

# Программный модуль проектирования цикла высокоскоростной обработки на станках с ЧПУ как компонент САМ-системы

Л.В. Шипулин,  
доц., к.т.н., [shipulinlv@susu.ru](mailto:shipulinlv@susu.ru),  
ЮУрГУ, г. Челябинск

Представлен программный модуль, позволяющий на основе заложенной в него методики проектирования циклов круглого врезного шлифования на станках с ЧПУ спроектировать производительный и эффективный цикл обработки, а также сгенерировать на базе этого цикла файл с управляющей программой.

The program module allowing to design a productive and effective operation cycle and also to generate on the basis of this cycle the file with the operating program on the foundation laid in it techniques of design of cycles of round cut-in grinding on CNC machines is presented.

В современном машиностроении высокоскоростная обработка с применением абразивных кругов применяется для получения изделий с высокоточными размерами и низкой шероховатостью. Традиционно для такой обработки применялись универсальные станки, на которых рабочие движения осуществлялись с постоянной подачей инструмента относительно заготовки. Позже пришли к тому, что более эффективно осуществлять обработку с переменной подачей – сначала более высокой, затем более низкой. Под такие потребности разрабатывались шлифовальные автоматы и полуавтоматы, способные переключать подачу один или два раза. Использование таких автоматов позволило проводить обработку в виде двухступенчатого или трехступенчатого цикла. В сегодняшние дни, когда широкое распространение получили станки с ЧПУ, появилась возможность проводить обработку в виде цикла с большим количеством ступеней, что позволяет повысить производительность.

Вышеуказанный цикл для станка с ЧПУ представляется в виде последовательности команд в G-кодах по международному стандарту ISO, записанных в управляющей программе. При создании такой управляющей программы необходимо учитывать целый комплекс требований: при шлифовании должна формироваться поверхность с заданной низкой шероховатостью, должна обеспечиваться точность обработки, необходимо не допустить возникновения температурных дефектов на поверхности заготовки, обеспечить низкую интенсивность износа инструмента. Помимо выполнения всех этих требований, необходимо обеспечить и максимальную производительность. Разработка управляющей программы, учитывающей все вышеуказанные факторы – это процесс, требующий крайне высокой квалификации инженера-программиста, знающего не только все особенности и внутренние взаимосвязи процессов высокоскоростной обработки, но и умеющего на основе этих знаний расчетным путем сформировать цикл обработки. В большинстве случаев создать эффективный цикл высокоскоростной обработки для станка с ЧПУ в виде управляющей программы вручную не представляется возможным.

Рассматривая процессы лезвийной обработки, для эффективного создания управляющих программ применяются САМ-системы. В таких автоматизированных системах инженер-программист, на основе имеющейся САД-модели, задает место и параметры обработки, а сама система выдает готовую управляющую программу. Применительно к высокоскоростной обработке, подобные САМ-системы отсутствуют. Таким образом, формируется проблема: для эффективной работы шлифовальных станков с ЧПУ необходима управляющая программа с циклом обработки, а разработать эффективную управляющую программу вручную не представляется возможным, а САМ-системы не предоставляют таких возможностей.

Решением этой проблемы является разработка программного модуля, базирующегося на передовых научных исследованиях и позволяющего на основе введенных пользователем данных спроектировать цикл обработки и выдать его в виде файла управляющей программы.

Рассматривая научные исследования по проектированию циклов высокоскоростной обработки, отметим, что в данном направлении работало большое количество ученых. Так, основоположником среди отечественных ученых является Г.Б. Лурье, который под руководством Е.Н. Маслова изложил общую теорию расчетного метода проектирования рабочего цикла шлифования и предложил базовые варианты циклов обработки. Исследования Г.Б. Лурье [1] послужили основой для дальнейшего исследования вопросов разработки адаптивных циклов шлифования многими учеными, среди которых Д.Е. Анельчик [2], В.В. Каминская [3], В.Н. Михелькевича [4], А.И. Левин и В.М. Машинистов [5], Ю.И. Манохин [6], С.М. Братан [7], В.Л. Кулыгин [8], В.А. Иоголевич [9], П.П. Переверзев [10] и другие.

На базе кафедры «Технология автоматизированного машиностроения» Южно-Уральского государственного университета А.Х. Нуркеновым под руководством В.И. Гузеева разработана методика проектирования цикла круглого шлифования с учетом жесткости технологической системы для станков с ЧПУ [11, 12]. Методика проектирования цикла сводится к расчетному назначению радиальных подач, которые переключаются по команде управляющей программы при перемещении шлифовального круга в заданную координату. При этом учитывается ряд технологических ограничений по шероховатости, по точности, по осыпаемости инструмента, по мощности привода станка, по температуре в зоне резания и глубине дефектного слоя. Методика, разработанная А.Х. Нуркеновым и предназначенная для использования ее на станках с ЧПУ, может быть взята за основу при разработке модуля для САМ-системы проектирования научно-обоснованных циклов шлифования.

