

УДК 539.3

В.О.Сабадаш (5 курс, каф. МПУ), С.В.Кондратьев (6 курс, каф. МПУ),
А.Г.Долганов (асп., каф. МПУ), А.И.Боровков, к.т.н., проф.

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И УПРУГО – ПЛАСТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КОРПУСА КОМПРЕССОРА СВЕРХВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Проекты и опытные образцы компрессоров сверхвысокого давления известны с 70-х годов, но только в последнее время промышленность, вычислительная механика и современные CAD/CAE технологии вплотную подошли к решению сложных трехмерных задач прочности и газодинамики, возникающих при проектировании подобных установок. Основными сферами применения компрессоров сверхвысокого давления являются промышленный синтез полимеров, в частности полиэтилена, а также повышение эффективности добычи нефти и газа из имеющихся месторождений. В последнем случае с их помощью в нефтегазовую скважину под высоким давлением закачивается особая смесь, что позволяет добывать тот газ, который иными способами, из-за падения давления в скважине, добыть нельзя.

Рассмотрим корпус центробежного компрессора с одной торцевой крышкой, которая закрепляется в корпусе с помощью сдвижного кольца. Сдвижное кольцо состоит из четырех частей, перемещаемых с помощью специальных штанг (рис. 1).

В расчете пространственного напряженно-деформированного состояния корпуса компрессора необходимо учитывать эффекты сложного контактного взаимодействия в зоне "торцевая крышка/сдвижное кольцо/ корпус", где элементы конструкции могут входить в сложное контактное взаимодействие друг с другом.

Данный компрессор рассчитан на выходное давление $P_0 > 1000$ атм. Расчетное исследование выполнено для условий, соответствующих проведению гидростатических испытаний, – к внутренней поверхности корпуса прикладываем постоянное давление $1.1 P_0$ атм. Столь высокое внутреннее давление приводит к тому, что в корпусе компрессора, а особенно в зоне контактного взаимодействия

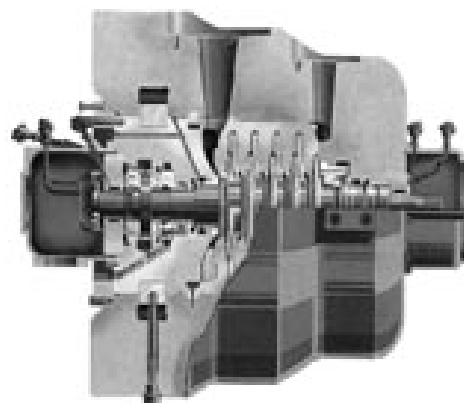


Рис. 1

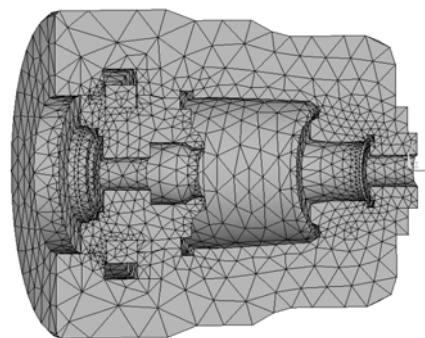


Рис. 2

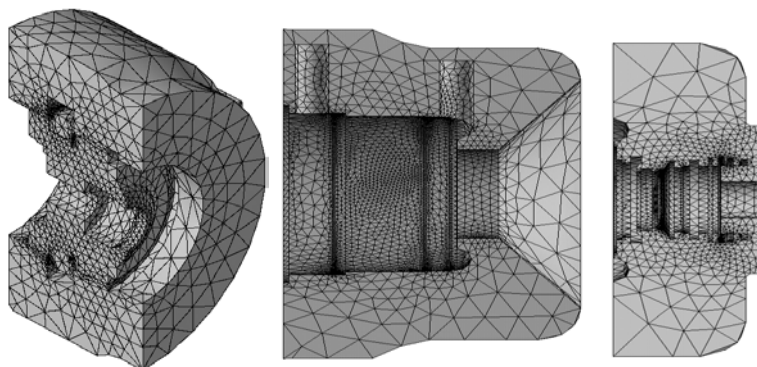


Рис. 3

возникают пластические деформации.

