

*Рагрин Н.А.*

**БАТ КЕСҮҮЧҮ ЭРИШМЕ БУРГУНУН ИШЕНИМДҮҮЛҮГҮНҮН  
МАТЕМАТИКАЛЫК МОДЕЛИ**

*Рагрин Н.А.*

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ НАДЕЖНОСТИ БЫСТРОРЕЖУЩИХ  
СПИРАЛЬНЫХ СВЕРЛ**

*N.A. Ragrin*

**MATHEMATICAL MODELS OF RELIABILITY OF FAST-CUTTING  
SPIRAL DRILLS**

УДК: 621.951.45.

*Бат кесүүчү эришме бургунун ишенимдүүлүгүнүн бургунун туруктуулугун жана токтобой иштегенде жетиштүү ыктымалдуулук менен жумуштан чыгуусунун критерийин аныктоо үчүн математикалык модели көрсөтүлгөн.*

**Негизги сөздөр:** ишенимдүүлүгү, бургу, модель, туруктуулук, жешилүүсү, критерий, жумуштан чыгуу

*Представлены математические модели надежности быстрорежущих спиральных сверл, позволяющие определить стойкость сверл и критерий отказа с необходимой вероятностью безотказной работы*

**Ключевые слова:** надежность, сверло, модель, стойкость, износ, критерий, отказ

*The mathematical models of reliability of fast-cutting spiral drills allowing to define firmness of drills and criterion of refusal with necessary probability of no-failure operation are presented*

**Key words:** reliability, drill, model, firmness, wear, criterion, refusal

Около 20% станков машиностроительной промышленности являются сверлильными, без учета обработки сверлением на станках других типов, т.к. более 60% деталей машин и механизмов имеют отверстия. Сверление, единственный способ получения отверстий резанием в сплошном материале, поэтому сверла являются одним из наиболее часто применяемых режущих инструментов. На промышленных предприятиях спиральные сверла составляют от 11,3 до 22,8 % от общего количества используемого инструмента. В общем объеме производства режущего инструмента наибольший удельный вес занимают спиральные сверла (около 30%). Отказ сверла в виде поломки, приводит к остановке оборудования и, как правило, к браку при обработке изделия. Это особенно характерно для автоматизированного массового производства, в котором одновременно работает большое количество металлорежущих инструментов, когда невозможно проконтролировать текущее состояние каждого из них. Вместе с тем быстрорежущие спиральные сверла широко используются и в других типах производства, где их безотказная эксплуатация не менее важна. Поэтому проблема обеспечения надежности быстрорежущих спиральных сверл достаточно актуальна.

Отказ сверла можно предупредить при наличии математических моделей, позволяющих рассчитать их стойкость с необходимой вероятностью безотказной работы и обоснованные критерии отказа.

Для решения проблемы определены задачи исследований, состоящие из двух этапов последовательного решения проблемы:

Разработка стойкостной модели надежности быстрорежущих спиральных сверл.

Разработка критериальной модели надежности быстрорежущих спиральных сверл.

Задачи исследований решались испытаниями быстрорежущих спиральных сверл (БСС) в лабораторных и производственных условиях.

В лабораторных условиях испытания проводились со сверлами диаметром  $d = 10,2$  мм по ГОСТ 10903-77, изготовленных из быстрорежущей стали Р6М5. Сверлились сквозные отверстия глубиной  $3d$  в стали 45 190 НВ на скоростях резания  $V = 6; 9; 12; 16; 21; 26; 30$  м/мин и подаче  $S = 0,23$  мм/об. Испытания сверл проводились до функционального отказа - полной потери режущих свойств в результате износа рабочих элементов, участвующих в формообразовании отверстия. В процессе испытаний периодически контролировались величина износа и физическое состояние каждого из них.

В производственных условиях испытывались партии спиральных сверл по ГОСТ 10903-77 из стали Р6М5 различных диаметров, по 25 шт. каждого диаметра, при сверлении заготовок из углеродистых конструкционных сталей на автоматических линиях, агрегатных станках и станках-автоматах. Сверла эксплуатировались до появления признаков потери работоспособности, за которыми следует функциональный отказ.

Результаты испытаний обрабатывались методами математической статистики и теории корреляции.

