

ВОЗМОЖНОСТИ

программного комплекса ANSYS для расчетов трубопроводной арматуры

А.В. Белобородов, к.т.н., **А.П. Комаров**, **Г.Н. Новаковский**, **М.М. Ерофеев**, к.т.н.,
ООО «Делкам-Урал», г. Екатеринбург, ИПФ «Сибнефтеавтоматика», г. Тюмень

В настоящее время у инженера-исследователя появилась возможность применять универсальные математические пакеты для проведения расчетов в различных областях гидродинамики, тепло- и массообмена, прочности, электромагнетизма. Компьютерное моделирование позволяет значительно сократить затраты на разработку новых конструкций и систем, а также снизить время на решение задач оптимизации существующих.

Специалисты отдела инженерного анализа компании «Делкам-Урал» в течение многих лет решают задачи из различных областей современной промышленности. В том числе – все виды литейных задач, расчет гидродинамики, гидроудары, расчет объектов, работающих под избыточным давлением. Технические эксперты компании «Делкам-Урал» имеют навык работы с различными программами инженерного анализа: ANSYS,

Рис. 2. Конечно-элементная модель обратного затвора DN 50, PN 320 (ОАО «Икар»)

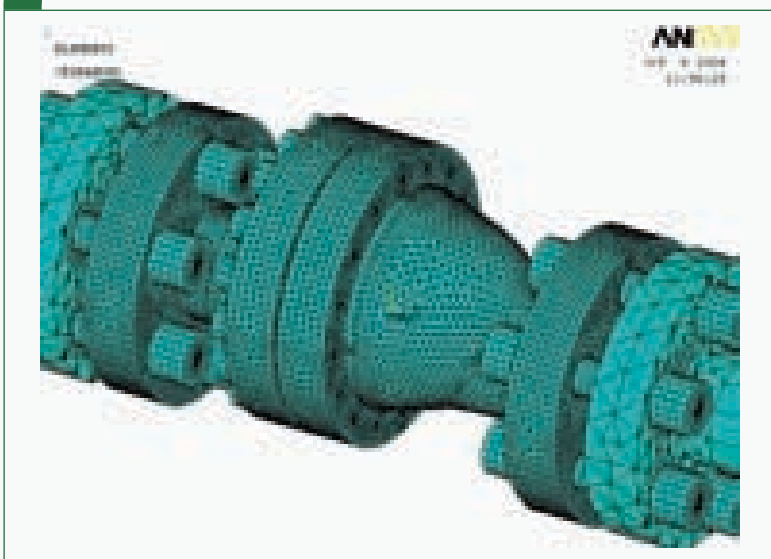
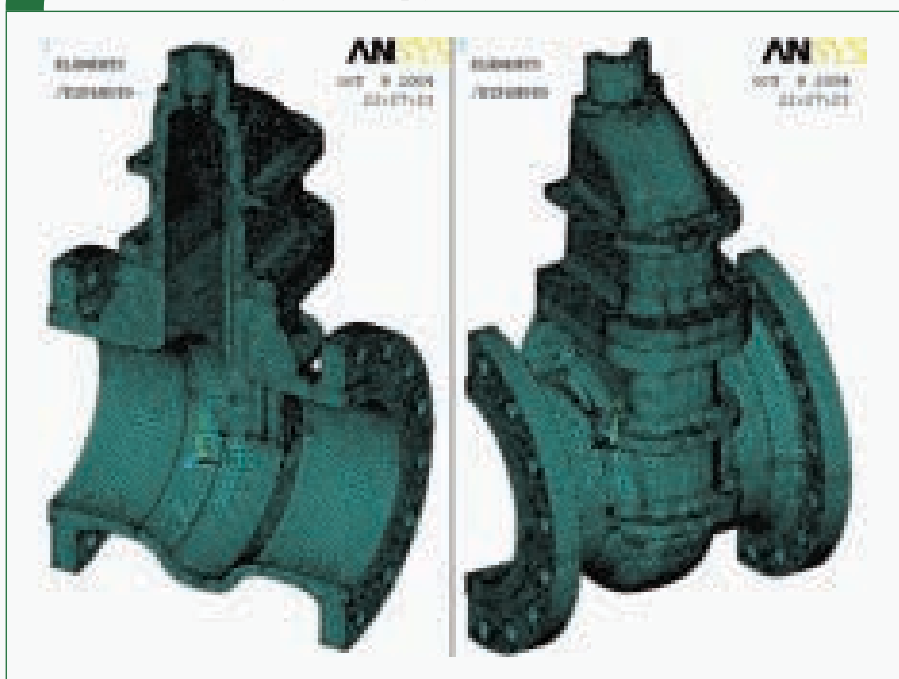


