электронный журнал
МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
Издатель ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Н.Э. Баумана". Эл No. ФС77-51038.

 # 05, май 2016

УДК 621.941.01

Система анализа деформаций тонкостенных деталей при токарной обработке

***Еремейкин П.А.**, студент*
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Компьютерные системы автоматизации производства»

Научный руководитель: Жаргалова А.Д., ст. преподаватель
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Компьютерные системы автоматизации производства»

Лазаренко Г.П., к.т.н., доцент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Компьютерные системы автоматизации производства»
azhargalova@bmstu.ru

1. Формулировка проблемы

Эксплуатационные характеристики изделий машиностроения в большой мере зависят от качества изготовления деталей, составляющих изделие. Качество изготовления определяется степенью соответствия параметров готовой детали и параметров, достижение которых требуется документацией. Как правило, такими параметрами являются геометрические размеры, точность изготовления которых регламентируется при помощи допуска.

Погрешности различных видов препятствуют абсолютно точному воспроизведению заданных параметров. Например, на точность изготовления деталей влияют погрешности базирования, измерения, настройки инструмента и т.д. При обработке нежестких деталей на первый план выходят погрешности, связанные с деформацией самой детали.

Рассмотрим пример обработки цилиндрической тонкостенной детали в трехкулачковом патроне токарного станка. Схема обработки изображена на рис. 1. Цифровыми сносками обозначены: 1-кулачок патрона, 2-цилиндрическая заготовка, 3-токарный резец. До начала обработки деталь находится в недеформированном состоянии (рис. 1 а). После закрепления детали силы, действующие со стороны кулачков, деформируют заготовку таким образом, что профиль заготовки отличается от идеально цилиндрического (рис. 1 б).

