

*С. С. Гусев, В. В. Макаров*

## ИССЛЕДОВАНИЕ И СОЗДАНИЕ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ЦИКЛОВ ТОЧЕНИЯ ТОРЦЕВЫХ И ПРОДОЛЬНЫХ КАНАВОК

**Аннотация.** В наши дни одним из важнейших условий в развитии машиностроения является автоматизация производственных процессов. Основными составляющими производственного процесса считаются как автоматизированные технологические процессы механической обработки, так и сборки, при помощи которых достигается необходимая производительность и качество получаемых изделий. Использование автоматизированных систем, состоящих из универсальных станков, станков с ЧПУ, обрабатывающих центров, характерно как для серийного, так и для мелкосерийного производства. Для разработки операций на станках с ЧПУ и технологического процесса необходимы определённые подходы из-за их особенности: при использовании автоматического замкнутого цикла увеличивается значение машинного времени; влияние протекающего процесса при работе; величина числа операций; использование различных инструментов; наличие автоматической загрузки, обработки, разгрузки, контроль, транспортировка; исправление управляющих программ; быстрая переналадка; выполнение различных технологических операций на одном станке; применение базовых циклов; встраивание АСУ ТП в структуру организации; создание общего и частичного управления всем процессом.

**Ключевые слова:** машиностроение, производственный процесс, автоматизированные системы, универсальные станки, станки с ЧПУ.

**Для цитирования:** Гусев, С. С. Исследование и создание универсальных циклов точения торцевых и продольных канавок / С. С. Гусев, В. В. Макаров // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 2. – С. 155–166. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_2\_155.

### *Введение*

Одним из основных признаков производства в наши дни считается частая сменяемость изделий. Однако возрастают требования к производительности при мелкосерийном и среднесерийном производстве.

Мероприятия, направленные на автоматизацию процессов производства, будут более эффективны на тех предприятиях, которые характеризуются наибольшей серийностью выпускаемых продуктов, высокой надёжностью протекающих процессов, уменьшением времени и частоты переналадки, уменьшением затрат на автоматизацию оборудования [1].

Цель работы – расширение функциональных возможностей систем ЧПУ за счёт создания универсальных параметрических циклов обработки типовых поверхностей деталей типа «канавка» на языке высокого уровня.

Задачи работы:

- 1) выполнение конструктивно-технологического анализа деталей, изготавливаемых на станках с ЧПУ, и анализ токарных циклов для обработки канавок;
- 2) разработка методики проектирования параметрических циклов для токарной обработки поперечных и продольных канавок;
- 3) программная разработка параметрических циклов по готовой методике;
- 4) проверка работы разработанных параметрических циклов обработки канавок.

Новизна: разработка методики создания параметрических циклов токарной обработки торцевых и продольных канавок.

С развитием технологий производства стали появляться сложные по конструкции механизмы. Для их изготовления всё чаще требуется изготавливать детали при помощи специально спроектированных для них параметрических циклов. В связи с этим возникает потребность быстро разрабатывать данные циклы [2].

В данном проекте разрабатывается методика проектирования параметрических циклов для токарной обработки продольных и поперечных канавок. В методике будут подробно описаны шаги, позволяющие сократить время разработки [3].

### *1 Разработка методика проектирования параметрических циклов для токарной обработки поперечных и продольных пазов*

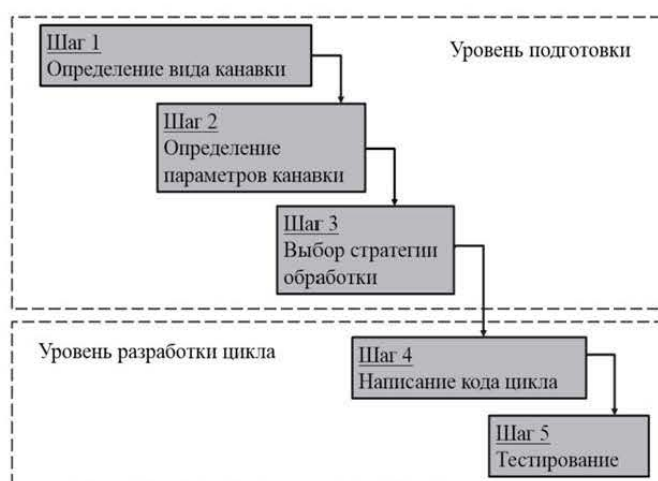
Большая часть программного обеспечения (ПО) разрабатывается для долговременного применения [4]. В связи с этим каждое ПО должно соответствовать определённым требованиям, например, таким как: надёжность, простота использования, возможность переноса ПО на другие системы и т. д. Важнейшие из свойств будущего ПО необходимо рассматривать с самого начала разработки [5].