На основе методики А.Х. Нуркенова [11, 12] разработан алгоритм проектирования цикла высокоскоростной обработки на станках с ЧПУ. По алгоритму на объектно-ориентированном языке С# разработан программный модуль, позволяющий на основе введенных пользователем данных проектировать цикл высокоскоростной обработки на станке с ЧПУ и формировать в виде файла с управляющей программой для станка. На рис. 1 показан интерфейс программного модуля, вкладка ввода исходных данных «Параметры оборудования». На рис. 2 представлена аналогичная вкладка ввода исходных данных «Параметры инструмента», на рис. 3 – «Параметры заготовки» и на рис. 4 – «Коэффициенты».

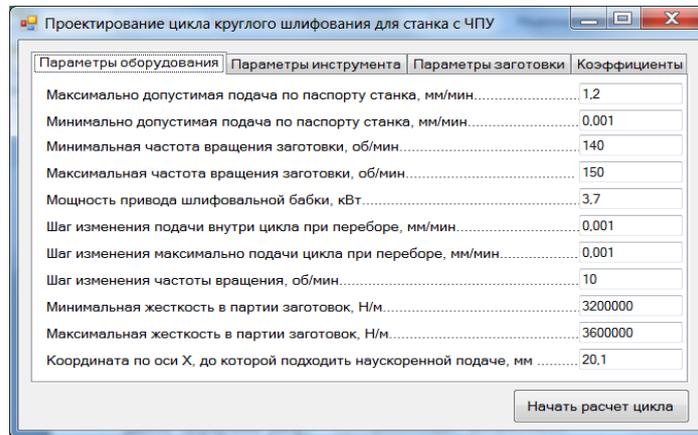


рис. 1 Интерфейс программного модуля, вкладка «Параметры оборудования»

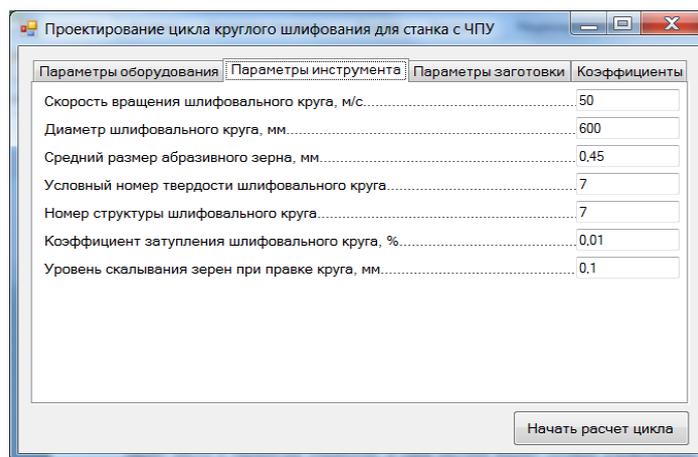


рис. 2 Интерфейс программного модуля, вкладка «Параметры инструмента»

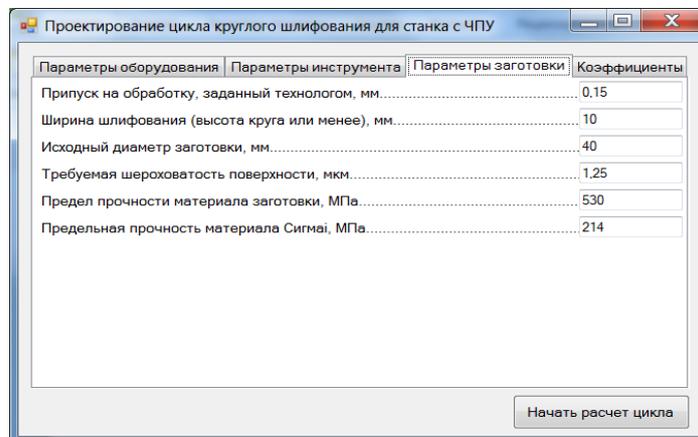


рис. 3 Интерфейс программного модуля, вкладка «Параметры заготовки»

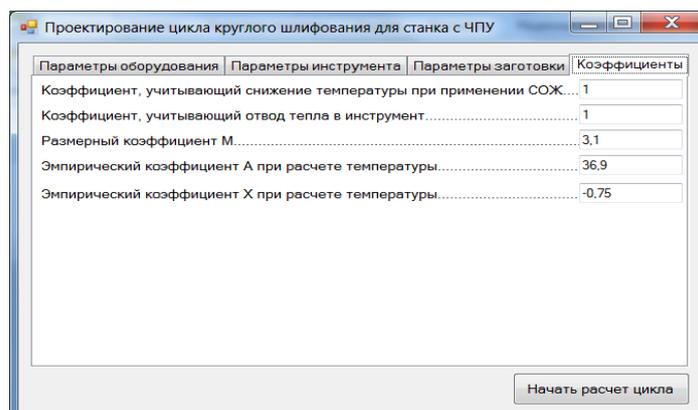


рис. 4 Интерфейс программного модуля, вкладка «Коэффициенты»

После ввода всех необходимых данных в формы, представленные на рис. 1–4, пользователю необходимо нажать кнопку «Начать расчёт цикла», запустив тем самым выполнение внутреннего алгоритма программы, построенного на основе методики А.Х. Нуркенова [11, 12]. После завершения проектирования программным модулем цикла в папке генерируется файл с управляющей программой (см. рис. 5). Данный файл может быть перенесен на станок любым доступным способом и запущен без предварительной корректировки.

