

Применение компьютерного моделирования при проектировании спиральных сверл

А.В.Хайруллин

Руководитель: Д.В. Емельянов

*ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им.А.Н.Туполева-КАИ» г.Набережные Челны, Россия*

*Аннотация:* В статье рассмотрены вопросы применения САПР режущего инструмента. Увеличение производительности труда при разработке новых изделий, уменьшение времени проектирования, обеспечение высокого качества разработки – основные проблемы современного развития машиностроения, решение которых определяет уровень технического и технологического прогресса. Создаваемая модель САПР основывается на интеграции данных и представляет собой полное электронное описание изделия, где присутствуют конструкторская, технологическая, производственная и другие базы данных по изделию, для обеспечения которой в первую очередь необходима информационно справочная система, технической реализацией которой является банк данных.

*Ключевые слова:* Спиральные сверла, жесткость, алгоритм проектирования

Совершенствование систем автоматизированного проектирования (САПР) основывается на прочной научно-технической базе. В настоящее время созданы и широко используются средства и методы, обеспечивающие автоматизацию повседневных процедур: подготовка текстовой документации, преобразование чертежей, построение графических изображений и т.д.

Главную роль в создании автоматизированной системы играют IT-технологии, развитие которых происходило следующим образом [1]:

1. 60 годы 20 века – автоматизация решения простейших функций;
2. 70 годы 20 века – интеллектуальная направленность, формирование прогнозирования, моделирования и управления;
3. 80 годы 20 века – увеличение сферы использования IT-технологий, формирование электронных баз данных и сетей локального характера;
4. 90 годы 20 века – объединение информационных ресурсов при создании IT-технологий; совместное использование информации.

В последние годы большое развитие получили системы CAD/CAM/CAE интегрированные системы, которые представляют собой функциональный набор средств, для автоматизации процессов конструкторской и технологической подготовки производства и инженерных расчетов. Эти системы включают в себя программно-технические модули, функционально охватывающие анализ объектов, создание чертежей, подготовку производства и обеспечивают высокую гибкость всего производства.

Системы CAD/CAM/CAE позволяют в масштабе целого предприятия логически связывать всю информацию о выпускаемом изделии и обеспечить

быстрый доступ к ней пользователей. В области САД производится моделирование изделия, обеспечивающее подготовку конструкторской документации. В области САМ систем производится технологическая подготовка производства. Анализ проектируемого изделия, визуализация напряжений и деформаций конструкции, расчеты на прочность производятся в подсистеме САЕ.[4]

Создаваемая модель САПР основывается на интеграции данных и представляет собой полное электронное описание изделия, где присутствуют конструкторская, технологическая, производственная и другие базы данных по изделию, для обеспечения которой в первую очередь необходима информационно справочная система, технической реализацией которой является банк данных. Требования, предъявляемые к информационно-справочной системе следующие:

- полнота информации;
- быстрый доступ к информации;
- целостность и защита от несанкционированного доступа.

Так же эта система должна [6] осуществлять поиск инструмента с учетом следующих параметров: точность, виброустойчивость, жесткость, и содержать все необходимые параметры режущей части инструмента[2].

В табл. 1 представлены геометрические характеристики режущего инструмента.

Таблица 1. Характеристики режущего инструмента

Обозначение	$\gamma$	$\alpha$	$\alpha_1$	$\varphi$	$\varphi_1$	$\omega$	$\lambda$	Материал режущей части	D	H	L

В поле «обозначение» содержится обозначение инструмента, по государственному стандарту или по стандарту принятому на предприятии. [3]. Сама же информационная система режущего инструмента представляет собой совокупность математических моделей, алгоритмов, которые описывают взаимосвязи операций, процедур и модулей проектирования.

Поисковая система режущего инструмента организована по блочно-модульному признаку, суть которого является разбиение на части объекта или процесса. Укрупненная структура поисковой системы представлена на рис. 1.

