

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ КОНСТРУКЦИИ ПРОТЯЖКИ

Г.Г. Лагута; А.А. Кравченко

(Сумский государственный университет)

От выбора параметров конструкции протяжки зависят длина режущей части и стойкость протяжки, а также качество обработки деталей и технико-экономические показатели операции протягивания [1].

Основными параметрами конструкции протяжки являются подача на зуб S_z , шаг зубьев t , высота зубьев h и число зубьев в группе z_0 . При проектировании протяжки первоначально учитывают один-два фактора [1,2,3,4]. Затем полученные значения t и S_z проверяют на соответствие ограничениям. Рассматривая задачу определения параметров конструкции протяжки как задачу математического программирования, можно получить оптимальные значения S_z , t , h , и z_0 , учитывая одновременно все факторы и ограничения.

Для протяжек переменного резания (ГОСТ 20365-74) число зубьев в группе ограничено значением $z_0=2$ из технологических соображений. Если принять радиусную форму стружечной канавки, для которой справедливо соотношение

$$t = 2,5h,$$

то число оптимизируемых параметров протяжки можно сократить до двух S_z и t .

С уменьшением длины протяжки снижается ее стоимость и повышается производительность протягивания. Длина черновой части протяжки зависит от угла наклона образующей конуса, на котором располагаются режущие кромки. Чем больше угол наклона, тем короче протяжка. Отсюда критерий оптимизации параметров конструкции протяжки - минимальная длина черновой части [4]:

$$F = \frac{S_z}{2t} \rightarrow \max. \quad (1)$$

Используя это положение и известные ограничения в методиках расчета протяжек [1,2,3,4], преобразованные при необходимости к степенному виду, можно сформулировать задачу математического программирования: максимизировать целевую функцию (1) при следующих ограничениях (редакция всех ограничений авторов):

$$\left\{ \begin{array}{l} 1,57C_P C_z d_l^{2,5} S_z^2 t^{2,2} K_{P_M} K_{P_0} K_{P_K} K_{P_P} \leq P_{ст}, \\ 2C_P C_z d_l^{2,5} S_z^2 t^{2,2} K_{P_M} K_{P_0} K_{P_K} K_{P_P} \leq D_1^2 [\sigma_x], \\ 1,57C_P C_z d_l^{2,5} S_z^2 t^{2,2} K_{P_M} K_{P_0} K_{P_K} K_{P_P} \leq C_1 d_1^{k_1} t^{k_2} [\sigma_1], \\ 0,13l_d^{-1} S_z^{-1} t^2 \geq K_{min}, \\ l_d t^{-1} \geq 3, \\ 0,425d \geq t, \\ C_T e^{k_T S_z} K_{T_D} K_{T_P} K_{T_0} K_{T_M} K_{T_K} K_{T_0} \geq T_{min}, \\ S_z \geq S_{z\ min}, \\ S_z \leq S_{z\ max}, \\ t \geq t_{min}, \\ t \leq t_{max}. \end{array} \right. \quad (2)$$

Здесь \bar{d} - номинальный диаметр после протягивания, мм; d_1 - номинальный диаметр до протягивания, мм; l_d - длина протягивания, мм; $P_{ст}$ - сила резания, допускаемая станком, Н; $[\sigma_x]$ - допускаемое напряжение для материала хвостовика, МПа; D_1 - диаметр хвостовика, мм; $[\sigma_1]$ - допускаемое напряжение для материала режущей части протяжки, МПа; C_p - коэффициент в формуле удельной силы резания; x - показатель степени в формуле удельной силы резания; K_{PM} - коэффициент в формуле удельной силы резания (зависит от состояния и твердости обрабатываемого материала); K_{Po} - коэффициент в формуле удельной силы резания (зависит от вида СОТС); K_{PK} - коэффициент в формуле удельной силы резания (зависит от группы качества обработанной поверхности); K_{Pp} - коэффициент в формуле удельной силы резания (зависит от способа разделения стружки); C_z - коэффициент в формуле числа зубьев, участвующих в резании; z_1 - показатель степени в формуле числа зубьев, участвующих в резании; z_2 - показатель степени в формуле числа зубьев, участвующих в резании; C_1 - коэффициент в формуле площади сечения протяжки перед первым зубом; k_{11} - показатель степени в формуле площади сечения протяжки перед первым зубом; k_{12} - показатель степени в формуле площади сечения протяжки перед первым зубом; K_{min} - коэффициент заполнения стружечной канавки; C_T - коэффициент в формуле наработки протяжки; k_T - показатель степени в формуле наработки протяжки; $K_{Tв}$ - коэффициент в формуле наработки протяжки (учитывает группу качества обработанной поверхности); K_{Tp} - коэффициент в формуле наработки протяжки (учитывает схему резания); $K_{Tз}$ - коэффициент в формуле наработки протяжки (учитывает вид заготовки и подготовку обрабатываемой поверхности); $K_{Tм}$ - коэффициент в формуле наработки протяжки (учитывает материал протяжки); K_{Td} - коэффициент в формуле наработки протяжки (учитывает отделочную операцию зубьев протяжки); K_{To} - коэффициент в формуле наработки протяжки (учитывает вид СОТС); T_{min} - наработка протяжки, м.

