

Рисунок 2. Графическое представление спектрограммы

Из приведенного на рисунке 2 примера спектрограммы видно, что она содержит ряд локальных экстремумов, соответствующих поглощению излучения на определенной длине волны веществом объекта контроля. Известно, что хлорофилл, содержащийся в растительной ткани яблока, имеет максимум поглощения на длине волны 680 нм [3]. Аналогично, пигменты, например антоцианы и каротиноиды, имеют свои спектры поглощения. Поэтому следующей задачей является определение длин волн излучения, поглощаемого веществом, содержащимся в здоровой и дефектной ткани яблока.

В результате выполнения работ с помощью измерительного прибора FT/IR-6700 были получены спектрограммы отраженного от поверхности растительных тканей яблок света, содержащих дефекты. Анализ, полученных таким образом экспериментальных данных, позволил в дальнейшем разработать алгоритм обработки спектрограмм яблок. Это алгоритм, позволяет

осуществлять отбраковку при наличии видимых повреждений их поверхностей, не допускающих поставки потребителю.

**Исследование** выполнено за счет **гранта РФФИ** (проект № 20-38-90235)

#### Литература:

- ГОСТ 27819-88 "Яблоки свежие. Хранение в холодильных камерах" – режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200024674>.
- ГОСТ 34314-2017 "Яблоки свежие, реализуемые в розничной торговле. Технические условия" – режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/556348922>.
- Goltsev V.N, Kalaji M. H. Variable and Delayed Chlorophyll a Fluorescence-Basics and Application in Plant Sciences – режим доступа: [https://www.researchgate.net/publication/299847794\\_Variable\\_and\\_Delayed\\_Chlorophyll\\_a\\_Fluorescence-Basics\\_and\\_Application\\_in\\_Plant\\_Sciences](https://www.researchgate.net/publication/299847794_Variable_and_Delayed_Chlorophyll_a_Fluorescence-Basics_and_Application_in_Plant_Sciences).

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ 3D МОДЕЛЕЙ КАК СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕЖУЩЕГО КЛИНА ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ МАЛОРАЗМЕРНЫХ ФАСОННЫХ ОСЕВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

*Истоцкий Владислав Владимирович*  
доктор технических наук,  
директор ООО НПП «РИТ-Инжиниринг»  
Россия

### THE USE OF TECHNOLOGICAL 3D MODELS AS A MEANS OF CONTROLLING THE GEOMETRIC PARAMETERS OF THE CUTTING WEDGE IN THE MANUFACTURE OF SMALL-SIZED SHAPED AXIAL TOOLS

*Istotskiy Vladislav*  
doctor of technical Sciences,  
director LLC SPE "RIT-Engineering",  
Russia

DOI: 10.31618/nas.2413-5291.2020.2.63.364

#### АННОТАЦИЯ

В статье приведено понятие технологической 3D модели, используемой в процессах проектирования и изготовления малоразмерных режущих инструментов с фасонным профилем производящей поверхности, и показаны возможности технических измерений с помощью таких моделей. Обоснована эффективность использования технологических 3D моделей в задачах обеспечения технического совершенства малоразмерных режущих инструментов при их проектировании и изготовлении.

### ABSTRACT

The article presents the concept of a technological 3D model used in the design and manufacture of small-sized cutting tools with a shaped profile of the producing surface, and shows the possibilities of technical measurements using such models. The efficiency of the use of technological 3D models in the tasks of ensuring the technical perfection of small-sized cutting tools in their design and manufacture is justified.

**Ключевые слова:** технологическая 3D модель, контроль параметров, режущий клин, мелкоразмерный осевой инструмент.

**Keywords:** technological 3D model, control parameter, cutting wedge, small-size axial tool

### Введение

Использование мелкоразмерных фасонных осевых режущих инструментов в обработке резанием продиктовано их возможностью

осуществлять обработку фасонных поверхностей в различных материалах, например, таких как стоматологические протезы (рисунок 1).



*Рисунок 1. Применение мелкоразмерных фасонных инструментов.*

К мелкоразмерным режущим инструментам по данным работы [1] относятся инструменты с диапазоном наружных диаметров от 3 до 0,8 мм, однако возникновение необходимости изготовления инструментов значительно меньших размеров, в совокупности с развитием технологий их изготовления, расширило нижнюю границу до величин 0,3 мм.

