УДК 658.512

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЁТА ГРАНИЦ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ СВЕРЛЕНИИ ОТВЕРСТИЙ ДЛЯ РАЗМЕРНОЙ НАСТРОЙКИ ИНСТРУМЕНТОВ НА СТАНКЕ С ЧПУ

Попок Николай Николаевич

Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой, Новополоцк, Беларусь

Беляков Николай Владимирович

Селезнёв Станислав Константинович

Витебский государственный технологический университет, Витебск, Беларусь

Аннотация. На основе анализа геометрических параметров сверл иусловий резания предложен подход к моделированию границ переходных процессов, минимальных величин врезаний и выходов, длин рабочих ходов, координат начальных и конечных положений инструментов для размерной настройки инструментов при программировании сверления на станках с ЧПУ.

Ключевые слова: сверление, сверло, переходный процесс, режущий инструмент, система координат, длина врезания, длина выхода, рабочий ход, CAM-система, ЧПУ, управляющая программа, подготовка производства

AUTOMATED BOUNDARY CALCULATION SYSTEM TRANSIENTS WHEN DRILLING HOLES FOR DIMENSIONAL ADJUSTMENT OF TOOLS ON CNC MACHINES

Popok Nikolay Nikolaevich

Euphrosyne Polotskaya State University of Polotsk, Novopolotsk, Belarus

Belyakov Nikolay Vladimirovich

Seleznev Stanislav Konstantinovich

Vitebsk State Technological University, Vitebsk, Belarus

Abstract. Based on the analysis of the geometric parameters of drills and cutting conditions, an approach to modeling the boundaries of transients, the minimum values of cuts and outputs, the lengths of working strokes, the coordinates of the initial

and final positions of tools for dimensional adjustment of tools when programming drilling on CNC machines is proposed.
Keywords: drilling, drill, transition process, cutting tool, coordinate system, embedding length, output length, working stroke, CAM system, CNC, control program, production preparation

При сверлении важнейшее значение имеет учет границ переходных процессов (врезания и выхода инструмента). Во время переходных процессов динамически меняются составляющие силы резания, наблюдается нестабильность упругих деформаций технологической системы, что может приводить к затуплению, перегреву и поломке инструмента. Поэтому производители сверл в каталогах инструментов и онлайн-калькуляторах режимов резания рекомендуют их различные значения для переходных процессов и устойчивого резания.

Для снижения негативных последствий переходных процессов при сверлении предлагаются способы регистрации начала такого процесса при выходе сверла из отверстия по: снижению осевой силы; увеличению крутящего момента; перемещению в направлении оси сверла слоя металла, расположенного под режущей кромкой и др. Предлагаемые решения требуют использования специальных конструктивных решений.

В современном машиностроении широкое распространение получили станки с ЧПУ. При их программировании возможно предусмотреть изменение режимов резания в любой момент времени и траектории движения инструмента и заготовки. Однако, современные CAM-системы, а также онлайн-калькуляторы не позволяют учесть все разнообразие форм режущих частей современных сверл, и в автоматическом режиме определять длины врезаний, устойчивого резания и выходов инструментов для задания различных щадящих режимов резания.

Поэтому целью работы является разработка моделей для расчета таких параметров размерной настройки, как минимальные величины врезания и выхо-

дов сверл,координаты начальных и конечных положений инструментов,длины рабочих ходов, для программирования сверления отверстий на станках с ЧПУ.

При формировании моделей установлено, что в практике использования наиболее широкое применение находят варианты врезания (выхода) сверл по плоскости (перпендикулярной или наклонной) или цилиндрической поверхности (наружной и внутренней, симметрично или со смещением). Прочие варианты могут быть к ним приведены.

Модели для расчета величин врезания и выхода сверл (рисунок 1):