Для повышения качества выпускаемой продукции необходимо внедрять эффективные методики [6]. В настоящее время необходимо проектирование именно программного продукта [7].

#### *1.1 Общий вид методики проектирования параметрических циклов обработки продольных и торцевых канавок*

Данная методика позволяет в случае необходимости в короткие сроки разработать параметрический цикл для токарной обработки продольных и поперечных канавок. Срок разработки сокращается за счёт того, что в каждом шаге методики содержится подробное описание составных элементов, необходимых для разработки и реализации цикла.

Шаги методики представлены на рис. 1.



**Рис. 1. Схема методики разработки параметрических циклов для токарной обработки канавок**

#### *1.2 Описание шагов методики проектирования параметрических циклов токарной обработки канавок*

Первым шагом необходимо определить тип канавки, поскольку для разных типов канавок различаются как сами параметры, так и их интерпретация. В частности, они могут быть: продольные, торцевые. Кроме того, они могут быть прямоугольного профиля или трапецевидного. На рис. 2 представлены эскизы данных канавок.

Канавка	Эскиз
Продольная с прямоугольным профилем	
Продольная с трапецевидного профилем	
Поперечная	

**Рис. 2. Продольные и поперечные канавки**

Данный шаг необходим, так как набор параметров поперечной и торцевой канавок различный.

Вторым шагом необходимо определить набор параметров, которые позволят описать траекторию перемещения режущего инструмента.

Так, продольная канавка, представленная на рис. 3, будет описываться параметрами, представленными в табл. 1.

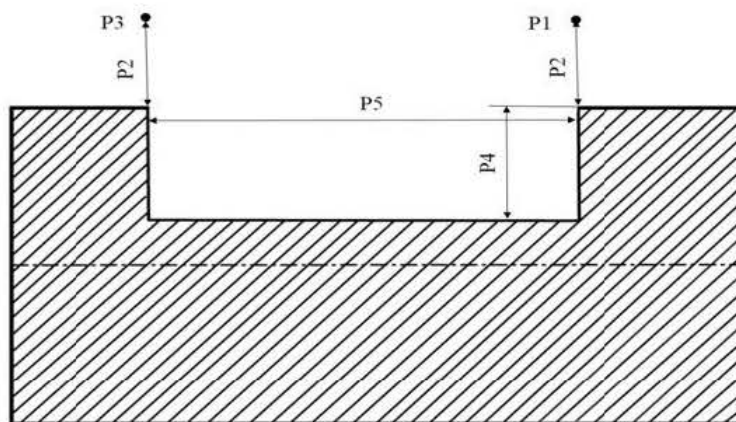


Рис. 3. Параметры продольной канавки

Таблица 1

Параметры продольной канавки

P1	Начальная точка
P2	Безопасное расстояние
P3	Конечная точка
P4	Глубина
P5	Ширина

У трапецевидной канавки, представленной на рис. 4, добавляются параметры, представленные в табл. 2.

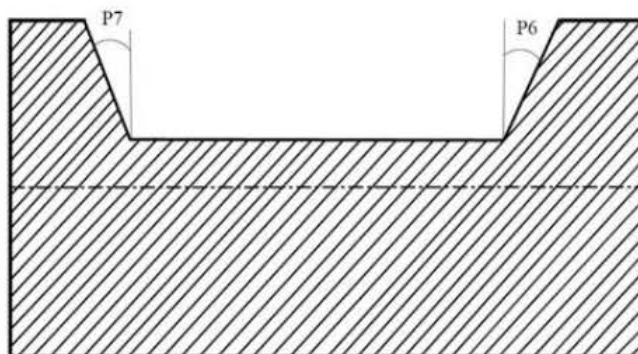


Рис. 4. Параметры продольной канавки

Таблица 2

Параметры продольной канавки

P6	Угол наклона правой стенки канавки
P7	Угол наклона левой стенки канавки

Кроме того, контур может содержать скругления, как представлено на рис. 5. В этом случае добавляются параметры, представленные в табл. 3.