В лабораторных и производственных условиях построены математические стойкостная (1) [1] и критериальная (2) [2] модели надежности быстрорежущих спиральных сверл.

$$\left\{ \begin{array}{l}
 V = \frac{\pi d L_{cm}}{1000 \cdot S \cdot \sum T_{св}}; \quad (1.1) \\
 \bar{T} = 1,4V^{7,6} e^{-0,595V} S^{3,25} e^{-15,65S} 2,87d^{0,46} e^{-0,0138NB}; \quad (1.2) \\
 (1) \quad \bar{T} = 1,324 \cdot 10^9 V^{-3,265} S^{3,25} e^{-15,65S} d^{0,46} e^{-0,0138NB}; \quad (1.3) \\
 \bar{T} = 176575,7e^{-0,047V} S^{3,25} e^{-15,65S} d^{0,46} e^{-0,0138NB}; \quad (1.4) \\
 T\gamma_{100} = \bar{T}(1 - 3\bar{g}_T). \quad (1.5)
 \end{array} \right.$$

Математическая стойкостная модель надежности БСС позволяет рассчитать стойкость сверл с вероятностью безотказной работы  $\gamma - 95\%$ , и работает следующим образом.

Для определенного типа производства, исходя из необходимой производительности оборудования, по зависимости (1.1) рассчитывается скорость резания максимальной средней стойкости инструментов. Если расчетное значение скорости резания меньше 12,8 м/мин, при котором стойкость максимальная [3], принимается это значение скорости резания. Если расчетное значение скорости резания больше 16 м/мин, средняя стойкость определяется формуле (1.2). На скоростях резания больших 16 м/мин, по 21 м/мин, средняя стойкость определяется формуле (1.3). На скоростях резания больших 21 м/мин, по 30 м/мин, средняя стойкость определяется формуле (1.4). Затем по формуле (1.5) рассчитывается максимальная стойкость со 100% вероятностью безотказной работы инструмента.

Входными параметрами представленной модели надежности инструментов являются годовой объем выпуска изделий, скорость резания, диаметр сверла, подача и твердость обрабатываемых заготовок, а выходным параметром - максимальная стойкость со 100% вероятностью безотказной работы инструмента.

$$\left\{ \begin{array}{l}
 S = Cd^{0,75}; \quad (2.1)
 \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \Delta d_{O\gamma 0,95} = 7,095 \cdot 10^{-5} V^{3,103} e^{-0,2688V} d; \quad (2.2)
 \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l}
 (2) \\
 \Delta d_{O\gamma 0,95} = 5,217 \cdot 10^{-2} V^{-0,815} d; \quad (2.3)
 \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \Delta d_{O\gamma 0,95} = 0,0062d; \quad (2.4)
 \end{array} \right.$$

Математическая критериальная модель надежности БСС (2), позволяет рассчитать критерий отказа сверл, которым принят допустимый износ уголков  $\Delta d_{O\gamma 0,95}$  с вероятностью безотказной работы  $\gamma - 95\%$ , который выражается в уменьшении рабочего

диаметра сверла у уголков. Контроль износа уголков может быть легко автоматизирован. Математическая критериальная модель надежности БСС работает следующим образом.

Также как в модели (1), по зависимости (1.1) рассчитывается скорость резания максимальной средней стойкости инструментов для необходимой производительности оборудования, зависящей от типа производства. Если расчетное значение скорости резания меньше 12,8 м/мин, при котором стойкость максимальная [3], принимается это значение скорости резания. В работе [3] рассмотрен способ выбора рациональной подачи, обеспечивающей максимальную стойкость быстрорежущих спиральных сверл, и предложена зависимость для ее расчета (2.2).

Если расчетное значение скорости резания больше 16 м/мин, допустимый износ уголков определяется формуле (2.3). На скоростях резания больших 16 м/мин, по 21 м/мин, допустимый износ уголков определяется по формуле (2.4). На скоростях резания больших 21 м/мин, по 30 м/мин, допустимый износ уголков определяется по формуле (2.5).

Входными параметрами модели надежности БСС (2) являются годовой объем выпуска изделий, скорость резания, диаметр сверла, подача, а выходными параметрами - допустимый износ уголков с вероятностью безотказной работы  $\gamma - 95\%$ .

#### Выводы

1. Построены стойкостная и критериальная модели надежности БСС, позволяющие определить стойкость сверл и критерий отказа безотказной работы.

#### Список литературы:

1. Рагрин Н.А. Методология построения моделей надежности инструментов для типа производства // Технология машиностроения. – М., 2017. - № 1. - С. 50-56.
3. Рагрин Н.А. Разработка и обоснование критериальной модели производства с применением спиральных сверл // Технология машиностроения.-М., 2016.- №4.-С.57-63.
4. Рагрин Н.А. Планирование, организация экспериментов, обработка экспериментальных данных: Учебник для вузов / КГТУ им. И. Раззакова. – Бишкек: Текник, 2016. - 156 с.

Рецензент: д.т.н., профессор Шамсутдинов М.М.