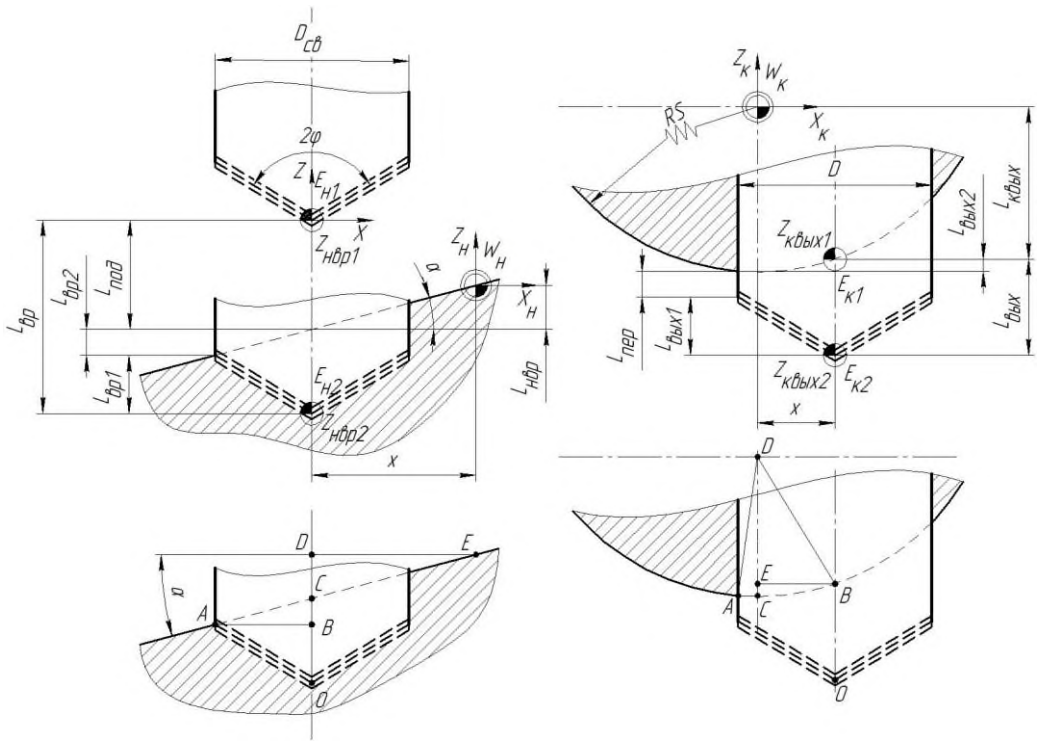
$$L_{вр} = L_{под} + L_{вр1} \pm L_{вр2},\ L_{вых} = L_{вых1} + L_{пер} \pm L_{вых2},$$

где $L_{вр1}$ – длина врезания инструмента, обусловленная геометрией его режущей части инструмента; $L_{вр2}$ – длина врезания, обусловленная геометрией заготовки; $L_{вых1} = L_{вр1}$ – длина выхода инструмента, обусловленная геометрией его режущей части; $L_{пер}$ – длина перебега (принимается 2...3 мм); $L_{вых2}$ – длина выхода инструмента, обусловленная геометрией заготовки. На схемах тройной штриховой линией обозначены в общем виде формы режущих частей инструментов.

В результате анализа каталогов фирм производителей осевых инструментов проведена классификация их режущих частей. Так установлено, что все многообразие режущих частей сверл можно свести к 8 вариантам: спиральное, шнековое, эжекторное с одноплоскостной заточкой; спиральное с двухплоскостной заточкой; спиральное с закруглёнными режущими кромками; спиральное конструкции В. И. Жирова; спиральное с прорезной перемычкой; спиральное со стачиванием перемычки; ружейное; кольцевое, со сменными пластинками. Для расчета величин врезания инструментов $L_{вр1}$, составлены соответствующие расчетные схемы и математические модели для их определения.

Для определения длины входа (выхода), обусловленной геометрией заготовки $L_{вр2}$, а также таких параметров размерной настройки, как расстояния между системой координат заготовки и точкой начала врезания инструмента $L_{нвр}$, расстояния между системой координат заготовки и точкой начала выхода

инструмента $L_{квых}$, координат начального и конечного положений сверла в системе координат заготовки (в начальной точке траектории при врезании $Z_{нвр1}$, в конечной точке траектории при врезании $Z_{нвр2}$, начальной точки траектории при выходе $Z_{квых1}$ и конечной точке траектории при выходе $Z_{квых2}$) также были составлены соответствующие расчетные схемы (рисунок 1).



а б

Рисунок 1 – Примеры расчетных схем для определения параметров размерной настройки при врезании и выходе сверл

Согласно рисунку 1, а из ΔCED, ΔABO и ΔABC:

$$L_{нвр} = CD = \frac{ED}{ctg\alpha} = \frac{x}{ctg\alpha},\ L_{вр2} = BC = \frac{D}{2}tg\alpha.$$

Тогда

$$L_{вр} = L_{под} + L_{вр1} + L_{вр2} = L_{под} + L_{вр1} + \frac{D}{2}tg\alpha,\ Z_{нвр1} = -L_{нвр} + L_{под} = -\frac{x}{ctg\alpha} + L_{под},$$

$$Z_{нвр2} = -L_{нвр} - L_{вр2} - L_{вр1} = -\frac{x}{ctg\alpha} - \frac{D}{2}tg\alpha - L_{вр1}.$$

Согласно рисунку 1, б из ΔACD и ΔBDE:

$$L_{квых} = DE = \sqrt{RS^2 - x^2},$$

$$L_{вых2} = EC = DC - DE = \sqrt{BD^2 - BE^2} - \sqrt{BD^2 - AC^2} =$$

$$= \sqrt{RS^2 - x^2} - \sqrt{RS^2 - \left(\frac{D}{2} - x\right)^2}.$$

Тогда

$$L_{вых} = L_{пер} + L_{вых1} - L_{вых2} = L_{пер} + L_{вых1} - \sqrt{RS^2 - x^2} - \sqrt{RS^2 - \left(\frac{D}{2} - x\right)^2},$$

$$Z_{квых1} = -L_{квых} = -\sqrt{RS^2 - x^2}, Z_{квых2} = -L_{квых} - L_{вых1} - L_{пер} = -\sqrt{RS^2 - x^2} - L_{вых1} - L_{пер}.$$

Предложенные методики, модели и алгоритмы позволили создать систему автоматизированного расчета параметров размерной настройки сверл и доказать их работоспособность (рисунок 2).