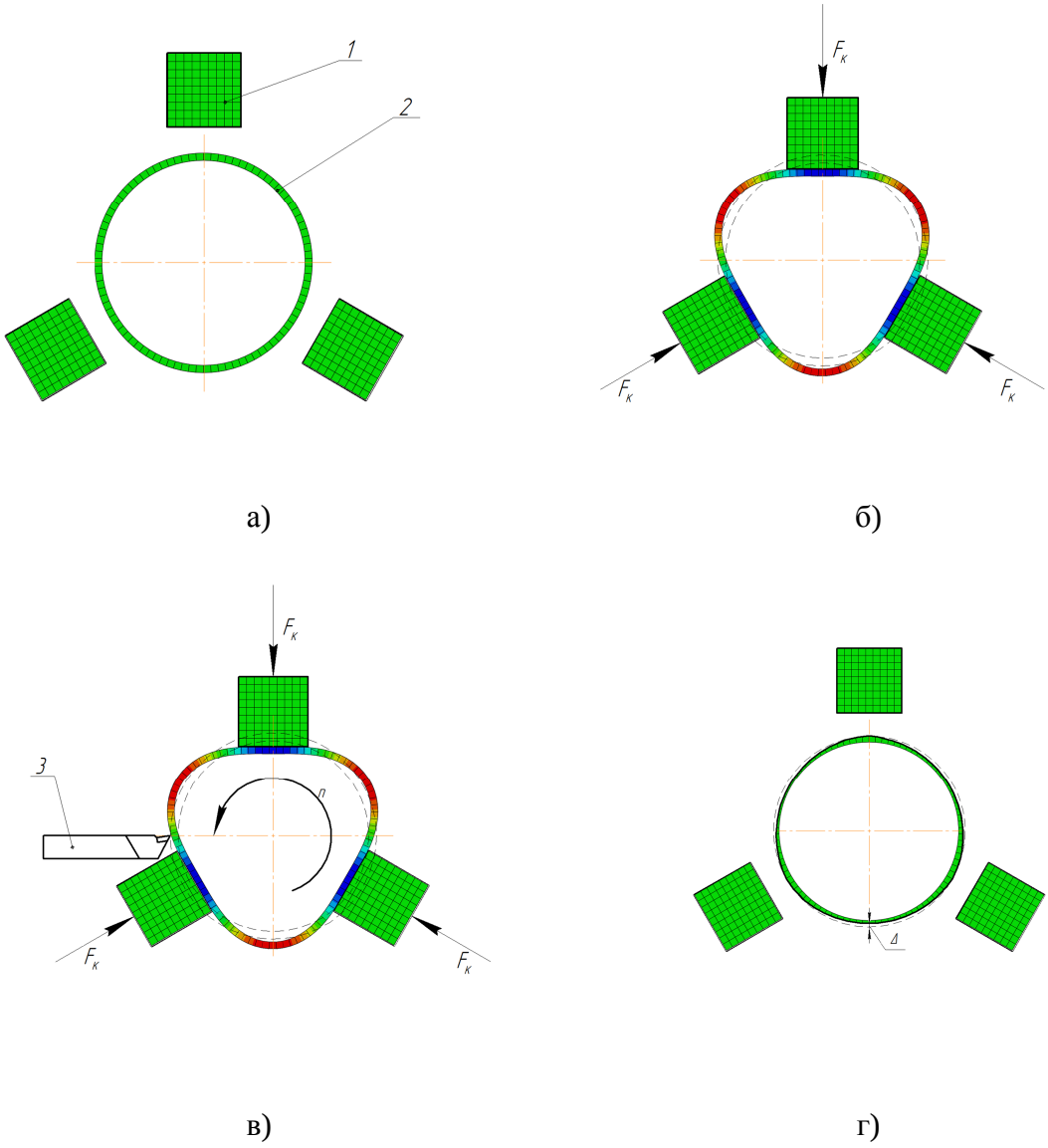


Рис. 1. Схемы обработки тонкостенной детали

Дополнительно заготовка деформируется под действием силы резания, а также в связи с нагревом. В процессе резания инструмент неравномерно снимает припуск по

окружности заготовки (рис. 1 в). После окончания обработки и снятия усилий закрепления отклонение от круглости заготовки достигает величин, сравнимых с величиной допуска и в зависимости от конкретных условий может превышать его (рис. 1 г).

На практике в случае обработки нежестких деталей применяется специальное технологическое оборудование, позволяющее уменьшить возникающие деформации. Использование сырых кулачков, растрачиваемых под диаметр заготовки - один из способов уменьшения деформаций закрепления. После растачивания кулачок охватывает деталь по большей площади. Также используется обработка с технологическим заполнителем (например, легкоплавким материалом), который увеличивает жесткость детали на время обработки и выплавляется после окончания обработки. Вариант обработки на нормативных режимах резания в специальных приспособлениях привлекателен тем, что он позволяет применять апробированные технологические процессы. Однако, необходимость создания при этом специальных приспособлений требует значительных материальных, производственных и временных затрат. Это удорожает технологическую подготовку производства и увеличивает её сроки.

Ввиду указанных ограничений на существующие способы обработки, предлагается рассмотреть еще один метод - подбор режимов обработки и условий закрепления таким образом, чтобы обеспечить изготовление размеров в рамках допуска. Предполагается, что такой метод может найти применение прежде всего в единичном и мелкосерийном производстве, располагающим, как правило, только универсальным оборудованием. Суть подхода заключается в том, чтобы заранее, на этапе разработки технологической документации, определить режимы резания, менее эффективные с точки зрения производительности, но оптимальные с точки зрения точности изготовления. С уменьшением сил резания уменьшаются и деформации заготовки, а также требуемые усилия закрепления, но с другой стороны, увеличивается время обработки. Подобрав баланс между скоростью и точностью обработки, технолог имеет возможность назначить режимы резания, приемлемые для изготовления заданной детали без привлечения дополнительной технологической оснастки. Достоинством такого подхода является меньшая ресурсоёмкость и продолжительность технологической подготовки производства. Однако, данный подход в настоящее время ещё не получил достаточного научного обоснования и, как следствие, не поддержан методическими рекомендациями, необходимыми для его применения в промышленных масштабах [1].

Для поддержки решения о назначении режимов резания предлагается разработать информационную систему, позволяющую анализировать деформации заготовки при

заданных геометрических параметрах и режимах резания. Такой инструмент можно использовать для последовательной проверки ряда значений параметров процесса и выбора наиболее рациональных.

2. Основные требования к разрабатываемой системе

После детальной формулировки проблемы было выделено 4 основных требования к разрабатываемой системе:

1. обеспечить численное моделирование обработки тонкостенных деталей
2. разработать модульную архитектуру системы
3. автоматизировать сопутствующие расчеты (режимов резания)
4. реализовать управление моделированием через графический интерфейс

Численное моделирование позволит получить значения деформаций заготовки в процессе обработки, это требование является центральным. Благодаря такому подходу становится возможным избежать разработки аналитической модели, основанной исключительно на теоретических зависимостях. Составление адекватной математической модели потребовало бы огромной исследовательской работы и не представляется возможным в рамках проекта. Графически идею моделирования можно изобразить как показано на рис. 2.