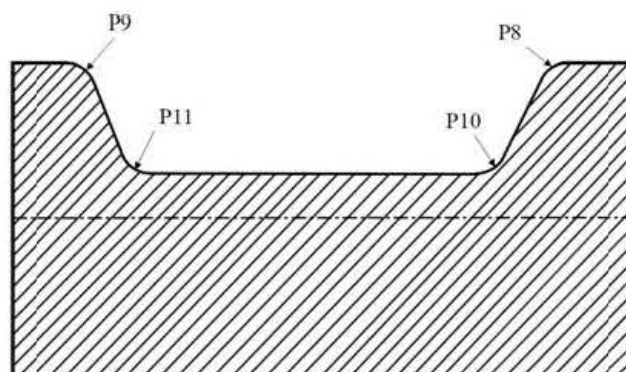


Рис. 5. Параметры продольной канавки

Таблица 3

## Параметры продольной канавки

P8	Радиус наружного скругления на правой стороне канавки
P9	Радиус наружного скругления на левой стороне канавки
P10	Радиус внутреннего скругления на правой стороне канавки
P11	Радиус внутреннего скругления на левой стороне канавки

Для поперечной канавки набор параметров представлен на рис. 6 и табл. 4.

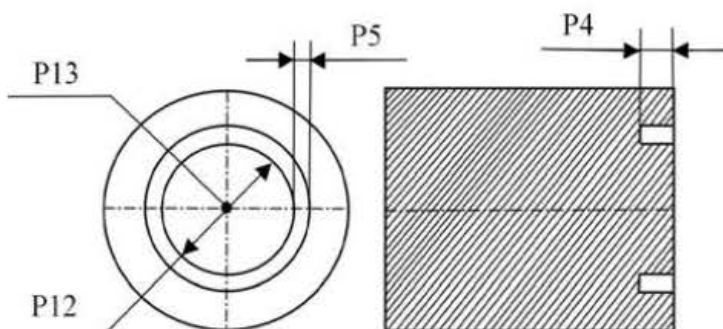


Рис. 6. Параметры поперечной канавки

Таблица 4

## Параметры поперечной канавки

P4	Глубина
P5	Ширина
P12	Диаметр канавки
P13	Центр канавки

Третьим шагом необходимо определить стратегию обработки канавки в зависимости от выявленных на предыдущем шаге параметров.

Четвертым шагом проектирования параметрического цикла обработки канавок идёт написание кода цикла на языке высокого уровня.

Использование языка высокого уровня позволяет описывать сложную траекторию перемещения режущего инструмента. Применение языка высокого уровня даёт возможность переносить код цикла на различные системы ЧПУ [8].

Пятым шагом необходимо провести тестирование параметрического цикла.

Предполагается проверка работы цикла при правильно введённых значениях, например, все значения должны быть больше или равны 0 и т. д., при граничных значениях и значениях [9], введённых неверно.

## 2 Разработка параметрического цикла по разработанной методике

Модернизация российских машиностроительных производств требуется для ускорения развития машиностроения [9].

Под технологией создания программного обеспечения понимается совокупность методов и процессов проектирования программного обеспечения [10].

С развитием производства возникает необходимость частой смены выпускаемой продукции. В связи с чем на предприятиях применяется цеховое программирование, которое характеризуется использованием стандартных циклов механической обработки. Однако их возможностей порой не хватает для выполнения поставленных задач. В результате возникает необходимость разрабатывать дополнительные циклы.

В качестве примера можно привести параметрические циклы для токарной обработки продольной и поперечной канавок, разработанных при помощи методики.

### **2.1 Анализ основных параметров параметрических циклов обработки канавок различных производителей**

На данный момент уже разработано огромное количество различных параметрических циклов. Поэтому, прежде чем начинать разработку нового цикла, необходимо провести анализ уже существующих циклов, выделить основные параметры и сравнить их.

В данном случае для анализа были выбраны параметрические циклы обработки канавок таких производителей, как HEIDENHAIN и SIEMENS.

Первой для анализа была выбрана система ЧПУ HEIDENHAIN TCN640.

В данной системе ЧПУ предусмотрен цикл «Поворот продольное врезание» (Цикл 813). Данный цикл предназначен для токарной обработки канавок.

Работа цикла начинается с того, что система ЧПУ принимает за начальную точку то положение инструмента, которое было при вызове цикла.

Затем система ЧПУ выполняет следующие шаги:

- 1) врезание на ускоренной подаче по оси;
- 2) снятие материала;
- 3) отвод инструмента на заданной подаче;
- 4) переход в начало резания на ускоренной подаче;
- 5) повтор шагов 1–4 до получения контура;
- 6) перевод инструмента в начальную точку на ускоренной подаче. Второй системой ЧПУ, выбранной для анализа, стала SIEMENS.

В данной системе ЧПУ предусмотрен цикл «Прорезка канавки» – CYCLE94.

В данном цикле за начальное положение может приниматься любая точка, где начинается обработка канавки, при этом исключено столкновение.