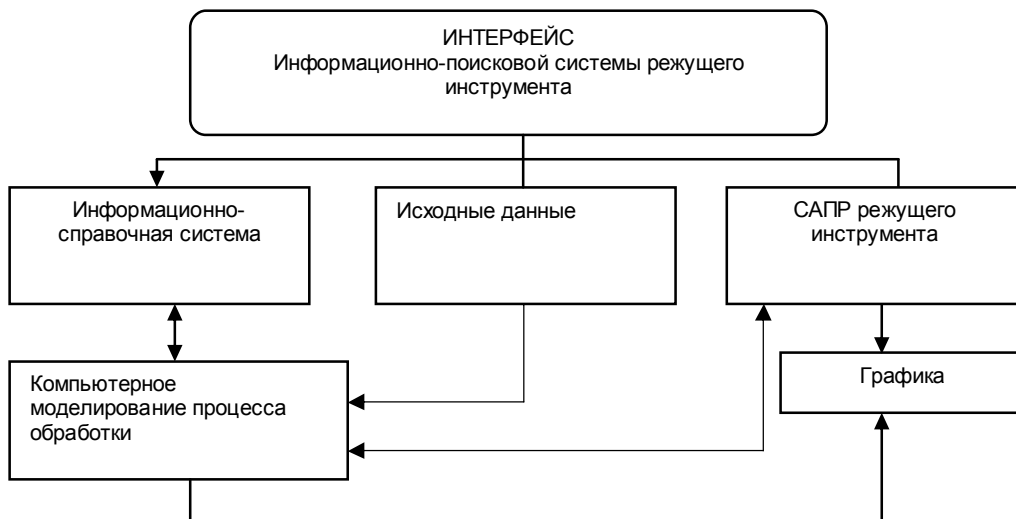


Рисунок 1. Укрупненная схема информационно-поисковой системы режущего инструмента

Технически реализовать данную систему возможно только с использованием банка данных, задачей которого является нахождение по предварительной информации подходящего режущего инструмента. Укрупненная структура банка данных представлена на рис. 2.

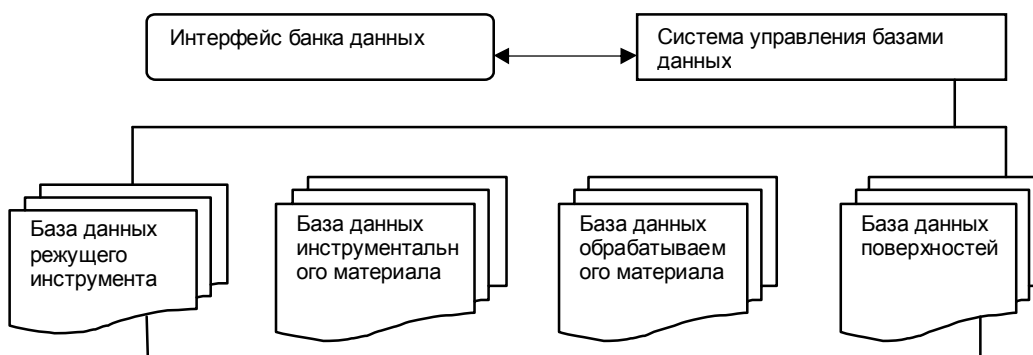


Рисунок 2. Укрупненная схема банка данных

Однако если требуемый режущий инструмент нельзя, по каким то причинам найти в информационно-справочной системе тогда необходимо подключить соответствующую САПР РИ.

Укрупненная блок схема проектирования специального инструмента представлена на рис 3.

Отдельным блоком в информационно-поисковой системе режущего инструмента является «блок компьютерного моделирования» в результате работы которого является разработанная компьютерная модель того или иного инструмента.

Строгое аналитическое описание винтовых поверхностей при попытке определения профиля режущего инструмента для их обработки является основной проблемой при проектировании. Так, например, для винтовых поверхностей расположенных на цилиндре аналитические выражения были получены в работе [1]. Невозможность практически четкого описания винтовой

линии расположенной на криволинейной поверхности вращения доказана в работе [1]. Для поверхностей переменного шага наиболее удачной описанной оказалась методика [1].

Винтовая поверхность переменного шага формируется переменным винтовым движением криволинейной образующей.

Существует три варианта такой поверхности:

- 1) с переменным значением шага и переменным значением угла  $\omega$ ;
- 2) с постоянным значением угла наклона винтовой линии  $\omega$  и переменным значением шага винтовой линии;
- 3) с переменным значением угла наклона винтовой линии  $\omega$  и постоянным значением шага винтовой линии.

