

# Современные решения ANSYS и ESI для повышения конкурентоспособности продукции

**В.В. Котов (Екатеринбург, Россия)**  
kvv@delcam-ural.ru

к.т.н., руководитель технологического направления группы компаний «Делкам-Урал» — «ПЛМ Урал»

**В представленной статье рассмотрены современные подходы к повышению конкурентоспособности продукции на основе математического моделирования. Показано что программные решения ANSYS и ESI, могут быть эффективно использованы для сокращения временных и финансовых затрат, как на стадии проектирования изделий, так на стадии эксплуатации. Приведен опыт нашей компании в решении задач для предприятий нефтегазовой промышленности.**

## Ключевые слова

конкурентные преимущества, проектирование, нефтепроводы, арматура, моделирование, жизненный цикл изделия

Contemporary simulation solutions ANSYS and ESI to increase production competitiveness

## Authors

Viacheslav V. Kotov (Yekaterinburg, Russia)

phD, Head of technological department Business group "Delcam-Ural" — "PLM Ural"

## Abstract

This article is devoted to the current approaches to improving competitiveness by means of mathematical modeling. It is shown that ANSYS and ESI simulation solutions can be used effectively to reduce time and costs, both at the stage of product design, so at the production stage. It is also described the experience of our company in meeting the challenges of the oil and gas industry.

## Keywords

competitive advantages, design, pipelines, fittings, simulation, life time prediction

В данной ситуации на первый план выходят инновации и применение современных технологий. Во всем мире интенсивно развиваются методы быстрой разработки и модернизации технологических процессов, создания новых конструкций и изделий на основе компьютерного моделирования. Оно позволяет спроектировать необходимое изделие, создать и оптимизировать технологию его производства и даже провести испытания в виртуальной среде на экране компьютера. Это значительно сокращает время разработки и совершенствования технологий, позволяет снизить затраты на промышленные испытания и повысить качество продукции.

Современные программные решения для отечественных предприятий предлагает группа компания Делкам-Урал — «ПЛМ Урал» — один из крупнейших поставщиков продуктов для моделирования технологических процессов и решения конструкторских задач.

Сюда входят решения для моделирования процессов проектирования и производства: литья, обработки давлением, сварки, термообработки; решения для композиционных

материалов, а также решения для прочностных расчетов, гидрогазодинамики, электромагнетизма и много другого. Это программные решения фирм ANSYS (США), ESI (Франция).

Наша компания имеет большой опыт взаимодействия с промышленными предприятиями и институтами, целый ряд задач был решен для предприятий нефтяной промышленности, а также для производителей комплектующих. В частности, одним из таких предприятий является ОАО «Сибнефтепровод», для которого были осуществлены несколько проектов.

При помощи программного обеспечения ANSYS был проведен ряд сопряженных расчетов рабочих колес центробежных насосов. Для определения полей давления на поверхности от перекачиваемой жидкости в программном пакете CFX был произведен гидравлический расчет проточной части (рис. 1). Далее поля давления были переданы в Mechanical для расчета напряженно-деформированного состояния колеса (рис. 2). Помимо этого, для проверки отсутствия резонансных частот в рабочем диапазоне частот колеса, был произведен модальный анализ.

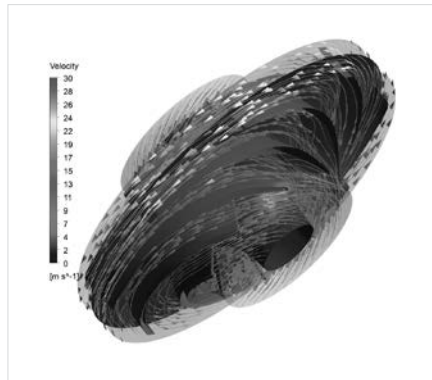


Рис. 1 — Линии скорости потока перекачиваемой жидкости в рабочем колесе насоса, полученные в CFX

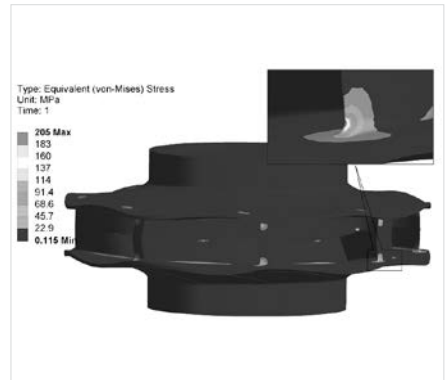


Рис. 2 — Распределение эквивалентных напряжений в рабочем колесе от действия давления перекачиваемой жидкости и угловой скорости вращения



Рис. 3 — Конструкция колодца КТ в разборе

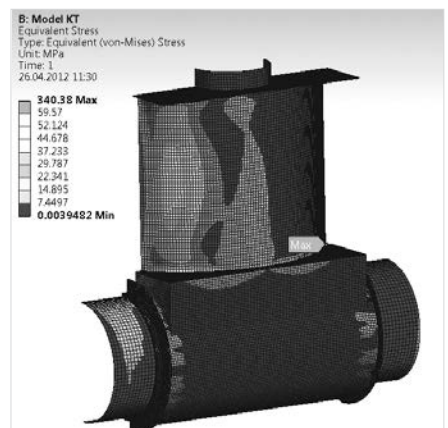


Рис. 4 — Распределение эквивалентных напряжений в корпусе колодца

Это позволило определить жизненный цикл конструкций и спрогнозировать минимальные сроки их безаварийной эксплуатации.