Рис. 1. Конечно-элементная модель клиновой задвижки DN 300, PN 40 (ОАО «Икар»)

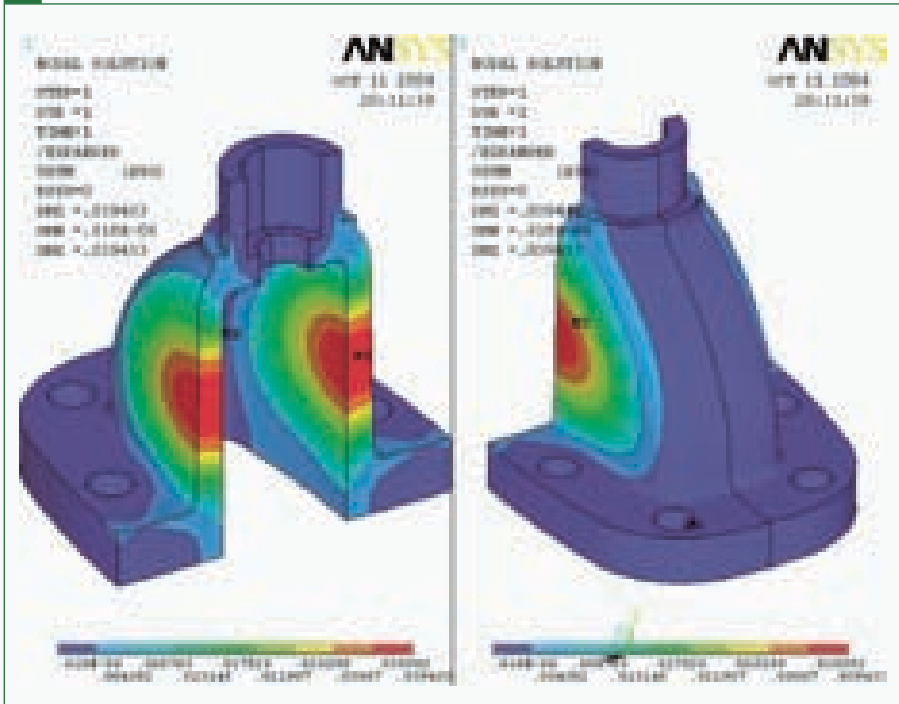


SYSWELD, ProCast, QForm2D/3D, Deform и другими программами.

Данные программы используют численные итерационные методы, позволяющие с необходимой точностью решать дифференциальные уравнения, при помощи которых описываются практически все физические задачи. Главное преимущество компьютерного эксперимента в том, что он позволяет исследовать свойства системы в принципиально не ограниченном количестве точек. При изучении действующего объекта эта задача становится практически невыполнимой, поэтому приходится оценивать процессы внутри объекта по макропоказателям, что сопряжено с увеличением ошибочных рассуждений и неправильной работой объекта.

В настоящее время существуют десятки программ, построенных на раз-

Рис. 3. Поле распределения суммарных перемещений в крышке клиновой задвижки DN 100, PN 40 (ОАО «Икар») при нагружении рабочим давлением



личных математических методах, позволяющие проводить анализ физических процессов в той или иной постановке. Однако, далеко не все из них способны проводить одновременный расчет и анализ уравнений из различных областей физики (гидродинамика, прочность, электромагнетизм). ANSYS на настоящее время является уникальной системой, объединяющей в едином интерфейсе большинство разделов физики. Кроме того, современная платформа ANSYS Workbench сопрягается с большинством CAD пакетов, позволяет моделировать физические процессы с непосредственным использованием построенных в конструкторских программах трёхмерных моделей, снимая необходимость передачи модели из одной программы в другую.

Метод конечных элементов, реализованный в программном обеспечении ANSYS, уже достаточно продолжительное время используется для проведения расчетов напряженно-деформированного состояния и расчетного обоснования прочностной надежности оборудования и трубопроводов, используемых в атомной энергетике. Программа ANSYS сертифицирована в соответствии с ISO 9001 и 9000-3 и аттестована Госатомнадзором РФ. Вместе с тем, подобное программное обеспечение практически не используется в нефтегазовой отрасли, несмотря на существующую

потребность в точной оценке надежности вновь создаваемого оборудования и остаточного ресурса эксплуатируемого. Это связано в первую очередь с отсутствием методических разработок в данном направлении, регламентирующих границы и способы применения данного программного обеспечения.

ANSYS позволяет выполнять расчеты конструкций практически любой сложности (Рис. 1, 2) в условиях, приближенных к реальным условиям эксплуатации, включая монтажные нагрузки, температурные деформации, гидравлический удар и другие, не учитываемые при расчетах по существующим методикам, которые оказывают влияние на НДС деталей, и, следовательно, прочностную надежность арматуры в целом.