Технология изготовления малоразмерных инструментов может включать более десяти операций, где необходим контроль геометрических параметров, среди которых особенно важны размеры окончательно изготовленной продукции, имеющей заданные характеристики резания (передние и задние углы, углы подъема винтовых режущих кромок и т.д.), изменяемые в зависимости от обрабатываемого материала.

Следует учитывать, что малоразмерный инструмент особенно чувствителен к вариации значений передних и задних углов и величинам радиального биения, в связи с чем, требуется повышенная точность измерений, особенно при формообразовании винтовых поверхностей стружечных канавок.

Применение контактных способов контроля параметров режущего клина мелкоразмерных инструментов с винтовыми режущими кромками, невозможно из-за погрешностей базирования измерительных поверхностей (щупов, базовых площадок и т.п.) на измеряемом объекте. В связи с этим для контроля значений передних и задних углов, являющихся основной характеристикой резания, используются оптические бесконтактные измерительные машины (рисунок 2).

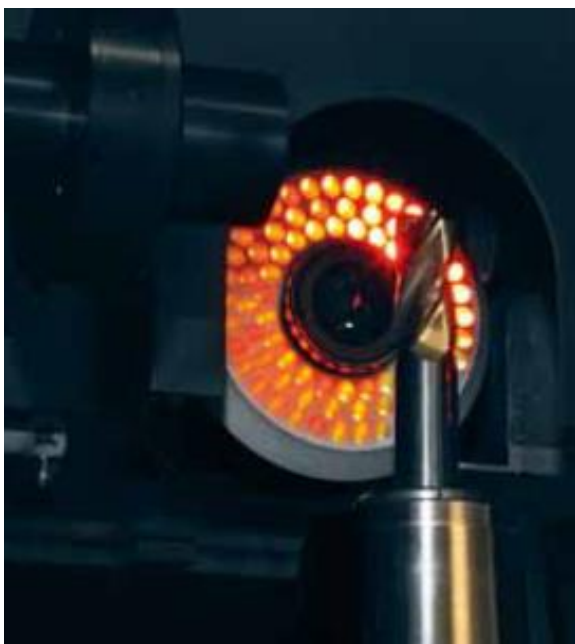


Рисунок 2. Оптическая контрольно – измерительная машина.

Специализированное программное обеспечение (рисунок 3) позволяет после получения цифрового изображения с оптической измерительной машины, путем наложения на него векторных данных произвести измерения значений углов, характеризующих режущий клин. Применение такого способа подразумевает первоначальное изготовление образца инструмента с учетом технологических особенностей формообразования фасонных винтовых поверхностей, его измерение на оптической КИМ, и в случае неудовлетворительных результатов геометрических характеристик повторное изготовление с измененными параметрами установки [2, 3].