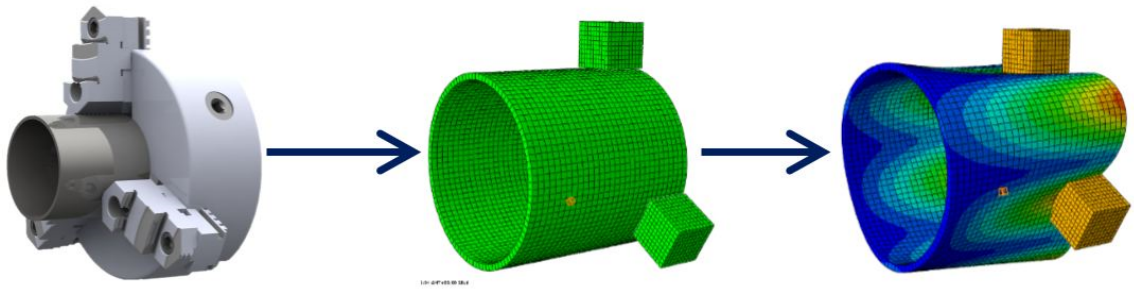


Рис. 2. Идея численного моделирования

Модульная архитектура выполняет двойную роль. Во-первых, она призвана решить проблему сохранения контроля над расширяющейся по мере разработки системой. В больших программных системах без введения специальных мер становится затруднительным избежать деградации продукта. Добавление нового кода в проект может повлиять на его работоспособность в тех местах, где это не подразумевается.

Определенная степень изолированности модулей друг от друга способствует решению этой проблемы. Вторая роль такой архитектуры заключается в возможности расширения функционала продукта после его выпуска. При возникновении новых функциональных требований нет необходимости перекомпилировать все приложение заново, достаточно лишь реализовать дополнительные требования в отдельном модуле и установить его в уже работающую систему.

Автоматизация расчета режимов резания – частное проявление общей концепции комплексного подхода к решению проблемы. Это означает, что следует стремиться максимально эффективно использовать возможности программной обработки исходной информации. Предполагается, что режимы резания, рассчитанные в соответствии с классическими таблично-аналитическими методиками, будут использоваться как начальное приближение для назначения рациональных режимов.

Требование реализации управления моделированием через графический интерфейс состоит в том, чтобы предоставить пользователю возможность изменять параметры процесса без необходимости понимания того, как реализован расчет деформаций на уровне числовых моделей.

3. Разработка архитектуры системы

Для удовлетворения требования о модульности архитектуры было принято решение об организации программы на трех уровнях. Каждый уровень представлен определенной технологией и отвечает за соответствующий круг решаемых задач.

Нижний уровень – уровень языка программирования. В качестве языка программирования был выбран современный, динамично развивающийся, объектно-ориентированный язык Java. К достоинствам этого языка можно также отнести кроссплатформенность и широкий выбор библиотек самых разных назначений [2].

Второй уровень представлен программной платформой NetBeans. Задача этого уровня состоит в первую очередь в разделении кода на слабо связные модули. Такой эффект достигается благодаря применению механизмов, предусмотренных платформой NetBeans. Существует ещё одна причина применения NetBeans – набор поставляемых с платформой программных интерфейсов. Их функциональность варьируется от внутрисистемных интерфейсов межмодульного взаимодействия (например, Lookup API) до интерфейсов графического отображения информации (Window System API, Visual Library API)

Третий уровень состоит исключительно из вновь разрабатываемого кода. Этот код, опираясь на нижние уровни, обеспечивает выполнение системой своих непосредственных функций.

Горизонтальный срез структуры системы можно представить как изображено на рис. 3. Конструкторская документация используется как источник информации для расчета режимов резания и построения параметризованной модели. Результаты расчета режимов резания применяются к текущему внутреннему представлению модели. Они будут использованы для расчета деформаций, если их не скорректирует пользователь. Кроме режимов резания пользователь имеет возможность при помощи графического редактора параметров изменять и другие параметры модели, такие как геометрию, силовые факторы и т.д.

Рис. 3. Структура системы

После команды, подтверждающей завершение редактирования модели, формируется задание для внешней CAE системы. В качестве CAE системы используется программа SIMULA Abaqus. Такой выбор был сделан благодаря широким возможностям Abaqus, во-первых, относительно интеграции системы с внешними процессами операционной системы и, во-вторых, относительно гибкости и мощности средств моделирования. Модуль генерации отчетов агрегирует результаты и представляет их в виде отчета, содержащего графики и диаграммы деформаций и напряжений. Отчет используется технологом для того, чтобы определить допустимость установленных режимов резания. В случае, если режимы обработки были приняты допустимыми,

технолог включает их в документацию. В противном случае осуществляется коррекция режимов и повторный расчет деформаций.