Отработаны методики расчета как отдельных деталей трубопроводной арматуры (Рис. 3), так и изделий в целом с учетом взаимного влияния деталей изделия друг на друга (Рис. 4).

Помимо этого, существующие методики позволяют выполнять расчеты с учетом монтажных нагрузок (усилия, возникающие при затяжке крепежных деталей, несоосности магистральных фланцев и др.) и учитывать влияние гидравлических ударов (Рис. 5).

Входящие в линейку продуктов ANSYS программные модули CFX и Fluent являются признанными мировыми

Рис. 4. Поле распределения эквивалентных напряжений в корпусных деталях клиновой задвижки DN 300, PN 40 (ОАО «Икар») при нагружении рабочим давлением

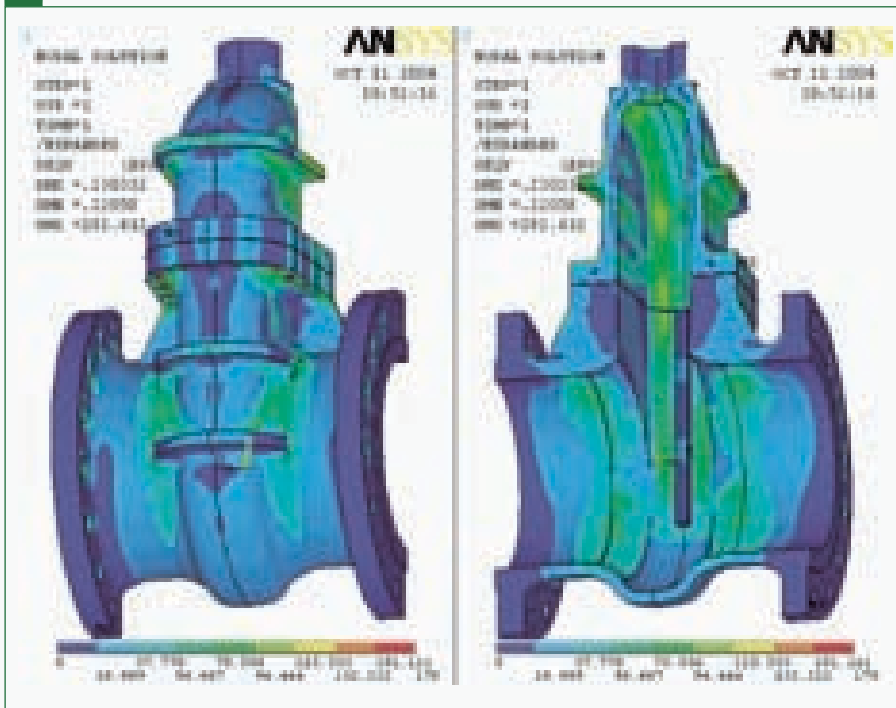
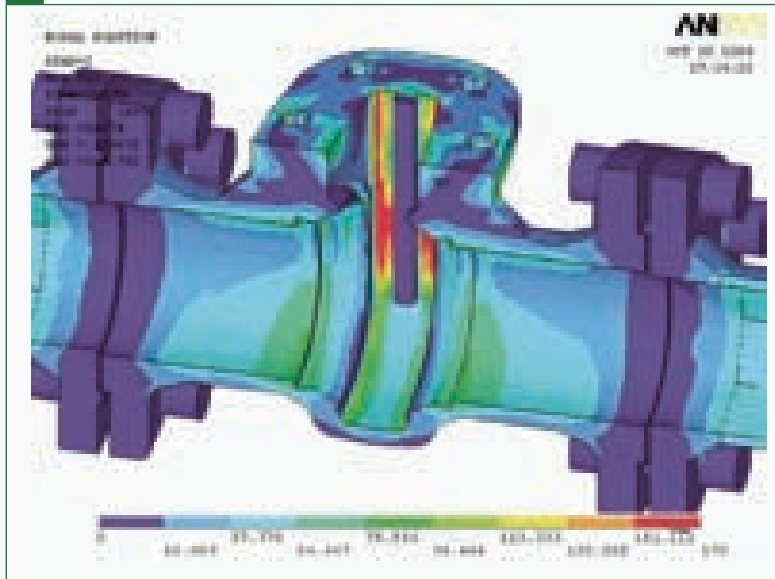