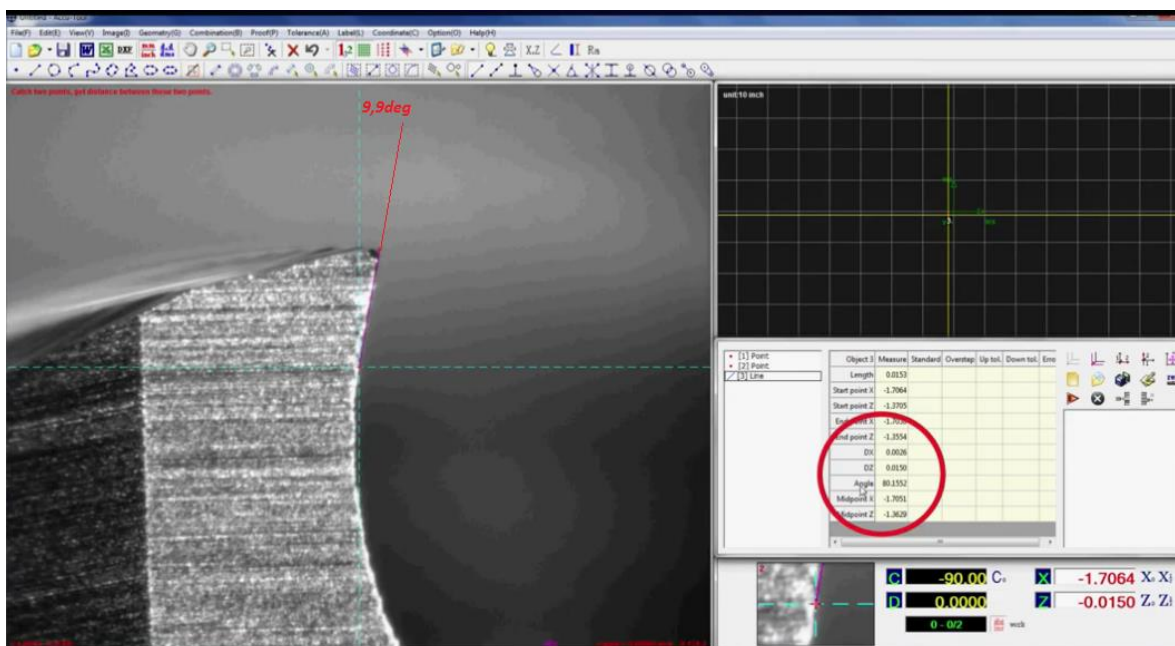


Рисунок 3. Программное обеспечение для измерения геометрических характеристик режущего клина.

Исходя из многолетнего опыта изготовления различных режущих инструментов количество повторений изготовления образца инструмента до получения требуемых геометрических параметров может достигать 3-4 штук. Такая технология увеличивает время настройки оборудования на партию инструмента, а при мелкосерийном выпуске (экономически возможен только при гибком производстве) вообще нерентабельна.

#### Постановка задачи

В связи с вышеизложенным, необходимо разработать новый способ управления контролем параметров передних и задних углов мелкогабаритных инструментов на этапе подготовки производства, обеспечивающих гибкость технологического процесса.

По нашему мнению таким способом должен быть моделируемый контроль с применением графических возможностей ЭВМ и технологических 3D моделей, основанный на графоаналитическом синтезе [4]. Под технологической 3D моделью понимается виртуальное тело, образованное в результате взаимодействия двух 3D моделей, одна из которых играет роль заготовки инструмента, а вторая инструмента второго порядка – в нашем случае шлифовального круга, которым обрабатывается винтовая стружечная канавка инструмента. Взаимодействие тел адекватно отражает управляющую программу многокоординатного шлифовально – заточного станка с ЧПУ, используемую при изготовлении инструмента.

Полученная 3D модель в выбранном масштабе полностью соответствует реальному инструменту (за исключением параметров точности реального оборудования), и позволяет средствами ЭВМ выполнять необходимые измерения [5,6].

#### Результаты экспериментов

Рассмотрим более подробно проектирование режущей части концевой фрезы диаметром 0,8 мм,

имеющей три зуба, угол подъема режущей кромки  $20^\circ$  и передний угол  $10^\circ$ .

На рисунке 4 показан результат успешного синтеза параметров проектируемого торцового сечения такой фрезы с применением программно-методического комплекса [7], один из модулей которого реализует построение 2D сечений и технологических 3D моделей.

