

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ МЕТОДОМ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

Оптимизация режима резания является многокритериальной задачей [1], и один вариант режима оказывается лучше других по одной группе критериев и хуже по другой. Теория нечетких множеств позволяет в этой ситуации найти оптимальное решение [2]. Применим ее для оптимизации процесса сверления по критериям стойкости сверла  $T$ , высоты микронеровностей поверхности отверстий  $R_a$ , напряжения  $\delta$  у края сквозного отверстия в момент приближения к нему сверла и производительности резания  $Q$ . При сверлении порошкового материала получены зависимости

$$\begin{aligned} T &= 278 V^{-0,96} S^{0,44} K_1 K_2, \\ R_a &= 2,9 V^{-0,22} S^{0,48} K_3 K_4, \\ Q &= 2,29 \cdot 10^{-4} V^{0,67} S^{0,95}, \\ \delta &= 468,8 V^{0,13} S^{1,1}, \end{aligned}$$

где  $V$  – скорость резания, м/мин;  $S$  – подача, мм/об;  $K_1$  – поправочный коэффициент, учитывающий влияние состояния поверхности сверла на его стойкость;  $K_2$  – коэффициент, учитывающий влияние смазочно-охлаждающей среды на стойкость сверла;  $K_3$  и  $K_4$  – коэффициенты, учитывающие влияние тех же факторов на шероховатость поверхности отверстий;  $T$  в мин;  $R_a$  в мкм;  $\delta$  в  $H^* \text{мм}^2$ .

Оптимальный вариант режима резания должен обеспечить высокие уровни стойкости инструмента и производительности обработки, а также малую высоту микронеровностей поверхностей отверстий и минимальные напряжения у их краев с целью предотвращения их выламывания при сквозном сверлении. Критериям  $T$ ,  $Q$ ,  $R_a$ ,  $\delta$  соответствуют функции принадлежности

$$M_1 = 1 - \frac{T_{max} - T}{T_{max} - T_{min}} \text{ при } T > T_{min}; 0 - \text{ в противном случае;}$$

$$M_2 = 1 - \frac{Q_{max} - Q}{Q_{max} - Q_{min}} \text{ при } Q > Q_{min}; 0 - \text{ в противном случае;}$$

$$M_3 = 1 - \frac{R_a - R_{a min}}{R_{a max} - R_{a min}} \text{ при } R_a < R_{a max}; 0 - \text{ в противном случае;}$$

$$M_4 = 1 - \frac{\delta - \delta_{min}}{\delta_{max} - \delta_{min}} \text{ при } \delta < \delta_{max}; 0 - \text{ в противном случае;}$$

В этих функциях  $T_{max}$  – максимальная стойкость инструмента в рассматриваемой области  $D$  параметров режима резания;  $T_{min}$  – минимальная стойкость, соответствующая процессу обработки;  $Q_{max}$  – максимальная производительность процесса в области  $D$ ;  $Q_{min}$  – минимальная производительность, достаточная для выполнения программы;  $R_{a min}$  – минимальная высота микронеровностей на обработанной поверхности в области  $D$ ;  $R_{a max}$  – максимальная высота микронеровностей, допустимая требованиями к качеству обработанной поверхности;  $\delta_{min}$  – минимальное напряжение у края отверстия в области  $D$ ;  $\delta_{max}$  – максимальное напряжение, при котором не происходит выламывание материала у края отверстия при выходе сверла;  $T$ ,  $Q$ ,  $R_a$ ,  $\delta$  – значения соответствующего критерия при конкретном варианте режима резания.

Пользуясь функциями принадлежности, можно выделить предпочтительные варианты режима резания по каждому критерию. Функция принимает значение 1, если по данному критерию

вариант является наилучшим. Для определения лучшего варианта по всем критериям образуются нечеткое множество  $A$ , представляющее собой пересечение частных критериев, и его функция принадлежности, которую можно представить в виде произведения.

$$M_A = M_1 M_2 M_3 M_4.$$

Поскольку не заданы ограничения на выбранные критерии, значения функции  $M_A$  = находим при различных сочетаниях подачи  $S$  и скорости  $V$ , изменяющихся в области  $D$ . Чтобы найти оптимальную область режимов резания при  $S = 0,104 \dots 0,23$  мм/об и  $V = 9 \dots 30$  м/мин достаточно найти  $M_A$  при 20...30 сочетаниях  $S$  и  $V$ . Например, при  $S = 0,104$  мм/об и  $V = 9$  м/мин  $M_1 = 0,94$ ;  $M_2 = 0,15$ ;  $M_3 = 1,0$ ;  $M_4 = 0,80$  и  $M_A = M_1 M_2 M_3 M_4 = 0,113$ ; при  $S = 0,173$  мм/об и  $V = 27$  м/мин  $M_1 = 0,07$ ;  $M_2 = 0,95$ ;  $M_3 = 0,37$ ;  $M_4 = 0,48$  и  $M_A = 0,012$ .

Первый вариант режима имеет предпочтение перед вторым. Сравнение всех исследованных вариантов показало, что обработку материала наиболее эффективно производить при  $S = 0,133 \dots 0,153$  мм/об и  $V = 14 \dots 17$  м/мин.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Якобс Г.Ю., Якоб Э., Кохан Д. Оптимизация резания. Параметризация способов обработки резанием с использованием технологической оптимизации: Пер. с нем. – М.: Машиностроение, 1981.
2. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976.

УДК 378:371.671

Кочергин А.И.

## ДИДАКТИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЕ ПО КОНСТРУИРОВАНИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Учебный план специальности «Технологическое оборудование машиностроительного производства» включает дисциплины «Технологическое оборудование» и «Конструирование и расчет технологического оборудования». В первой студенты изучают основные характеристики оборудования: компоновку, кинематическую структуру, особенности конструкции узлов; учатся анализировать кинематические схемы сложных станков и производить кинематические расчеты. Изучая вторую дисциплину, студенты получают знания и навыки, необходимые для конструирования станочных узлов и технологических машин.

Учебная литература по названным дисциплинам должна включать учебники, лабораторные практикумы, сборники задач и упражнений, пособия по курсовому и дипломному проектированию, учебные справочники, атласы конструкций. В последние 15 лет появилось только несколько книг этого комплекса, к которым можно отнести учебник /1/, учебник-справочник /2/ и немногочисленные учебные пособия небольшого объема, освещающие отдельные темы курса. Учебные справочники, атласы конструкций, сборники задач и упражнений не издавались никогда. Неудовлетворительная обеспеченность учебной литературой по конструированию технологического оборудования связана с трудностями, встречающимися при подготовке такой литературы.

Дидактические основы проектирования учебной литературы для студентов высших учебных заведений изложены в ряде работ /3, 4, 5/, в то же время принципы создания учебников и пособий по конструированию технологического оборудования разработаны недостаточно.

Существенны противоречия, имеющие место при разработке учебной литературы по названным дисциплинам. Одно из них состоит в том, что значительную часть знаний о технологическом оборудовании специалист не сможет применить в практической деятельности из-за особенностей современной технологической производственной системы, существующей в нашей стране. В этой системе находится технологическое оборудование разных поколений, множества типов, преимущественно морально устаревшее. Поэтому при проектировании учебников, ориентирую-