,

*к.т.н.,доцент,*

*БГТУ* ***«ВОЕНМЕХ» имени Д.Ф.Устинова, г.Санкт-Петербург***

Кижняев Ю.И.,

*к.т.н. ,доцент, рецензент*

*БГТУ* ***«ВОЕНМЕХ» имени Д.Ф.Устинова, г.Санкт-Петербург***

**Сравнительное исследование влияния ширины реза и схемы резания на величину и направление равнодействующей поперечных сил в однолезвийной и двухлезвийных головках**

***Аннотация:*** *В данной статье рассматриваются задачи анализа влияния ширины реза и схемы резания на равнодействующие поперечные силы в одно- и двухлезвийных головках.*

***Ключевые слова:*** *глубокое сверление, однорезцовая и двухрезцовая сверлильные головки, радиальная и тангенциальная составляющие сил резания, опорная и упорная направляющие шпонки, оптимизация конструкции сверлильной головки.*

Вопросы глубокого сверления остаются весьма актуальными в настоящее время в связи с тем, что никаким другим способом невозможно получить отверстие в сплошной заготовке. Это особенно важно, если речь идет об обработке твердых, вязких и прочных материалов, использование которых незаменимо в производстве ствольных труб.

При глубоком сверлении отверстий диаметром более 70 мм к соотношению длины и диаметра отверстия более 40 , принято использовать метод кольцевого глубокого сверления с сборными инструментами, содержащие сверлильную головку и стебель .

В практике находят применение значительное число разнообразных по конструкции сверлильных головок, различающихся по способности отвода стружки, количеству резцов (однолезвийные и многолезвийные) , размерам направляющих шпонок.

Сравним конструкции одно- и двухрезцовых сверлильных головок.

Очевидным является различие по схемам деления ширины реза. В однорезцовой головке реализуется схема деления ширины реза на три части или четыре части (рис.1, *а,б,в*) посредством трех или четырех ступеней на лезвии. В двухрезцовых головках схема резания предусматривает расположение ширины между двумя резцами , посредством одной режущей кромке на одном резце (*i*=1) и двух режущих кромок на другом (i=2) (рис.1 *г*). Или трех режущих кромок на одном резце (рис. 1,д) и двух на другом . Указанные схемы отличаются по сложности реализации при заточке, но увеличение числа режущих кромок обеспечивает уменьшение размеров стружки, что положительно сказывается на процессе ее отвода при сверлении. Однако уменьшение стружки не является единственным критерием при выборе схемы резания. Необходимо обеспечить увеличение радиальной составляющей силы резания , действующей в сторону увеличения упорной направляющей сверлильной головке, что обеспечивает схема резания однолезвийной головке , показанной на рис.1,б. Преимущество двухлезвийных головки с двусторонним расположением лезвий заключается уменьшение равнодействующих поперечных сил, действующих в сторону опорной направляющей. Что способствует выравниванию нагрузок , действующих на обе направляюшие.

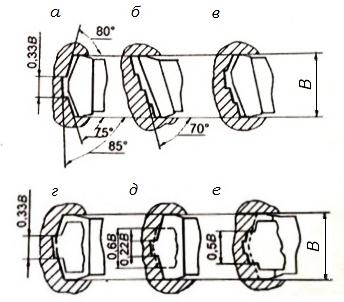


Рис. 1. Применение схемы деления ширины среза: *а*, *б*, *в* — однорезцовые головки; *г*, *д*, *е* -двухрезцовые головки

Схема на рис.1, *а*  достаточно проверена на практике, но в ней резец нагружен больше, чем калибрующий резец при двустороннем расположении резцов. Эта проблему можно решить с применением двустороннего резания, располагая прорезной резец слева, а калибрующий резец от оси головки. Задача выбора углового положения этих резцов относительно направляющих заключается в том, чтобы равнодействующая поперечных сил R располагалась близко к биссектрисе угла между направляющими, что будет способствовать повышению надежности базированию инструмента и равномерному износу направляющих.[3,с.231]Однако увеличение глубины сверления сопровождается увеличением опрокидывающего момента от действия силы тяжести стебля, что ограничивает глубину сверления двухрезцовой головки. В тоже время двустороннее резание уменьшает опрокидывающий момент от действия осевых составляющих сил резания, что способствует надежному базированию головки упорной направляющей.

Таким образом повышение надежности базирования инструмента требует увеличение радиальной составляющей силы резания. В двухрезцовой головки требуется найти такое расположение резцов и направляющих, при котором равнодействующая поперечных сил действует в середине угла между направляющими.

Задача выбора исполнения резца в однорезцовой головке и расположения резцов в двухрезцовой головах решена на примере разработке конструкции кольцевого инструмента для сверления глубокого сверления диаметром *d*o=120 мм и *L*о=5,1 м. (Lo/do=42).