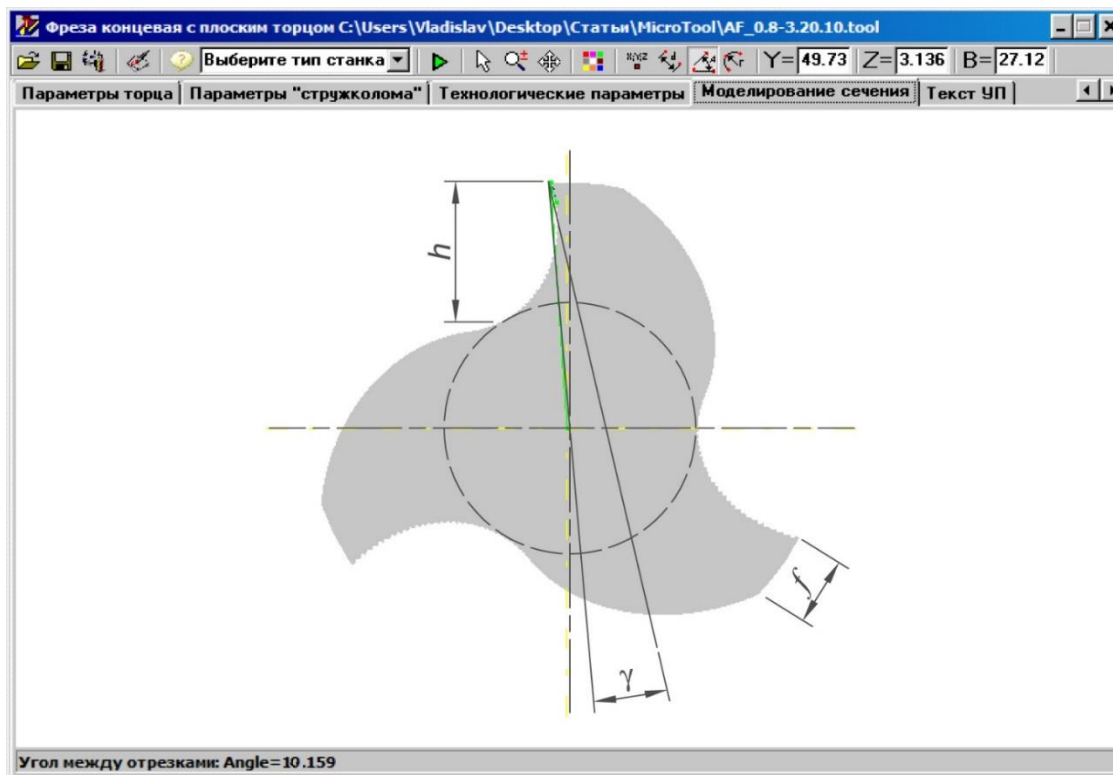


Рисунок 4. Результат успешного синтеза концевой фрезы  $\varnothing 0,8$  мм, Z3,  $\gamma 10^\circ$

Сечение, изображенное на рисунке 4, получено при следующих исходных данных: глубина стружечной канавки  $h = 0,2$  мм, ширина задней поверхности  $f = 0,17$  мм. При расчете параметров установки инструмента второго порядка задавалось значение переднего угла  $\gamma = 10^\circ$ . В результате измерения методами компьютерной графики

торцового сечения (рисунок 4) значение переднего угла составило  $10,159^\circ$ .

На рисунке 5 показаны результаты неудачного синтеза вышеуказанной фрезы. Рисунок 5а отображает сечение, полученное при глубине стружечной канавки  $h = 0,3$  мм и ширине задней поверхности  $f = 0,12$  мм, а рисунок 5б - результат синтеза с параметрами  $h = 0,25$  мм и  $f = 0,15$  мм.

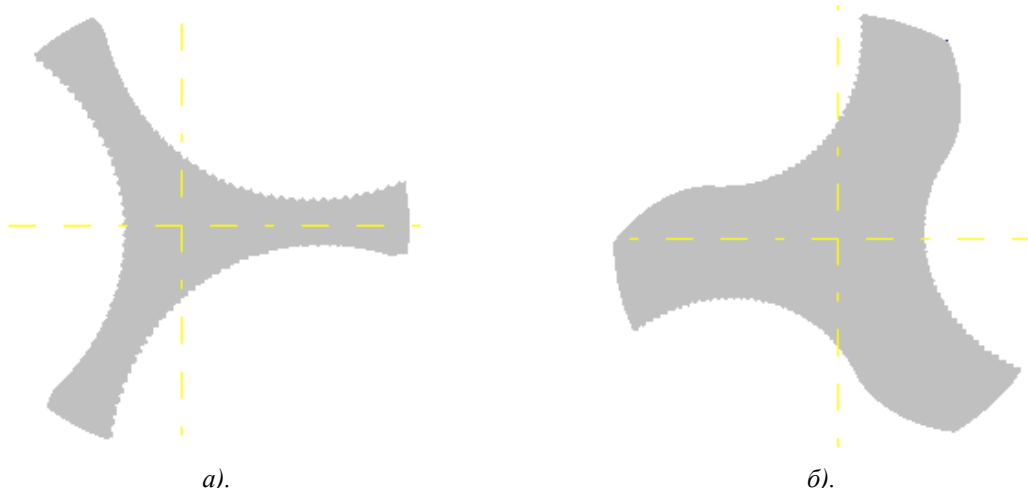


Рисунок 5. Результат неблагоприятного синтеза параметров концевой фрезы  $\varnothing 0,8$  мм

