

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММ DEFORM 3D И ANSYS НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ АНАЛИЗА И РАСЧЕТА ДЕТАЛЕЙ ТИПА ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ**

**Жетесова Г. С., Жаркевич О. М., Бузауова Т. М., Жунусова А. Ш., Плешакова Е. А.**

*КарГТУ Карагандинский государственный технический университет, Караганда, Казахстан, (100027, г. Караганда, бульвар Мира, 56), e-mail: olinis@mail.ru*

Для анализа работоспособности конструкций и деталей машиностроительного производства эффективно используются программы DEFORM 3D и ANSYS. Моделирование в данных программах позволяет получить наглядную картину распределения напряженно-деформированного состояния объектов, температурных показателей и течения металла с учетом перемещений, скоростей, ускорений и нагрузок. На основе прикладных программ проектируются конструкции с запасом прочности, необходимым для безаварийной работы. Программы DEFORM 3D и ANSYS позволяют проверить, отработать и оптимизировать технологические процессы непосредственно за компьютером, а не в ходе экспериментов на производстве методом проб и ошибок. Благодаря этому существенно сокращаются сроки выпуска конструкций и деталей, повышается их качество и снижаются затраты, которые могут появиться в процессе производства. При помощи этих программ возможно более точно прогнозировать дефекты различного рода, связанные с недоработкой технологии.

Ключевые слова: термофрикционная обработка цилиндрических деталей, математическое моделирование, смоделированный эксперимент, детали типа тел вращения, программы DEFORM 3D и ANSYS.

## **USING THE SOFTWARE DEFORM 3D AND ANSYS AT ENTERPRISES FOR THE PRODUCTION OF MACHINE BUILDING FOR ANALYSIS AND CALCULATION OF SUCH PARTS AS SOLIDS OF REVOLUTION**

**Zhetesova G. S., Zharkevich O. M., Buzauova T. M., Zhunusova A. Sh., Pleshakova E. A.**

*KSTU Karaganda state technical university, Karaganda, Kazakhstan, (100027, Karaganda, bulvar Mira, 56), e-mail: olinis@mail.ru*

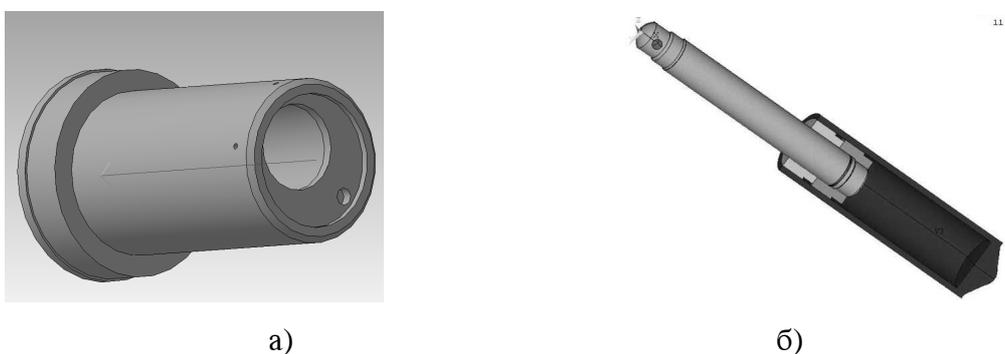
The programs DEFORM 3D and ANSYS are effectively used to analyze the working capacity of designs and parts of machinery production. Modeling gives a graphic picture of the distribution of the stress-strain state of the objects, temperature indicators and material flow based displacements, velocities, accelerations and loads in these programs. Constructions with a safety margin needed for trouble-free operation are designed based on the application. The programs DEFORM 3D and ANSYS allow to test, develop and optimize processes directly to the computer, but not in during the experiments on the production of trial and error method. Release date of constructions and details is significantly reduced with this, quality is improved and costs reduced, which may appear in the production process. It is possible to predict accurately various defects connected with flaw of technology with the help of these programs.

Key words: termofriktsionnaya cylindrical parts processing, mathematical modeling, the simulated experiment, details of the pit of bodies of revolution, the program DEFORM 3D and ANSYS.