Выполнение цикла происходит по следующим шагам:

- 1) переход в начало на ускоренной подаче;
- 2) снятие материала по заданной траектории на заданной подаче;
- 3) переход в начало на ускоренной подаче.

Результат анализа параметров данных циклов представлен в табл. 5.

В данной таблице отражены и параметры разрабатываемых параметрических циклов для системы ЧПУ «АксиОМА Контроль».

Таблица 5

**Результат анализа параметров различных параметрических циклов**

Параметры		СЧПУ HEIDENHAIN TCN640	СЧПУ SIEMENS SINUMERIK 808D	СЧПУ «АксиОМА Контроль»
Начальная точка		+	+	+
Безопасное расстояние		+	+	+
Конечная точка		+	+	+
Глубина		+	+	+
Ширина		-	+	+
Угол наклона	Правой стенки	+	-	+
	Левой стенки	-	-	+

Как видно из таблицы, разрабатываемые циклы имеют параметры, которые отсутствуют у аналогов.

На рис. 7 представлена схема, на которой отражены некоторые перечисленные параметры.

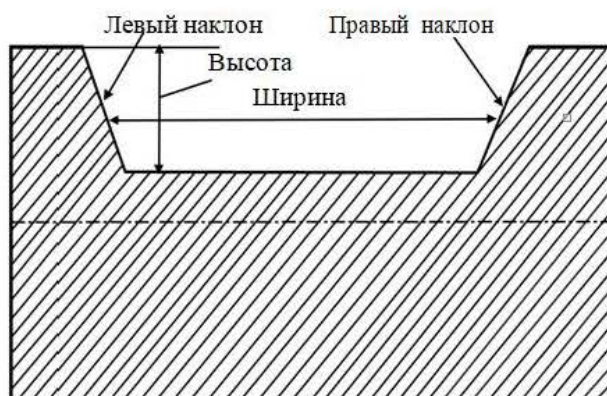


Рис. 7. Основные параметры

## 2.2 Проектирование параметрических циклов токарной обработки продольной и поперечной канавки на уровне подготовки

Современные производства имеют высокую степень автоматизации, которая достигается, в том числе за счёт использования систем ЧПУ.

В МГТУ «СТАНКИН» на кафедре «Компьютерных систем управления» идёт разработка отечественной системы ЧПУ «Аксиома КОНТРОЛЬ». Для расширения возможностей данной системы ЧПУ разрабатываются станочные циклы механообработки типовых поверхностей.

К таким поверхностям относятся пазы, канавки, выточки, которые часто присутствуют на деталях. Они могут быть торцевые или продольные.

Разработка параметрических циклов токарной обработки продольной и поперечной канавки будет опираться на методику, приведенную выше.

Первым уровнем является уровень подготовки. В него входят первые три шага.

Первый шаг заключается в определении вида канавок.

Вторым шагом необходимо определить набор параметров, которыми обладает выбранный тип канавки.

Третьим шагом требуется разработать стратегию перемещения инструмента в случае обработки продольной и поперечной канавки.

Для проектирования примера параметрического цикла для токарной обработки продольной канавки вида выбрана стратегия обработки, представленная на рис. 8.

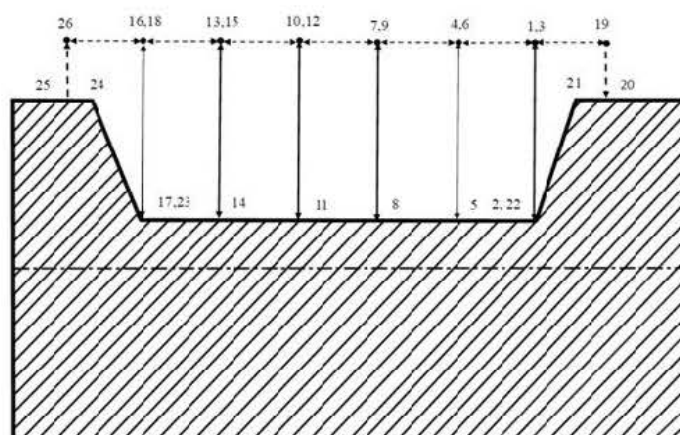


Рис. 8. Стратегии обработки продольной канавки

Ход работы параметрического цикла идёт следующим образом:

- 1) переход в начальную точку 1 – начало работы цикла на ускоренной подаче;
- 2) врезание на глубину канавки на рабочей подаче к точке 2 – на полную глубину обработки;
- 3) подъём в точку 3 – точку выхода на безопасное расстояние на рабочей подаче;
- 4) переход в точку 4 – точку врезания на рабочей подаче;