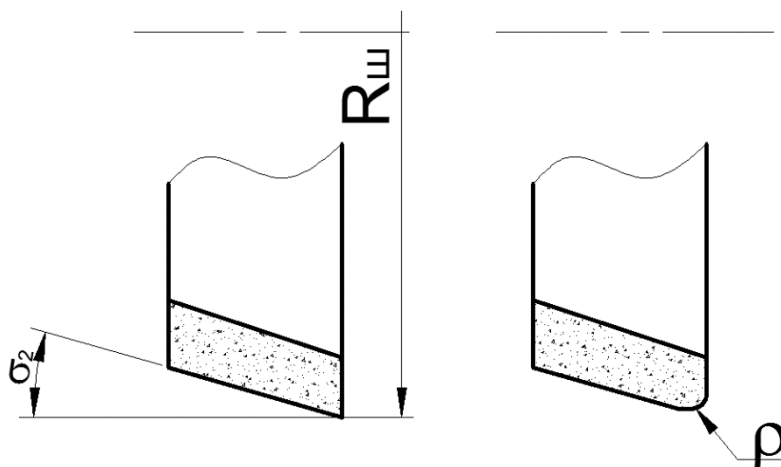
Изменение входных параметров синтеза, например ширины задней поверхности с величины 0,15 мм до величины 0,17 мм (т.е. в пределах 10%) значительным образом влияет на форму сечения мелкогабаритного инструмента. Опыт производства мелкогабаритного инструмента показывает, что изменение входных параметров синтеза даже в пределах нескольких микрометров может привести к неудовлетворительному результату, поэтому использование графического моделирования торцевого сечения эффективно снижает риск получения неудовлетворительного результата. Качество измерений в этом процессе играет доминирующую роль, которая возрастает при уменьшении диаметра инструмента.

Рассмотрим влияние погрешностей формы инструмента второго порядка на результат синтеза сечения мелкогабаритного инструмента с применением технологических 3D моделей. При синтезе параметров стружечной канавки фрезы

Ø0,8 в качестве инструмента второго порядка использовался шлифовальный круг формы 1V1 (рисунок 6) с диаметром 100 мм.

Технологическая 3D модель инструмента при удачном синтезе его параметров показана на рисунке 7.

При износе (наличии погрешностей формы) шлифовального круга по основной окружности, которая в примере (рисунок 6) имеет максимальный радиус 100 мм и контактирует с дном стружечной канавки, происходит искажение формы передней поверхности, и, как следствие изменение величины переднего угла. Измерения показывают, что при диаметре фрезы 12 мм допустимый износ составляет 0,2 мм, при диаметре 3 мм – 0,05 мм, а для диаметра 0,8 износ в 0,05 недопустим, поскольку он вызывает искажение переднего угла более 10°.



а). б).

Рисунок 6. Форма шлифовального круга 1V1

а). – идеальная форма;

б). – форма при износе круга или после правки с наличием погрешностей.

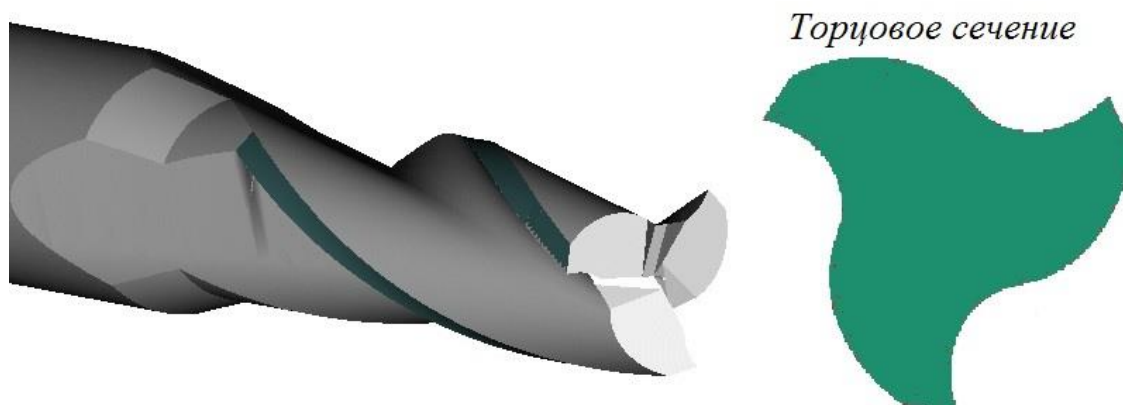


Рисунок 7. Технологическая 3D модель фрезы Ø0,8 – результат удачного синтеза

Износ или погрешности круга при правке по профильному углу  $\sigma_2$  (рисунок 7) на 2° (при

номинальном значении  $\sigma_2 = 80^\circ$ ) вызывает изменение ширины задней поверхности в два раза.