4. Калькулятор режимов резания

Калькулятор режимов резания представлен в системе в виде отдельного модуля. В ходе его разработки было выявлено [3], что задача расчета режимов резания по классической таблично-аналитической методике, описанной в литературе [4], лежит близко к задачам, решаемым экспертными системами [5]. Поэтому принцип действия калькулятора, схематично изображенный на рисунке 4, напоминает принцип работы экспертной системы.

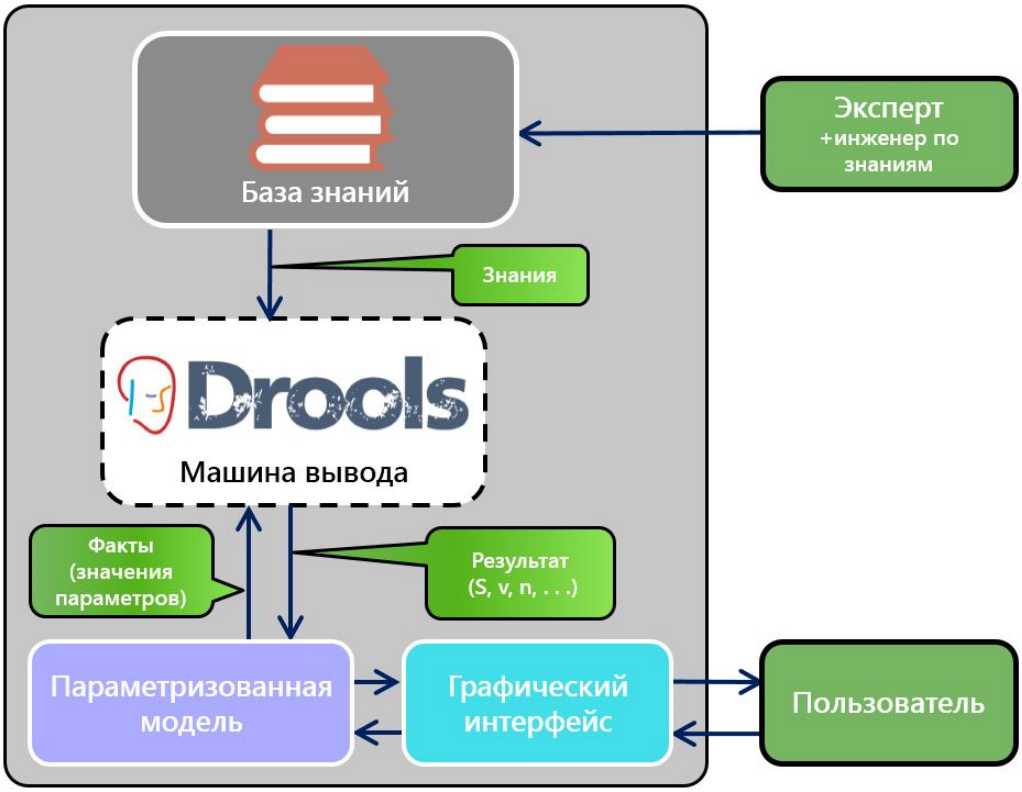


Рис. 4. Принцип работы калькулятора режимов резания

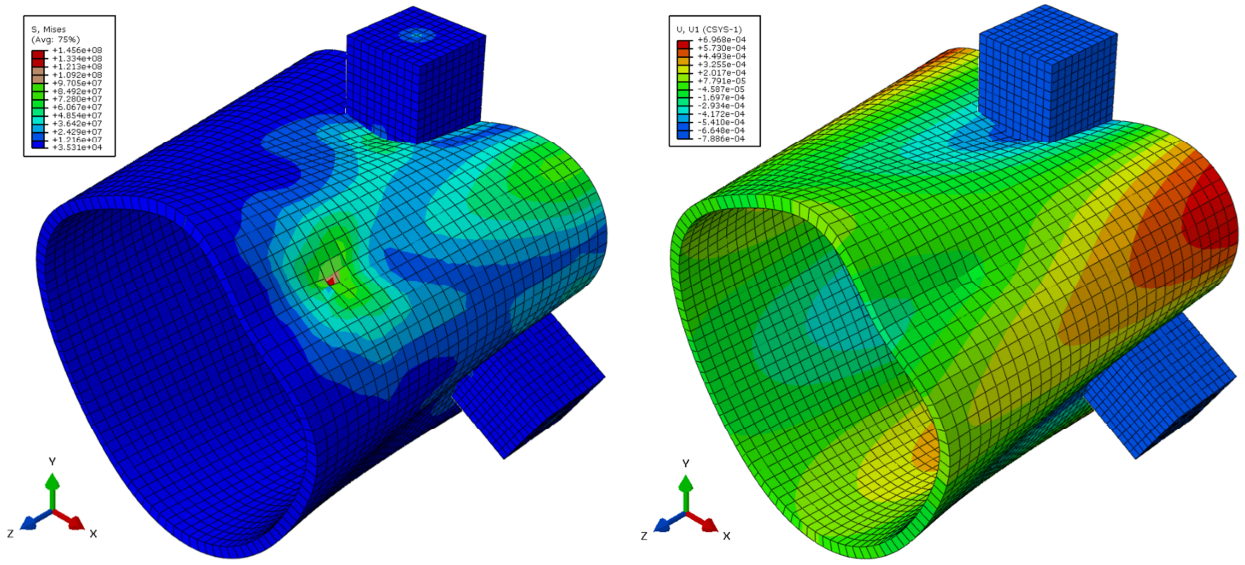
Для осуществления запланированных идей была привлечена Java библиотека JBoss Drools. В состав библиотеки входит машина логического вывода. Её задача заключается в расчете значений режимов резания исходя из знаний, содержащихся в базе знаний. База знаний предварительно формируется экспертом и инженером по знаниям. Основным источником знаний выступает вышеупомянутая литература [4]. Знания для машины вывода поставляются в виде продукционных правил, записанных на предметно-ориентированном языке. Частный случай такой записи – в виде Excel таблиц. Также в расчете участвуют факты – текущие установленные значения параметров модели.

Результат расчета применяется к модели и становится доступен пользователю через графический интерфейс.

5. Построение модели