Целью работы является определение пространственного напряженно-деформированного состояния корпуса компрессора, с учетом контактного взаимодействия и упруго-пластического состояния элементов конструкции, оценка зазоров, возникающих между внутренней поверхностью корпуса компрессора и торцевой крышкой, а также получение отсчетного уровня перемещений на внутренней поверхности корпуса для дальнейшего использования при перепроектировании корпуса компрессора.

Очевидно, что в данном случае принципиально важно учитывать оба вида нелинейностей (упруго-пластическое состояние и контактное взаимодействие), возникающих в задаче. С другой стороны, для получения правильных результатов в зонах возникновения нелинейных эффектов необходимо использовать достаточно густую сетку КЭ, что приводит к чрезмерному усложнению пространственной КЭ модели. Поэтому КЭ моделирование пространственного напряженно-деформированного состояния корпуса компрессора проводилось методом субмоделирования ("submodeling"-метод). Данный метод заключается в разделении модели на части, в каждой из которых мы имеем возможность учесть те особенности конструкции, которые нецелесообразно учитывать в макромоделе. Макромоделю (рис.2) называется модель, из решения которой берутся граничные условия для субмоделей (рис. 3). В выборе степени детализации макромодели и зон, где, она делится на субмодели может помочь только большой вычислительный опыт и тщательное решение грамотно подобранных модельных задач. Использование этого метода облегчает то, что он может быть реализован с помощью программной системы конечно-элементного анализа ANSYS 5.5, с помощью которой и выполнены многомодельные и многовариантные расчетные исследования.

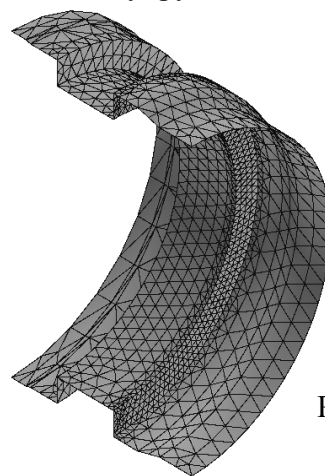


Рис. 4

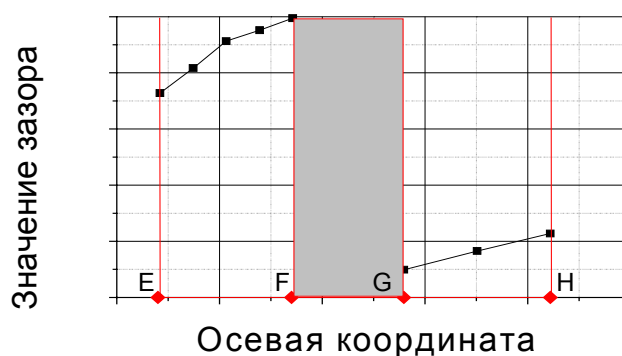


Рис. 5

Разработанные пространственные КЭ модели имеют следующие характеристики:

- Макромодель: NE=22897, NCE=3130 (NCE – общее число контактных элементов), NEQ=112539; поверхность возможных контактных взаимодействий, содержащая 3130 контактных элементов представлена на рис. 4;
- Субмодель левой части корпуса предназначенная для детального моделирования контактного взаимодействия в зоне "торцевая крышка/сдвижное кольцо/корпус": NE=78544, NCE=12050, NEQ=315600.

Важным результатом данной работы является получение оценки зазора, возникающего между внешней поверхностью торцевой крышки и внутренней поверхностью корпуса. Эти результаты представлены на рис. 5 (участок F-G соответствует пазу, в котором находятся секции сдвижного кольца).