

## СЕКЦИЯ 2

# СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ И УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

УДК 621.95.025

Д. С. Гайдай<sup>1</sup>, Н. В. Чичкан<sup>2</sup>, кандидат технических наук, доцент<sup>2</sup>, Л. Л. Сотник<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Филиал закрытого акционерного общества «Атлант» — Барановичский станкостроительный завод, Барановичи

<sup>2</sup>Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА T-FLEX«АНАЛИЗ» ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ УГЛА ПРИ ВЕРШИНЕ СПИРАЛЬНОГО СВЕРЛА НА ЕГО ПРОЧНОСТЬ

**Введение.** Проектирование технического объекта — создание, преобразование и представление в принятой форме образа этого еще не существующего объекта. Образ объекта или его составных частей может генерироваться в соответствии с некоторыми алгоритмами в процессе взаимодействия человека и электронно-вычислительных машин (ЭВМ). В любом случае инженерное проектирование начинается при наличии выраженной потребности общества в некоторых технических объектах, которыми могут быть объекты, опытные образцы, промышленные изделия или процессы [1].

Проектирование, при котором все проектные решения или их часть получают путем взаимодействия человека и ЭВМ, называют автоматизированным проектированием, в отличие от ручного (без использования ЭВМ) или автоматического (без участия человека на промежуточных этапах). Автоматическое проектирование возможно лишь в отдельных частных случаях для сравнительно несложных объектов. Превалирующим в настоящее время является автоматизированное проектирование. Системы автоматизированного проектирования (САПР) применяются в отраслях общего машиностроения. Их часто называют машиностроительными САПР или системами *MCAD (Mechanical Computer-Aided Design)* [2].

**Основная часть.** Сверло — один из самых распространенных видов инструмента, служащий для образования отверстий в сплошном материале (сверления), а также для рассверливания предварительно подготовленного отверстия 4—5 классов точности и рассверливания конических углублений. Наиболее распространенными типами сверл являются: спиральные (винтовые), перовые, кольцевые, эжекторные, одностороннего резания, комбинированные. Типичным представителем этого вида инструмента является спиральное сверло [1, с. 199].

Спиральные, или, правильнее, винтовые, сверла были впервые показаны на Всемирной торговой выставке в 1867 году американской фирмой «Морзе». До настоящего времени основные особенности их конструкции сохранились практически неизменными. Из всех известных конструкций сверл спиральные сверла нашли наибольшее применение благодаря следующим достоинствам: 1) хорошему отводу стружки из обрабатываемого отверстия из-за наличия винтовых канавок; 2) положительным передним углам на большей длине главных режущих кромок; 3) большому запасу на переточку, которая производится по задним поверхностям и может выполняться вручную или на специальных заточных станках, в том числе станках-автоматах; 4) хорошему направлению сверла в отверстии из-за наличия калибрующих ленточек на наружной поверхности калибрующей части инструмента [3, с. 94].

Работа по изучению прочности спиральных сверл с учетом их геометрических характеристик была начата в начале XX века, но из-за отсутствия технических возможностей не смогла ответить в полном объеме на вопрос влияния угла при вершине спирального сверла на его прочность.

В современном мире инженерное программное обеспечение позволяет применять его при практических и виртуальных испытаниях. Подтверждение работоспособности или определенных эксплуатационных характеристик спиральных сверл проводится через создание опытных образцов или макетов с последующим испытанием в реальных условиях или приближенных к ним. Такие испытания являются длительными и затратными. На современном этапе созданы условия для виртуальных испытаний с применением современных систем инженерного анализа *CAE (Computer-Aided Engineering)*.

Использование *CAE* позволяет существенно сократить количество экспериментов, а самое главное, что оно дает широкую картину происходящих процессов, чем практический эксперимент, и, что не менее важно, — значительно ускоряет процесс исследования. Это позволит в процессе исследования спирального сверла выбрать оптимальные размеры и условия эксплуатации, экономя значительные средства и время.

Среди всех ныне существующих *CAE*-программ выбор остановлен на трех программных продуктах: *SOLIDWORKS*, *КОМПАС-3D*, *T-FLEX*. В результате сравнения этих трех продуктов было установлено, что исследовать поставленную задачу наиболее эффективно в *T-FLEX*, так как это профессиональная конструкторская система, объединяющая в себе мощные параметрические возможности *2D*-моделирования и *3D*-моделирования

со средствами создания и оформления чертежей и конструкторской документации, а также технические новшества и хорошую производительность в сочетании с удобным и понятным интерфейсом, что делают *T-FLEX* универсальным и эффективным средством 2D-моделирования и 3D-моделирования изделий.