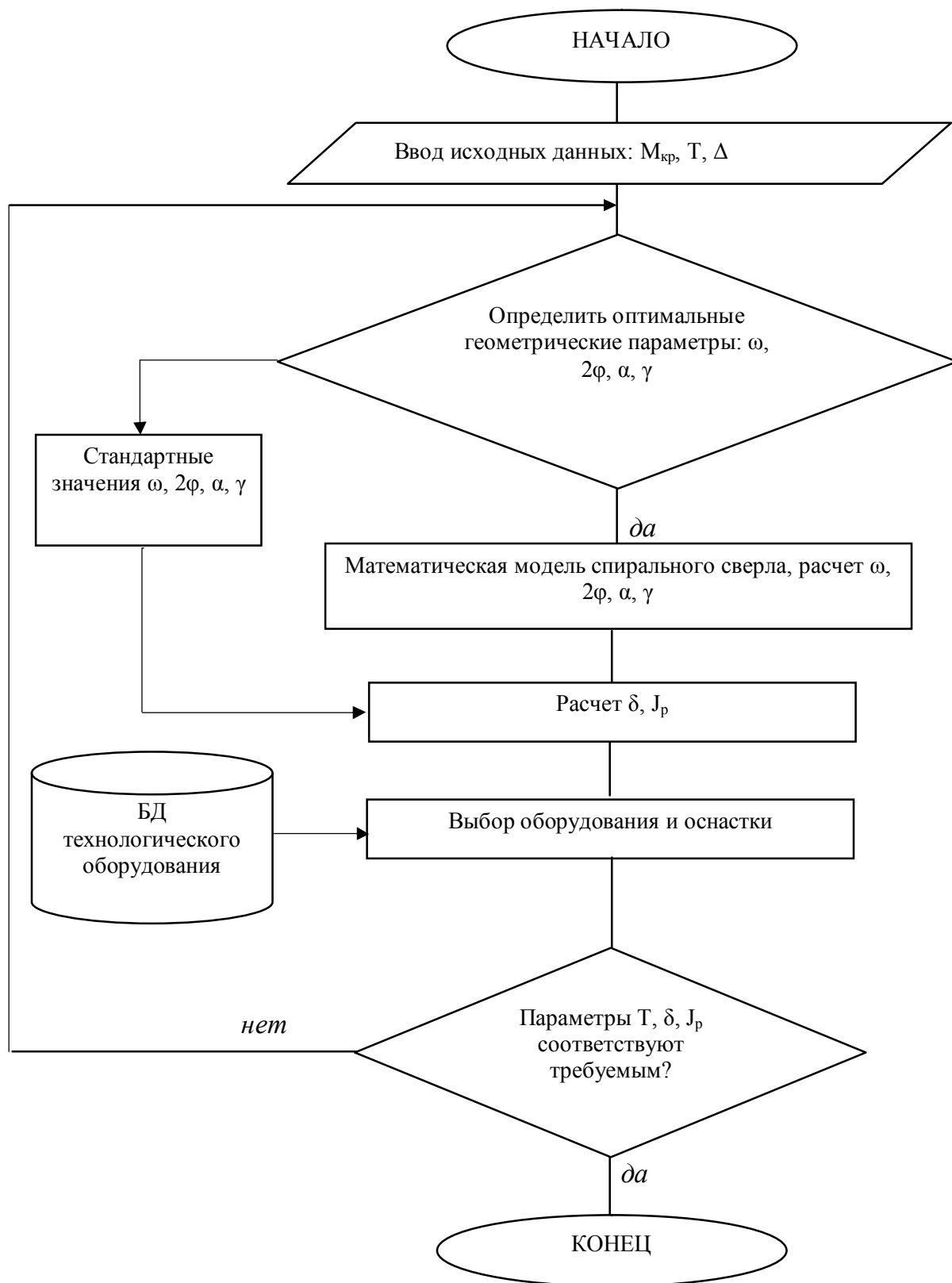


Рисунок 3. Укрупненная блок-схема проектирования осевого инструмента с переменным углом наклона винтовых стружечных канавок

Для сохранения профиля винтовой канавки необходимо изменять положение фрезы, так как при фрезеровании дисковой фрезой могут возникать

зарезы. При фрезеровании пальцевой фрезой особых проблем с профилем канавки не возникает.

На основании зависимостей, определенных в работе [1] существует следующая связь, для цилиндрических винтовых поверхностей [5], между получаемым передним углом инструмента первого порядка в нормальном сечении и углом наклона направляющей винтовой линии: при увеличении угла наклона направляющей линии передний угол уменьшается

$$\gamma_n = \arctg(\operatorname{tg} \gamma_t \cos \omega), \quad (1)$$

где  $\gamma_t$  – передний угол;

$\omega$  – угол наклона направляющей винтовой линии [1].