В целях демонстрации работоспособности системы была построена модель обработки тонкостенного цилиндра. Для загрузки в систему анализа деформаций модель должна быть представлена в виде программы на языке Python, который используется как язык сценариев в Abaqus. Входными параметрами такой программы являются значения размеров кулачков, заготовки и величины силы резания. В процессе её построчного выполнения формируется геометрия, к которой после прикладываются указанные силовые факторы. Завершающими командами сценария должны быть команды запуска расчета и сохранения результатов – диаграмм для включения в отчет и таблиц деформаций для построения графиков.

На рисунке 5 показаны результирующие поля напряжений (рис. 5а) и деформаций (рис. 5б).



а) б)

Рис. 5. Построение модели

Было принято считать силу резания и закрепления сосредоточенными нагрузками. Результат такого решения отчетливо прослеживается на диаграмме напряжений в виде точечных скачков. Кулачки заданы существенно более жесткими относительно заготовки.

6. Графический интерфейс

На рисунке 6 показан графический интерфейс пользователя. Верхний левый угол занимает окно модуля параметрического редактора. Центральное окно отображает трехмерную модель обрабатываемой заготовки, закрепленной в кулачках. Есть возможность вращения и пространственного смещения этой модели, т.е. окно интерактивно. В нижнем левом углу изображен полярный график деформации для текущего расчетного случая. Также можно заметить окно текстового вывода, предназначенное в основном для отладки Python сценария и взаимодействия с Abaqus.