Логарифмируя целевую функцию (1) и ограничения (2), получим задачу линейного математического программирования: максимизировать целевую функцию

$$\ln S_z - \ln t - 0,693147 \rightarrow \max \quad (3)$$

при следующих ограничениях:

$$\begin{cases} Y_1 = -x \ln S_z - z_2 \ln t - \ln d - z_1 \ln l_n + \ln P_{ст} - \ln C_p - \ln C_z - \\ - \ln K_{PM} - \ln K_{Po} - \ln K_{PK} - \ln K_{Pp} - 0,451583 \geq 0; \\ Y_2 = -x \ln S_z - z_2 \ln t - \ln d - z_1 \ln l_n + 2 \ln D_1 + \ln [\sigma_x] - \ln C_p - \ln C_z - \\ - \ln K_{PM} - \ln K_{Po} - \ln K_{PK} - \ln K_{Pp} - 0,693147 \geq 0; \\ Y_3 = -x \ln S_z + (k_{12} - z_2) \ln t - \ln d - z_1 \ln l_n + k_{11} \ln d_1 + \ln [\sigma_1] - \ln C_p - \ln C_z + \ln C_1 - \\ - \ln K_{PM} - \ln K_{Po} - \ln K_{PK} - \ln K_{Pp} - 0,451583 \geq 0; \\ Y_4 = -\ln S_z + \ln t - \ln l_n - \ln K_{min} - 2,074146 \geq 0; \\ Y_5 = \ln t + \ln l_n - 1,098612 \geq 0; \\ Y_6 = -\ln t + \ln d - 0,855666 \geq 0; \\ Y_7 = \ln S_z - \ln \left[(\ln T_{min}) - \ln C_T - \ln K_{Tв} - \ln K_{Tp} - \ln K_{Tз} - \ln K_{Tм} - \ln K_{Td} - \ln K_{To} \right] k_T^{-1} \geq 0; \\ Y_8 = \ln S_z - \ln S_{z \min} \geq 0; \\ Y_9 = -\ln S_z + \ln S_{z \max} \geq 0; \\ Y_{10} = \ln t - \ln t_{\min} \geq 0; \\ Y_{11} = -\ln t + \ln t_{\max} \geq 0. \end{cases} \quad (4)$$

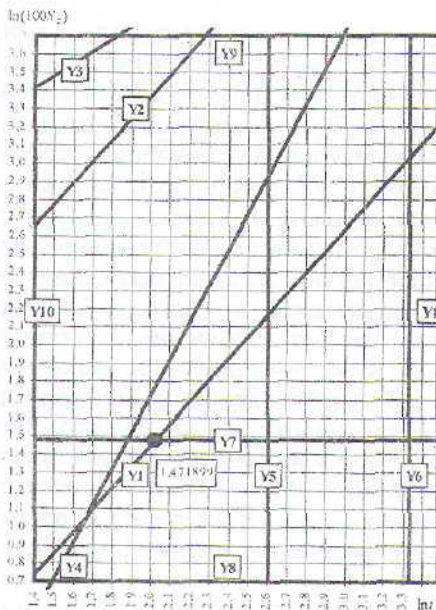


Рисунок 1 - Геометрическая интерпретация модели протяжки

целевой функции (3) и после этого определить максимальное значение функции (3).

Решение задачи в учебном процессе вуза может дублировать традиционный ручной способ расчета в курсовых и дипломных работах и обеспечивается возможностями надстройки "Поиск решения" пакета

Решение сформулированной задачи линейного программирования позволяет определить подачу на зуб черновых секций S_2 , шаг зубьев t и высоту зубьев h для заданных размеров отверстия и группы обрабатываемости материала. Задача решается по известным правилам симплекс-метода.

Геометрическая интерпретация модели протяжки представлена на рисунке 1.

Областью допустимых решений всей системы неравенств (4) является очевидный многоугольник решений. Любая точка внутри и на границе многоугольника решений дает допустимые значения величин t и S_2 . Однако оптимальные значения величин t и S_2 будут достигнуты в вершине многоугольника решений, где обеспечивается максимум целевой функции (3). Для нахождения этой вершины необходимо координаты каждой вершины подставить в формулу