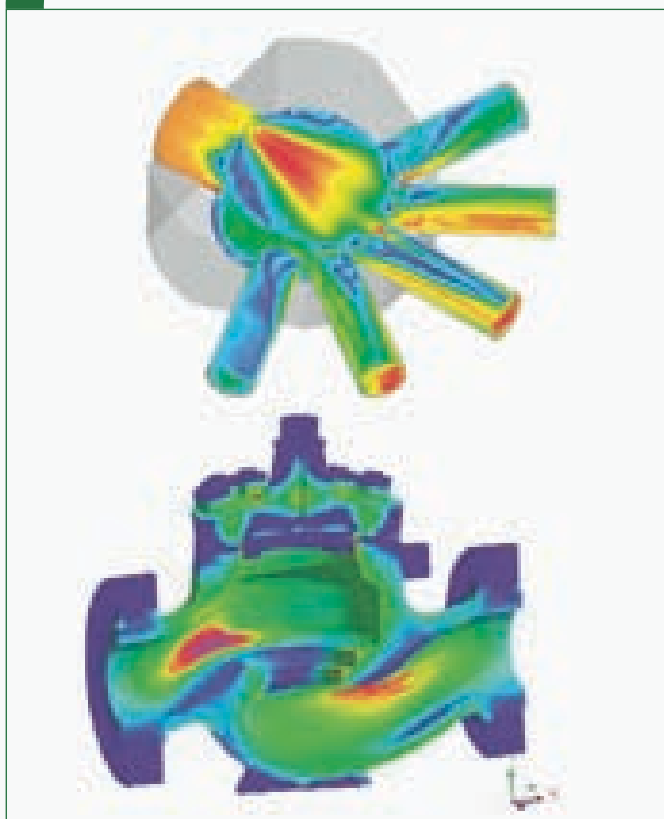
Рис. 5 Поле распределения эквивалентных напряжений в корпусе клиновой задвижки DN 100, PN 40 (ОАО «Икар») с учетом монтажных нагрузок в случае прямого гидроудара



лидерами в области вычислительной гидрогазодинамики. При проектировании трубопроводов и запорной арматуры они используются для следующих расчетов:

- Определение гидравлических потерь в трубопроводах и арматуре (клапаны, краны, редукторы и т.д.) и оптимизации формы по данному критерию;
- Моделирование движения твердых частиц в потоке жидкости/газа, что позволяет определять скорость абра-

Рис. 6. Поле давления при моделировании гидроудара в задвижке



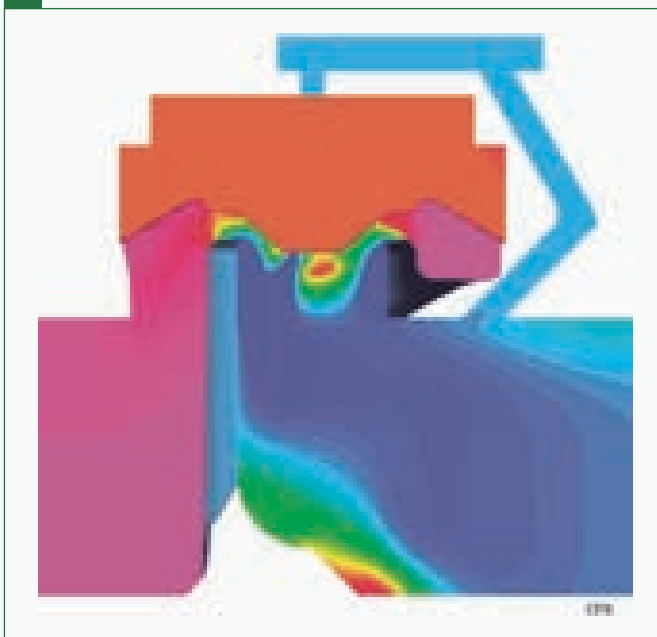
зивного износа на внутренних поверхностях трубопроводов и арматуры;

- Моделирование нестационарных течений (Рис. 6), что позволяет определять динамические характеристики работы арматуры (пример – изменение расхода и скачков давления во времени и при закрытии клапана), оценить пиковые нагрузки при гидроударе (Рис. 7).

Результаты выполненных на основании перечисленных методик расчетов являются основой для проведения оптимизации конструкций арматуры, направленной на повышение прочностной надежности.

Другим аспектом внедрения расчетов методом конечных элементов является сокращение времени подготовки производства в сочетании с сокращением производственных затрат. Это достигается за счет возможной замены традиционных методов моделирования и испытаний математическими (компьютерными) на основании вышеуказанных методов расчета.

Рис. 7. Моделирование нестационарного течения в задвижке



С внедрением методов математического моделирования и анализа исключается необходимость повторного создания опытных образцов и проведения их испытаний вследствие корректировки конструкции по результатам предыдущих испытаний, так как корректировка конструкции осуществляется по результатам моделирования, которое выполняется практически параллельно с разработкой конструкторской документации, а испытание опытных образцов носит верификационный характер.

Расчеты на прочность арматуры, результаты которых представлены в данной статье, проведены А.В. Белобородовым.