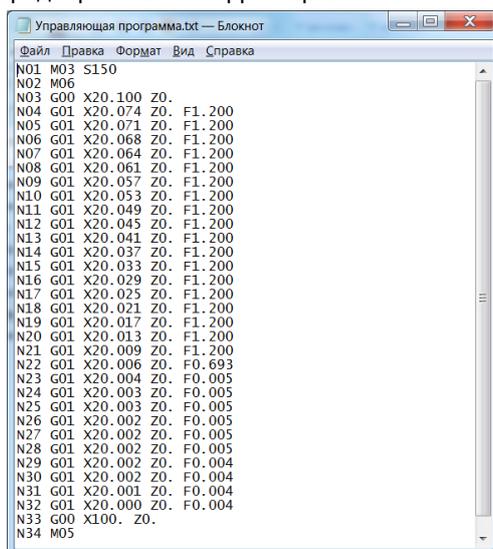


рис. 5 Файл с управляющей программой в виде цикла

Таким образом, разработан программный модуль, позволяющий на основе введенных проектировщиком данных разработать эффективный и наиболее производительный цикл высокоскоростной обработки на станках с ЧПУ. Модуль построен на методике оптимального проектирования цикла с переменным количеством ступеней (переключения скорости радиальной подачи). Разработанный модуль предназначен для инженеров-программистов на машиностроительных предприятиях, а также может быть интегрирован в САМ-систему для его дальнейшего использования.

### Благодарность

*Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации МД-932.2017.8.*

### Литература

1. Лурье Г.Б. Теория рабочего цикла при круглом шлифовании и его автоматизация / Г.Б. Лурье // Основные вопросы высокопроизводительного шлифования / под ред. Е.Н. Маслова. – М.: Машгиз, 1960. – С.87-108.
2. Анельчик Д.Е. Повышение эффективности шлифования деталей с покрытиями: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Тула. – 1989. – 44 с.
3. Каминская В.В. Оптимизация технологического процесса при обработке на круглошлифовальных станках с ЧПУ / В.В. Каминская, Л.Н. Цейтлин, Л.В. Марголин // Вестник машиностроения. – 1970. – № 6. – С.40-44.
4. Михелькевич В.Н. Автоматическое управление шлифованием / В.Н. Михелькевич. – М.: Машиностроение, 1975. – 304 с.
5. Левин А.И. Оптимизация цикла врезного круглого шлифования / А.И. Левин, В.М. Машинистов // Станки и инструмент. – 1992. – № 12. – С.27-29.
6. Манохин Ю.И. Повышение эффективности внутреннего врезного шлифования на основе оптимального управления процессом: дисс. ... канд. техн. наук / Манохин Юрий Иванович. – Челябинск, 1977. – 223с.
7. Братан С.М. Разработка алгоритмов управления операцией круглого шлифования, учитывающих коррекции цикла за период стойкости инструмента / С.М. Братан, А.А. Ярошенко, Н.Н. Столяров // Вестник СевНТУ. – 2014. – №150. – С. 28-35.
8. Кулыгин В.Л. Управление режимными параметрами операций круглого наружного шлифования с продольной подачей на основе силовой модели процесса / В.Л. Кулыгин, С.В. Кулыгин // Прогрессивные технологии в машиностроении. – Челябинск. – 2016. – С. 22-28.
9. Иголеви́ч В.А. Повышение производительности и точности обработки на круглошлифовальных станках с ЧПУ на основе учета динамических свойств процесса шлифования: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.08 / Иголеви́ч Владимир Александрович. – Челябинск, 1992. – 147 с.
10. Переверзев П.П. Теория и методика расчета оптимальных циклов обработки деталей на круглошлифовальных станках с программным управлением: дис. ... докт.техн. наук : 05.02.08 / Переверзев Павел Петрович. – Челябинск, 1999. – 295 с.
11. Гузеев В.И., Нуркенов А.Х. Методика проектирования цикла врезного шлифования на основе тестового определения жесткости технологической системы // СТИН. 2014. №8. С. 31–35.
12. Гузеев В.И., Нуркенов А.Х. Проектирование циклов врезного шлифования на основе динамической жесткости технологической системы // Будущее машиностроения России 2014: Сб. тез. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2014. С. 29–30.