Вторым интересным проектом стал расчет колодца техобслуживания трубопровода, который используется для размещения контрольно-измерительного оборудования на трубопроводе, проходящем под землей (рис. 3). В оригинальной конструкции колодца использовалась схема центровки и герметизации относительно трубопровода при помощи деревянных клиньев из лиственницы и уплотнительной набивки. Данный метод монтажа был очень продолжителен по времени и требовал больших трудозатрат. В связи с этим было принято решение об изменении схемы центровки и герметизации, которая предполагала осуществлять центровку колодца относительно трубопровода при помощи опорных башмаков, вылет которых регулируется винтами. Целью расчета было изучение поведения обеих конструкций при одинаковых схемах нагружений, среди которых была нагрузка собственным весом, давлением грунта и кинематической нагрузкой, имитирующей движение трубопровода относительно грунта при замерзании и оттаивании.

Проведенные в программном комплексе ANSYS Mechanical расчеты показали работоспособность предложенного варианта исполнения колодца, что позже было подтверждено в процессе испытаний изготовленного колодца на стенде имитирующем подвижки трубопровода (рис. 4). Изменение конструкции колодца позволило значительно сократить его стоимость за счет унификации узлов и исключения из состава изделия дополнительных монтажных приспособлений и деревянных клиньев. Кроме того значительно упростился процесс монтажа колодца на трубопровод, что в совокупности с годовым планом производства дало существенную экономию предприятию.

Помимо проектирования и расчетов эксплуатации конструкции, ряд проектов был осуществлен и по задачам разработки и оптимизации технологий производства изделий. Одним из таких стал расчет крупногабаритного литья для ООО «Машсталь», одного из поставщиков клапанов и регуляторов давления для трубопроводов и станций в программном комплексе ProCAST компании ESI.

Первоначальная технология изготовления отливки «Крестовина», массой 14,5 тонн, предусматривала применение экзотермических оболочек, стальных внешних холодильников и хромитового стержня (рис. 5). Задачей расчета состояла в моделировании заполнения формы сплавом 20ГЛ с учетом теплового воздействия холодильников и экзотермической смеси, оценка кристаллизации, образования внутренних тепловых узлов и получаемых усадочных дефектов.

Расчет показал плавное заполнение металла в форме за счет сифонного подвода, исключена возможность размыва формы или стержней, не возникает потоков с сильным вихревым течением. Температура металла в процессе заливки падает

на 100-120°C, образование недолива или холодных спаев исключено. Фронт кристаллизации металла неравномерен: не смотря на медленное остывание сплава в прибылях за счет экзотермической смеси, в процессе затвердевания отливки образуются 4 крупных тепловых узла в нижней части. В этих местах образуется усадочные раковины (рис. 6)

По результатам расчета было предложено усовершенствовать технологию, добавив стальные холодильники по внутреннему радиусу крестовины. Захлаживание металла холодильниками в этой области позволило выронить направленность кристаллизации к прибылям и исключить образование усадки в отливке.

Еще одним интересным классом задач являются сквозные расчеты производственных процессов и последующего определения запасов прочности и эксплуатационных характеристик конструкции, с учетом всех напряжений и дефектов, полученных при их изготовлении.

В качестве примера было проведено моделирование цистерны для хранения ГСМ. Задача состояла в расчете процесса сварки конструкции и последующей оценки ее напряженного состояния в условия эксплуатации. Данная емкость изготавливается из конструкционной стали. Используется полуавтоматическая сварка в среде защитного газа. Сначала привариваются полусферы, затем горловина и, после, присоединяются опоры. Расчет сварки проводился в программном комплексе SYSWELD компании ESI. С целью минимизации короблений были проанализированы несколько вариантов закрепления.

Путем оптимизации удалось снизить коробление цистерны до 6 мм (рис. 7). Приложении к сваренной конструкции рабочих нагрузок позволило оценить уровень напряжений цистерны, который не превысил 370 МПа. Помимо этого была проведена оценка усталостной прочности.

Таким образом сквозное моделирование изделия помогает очень точно рассчитать напряженно-деформированное состояние конструкции, что позволяет очень точно прогнозировать ее жизненный цикл.

Описанные в статье решения ANSYS и ESI широко используются за рубежом на ведущих отечественных предприятиях и институтах. Достигнуты значительные успехи в области оптимизации конструкций, способов их проектирования и производства и, что самое важное, сокращения сроков от возникновения идеи до ее реализации в готовом изделии. Таким образом, современные программные продукты и использование нашего опыта могут стать эффективным способом для повышения конкурентоспособности продукции, за счет сокращения временных и финансовых затрат.

**620131, Екатеринбург,  
ул. Metallургов 16-Б  
тел./факс: (343) 214 46 70,  
(343) 214 46 76  
E-mail: info@delcam-ural.ru**



Рис. 5 — Геометрия и расчетная сетка отливки



Рис. 6 — Усадочные дефекты по сечению отливки

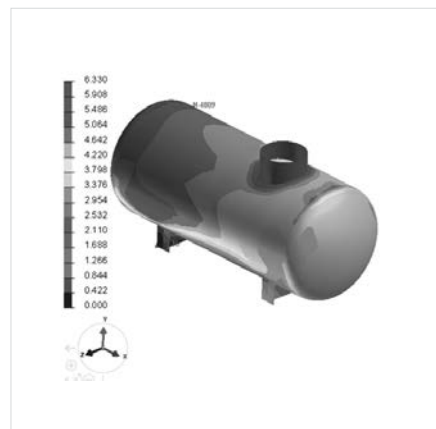


Рис. 7 — Суммарные сварочные коробления конструкции



Рис. 8 — Поля эквивалентных напряжений в конструкции при приложении рабочих нагрузок