- 5) врезание на глубину канавки на рабочей подаче к точке 5 – на полную глубину обработки;
- 6) подъём в точку 6 – точку выхода на безопасное расстояние на рабочей подаче;
- 7) переход в точку 7 – точку врезания на рабочей подаче;
- 8) врезание на глубину канавки на рабочей подаче к точке 8 – на полную глубину обработки;
- 9) подъём в точку 9 – точку выхода на безопасное расстояние на рабочей подаче;
- 10) переход в точку 10 – точку врезания на рабочей подаче;
- 11) врезание на глубину канавки на рабочей подаче к точке 11 – на полную глубину обработки;
- 12) подъём в точку 12 – точку выхода на безопасное расстояние на рабочей подаче;
- 13) переход в точку 13 – точку врезания на рабочей подаче;
- 14) врезание на глубину канавки на рабочей подаче к точке 14 – на полную глубину обработки;
- 15) подъём в точку 15 – точку выхода на безопасное расстояние на рабочей подаче;
- 16) переход в точку 16 – точку врезания на рабочей подаче;
- 17) врезание на глубину канавки на рабочей подаче к точке 17 – на полную глубину обработки;
- 18) подъём в точку 18 – точку выхода на безопасное расстояние на рабочей подаче;
- 19) переход в точку 19 – точку врезания на рабочей подаче;
- 20) опускание в точку 20 на рабочей подаче;
- 21) переход в точку 21 на рабочей подаче;
- 22) врезание в точку 22 под заданным наклоном на глубину канавки на рабочей подаче;
- 23) передвижение режущего инструмента в точку 23 на заданной подаче;
- 24) подъём в точку 24 под заданным углом на рабочей подаче;
- 25) переход в точку 25 на рабочей подаче;
- 26) подъём в точку 26 на рабочей подаче.

Поскольку разрабатываемый параметрический цикл предусмотрен для токарной обработки, где вращается заготовка, то перемещение инструмента по окружности для получения канавки не требуется.

### ***2.3 Проектирование параметрических циклов токарной обработки продольной и поперечной канавки на уровне разработки цикла***

На следующем уровне разработки цикла находятся два заключительных шага – это шаг «Написание кода цикла» и шаг «Тестирование»

Чтобы приступить к реализации четвёртого шага необходимо разработать блок-схемы каждого цикла.

Блок-схема является удобным способом представления алгоритмов, которым является ГОСТ 19.701-90, принятый в 1992 году.

Блок-схема позволяет подробно описать любую задачу при помощи разбиения её на уровни, при этом количество уровней зависит от сложности поставленной задачи.

На рис. 9 представлена блок-схема разрабатываемого цикла обработки продольной канавки.

В блоке «Ввод параметров» вводятся выявленные на втором шаге параметры. Далее показана проверка введённых параметров, необходимая для устранения ошибок до запуска обработки, чтобы избежать брака. Если все параметры введены правильно, то начинается обработка, описанная по выбранной ранее стратегии в блоке «Обработка». Если есть ошибка при вводе параметров, то цикл завершается.

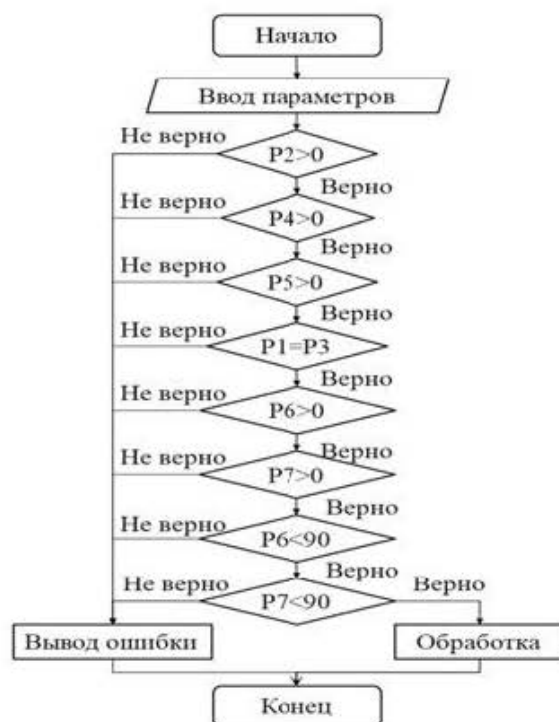


Рис. 9. Блок-схема цикла обработки продольной канавки

На рис. 10 представлена блок-схема разрабатываемого цикла обработки поперечной канавки.