В качестве объектов анализа примем три конструкции сверлильных головок: однорезцовую (рис.1, *а*) и две двухрезцовых (рис.1, ,*б* и *в*).[2,с.174, 3,с.217]

**Результаты исследования**

На рис.2,а приведен годограф поперечных действующий на однорезцовую головку , работающую с делением ширины реза на три (рис.1,а). Из годографа сил видно, что равнодействующая *R* поперечных сил располагается на значительном удалении от биссектрисы угла между направляющими как при ширине реза В=33 мм, так и при ширине реза В=27 мм. (рис.2,б). Для равномерного нагружения направляющих силой R требуется увеличить радиальную составляющую Pу за счет увеличения угла в плане наружной режущей кромки и длины этой кромки *l* . Такое решение подтверждается годографом сил на рис 2,в.

Однако в плоскости действия силы *Pу* устойчивость базирования однорезцовой головки мала, поскольку:

*R*y×(*l*o+*l*оп)*P*х×*r*x= *P*х×0,5(*d*о–*B*)

Оценка показала, что в однорезцовой головке *R*z=0,83*P*z, *R*y=0,36 *P*z

*R*z=0,83*P*z (1)

*R*y=0,36 *P*z

(*R*z *R*y  в 2,3 раза)

Установлено, что однорезцовая головка обладает наибольшей степенью устойчивости базирования в плоскости действия силы *Pz*, поскольку:

*R*z×( *l*o+*l*оп)>*qL*2cт/12, (2)

где *l*o — плечо приложения силы *P*z относительно переднего конца опорной направляющей длиной *l*оп; *L*cт — длина вылета стебля из опоры в маслоприемнике в конце сверления.

В двухрезцовой головке ( конструкция на рис. 2, *б),*

*R*z≈ *R*у=0,27 *P*z.

А в двухрезцовой головке ( конструкция на рис. 2, *в*, *i*=5)

*R*z=0,27*P*z

*R*y=0,5 *P*z

Эти соотношения определены для головок с одинаковой шириной реза с помощью годографов, показанных на рис. 2 (в,г)

Выполнение условий (1) и (2) требует подбора такой длины опорной и упорной направляющих *l*н1 и *l*н2, при которой отношение опорных моментов к опрокидывающим моментам больше единицы.

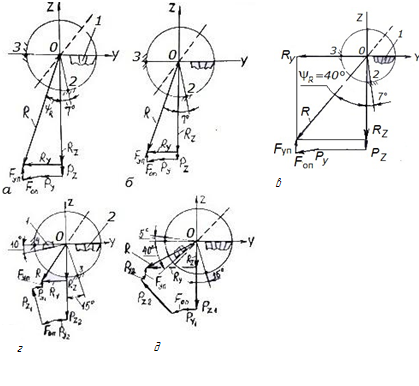


Рис.2. Годографы поперечных действующих на однорезцовую (*а* — *В*=33 мм, *б* — *В*=27 мм, *в-*В=30 мм) и двухрезцовые головки (*г* — *В*=33мм, *i*=3; *д* — *В*=27 мм, *i*=5).

Установлено, что устойчивое базирование однорезцовой головки при сверлении глубокого отверстия диаметром 80 мм и длиной 6 м обеспечивается при *l*оп=40 мм и *l*уп=80 мм. Способ увеличения длины упорной направляющей проверен на практике и дает положительные результаты при отходе переднего конца упорной направляющей от поверхности отверстия за счет увеличения опорного момента.

На рис.2,г,д приведены годографы поперечных сил, действующих на двухрезцовую головку. Годограф на рис. 2,г построен при В=33мм (i=3), а на рис. 2,д при В=27 мм (i=5). Из первого годографа следует, что равнодействующая поперечных сил проходит по биссектрисе угла между направляющими, а из второго - проходит выше биссектрисы , увеличивая нагрузку на упорную направляющую.

Таким образом в двухрезцовой головке условие равенства обеих направляющих выполняется при расположении прорезного резца под углом 190 ̊ к калибрующему резцу.

Выводы:

1.Повышение устойчивости базирования однорезцовой головки может быть достигнута углом в плане до =20 -25 ̊ и исполнением заточки резца согласно рис.3. При этой заточке увеличение числа режущих кромок на периферийном участке лезвия способствует уменьшению размеров стружки и улучшение ее отвода. При увеличении угла в плане увеличивается радиальная составляющая и уменьшается осевая составляющая сил резания, что улучшает устойчивость базирования инструмента. Конструкция разработанной кольцевой сверлильной головки показана на рис.4

2.В двухрезцовой головке целесообразно применить схему резания , показанную рис. 2,г с симметричным расположением режущих кромок относительно оси головки α12=180-190 ̊ . При таком расположении резцов уменьшается средний коэффициент трения по направлющим, что способствует уменьшению крутильных колебаний инструмента. Конструкция разработанной двухрезцовой головки представлена на рис.5.

.

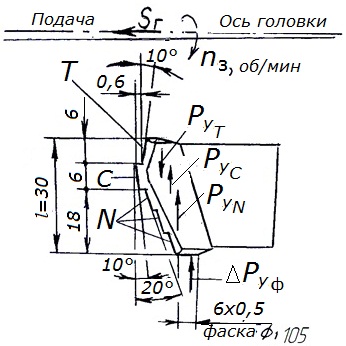


Рис.3. Геометрия резца к однорезцовой головке для сверления отверстия *d*о=120 мм, *L*о=5,1 м (*В*=30 мм, *i*=5, φN=70°; φС= φТ=80°).