Требования к производству машиностроительной продукции, как нового технического уровня, так и к ремонту машиностроительной продукции постоянно растут. Причиной этого является снижение затрат времени и средств на ремонт и изготовление не пригодных для работы деталей или узлов оборудования, повышения надежности и долговечности деталей и тем самым снижения себестоимости производимой продукции. После того как деталь типа тел вращения изготовлена и установлена в конструкцию, начинается процесс ее многолетней эксплуатации. Обеспечение безопасной эксплуатации деталей машиностроительной конструкции, даже построенной по технически безупречному проекту (выполненному с использованием новейших средств компьютерного моделирования), невозможно без ее

периодического освидетельствования, технической диагностики, оценки фактического состояния и своевременного ремонта и замены изношенных деталей. Во многих случаях многие конструкции эксплуатируются в непрерывном режиме, и в результате чего происходит поломка и отказ работы конструкции. Для предотвращения всех выше перечисленных отказов работы конструкции необходимо проводить анализ работы конструкции, но во многих случаях анализ фактического состояния эксплуатирующихся конструкций по результатам технической диагностики проводится не только без применения средств компьютерного моделирования, но и вообще без каких-либо надлежащих расчетных оценок.

В целях повышения работоспособности, предотвращения поломок, продления срока службы и надлежащего анализа работы конструкций на машиностроительных предприятиях, а также анализа течения металла и температурных показателей заготовки и инструмента, при деформациях любой величины с очень высокой точностью, предлагается использовать в научно-исследовательских и опытно-конструкторских бюро на предприятиях математическое моделирование конструкции, отдельных узлов и деталей в различных моделирующих программах (например, программах DEFORM 3D и ANSYS), рисунок 1.



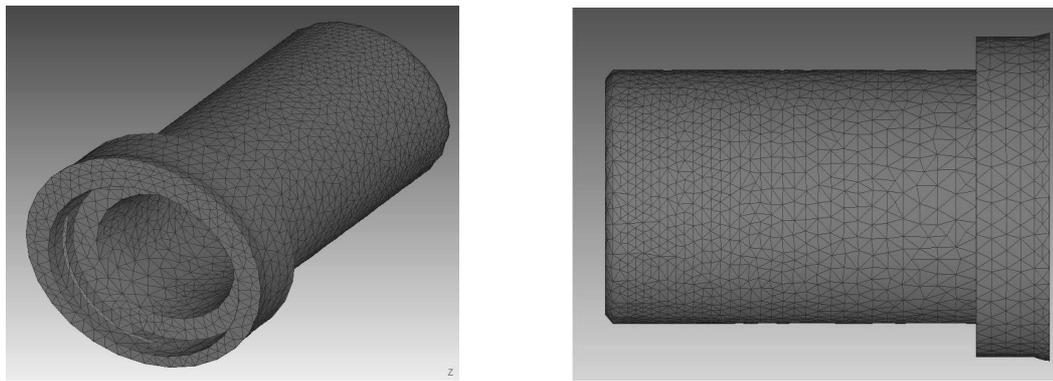
а – модель эксцентрика в программе DEFORM 3D; б – модель гидростойки в программе ANSYS

Рисунок 1. Математическое моделирование диаметральных деталей и узлов

С помощью программ DEFORM 3D и ANSYS можно проанализировать, как изделие будет функционировать в реальных условиях. Это позволит машиностроительным предприятиям избежать изготовления опытных образцов или оплаты консультаций дорогостоящих специалистов. С помощью средств моделирования, предназначенных для анализа динамики, осуществляется проверка всех стадий работы изделия. Анализ перемещений, скоростей, ускорений и нагрузки выполняется для каждого компонента изделия, также проводится расчетный анализ деформации изделия при пиковых нагрузках.

На основе этих расчетов можно спроектировать детали с запасом прочности, необходимым для безаварийной работы изделия. Также автоматически создается конечно-элементная сетка и проводится анализ эквивалентных напряжений, определяя минимальное и максимальное напряжение, деформацию детали и запас прочности. В результате использования возможностей данных программ экономится время, а исключение избыточности в проекте детали и выбор оптимального материала сохранит немалые средства.