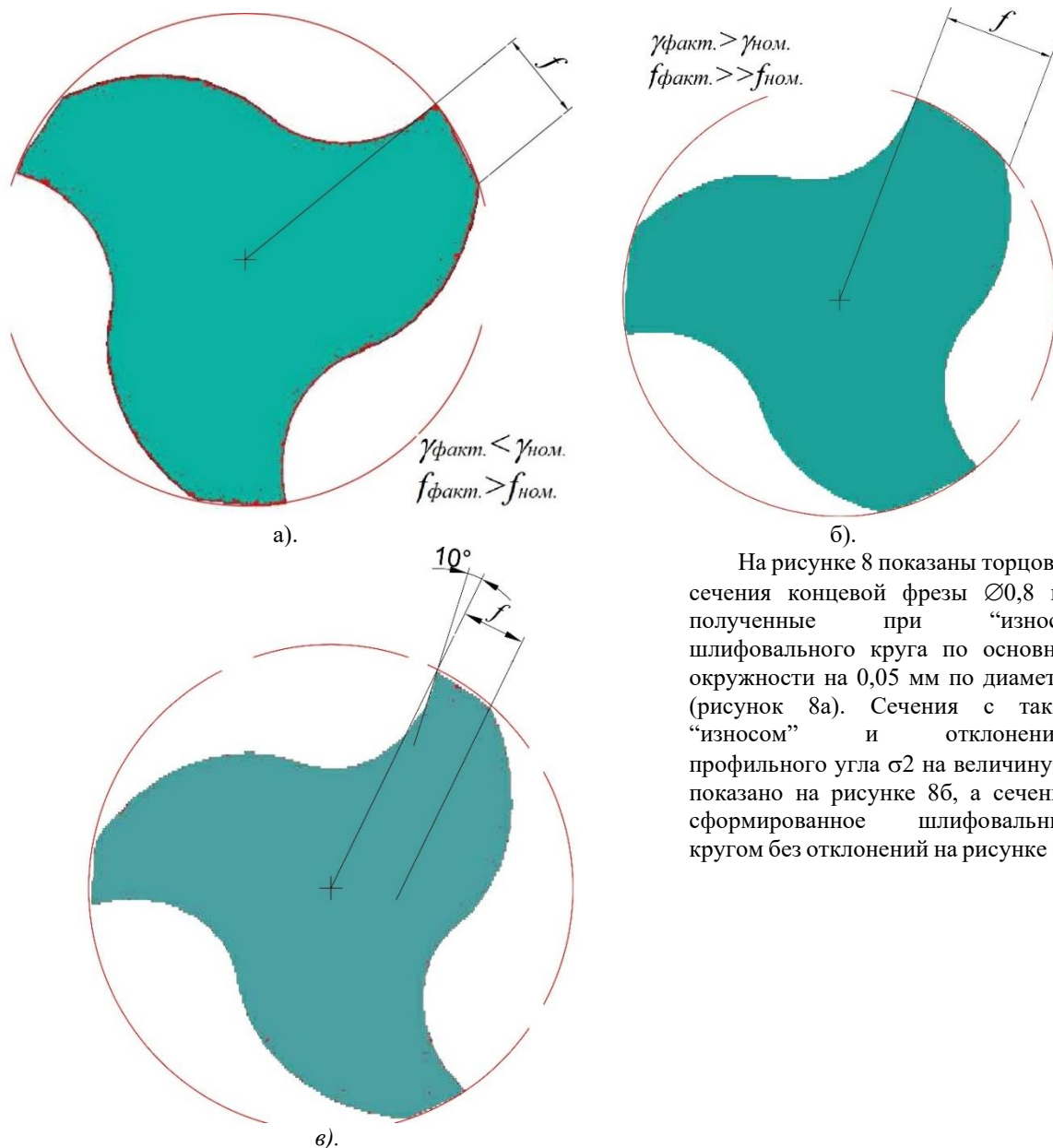


Рисунок 8. Сечения концевой фрезы  $\varnothing 0,8$  мм, полученные при моделировании процесса формирования стружечной канавки и измерении технологической 3D модели.

Актуальность моделируемого контроля мелкоразмерного инструмента с применением технологических 3D моделей увеличивается по мере того, как уменьшаются его диаметральные размеры и увеличивается число его зубьев. Так, например, моделируемый контроль геометрии режущего клина фасонной борфрезы, показанной

на рисунке 9 в виде технологической 3D модели, имеющей диаметр производящей поверхности 1 мм и число зубьев  $Z=16$ , возможен только с применением виртуальных средств измерения, т.к. никакими другими средствами неразрушающего контроля его произвести невозможно.