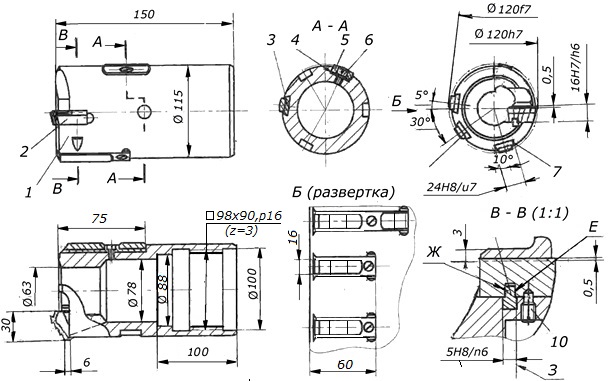


Рис.4 Кольцевая сверлильная головка Ø120 мм: *1*–корпус; *2*–резец; *3*–направляющая упорная; *4*–прокладка; *5*–направляющая упругая; *6*–винт;*7*–направляющая опорная; *8*–направляющая дополнительная; *9*–шпонка координатная; *10*–винт стопорный; *Е*, *В*, *Ж* — пригоночные поверхности

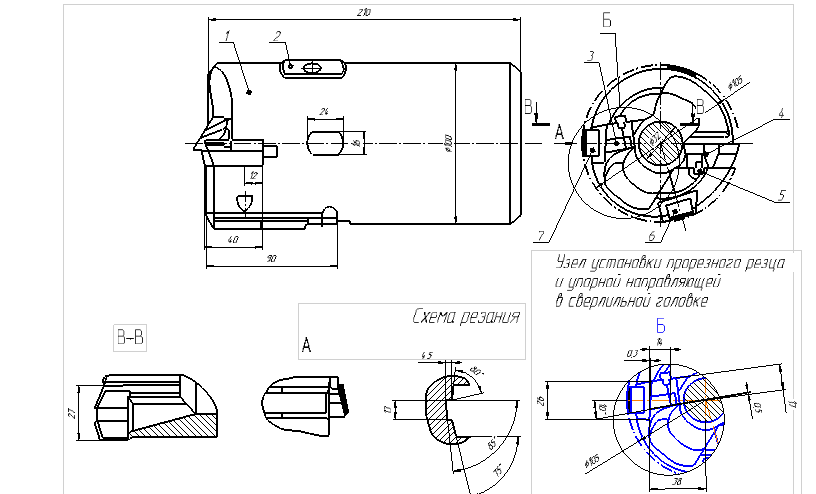


Рис.5 Кольцевая сверлильная головка Ø105 мм:

Список литературы

1. [Звонцов И.Ф.](https://lanbook.com/catalog/author/zvoncov-i.f./), [Иванов К.М.](https://lanbook.com/catalog/author/ivanov-k.m./), [Серебреницкий П.П.](https://lanbook.com/catalog/author/serebrenickij-p.p./" \t "_blank" \o "Нажмите на имя, чтобы найти все книги автора) Разработка технологических процессов изготовления деталей общего и специального машиностроения; учебник для вузов.- СПб., ЭБС Лань,2018 г. 696 с
2. Туктанов А.Г. Технология производства стрелково-пушечного и артиллерийского оружия ; учебник для вузов.- М.: Машиностроение, 2007 г.-374 с.
3. Звонцов И.Ф., Кижняев Ю.И. (гл.3-5), Серебреницкий П.П. , Схиртладзе А.Г. Технология сверления глубоких отверстий; учебник для вузов. - СПб., Лань, 2013 г.-495 с.
4. Звонцов И.Ф., Иванов К.М., Серебреницкий П.П. Технология и производство артиллерийского вооружения. Санкт-Петербург, Москва, Краснодар, 2016 г.

© С.А. Береснев, Т.П.Кочеткова, М.А.Никитин, Ю.И.Кижняев , 2019

*Beresnev S.A.,*

*master student 2 course,*

*BSTU* ***«VOENMEH» named after D.F. Ustinov , Saint-Petersburg***

*Kochetkova T.P.,*

*candidate of technical sciences, docent,*

*BSTU* ***«VOENMEH» named after D.F. Ustinov , Saint-Petersburg***

*Nikitin M.A.,*

*candidate of technical sciences, docent,*

*BSTU* ***«VOENMEH» named after D.F. Ustinov , Saint-Petersburg***

*Kizhnyaev Yu. I.,*

*candidate of technical sciences, docent, reviewer*

*BSTU* ***«VOENMEH» named after D.F. Ustinov , Saint-Petersburg***

**Comparative study of the effect of cutting width and cutting pattern on the magnitude and direction of the resultant shear forces in single-edged and double-edged heads**

***ANNOTATION:*** *This article discusses the problem of analyzing the influence of cutting width and cutting scheme on the resultant transverse forces in single-and double-edge heads.*

***Keywords:*** *deep drilling, single-cutting and double-cutting drilling heads, radial and tangential components of cutting forces, bearing and resistant guides, optimization of the design of the drilling head.*