Для решения выше перечисленных проблем было проведено моделирование на примере деталей типа тел вращения (эксцентрика и штока) процесса методом конечных элементов с использованием программ DEFORM 3D и ANSYS. Моделирование многочисленных физических и других явлений часто приводит к решению линейных или нелинейных уравнений, или систем уравнений в частных производных. Существуют традиционные математические средства, позволяющие получить решение в определенных случаях (анализ Фурье, разложение в ряд и т. п.), но для решения конкретных проблем, возникающих в науке и технике, невозможно обойтись без использования численных методов. С ростом производительности ЭВМ численное моделирование приобретает особое значение, так как позволяет дополнить, или даже заменить прямой эксперимент. В настоящее время существует ряд различных методов автоматизированного анализа. Среди них наиболее популярными в САПР являются методы конечных и граничных элементов, а также конечных разностей [4]. Программный комплекс DEFORM 3D метод конечных элементов (МКЭ) основан на процессе моделирования системы, спроектированной для анализа разнообразных процессов формообразования и термообработки, используемых в обработке металлов давлением, и связанные с промышленностью [5]. Это современный инструмент, позволяющий проектировать и разрабатывать путем моделирование обработки на компьютере. Операции, моделируемые в DEFORM 3D: ковка, выдавливание, протяжка, механообработка, высадка, прессование, прокатка, вытяжка, осадка. Несмотря на то, что DEFORM™- 3D позволяет проводить моделирование очень сложных процессов, интерфейс этой системы крайне прост и легок в освоении. Кроме того, при помощи DEFORM™- 3D можно легко, без помощи посторонних CAD систем, строить геометрические модели заготовок и инструмента (рисунок 2).



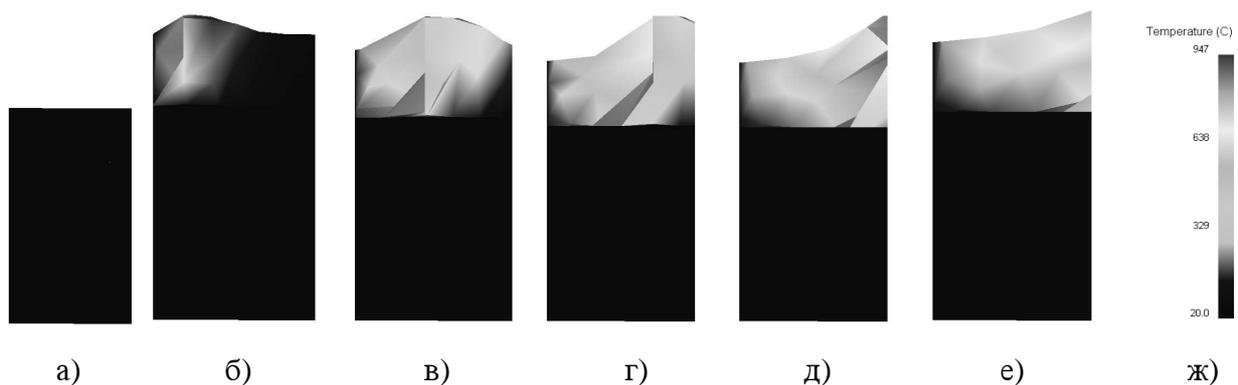
а)

б)

а) вид модели эксцентрика в пространстве; б) модель по у

Рисунок 2. Моделирование эксцентрика при количестве элементов 20000

При помощи системы DEFORM™- 3D можно моделировать также разделительные операции и механообработку. После того, как конфигурация детали и количество элементов было определено, дальше перейдем к описанию физико-механических свойств применяемого материала заготовки 35Л по ГОСТ 977-65. Для описания его свойств выберем из библиотеки материалов сталь 35 (35NCD16\_Steel(machining)\_000008s). Задаем текучесть материала и упругость при термофрикционной обработке. Моделирование процесса термофрикционной обработки (ТФО) показано на рисунке 2. Если условно разделить операцию ТФО на составляющие, то можно увидеть, что из-за конфигурации инструмента процесс протекает на каждом зубе по отдельности. Смоделируем данный процесс, как показано на рисунке 3, динамика воздействия зуба напоминает выглаживание с деформированием поверхностного слоя.