Если быть более точным, то в системе *T-FLEXCAD* [2] было построена 3D-модель спирального сверла, а вот что касается самого изучения характеристик спирального сверла, то использовался другой интегрированный с *T-FLEX* программный продукт — среда конечно-элементных расчетов *T-FLEX* «Анализ» [4]. Используя *T-FLEX* «Анализ», пользователь системы *T-FLEX CAD* имеет возможность осуществлять математическое моделирование распространенных физических явлений и решать важные практические задачи, возникающие в повседневной практике проектирования.

Одной из наиболее трудоемких задач являлось преобразование конструкторской модели в расчетную. Ситуация осложнялась тем, что проверка модели часто приводит к доработкам конструкции, а это, в свою очередь, к повторному созданию расчетной модели. Оптимальным выходом из этой ситуации являлось ассоциативное перестроение конструкторских и расчетных моделей. Интегрированный программный продукт *T-FLEX* «Анализ» в полной мере поддерживает такую ассоциативность. Для ее использования было достаточно лишь один раз создать расчетную модель на основе конструкторской модели, т. е. упростить геометрию, сгенерировав конечно-элементную сетку (рисунок 1). При последующих перестроениях конструкторской модели спирального сверла уже не потребуется перестраивать расчетную модель, а в случае необходимости задать другое значение угла при вершине спирального сверла.

После создания конечно-элементной сетки определялся материал, из которого необходимо изготовить сверло. Для модели спирального сверла из базы материалов, имеющихся в *T-FLEX* «Анализ», был выбран материал «Сталь инструментальная быстрорежущая Р6М5К5 ГОСТ 19265-73».

Для успешного решения физической задачи в конечно-элементной постановке помимо создания конечно-элементной сетки и выбора материала спирального сверла необходимо было также определить так называемые граничные условия, которыми являлись места закрепления и базировки, а также внешние нагрузки, приложенные к спиральному сверлу. На рисунке 2 приведена схема спирального сверла с указанием мест закрепления и базировки, а также действие внешних нагрузок.

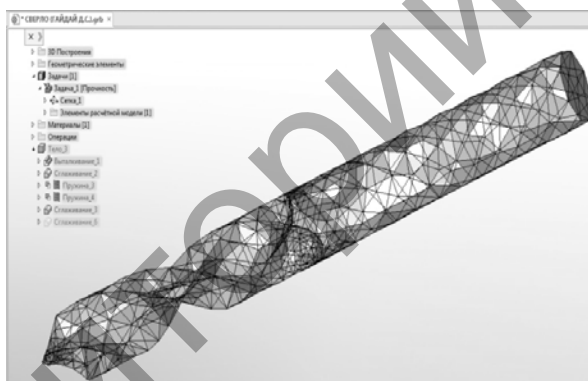


Рисунок 1 — Конечно-элементная сетка на спиральном сверле

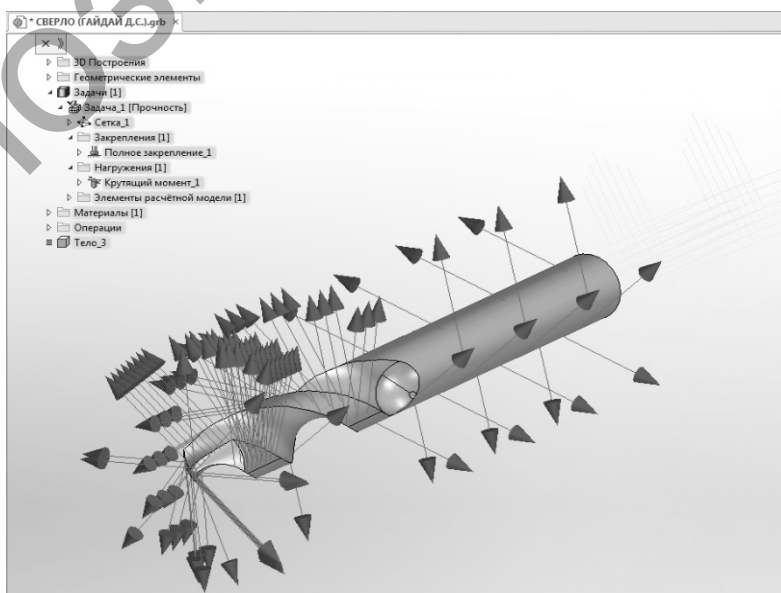


Рисунок 2 — Спиральное сверло с указанием мест закрепления и действующих нагрузок

Задача\_1 [Прочность]  
K-т запаса по эквивалентным напряжениям  
Предельно допустимое напряжение: 850 МПа  
Масштаб перемещений: 14.00