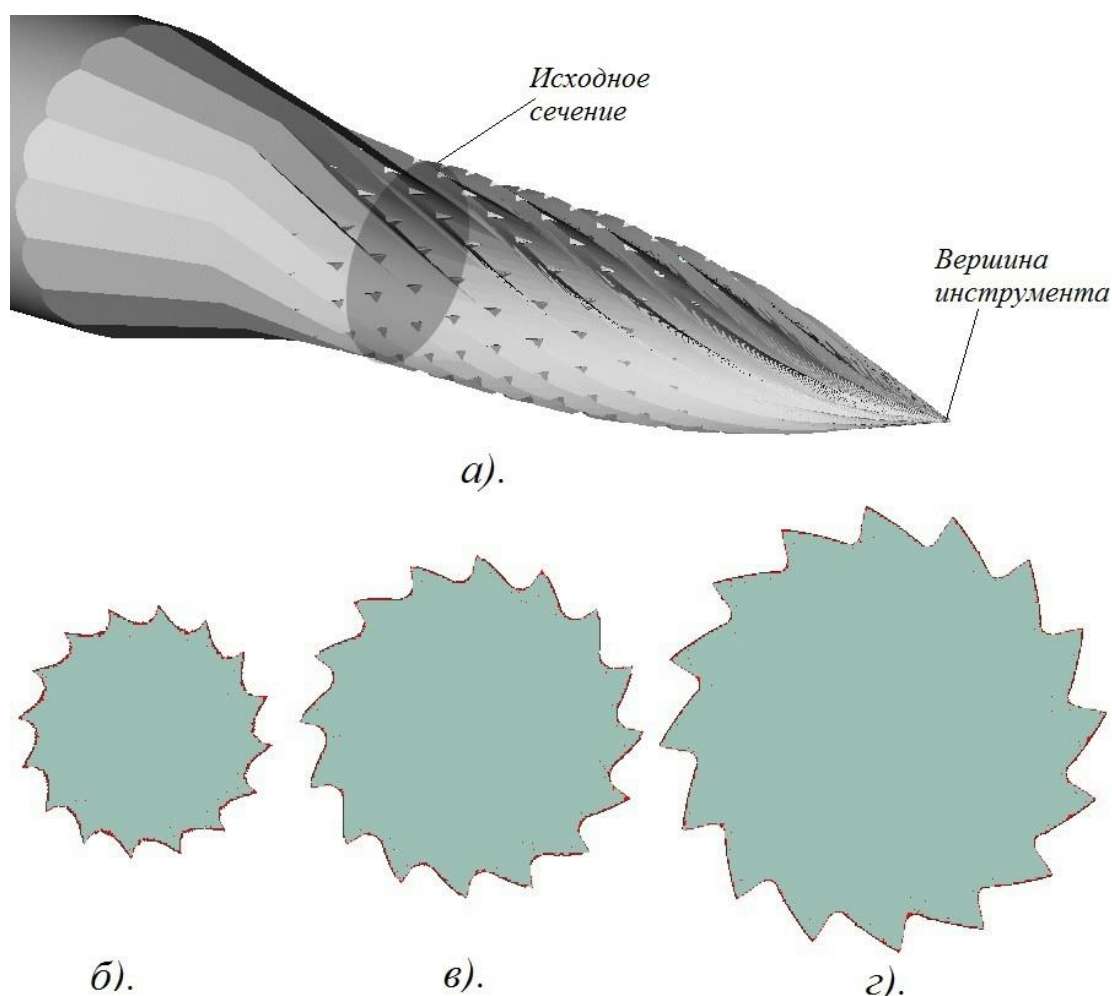


Рисунок 9. Технологическая 3D модель борфрезы формы G, имеющей  $\varnothing 1$  мм и число зубьев Z16.  
 а). технологическая модель; б). сечение на расстоянии 0,5 мм от вершины; в). сечение на расстоянии 1 мм от вершины; г). исходное сечение

#### Вывод и заключение

Проведение моделируемого контроля параметров режущего клина осевого малоразмерного инструмента нужно проводить, используя результат графоаналитического синтеза – технологическую 3D модель. В этом случае исключается необходимость изготовления дополнительных контрольных образцов инструмента, что снижает затраты и время на подготовку производства.

При изготовлении мелкоразмерного инструмента в обязательном порядке необходимо проводить контроль геометрических параметров инструментов второго порядка с применением доступных измерительных инструментов (микрометров, угломеров, микроскопов), обеспечивая при этом максимально возможную точность.