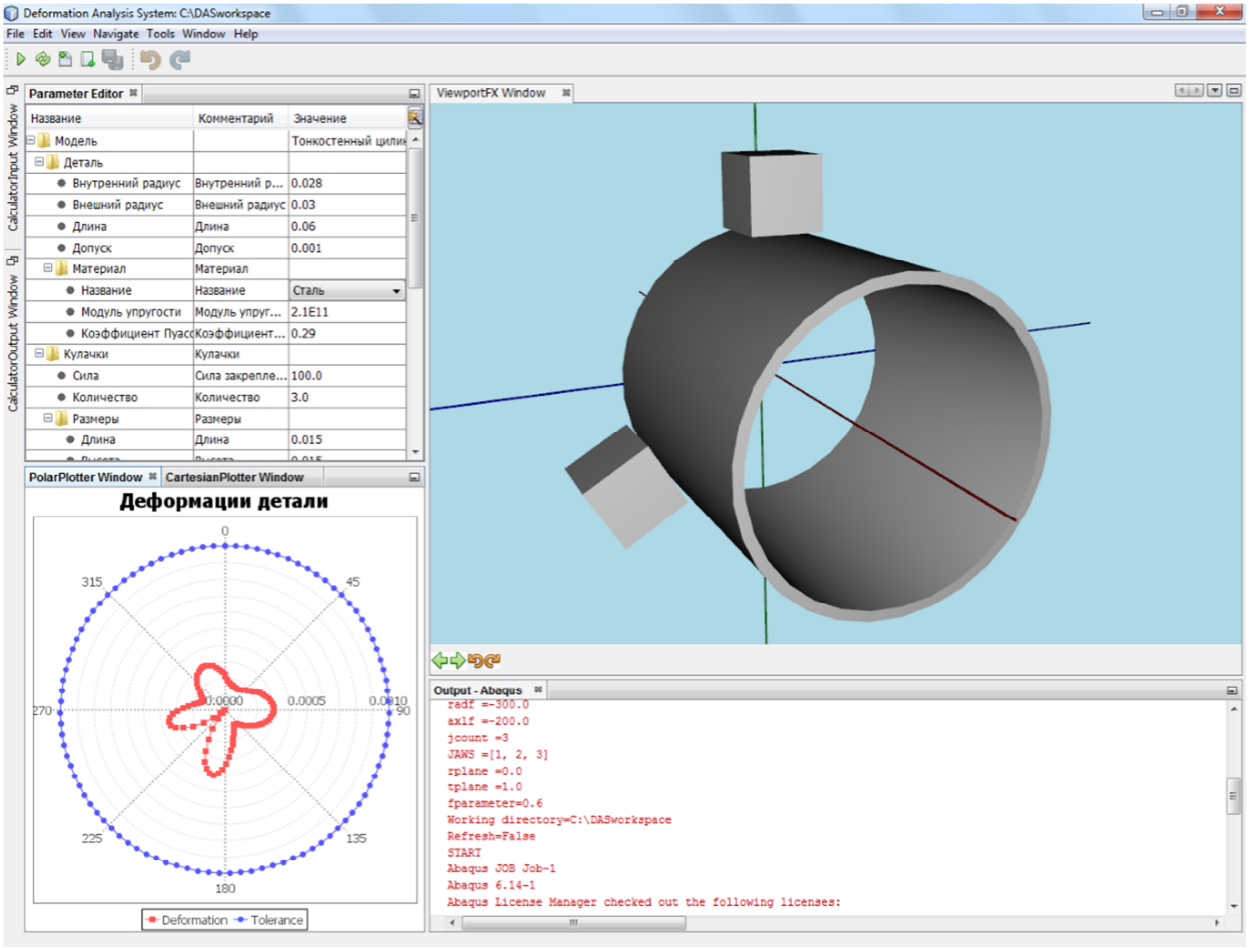


Рис. 6. Графический интерфейс

Выводы

Результатом проекта стал программный продукт, отвечающий сформулированным требованиям: он обеспечивает расчет (при помощи CAE системы Abaqus) и анализ

деформаций тонкостенных заготовок при токарной обработке, имеет модульную структуру благодаря применению платформы NetBeans, а также позволяет вычислять режимы резания по принципу интеллектуальных систем. Пользователь имеет доступ к функциям системы через графический интерфейс. Таким образом, развитие современных информационных технологий достигло того уровня, при котором с относительно небольшими временными затратами возможно создавать эффективные и не тривиальные программные комплексы, позволяющие снизить трудоемкость решения прикладных задач.

Список литературы

[1]. Гаврюшин С.С., Жаргалова А.Д., Лазаренко Г.П., Семисалов В.И. Метод определения условий механической обработки тонкостенных деталей // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2015. № 11. С. 53-60. DOI: 10.18698/0536-1044-2015-11-53-61.

[2]. Шилдт Г. Java. Полное руководство. М.: «Вильямс», 2012. 1104 с.

[3]. Еремейкин П.А. Разработка программного инструмента для расчета режимов резания токарной обработки «Калькулятор» // Молодежный научно-технический вестник. Электрон. журн. 2014. № 7. Режим доступа: http://sntbul.bmstu.ru/doc/791980.html (дата обращения 22.03.2016).

[4]. Косилова А.Г., Мещеряков Р.К. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2. М.: «Машиностроение», 1986. 418 с.

[5]. Г.Б. Евгенев. Технология создания интеллектуальных систем проектирования. М.: Изд-во МГУТ им. Н.Э. Баумана, 2010. 55 с.