

## КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ШПИНДЕЛЬНОГО ВАЛА НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

*Стреляная Ю.О., Тараховский А.Ю.*

**Ключевые слова:** шпиндельный вал, точность, токарный станок, статический анализ, метод конечных элементов.

**Аннотация.** Шпиндельный узел, как наиболее ответственный узел любого станка, определяет точность обработки на нем. В статье анализируется применение метода конечных элементов для расчета шпиндельного вала. Построена трёхмерная модель шпиндельного вала. Проведен статический прочностной расчёт шпинделя вала при проектировании узлов токарного станка.

## FINITE ELEMENT ANALYSIS OF THE SPINDLE SHAFT AT THE DESIGN STAGE

*Strelyanaya Yu.O., Tarakhovskiy A.Yu.*

**Keywords:** spindle shaft, precision, lathe, static analysis, finite element method.

**Abstract.** Spindle assembly, as the most crucial node of any machine, determines the accuracy of processing on it. The article analyzes the application of the finite element method for calculating the spindle shaft. Built three-dimensional model of the spindle shaft. Held static strength calculations spindle shaft assemblies in the design of the lathe.

Качество работы станков в значительной мере зависит от статических и динамических характеристик шпиндельных узлов. К ним предъявляются высокие требования по точности положения, точности и плавности вращения, жесткости и виброустойчивости [1].

На стадии проектирования шпиндельного узла создается его модель с математическим описанием. [2]. Использование численных методов с применением вычислительной техники значительно расширило возможности в исследованиях разного рода задач. Разработанные алгоритмы дают возможность решать большинство краевых задач, связанных с решением сложных математических уравнений с приемлемой затратой машинного времени.

Для решения физических задач в объемной постановке, на стадии проектирования шпинделя токарного станка использовался T-Flex Анализ.

В модуле «Конечно-элементный анализ» T-Flex [3] были произведены расчёты: статический анализ, частотный, анализ устойчивости, тепловой анализ, анализ вынужденных колебаний и анализ усталости. Создана модель, на которую наложена сетка из тетраэдральных элементов, «граничные условия». Между моделью и сеткой поддерживается ассоциативная связь. Любые изменения модели влекут за собой изменения сеточной конечно-элементной модели (рис. 1).

В качестве степеней свободы для пространственных конечных элементов являются перемещения в направлении осей локальной системы координат. Для конечных элементов оболочек к трем перемещениям в каждом

узле добавлены по три угла поворота нормали к срединной поверхности области, аппроксимируемой элементом, относительно тех же осей.