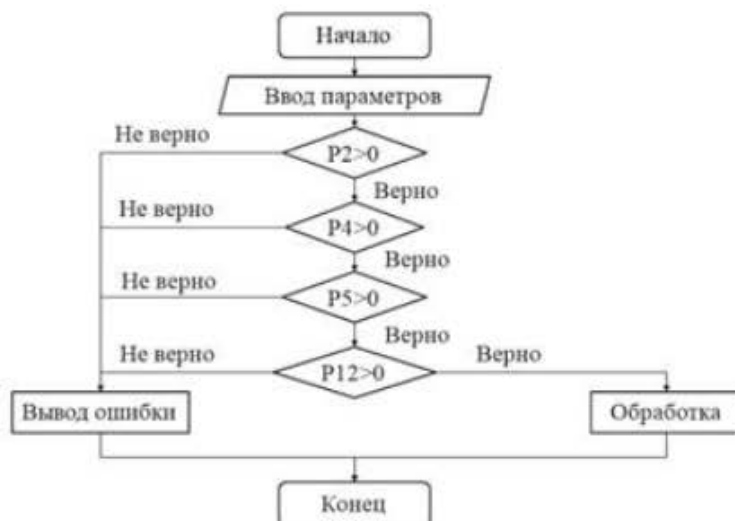


Рис. 10. Блок-схема цикла обработки поперечной канавки

### 3 Создание кода цикла

Параметрические циклы для токарной обработки продольной и поперечной канавок соответственно будут разрабатываться при помощи языка высокого уровня для системы ЧПУ «АксиОМА Контроль».

Система ЧПУ «АксиОМА Контроль» является многофункциональной системой. Одной из её особенностей является открытая модульная архитектура. Благодаря такой архитектуре есть возможность адаптировать систему для технологического оборудования различных типов.

Применение языка высокого уровня позволяет повысить гибкость системы ЧПУ. При его помощи станкостроители могут проектировать свои станочные циклы и встраивать их в систему.

Язык высокого уровня, применяемый в системе ЧПУ «АксиОМА Контроль», создан с использованием стандарта ANSI C, при этом учитывалась специфика при работе с задачами системы ЧПУ. Данный язык сочетает в себе простой синтаксис с эффективными средствами.

Одними из основных характеристик данного языка высокого уровня можно выделить:

- 1) набор условий, операторов и переходов цикла для эффективной работы программы;
- 2) большое количество операторов, которые позволяют сократить код при создании различных типов операций;
- 3) наличие различных типов данных: целочисленные, с плавающей точкой и т. д., которые позволяют обеспечить необходимую точность вычислений.

Благодаря применению языка высокого уровня программист имеет возможность оставлять многие решения на своё усмотрение.

#### **4 Проверка работы разработанного параметрического цикла обработки канавок**

Последним шагом в методике проектирования параметрических циклов является шаг «Тестирование». Правильное тестирование является залогом грамотной работы как целых программных систем, так и небольшого программного обеспечения.

Тесты для проверки работы программного обеспечения делятся на два типа:

- 1) позитивные – тесты, направленные на проверку необходимых действий программного обеспечения и его работоспособность;
- 2) негативные – тесты, направленные на проверку реакции программного обеспечения на некорректные входные значения.

Первым шагом в тестировании параметрических циклов будет проверка их работы при правильно введенных параметрах.

Вторым шагом будет проверка работы циклов при ошибочно введенных значениях параметров.

#### **4.1 Тестирование параметрического цикла токарной обработки продольной канавки**

Первым циклом для проверки будет параметрический цикл токарной обработки продольной канавки.

Тестирование будет заключаться в проверке вводимых параметров, представленных в табл. 6, на соответствие следующим условиям, представленным в табл. 7.

Таблица 6

#### **Вводимые параметры**

Параметр	Описание
P1	Начальная точка
P2	Безопасное расстояние
P3	Конечная точка
P4	Глубина
P5	Ширина
P6	Угол наклона правой стенки канавки
P7	Угол наклона левой стенки канавки

Таблица 7

#### **Условия для параметров**

Параметр	Условие
P1	Должен быть равен P3
P2	Должен быть больше 0
P3	Должен быть равен P1
P4	Должен быть больше 0
P5	Должен быть больше 0
P6	Должен быть больше 0 и меньше 90
P7	Должен быть больше 0 и меньше 90

Тестирование будет происходить по алгоритму, представленному на рис. 11.