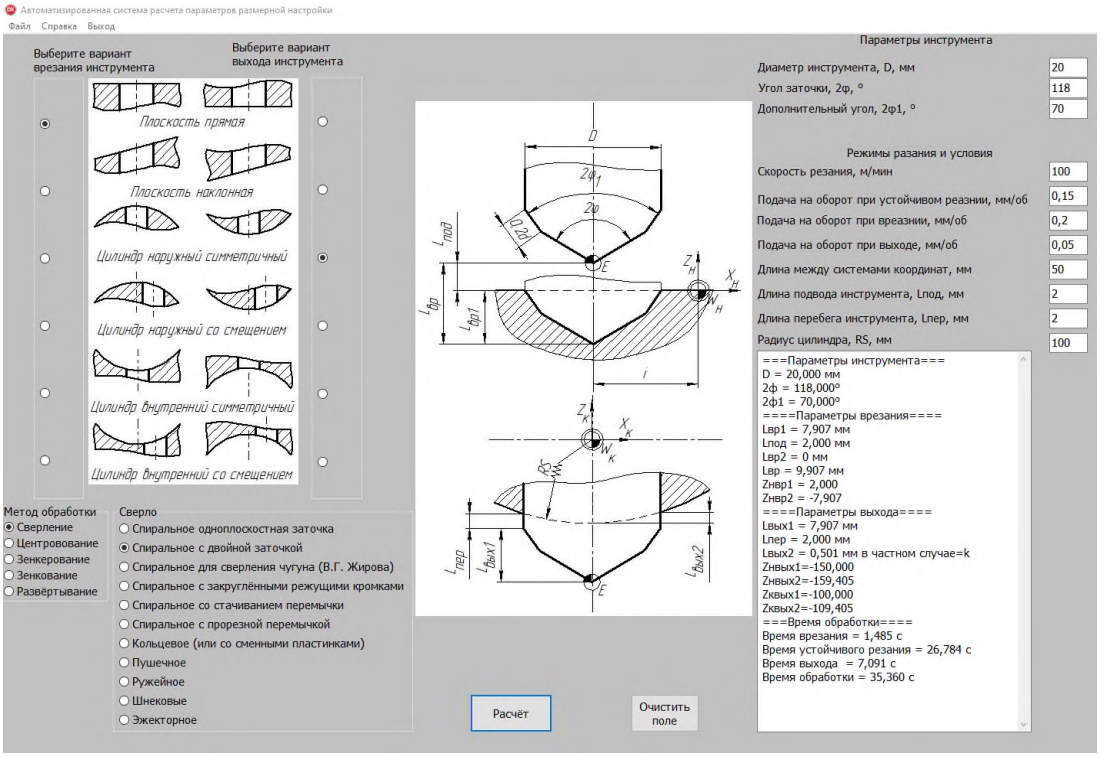


Рисунок 2 – Интерфейс программного обеспечения

При работе с системой пользователь последовательно вводит информацию о геометрии заготовки на входе и выходе инструмента, геометрии режущей части инструмента и режимах резания, а результатом работы являются координаты начального и конечного положения инструмента, длины врезания и выхода,

рабочих ходов и основное время обработки на участках врезания, выхода и устойчивого резания.

Разработки могут использоваться в проектных бюро машиностроительных предприятий при размерной настройке металлорежущих станков и проектировании их наладок, разработке управляющих программ для станков с ЧПУ; в организациях специализирующихся на разработке систем автоматизированного проектирования для разработки и совершенствовании CAM-систем; в учебном процессе для подготовки специалистов в области технологии машиностроения.

Информация об авторах / Information about the authors

Николай Николаевич Попок доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии и оборудования машиностроительного производства, Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой (Беларусь, г. Новополоцк, ул. Блохина, 29) E-mail: n.popok@psu.by	***Nikolay N. Popok*** Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Technology and Equipment of Machine-building Production, Euphrosyne Polotskaya State University of Polotsk (29 Blokhina strteet, Novopolotsk, Belarus)
Николай Владимирович Беляков кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии машиностроения, Витебский государственный технологический университет (Беларусь, г. Витебск, Московский пр., 72) E-mail: nikolay_belyakov@mail.ru	***Nikolay V. Belyakov*** Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Mechanical Engineering Technology, Vitebsk State Technological University (72 Moskovsky Prospekt, Vitebsk, Belarus)
Станислав Константинович Селезнёв магистрант, Витебский государственный технологический университет (Беларусь, г. Витебск, Московский пр., 72) E-mail: stanislav.selezniow@yandex.by	***Stanislav K. Seleznev*** master's student, Vitebsk State Technological University (72 Moskovsky Prospekt, Vitebsk, Belarus)