а)

б)

в)

г)

д)

е)

ж)

а) до обработки; б) врезание инструмента; в) внедрение первого зуба; г) снятие металла; д) выход зуба из зоны; е) поверхностный слой после обработки; ж) измерительная шкала

Рисунок 3. Динамика процесса ТФО для участка эксцентрика

Таким образом, DEFORM™ – 3D является программным комплексом, позволяющим производить всеобъемлющий анализ металлообработки, начиная с операций раздела проката на заготовки, заканчивая операциями окончательной механообработкой.

Рассмотрим применение программы ANSYS на примере детали шток. Программа ANSYS – это гибкое, надежное средство проектирования и анализа. Особенностью программы является файловая совместимость всех членов семейства ANSYS для всех используемых платформ. Многоцелевая направленность программы (т.е. реализация в ней средств для описания отклика системы на воздействия различной физической природы) позволяет использовать одну и ту же модель для решения таких связанных задач, как прочность при тепловом нагружении, влияние магнитных полей на прочность конструкции, теплоперенос в электромагнитном поле. Программа ANSYS является средством, с помощью которого создается компьютерная модель или обрабатывается CAD-модель конструкции, изделия или его составные части; прикладываются действующие усилия или другие проектные воздействия; исследуются отклики системы различной физической природы в виде распределений напряжений и температур, электромагнитных полей. Программа используется для оптимизации проектных разработок на ранних стадиях, что снижает стоимость продукции. Все это помогает проектным организациям сократить цикл разработки, состоящий в изготовлении образцов-прототипов, их испытаний и повторном изготовлении образцов, а также исключить дорогостоящий процесс доработки изделия [1].

Процедура типового расчета может быть разделена на три основных этапа: построение конечно-элементной модели (препроцессор); приложение нагрузок (включая и граничные условия) и получение решения (процессор); просмотр и анализ результатов (постпроцессор) [2]. Программный комплекс ANSYS решает методом конечных элементов стационарные и нестационарные, линейные и нелинейные задачи, из таких областей физики, как механика твердого деформируемого тела, механика жидкости и газа, теплопередача, электродинамика. Возможно решение связанных задач. Для решения задач деформирования конструкций МКЭ применяется в варианте метода перемещений. При выполнении рассмотренных выше этапов решения задачи программа ANSYS создает в памяти компьютера базу данных, содержащую полную информацию о модели. Эту базу данных можно сохранить в бинарном файле и использовать для продолжения анализа [3].

Объектом исследования является деталь-шток. Экспериментальное исследование проводилось с целью определения остаточных напряжений в металле и деформаций штока, при приложении нагрузок, действующих при эксплуатации непосредственной всей конструкции. Основного материала штока Сталь 30ХГСА с хромовым покрытием. При помощи программы ANSYS была разработана расчетная модель гидростойки в соответствии

с проектными чертежами. На рисунке 1 представлена расчетная модель гидростойки. Реальная модель гидростойки (т.е. штока) представляют собой несколько областей (область штока и область хромового покрытия). Эти области разбиваются сеткой на трех- или четырехугольные конечные элементы, толщина которых определяется конструктивными параметрами рассматриваемых подобластей. На рисунке 4 представлены конечно-элементные модели элементов штока.