Синтез режущей части мелкоразмерного инструмента на стадии проектирования можно проводить без учета величин износа инструмента второго порядка, что, несомненно, упрощает процесс, однако формирование технологической 3D модели при анализе точности изготовления инструментов необходимо производить только с реальными значениями “износа” и отклонений

профиля производящей поверхности шлифовальных кругов.

#### Литература:

1. Куприянов В.А. Мелкоразмерный инструмент для резания труднообрабатываемых материалов. – М.: Машиностроение, 1989. - 136 с.: ил.
2. Истоцкий В.В. Протасьев В.Б. Принципы современного проектирования режущей части фасонных инструментов с учетом особенностей их изготовления на заточных станках с ЧПУ //Известия ТулГУ (Технология машиностроения). – Тула: Изд-во ТулГУ, 2006. – с. 102-107.
3. Протасьев В.Б. Истоцкий В.В. Подготовка управляющих программ к шлифовально-заточным станкам с ЧПУ при изготовлении сложнопрофильных режущих инструментов// Инженерный журнал справочник №7(184) за 2012 г. с.8-12.
4. Истоцкий В.В. Алгоритм графоаналитического синтеза фасонных инструментов с винтовыми зубьями. Черные металлы 2019. №1. 72-77
5. Истоцкий В.В., Протасьев В.Б., Панченко О.Л., Мекеня О.М. Измерения с использованием

3D-моделей// Журнал Мир измерений № 5 за 2011 г. с. 15-19

6. Протасьев В.Б., Истоцкий В.В., Мекеня О.М. Оценка точности измерений с использованием 3D моделей// Журнал Мир измерений № 7(137) за 2012 г. с. 18-22.

7. Истоцкий В.В. Теоретические основы проектирования фасонных инструментов с винтовыми зубьями и технология их формообразования на станках с ЧПУ с использованием графоаналитического синтеза: Дис. докт. техн. наук: 05.02.07: Тула, 2019, 332 с.

#### АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТОВ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕХНИЧЕСКОГО СУЛЬФАТА АММОНИЯ

**Моисеенко Никита Владимирович**

Студент

Липецкий государственный технический университет

г. Липецк

**Сулова Светлана Александровна**

Кандидат технических наук, доцент

Липецкий государственный технический университет

г. Липецк

**Красникова Елена Михайловна**

Кандидат химических наук, доцент

Липецкий государственный технический университет

г. Липецк

**Скуратов Никита Михайлович**

Студент

Липецкий государственный технический университет

г. Липецк

#### AUTOMATION OF CALCULATIONS FOR DETERMINING QUALITATIVE INDICATORS OF TECHNICAL AMMONIUM SULPHATE

**Moiseenko Nikita Vladimirovich**

Student

Lipetsk State Technical University,

Lipetsk

**Suslova Svetlana Alexandrovna**

Candidate of Technical Sciences, assistant professor

Lipetsk State Technical University,

Lipetsk

**Krasnikova Elena Mikhailovna**

Candidate of Chemical Sciences, assistant professor

Lipetsk State Technical University, Lipetsk

**Skuratov Nikita Mikhailovich**

Student

Lipetsk State Technical University,

Lipetsk

DOI: [10.31618/nas.2413-5291.2020.2.63.361](https://doi.org/10.31618/nas.2413-5291.2020.2.63.361)

#### АННОТАЦИЯ

В статье представлен алгоритм и программа его реализации для обработки результатов анализа по определению качественных показателей технического сульфата аммония. Предложенная программа позволяет рассчитать численные значения качественных показателей, а также определить соответствие сульфата аммония требованиям ГОСТ к товарному продукту.

#### ABSTRACT

The article presents an algorithm and a program for its implementation for processing the results of analysis to determine the quality indicators of technical ammonium sulfate. The proposed program allows you to calculate the numerical values of quality indicators, as well as to determine the compliance of ammonium sulfate with the requirements of GOST for a commercial product.

**Ключевые слова:** сульфат аммония; технический; товарный продукт; качественные показатели; ГОСТ; программа; обработка результатов.

**Keywords:** ammonium sulfate; technical; commercial product; quality indicators; GOST; program; processing of results.

Основную долю всего сульфата аммония производят на коксохимических предприятиях при улавливании аммиака из коксового газа [3, 4]. Являясь вторичным продуктом коксохимического