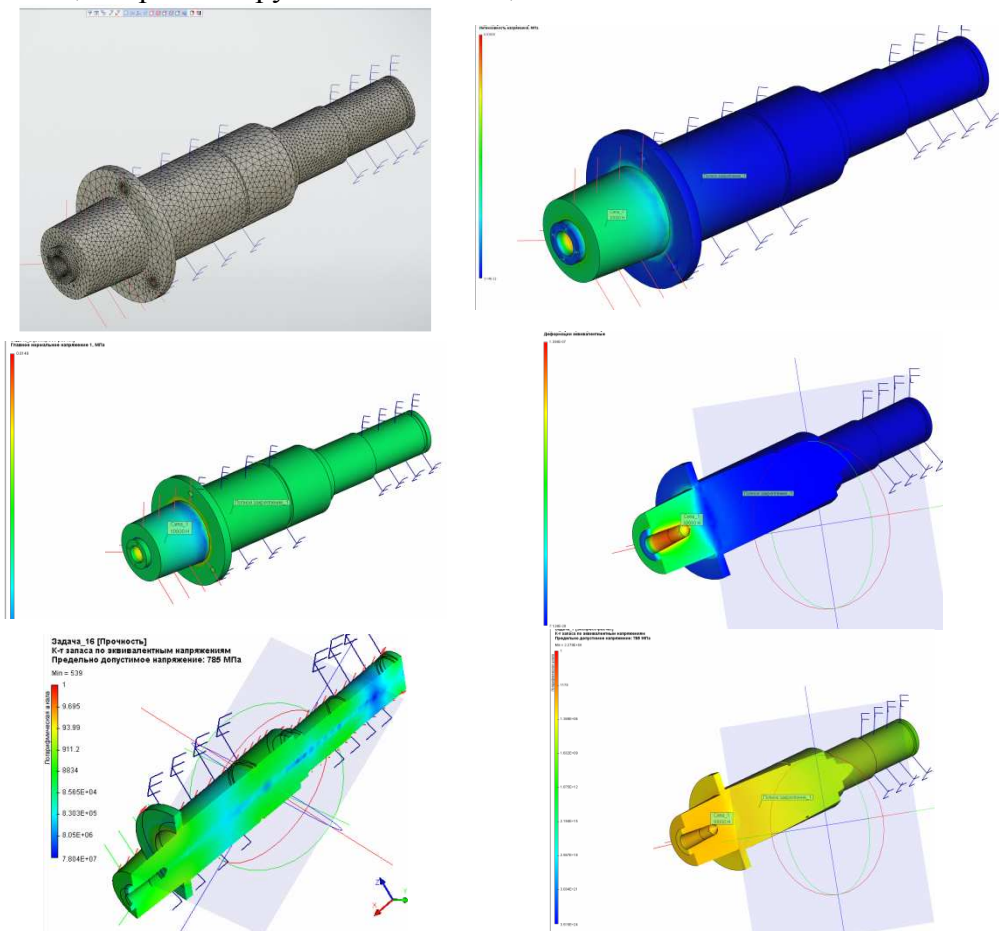


Рис. 1. Результаты статического анализа

Рассчитана деформация для каждого конечного элемента имеющего перемещения (углы поворота) в узлах и аппроксимирующие функции. Деформации в пределах элементов остаются постоянными – при их линейности и изменяются линейно при их параболичности. На основе этих деформаций вычислены напряжения в элементах.

Основными результатами статических расчётов являются: поля перемещений модели изделия в расчётных точках конечно-элементной сетки; поля относительных деформаций; поля компонентов напряжений; энергия деформаций; узловые усилия; поля распределения коэффициента запаса по напряжениям по объёму конструкции. На этапе проектирования будущего механизма, этих данных достаточно для прогнозирования поведения конструкции и принятия решений по оптимизации геометрической формы детали с целью обеспечения основных условий прочности изделий.

Таким образом, использование метода конечных элементов при прочностном расчёте шпиндельного вала на этапе проектирования узлов

токарных станков показало, что исследуемая модель шпинделя удовлетворяет предъявляемым требованиям, и может быть использована в тяжелых станках нового поколения и позволит повысить точность и производительность обработки.

### Список литературы

1. Ковалев В.Д. Опоры и передачи жидкостного трения станочного оборудования / В.Д. Ковалев, О.Ф. Бабин. – Краматорск: ДГМА, 2003. – С. 43-70, 97-102.
2. Стреляная Ю.О. Управление точностью шпиндельного узла при помощи адаптивных гидростатических опор с обратной // Вестник современных технологий: сборник научных трудов. – Севастополь: ФГАОУ ВО СевГУ, 2017. – Вып. 7. – С. 43-49.
3. T-Flex Анализ. Пособие по работе с системой / АО «Топ системы». – Москва, 2009. –146 с.

### References

1. Kovalev V.D. Supports and transmissions of fluid friction of machine tools / V.D. Kovalev, O.F. Babin. – Kramatorsk: DSMA, 2003. – P. 43-70, 97-102.
2. Strelyanaya Yu.O. Controlling the accuracy of the spindle assembly using adaptive hydrostatic bearings with feedback // Bulletin of modern technologies: collection of scientific papers. – Sevastopol: SevSU, 2017. – Iss. 7. – P. 43-49.
3. T-Flex Analysis. System manual / JSC «Top-systems». – Moscow, 2009. – 146 p.

Стреляная Юлия Олеговна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Цифровое проектирование», joulia.bayrakova@mail.ru	Strelyanaya Yuliya Olegovna – candidate of technical sciences, associate professor of Department «Digital design», joulia.bayrakova@mail.ru
Тараховский Алексей Юрьевич - кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Цифровое проектирование», AYTarakhovskiy@sevsu.ru	Tarakhovskiy Alexey Yuryevich - candidate of technical sciences, associate professor, Head of the Department of Digital Design, AYTarakhovskiy@sevsu.ru
Севастопольский государственный университет, Севастополь, Российская Федерация	Sevastopol state University, Sevastopol, Russian Federation

*Received 16.09.2021*