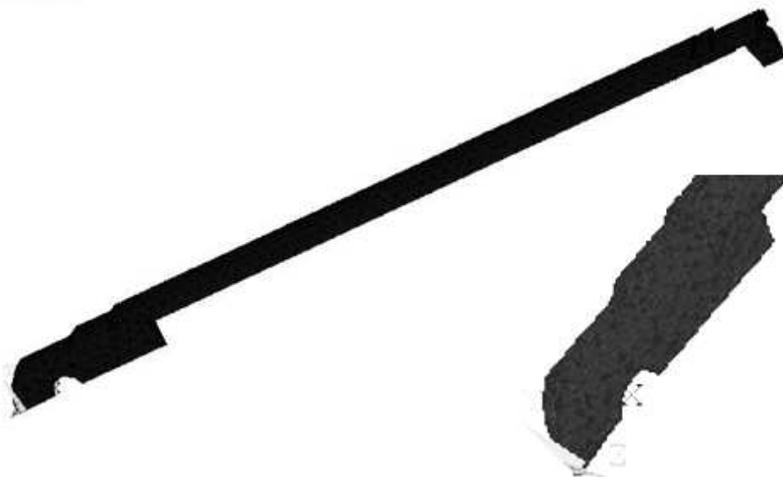
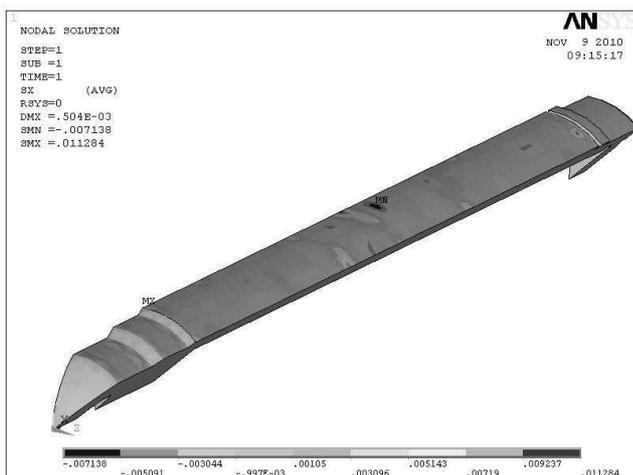


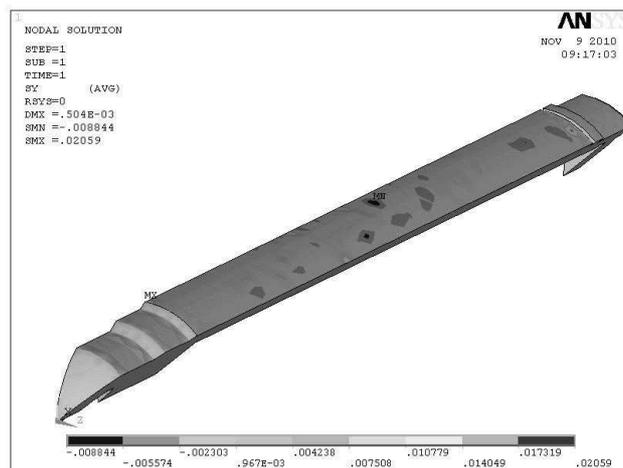
Рисунок 4. Конечно-элементная модель штока

Математическое моделирование с использованием «ANSYS» позволило получить наглядную картину напряженно-деформированного состояния гидростойки (штока и хромового покрытия), которая содержит компоненты усилий, моментов, напряжений и деформаций в различных координатных осях [6, 7] (рисунок 5).

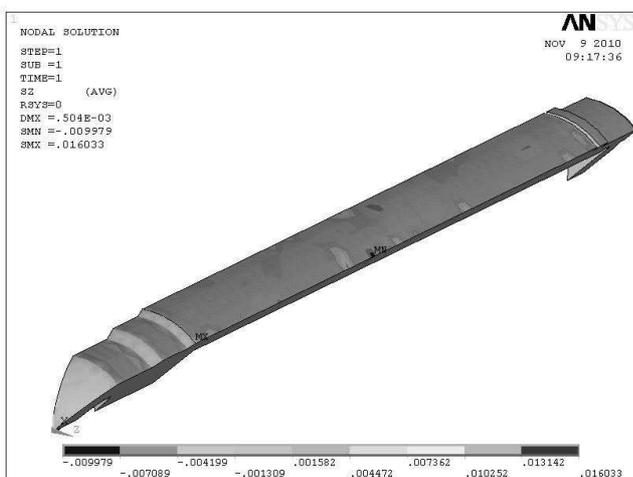
Подытоживая выше изложенное, можно сделать вывод о том, что быстро принимать решения и устранять различные неполадки помогают различные методы моделирования. С помощью моделирования можно спроектировать и создать точные модели конструкции, модели эксплуатации узлов и т.п. В связи с этим для исследования различных видов конструкций следует использовать моделирование с применением программ DEFORM 3D и ANSYS, учитывающих возможность отказов в работе и поломок конструкций.