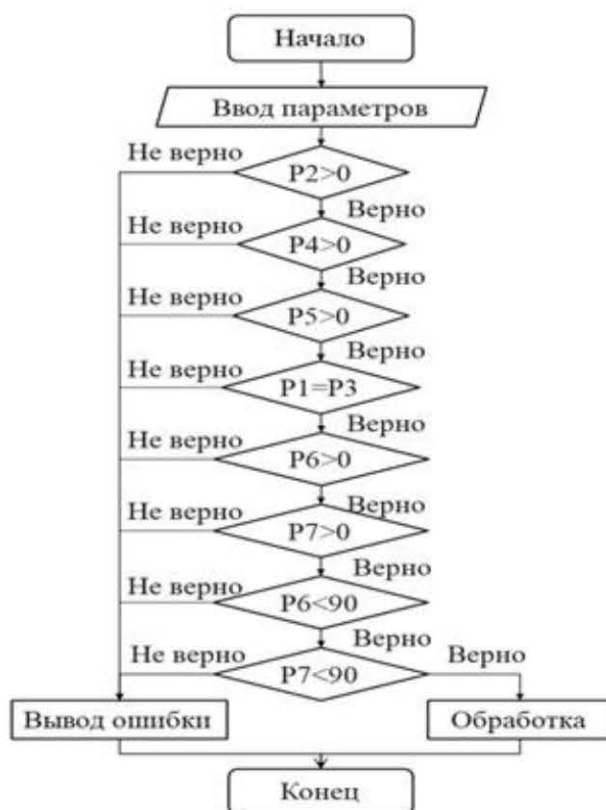


Рис. 11. Алгоритм тестирования

**Выводы**

В результате разработки методики проектирования параметрических циклов для токарной обработки поперечных и продольных пазов была разработана методика для проектирования параметрических циклов обработки продольных и торцевых канавок, позволяющая сократить время разработки цикла за счёт имеющегося описания основных элементов, необходимых для проектирования параметрического цикла. С развитием технологий производства стали появляться сложные по конструкции механизмы. Для их изготовления всё чаще требуется изготавливать детали при помощи специально спроектированных для них параметрических циклов. В связи с этим возникает потребность быстро разрабатывать данные циклы. В данной статье разрабатывалась методика проектирования параметрических циклов для токарной обработки продольных и поперечных канавок. В методике подробно описаны шаги, позволяющие сократить время разработки.

**Список литературы**

- 1 Гордин, П. В. Детали машин и основы конструирования : учебное пособие / П. В. Гордин, Е. М. Росляков, В. И. Эвелеков. – Санкт-Петербург : СЗТУ, 2006. – 186 с.
- 2 Винокурова, Г. Ф. Начертательная геометрия и графика : методические указания по определению классификационной характеристики изделия для студентов всех специальностей / Г. Ф. Винокурова, Е. В. Белоенко. – Томск : Национальный Исследовательский Томский политехнический университет, 2010. – 36 с.
- 3 Методические указания по выполнению рабочих чертежей и эскизов деталей / Н. Ю. Смирнов, Г. Д. Демидова, А. А. Мельников [и др.]. – Иваново : ГОУ ВПО Ивановский государственный химико-технологический университет, 2006. – 72 с.

**References**

- 1 Gordin, P. V. Machine parts and fundamentals of design : a textbook / P. V. Gordin, E. M. Roslyakov, V. I. Evelekov. – Saint Petersburg : NWTU, 2006. – 186 p.
- 2 Vinokurova, G. F. Descriptive geometry and graphics : guidelines for determining the classification characteristics of the product for students of all specialties / G. F. Vinokurova, E. V. Beloenko. – Tomsk : National Research Tomsk Polytechnic University, 2010. – 36 p.
- 3 Methodological guidelines for the implementation of working drawings and sketches of parts / N. Y. Smirnov, G. D. Demidova, A. A. Melnikov [et al.]. – Ivanovo : Ivanovo State University of Chemical Technology, 2006. – 72 p.

4 Мартыненко, А. А. Автоматизация выбора инструментальных стратегий механической обработки деталей на станках с ЧПУ : специальность 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / А. А. Мартыненко ; Волгоградский государственный технологический университет. – Волгоград, 2012. – 19 с.

5 Мирошниченко, Е. А. Технология программирования : учебное пособие / Е. А. Мирошниченко. – Томск : ТПУ, 1999. – 80 с.

6 Морокина, Г. С. Основы проектирования приборов и систем : учебно-методический комплекс / Г. С. Морокина, А. И. Потапов. – Санкт-Петербург : Санкт-петербургский горный университет, 2017. – 148 с. – ISBN 978-5-94170-470-5.

7 Коцюба, И. Ю. Основы проектирования информационных систем : учебное пособие / И. Ю. Коцюба, А. В. Чунаев, А. Н. Шиков. – Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2015. – 206 с. – ISBN 978-5-9912-0994-6.