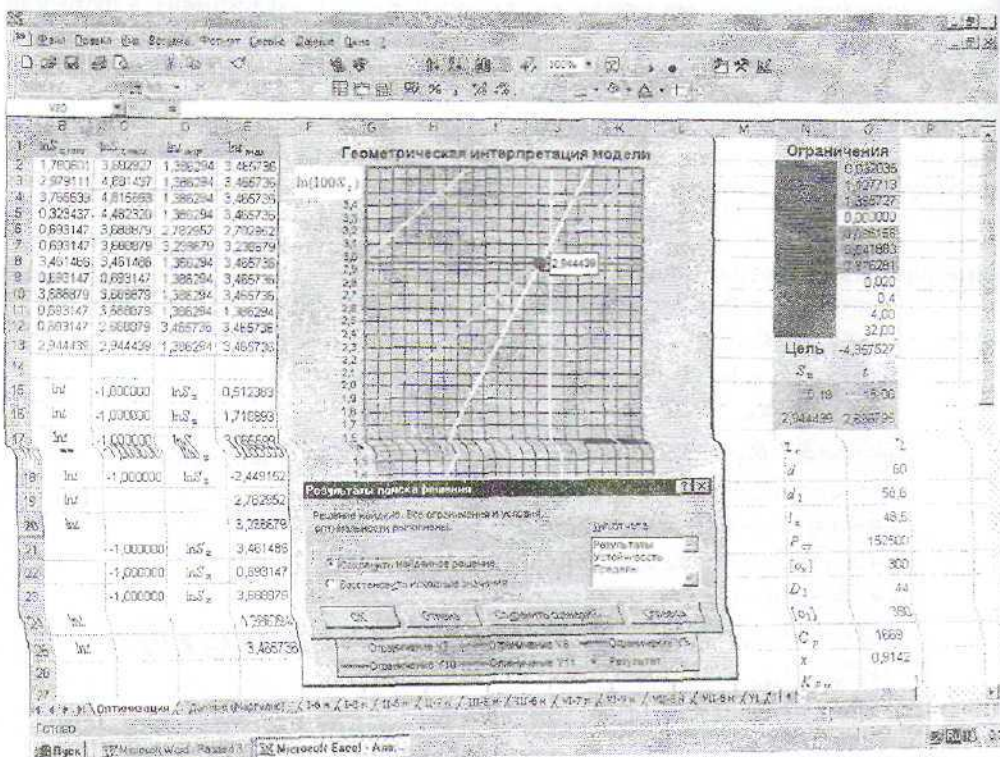


Рисунок 2 - "Поиск решения" в задаче оптимизации параметров конструкции протяжки

Microsoft Excel. Результаты решения представлены на мониторе ПЭВМ в удобной для анализа форме (см. рисунок 2). Создана база данных всех постоянных параметров в ограничениях (4) в соответствии с условиями, предусмотренными ГОСТ 20365-74. При ее создании уточнены зависимости удельной силы резания при протягивании. Получены зависимости наработки протяжки от группы обрабатываемости, скорости резания и подачи на зуб. Параметры степенных зависимостей, которые в одном варианте такими не являются, определены более корректно по сравнению с известными из [4].

Для оценки оптимальности решения введен единичный показатель качества решения - "относительная длина" черновой части протяжки по сравнению с рекомендациями ГОСТ 20365-74, который вычисляют по формуле

$$Q = \frac{L_{\text{опт}}}{L_{\text{ГОСТ}}} \cdot 100 \%,$$

$L_{\text{опт}}$ - длина черновой части протяжки после оптимизации параметров конструкции;

$L_{\text{ГОСТ}}$ - длина черновой части протяжки в соответствии с ГОСТом 20365-74.

Расчет длины черновой части протяжки для условий протягивания, предусмотренных ГОСТом 20365-74 для протяжек переменного резания, показал, что нижний предел "относительной длины" оптимизированной черновой части протяжки составляет от 40 до 60% в зависимости от размеров обрабатываемого отверстия и группы обрабатываемости.

SUMMARY

The task solution of optimization of the sizes of broach by a method of a linear programming is shown. The solution provides cutting down of length of a draft-quality part of broach on 40 - 60% depending on the sizes of a hole and group of machinability. The solution can be used in the technological process of high school.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Протяжки для обработки отверстий / Д.К. Маргулис, М.М. Тверской, В.Н. Ашихмин и др. - М.: Машиностроение, 1986. - 232 с.
2. Семенов И.И., Матюшин В.М., Сахаров Г.Н. Проектирование металлорежущих инструментов. - М.: Машгиз, 1963. - 952 с.
3. Щербаков А.В. Проектирование протяжек. - Л.: Машгиз, 1960. - 352 с.
4. Руководство по курсовому проектированию металлорежущих инструментов: Учеб. пособие для вузов по специальности "Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты" / Под. общ. ред. Г.Н. Кирсанова.-М.: Машиностроение, 1986. - 288с.

Поступила в редколлегию 16 декабря 2002г.

UDC 621.941

ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СПАДКОВОСТІ ПРИ ТОКАРНІЙ ОБРОБЦІ

О.В. Лисенко, інж.; Ю.В. Петраков, д.т.н.
(Харьківський державний технічний університет)

Основне призначення металорізального верстата - обробка виробів із заданою точністю та якістю поверхні. Однак ці показники, за розробленими методиками оцінки якості металорізальних верстатів [1], беруться за їх вихідні параметри, оскільки залежать не тільки від верстата і від усієї технологічної оброблювальної системи (ТОС), до якої входить інструмент, заготовка, пристрій, режим різання тощо. На даний