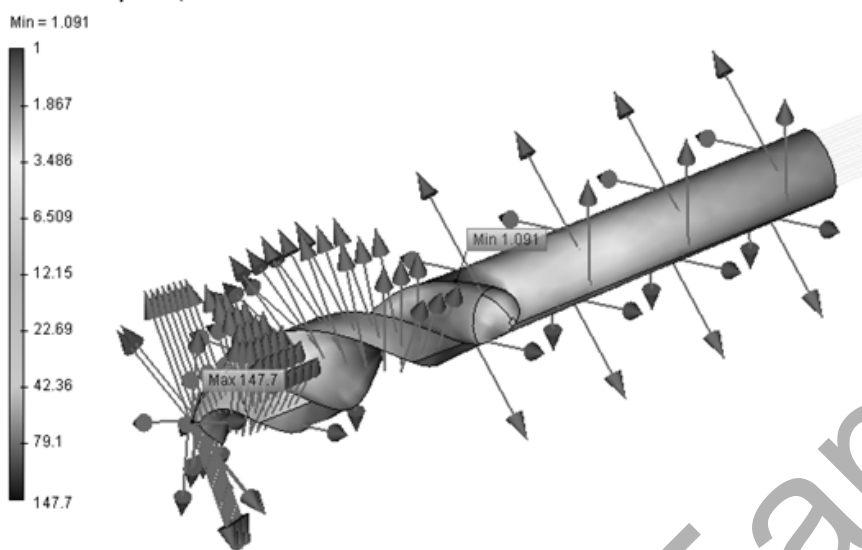


Рисунок 3 — Статический анализ спирального сверла

Исследование производили на построенной 3D-модели спирального сверла с углом при его вершине, равном  $90^\circ$ . На основании вышеуказанных условий был инициализирован расчет напряженно-деформированного состояния спирального сверла под действием приложенных к нему постоянных во времени нагрузок. По результатам расчета произведен статический анализ спирального сверла (рисунок 3). Представленные направления действия сил на спиральном сверле с распределением цветовой гаммы коэффициентов запаса прочности по исследуемому объекту и сравнению их с критическим позволило проанализировать прочность спирального сверла. Получено значение коэффициента запаса прочности спирального сверла, от которого зависит, выдержит ли оно приложенную к нему нагрузку или сломается под ее воздействием. Результат исследования: коэффициент запаса прочности для спирального сверла с углом  $90^\circ$  при вершине равен 1,091.

Проанализировав полученное значение коэффициента запаса прочности, пришли к выводу, что спиральное сверло с углом  $90^\circ$  при вершине выдержит приложенную к нему нагрузку, так как коэффициент запаса прочности у него больше единицы ( $1,091 > 1$ ).

**Заключение.** Модели, изготовленные в программных пакетах *MCAD (SOLIDWORKS, КОМПАС-3D, T-FLEX)*, позволяют не только видеть, как будет выглядеть проектируемое изделие, но и вовлечь эти модели далее в исследование, позволяя произвести параметрическое моделирование и математически точные описания кривых и поверхностей.

На основании построений получена 3D-модель спирального сверла с углом  $90^\circ$  при вершине в *T-FLEX CAD*, а в среде конечно-элементных расчетов *T-FLEX «Анализ»* получено значение коэффициента запаса прочности.

Доказано, что при угле  $90^\circ$  при вершине спирального сверла коэффициент запаса прочности спирального сверла, равный 1,091, превышает допустимое значение, равное единице. Следовательно, спиральное сверло при таком угле при вершине выдержит прилагаемую к нему нагрузку, угол  $90^\circ$  может быть задан при создании спиральных сверл.

В дальнейшем при написании магистерской диссертации будут подробно рассмотрены и обобщены результаты теоретических и практических исследований на основе проведенных анализов для спиральных сверл с разными вариациями угла при вершине в *T-FLEX*.

#### Список цитируемых источников

1. Филлипов, Г. В. Режущий инструмент / Г. В. Филлипов. — Л. : Машиностроение, 1981. — 392 с.
2. T-FLEX CAD — система для конструкторской подготовки и 3D-моделирования. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://tflex.ru/products/konstruktor/cad3d/>. — Дата доступа: 15.10.2018.
3. Режущий инструмент : учеб. для высш. техн. учеб. заведений / Д. В. Кожевников [и др.]. — 2-е изд., доп. — М. : Машиностроение, 2005. — 528 с.
4. Расчетная программа T-FLEX «Анализ» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://tflex.ru/products/raschet/analiz/>. — Дата доступа: 15.10.2018.