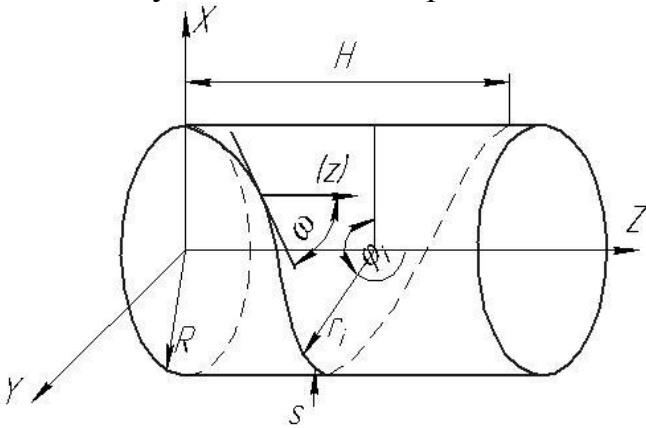


Рисунок 4 Основные элементы винтовой линии

В случае с винтовой линией переменного шага  $H$ , угол  $\omega$  будет переменным. Под углом  $\omega$  понимается угол между положительным направлением вектора касательной к винтовой линии и оси винтового движения ( $OZ$ ). Определим зависимость угла  $\omega$  радиуса  $r_i$ .

$$|\bar{r}(\varphi)| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}, \quad (2)$$

где  $x, y, z$  – координаты текущей точки;

$|\bar{r}|$  – радиус вектор

$$x^2 + y^2 = R^2 \quad (3)$$

Подставив уравнение (3) в (2) получим:

$$|\bar{r}(\varphi)| = \sqrt{R^2 + z^2} \quad (4)$$

Угол наклона обозначим через  $\omega$ , тогда

$$\frac{z}{R} = \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2} - \omega\right) \quad (5)$$

Отсюда следует, что

$$\omega = \operatorname{arcctg} \frac{z}{R} \quad (6)$$

Уравнение, описывающее закон изменения угла наклона стружечных канавок запишем следующим образом:

$$z = ax + bx^2 \quad (7)$$

В таком случае угол наклона винтовой линии изменяется непрерывно, при этом, обеспечивается непрерывное управление положением фрезы согласно изменению угла наклона[4], в таком случае мы получим постоянный профиль фрезеруемой канавки. В этом случае для получения закона изменения угла наклона винтовой линии необходимо изучить поведение функции. Для определения угла наклона винтовой линии соответствующей уравнению (7) необходимо найти ее производную.

Зная, что производная есть тангенс угла наклона, получим следующее:

$$\text{при } x = 0, \quad \frac{dz}{dx} = \text{tg}\varphi_H = a \quad \frac{dz}{dx} = a + 2bx \quad (8)$$

Где  $\text{tg}\varphi_H$  – соответствует начальному углу.

Тогда в конечной точке рабочей части сверла угол найдется следующим образом:

$$\text{при } x = L, \quad \frac{dz}{dx} = a + 2bL \quad (9)$$

$$\text{tg}\varphi_K = a + 2bL = \text{tg}\varphi_H + 2bL \quad (10)$$

Таким образом, зная, начальные и конечные углы запишем закон изменения угла наклона винтовой линии и отразим на рисунке 5:

$$z = r\alpha \cdot \text{tg}\varphi_H + (r\alpha)^2 \cdot \frac{\text{tg}\varphi_K - \text{tg}\varphi_H}{2L} \quad (11)$$

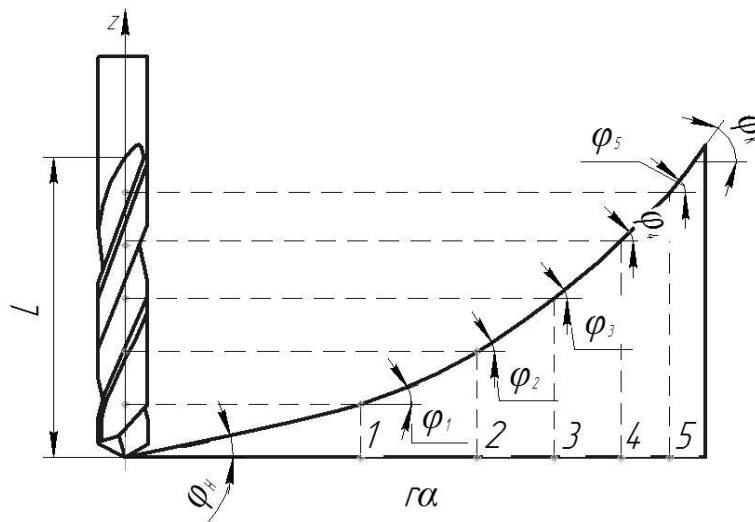


Рисунок 5 Определение угла наклона винтовой линии

$$\begin{cases} X = R \cos \alpha; \\ Y = R \sin \alpha; \\ Z = Z(\alpha) \end{cases} \quad (12)$$

Подставив уравнение 11 в 12 получим:

$$\begin{cases} X = R \cos \alpha; \\ Y = R \sin \alpha; \\ Z = r\alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi_H + (r\alpha)^2 \cdot \frac{\operatorname{tg} \varphi_K - \operatorname{tg} \varphi_H}{2L} \end{cases} \quad (13)$$

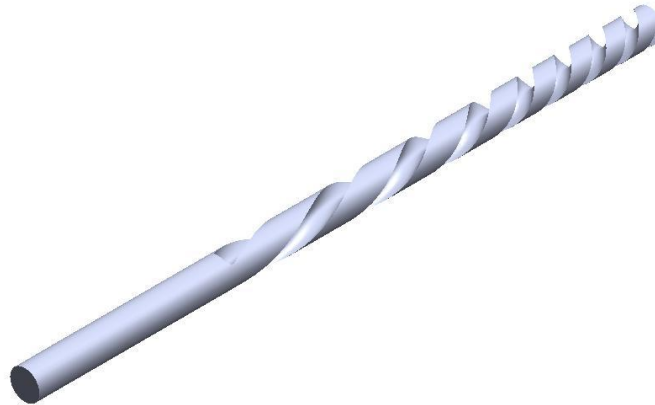


Рисунок 6 Компьютерная модель спирального сверла с переменным углом наклона стружечных канавок.

Полученные аналитические выражения, позволяют описать винтовую поверхность с переменным углом наклона спирали.

В результате выполнения расчетов по приведенному методу получено описание винтовой поверхности. Придав образующей движение вдоль направляющей винтовой линии, можно получить математическое описание винтовой поверхности с заданным законом изменения угла наклона [3], компьютерная реализация которой представлена на рис 6.

Представленная компьютерная модель спирального сверла позволит разработать корректную управляющую программу для высокопроизводительных станков с ЧПУ.

Библиографический список:

1. Емельянов, Д.В. Проектирование и производство спиральных сверл переменной жесткости с изменяемым углом наклона стружечных канавок: дис. ... канд. техн. наук / Д.В. Емельянов. – Казань: КНИТУ им. Туполева А.Н., 2014. – 126 с.
2. Емельянов Д.В. Конструкция спирального сверла с переменным углом подъема спирали для формообразования отверстий в труднообрабатываемых материалах [Текст] / Д.В. Емельянов // Справочник. Инженерный журнал (с приложением). – 2013. – № 3. – С. 31–34.



3. Емельянов Д.В. Изучение работоспособности сверл с переменным шагом винтовой линии [Текст] / Д.В. Емельянов // Инженерный вестник Дона. Южный федеральный университет (Ростов-на-Дону). – 2012.- С. 160-162
4. Савин И.А. Исследование характеристик износостойких покрытий, наносимых на режущие инструменты сложной формы методом катодно-ионной бомбардировки//Заготовительные производства в машиностроении. 2012. № 9. С. 41-44.
5. Савин И.А. Вопросы выбора материала режущей части инструмента при проектировании обработки резанием [Текст] // Современная техника и технологии. 2015. № 1 p.67-71 [Электронный ресурс]. URL: <http://technology.snauka.ru/?p=5589>
6. Savin I.A. Los rasgos las elecciones del material de la parte que corta del instrumento al diseñado del tratamiento por el corte [Текст] // Modern scientific researches and innovations. 2015. №1 p.222-225 [Electronic journal]. URL: <http://web.snauka.ru/en/issues/2015/01/46088>
7. Khakimzyanova A.A., Sadikov I.R., Savin I.A. Heat of combustion engines. analysis of the application // Modern scientific researches and innovations.2015.№ 10 p. 223-228 [Electronic journal]. URL: <http://web.snauka.ru/en/issues/2015/10/58160>