8 Пушков, Р. Л. Разработка моделей и инструментальных средств подготовки и отладки параметрических программ для систем ЧПУ технологическими процессами : специальность 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки)» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Р. Л. Пушков ; МГТУ «СТАНКИН». – Москва, 2018. – 22 с. – ISBN 978-5-7028-0607-5.

9 Григорьев, С. Н. Развитие отечественного станкостроения – фундамент машиностроительного производства / С. Н. Григорьев // Автоматизация в промышленности. – 2012. – № 5. – С. 4–7. – ISBN 978-5-7695-6240-2.

10 Технология разработки программного обеспечения : конспект лекций / И. И. Савенко. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 67 с. – ISBN 5-7511-1991-0.

4 Martynenko, A. A. Automation of the choice of instrumental strategies for machining parts on CNC machines : specialty 05.13.06 «Automation and control of technological processes and productions» : abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Engineering Sciences / A. A. Martynenko ; Volgograd State Technological University. – Volgograd, 2012. – 19 p.

5 Miroshnichenko, E. A. Programming technology : a textbook / E. A. Miroshnichenko. – Tomsk : TPU, 1999. – 80 p.

6 Morokina, G. S. Fundamentals of designing devices and systems : an educational and methodological complex / G. S. Morokina, A. I. Potapov. – Saint Petersburg : Saint Petersburg Mining University, 2017. – 148 p. – ISBN 978-5-94170-470-5.

7 Kotsyuba, I. Yu. Fundamentals of information systems design : a textbook / I. Yu. Kotsyuba, A. V. Chunaev, A. N. Shikov. – Saint Petersburg : ITMO University, 2015. – 206 p. – ISBN 978-5-9912-0994-6.

8 Pushkov, R. L. Development of models and tools for the preparation and debugging of parametric programs for CNC systems by technological processes : specialty 05.13.06 «Automation and control of technological processes and productions (technical sciences)» : abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Engineering Sciences / R. L. Pushkov ; MSTU «STANKIN». – Moscow, 2018. – 22 p. – ISBN 978-5-7028-0607-5.

9 Grigoriev, S. N. The development of domestic machine-tool construction - the foundation of machine-building production / S. N. Grigoriev // Automation in industry. – 2012. – No. 5. – С. 4–7. – ISBN 978-5-7695-6240-2.

10 Software development technology : lecture notes / I. I. Savenko. – Tomsk : Publishing House of Tomsk Polytechnic University, 2014. – 67 p. – ISBN 5-7511-1991-0.

*S. S. Gusev, V. V. Makarov*

#### RESEARCH AND CREATION OF UNIVERSAL TURNING CYCLES OF END AND LONGITUDINAL FLUTES

**Abstract.** Nowadays, one of the most important values in the development of mechanical engineering is the automation of production processes. The main components of the production process are considered to be both automated technological processes of mechanical processing and assembly, with the help of which the necessary productivity and quality of the resulting products are achieved. The use of automated systems consisting of universal machines, CNC machines, machining centers is typical for both serial and small-scale production. For the development of operations on CNC machines and the technological process, certain approaches are necessary because of their features: when using an automatic closed cycle, the value of machine time increases; the influence of the process during operation; the number of operations increases; the use of various tools; the presence of automatic loading, processing,

unloading, control, transportation; correction of control programs; fast changeover; execution of various technological operations on one machine; application of basic cycles; integration of automated process control systems into the structure of the organization; creating general and partial management of the entire process.

**Keywords:** mechanical engineering, production process, automated systems, universal machines, CNC machines.

**For citation:** Gusev, S. S. Research and creation of universal turning cycles of end and longitudinal flutes / S. S. Gusev, V. V. Makarov // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 2. – P. 155–166. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_2\_155.

#### Сведения об авторах

**Гусев Сергей Сергеевич**  
ПАО «Ростелеком»,  
инженер-энергетик,  
e-mail: gs-serg@mail.ru

**Макаров Вадим Владимирович**  
Институт проблем управления  
им. В. А. Трапезникова РАН,  
кандидат технических наук, доцент,  
e-mail: makfone@mail.ru

#### Information about the authors

**Gusev Sergey Sergeevich**  
PJSC «Rostelecom»,  
Energy Engineer,  
e-mail: gs-serg@mail.ru

**Makarov Vadim Vladimirovich**  
V. A. Trapeznikov Institute of Control  
Sciences of the Russian Academy of  
Sciences,  
Candidate of Engineering Sciences,  
Associate Professor,  
e-mail: makfone@mail.ru