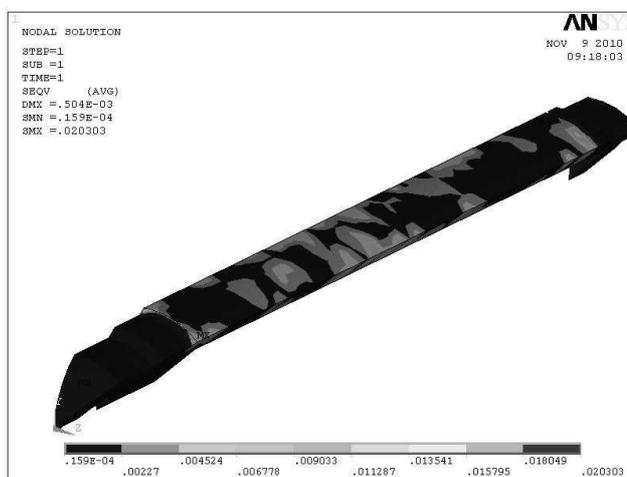
а)



б)



в)



г)

а) распределение поперечных напряжений по оси X; б) распределение продольных напряжений по оси Y; в) распределение вертикальных напряжений по оси Z; г) распределение эквивалентных напряжений модели

Рисунок 5. Напряженно-деформированное состояние штока при нанесении хромового покрытия (прикладываемая нагрузка 104 МПа)

В заключении можно сказать, что математическое моделирование, конечно, не может в полной мере заменить эксперимент, но тем не менее является очень полезным этапом в процессе проектирования деталей и конструкций. Совокупность «натуральных» и смоделированных экспериментов поможет принимать решения по результатам анализа, а не только на основе альтернативного выбора. Возможность моделирования среды, максимально приближенной к среде эксплуатации, является очень важной положительной характеристикой. На основе

прикладных программ можно спроектировать детали с запасом прочности, необходимые для безаварийной работы изделия, а также создавать технологичную конструкцию детали, определяя уязвимые поверхности, воспринимающие динамические нагрузки с подбором альтернативных вариантов решений этой проблемы.

### **Список литературы**

1. Басов К. А. ANSYS в примерах и задачах. – М.: Изд-во КомпьютерПресс, 2002. – 224 с.
2. Капун А. Б., Морозов Е. М., Олферьева М. А. ANSYS в руках инженера. – М.: Изд-во Едиториал УРСС, 2003. – 272 с.
3. Карпов Ю. Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 400 с.
4. Никишков Г. П., Морозов Е. М. Метод конечных элементов в механике разрушения. – М.: Наука, 1980. – 256 с.
5. Лежнев С., Панин Е. Использование программного комплекса DEFORM 2D/3D в научной работе и учебном процессе // САПР и графика. – М.: Изд-во ООО «Компьютер Пресс», 2009. – № 5 (151). – 345 с.
6. Тушинский Л. И., Плохов А. В., Токарев А. О., Синдеев В. И. Методы исследования материалов: Структура, свойства и процессы нанесения неорганических покрытий. – М.: Мир, 2004. – 384 с.
7. Токарев А. О. Упрочнение деталей износостойкими покрытиями. – Новосибирск: Изд-во Новосибирской государственной академии водного транспорта, 2000. – 187 с.

### **Рецензенты:**

Исагулов Аристотель Зейнуллинович, д.т.н., профессор, проректор по ИиУМР, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда.

Тутанов Серикпай Куспанович, д.т.н., профессор, зав. кафедрой ВМ, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда.