

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННЫ С ТРУБОПРОВОДНОЙ ОБВЯЗКОЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ВОЗДУШНОЙ ВЗРЫВНОЙ ВОЛНЫ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА SIMULIA ABAQUS

Гостенова Е.А.¹⁾ Тропкин С.Н.²⁾ Тляшева Р.Р.¹⁾ Кузеев И.Р.¹⁾
УГНТУ. г. Уфа 2)ООО «ТЕСИС», г. Москва

Предприятия нефтегазовой отрасли являются сложными структурными комплексами, состоящими из отдельных технологических звеньев, связанных единым технологическим процессом.

Обеспечение промышленной безопасности, определяемой как состояние защищенности жизненно важных интересов личности и общества от аварий на опасных производственных объектах, является актуальной задачей в настоящее время.

Наиболее характерными опасностями установок нефтегазоперерабатывающих предприятий являются [1,2]:

- 1) взрывы аппаратов, содержащих сжатые газы;
- 2) разгерметизация оборудования, ведущая к выбросу взрывоопасных веществ, с последующим формированием взрывоопасного облака;
- 3) разгерметизация технологического оборудования, сопровождающаяся выбросом сырья, с его последующим испарением и формированием парогазового облака, способного к дальнейшему взрывному превращению;
- 4) образование взрывоопасных парогазовых смесей углеводородов с воздухом в производственных помещениях и в аппаратуре и инициирование взрыва внутренними и внешними источниками воспламенения.

Основным технологическим оборудованием промышленных объектов являются аппараты колонного типа с обвязкой трубопроводов, обеспечивающих взаимосвязь между отдельными единицами оборудования. Это оборудование работает в сложных условиях эксплуатации, при высоких температурах и внутреннем давлении, кроме этого, аппараты колонного типа содержат значительное количество углеводородного сырья. Конструктивные особенности аппаратов таковы, что они имеют значительную высоту и располагаются на открытых площадках, что, в случае аварии, может приводить к истечению продукта с последующим образованием взрывоопасного облака.

Анализ статистической информации об авариях связанных с взрывами показал, что в случае разрушения аппарата колонного типа такие аварии чреваты тяжелыми последствиями, сопровождающиеся поражением людей и разрушением окружающих промышленных объектов.

На сегодняшний день существуют методы позволяющие произвести расчет аппаратов колонного типа применяемых в промышленности, а также позволяющие оценить нагрузки, их влияние на работу колонн, рассчитать основные характеристики при нормальном протекании технологического процесса и при возникновении нештатных ситуаций. На основе методов разработаны программные комплексы, позволяющие производить точные расчеты в короткие сроки с достаточной степенью адекватности результатов, такие как [SIMULIA ABAQUS](#).

В настоящее время проведен ряд научных исследований в области расчетов аппаратов колонного типа. Однако, одним из недостатков этих исследований является то, что они не учитывали взаимосвязь аппаратов колонного типа с технологической трубопроводной обвязкой, в свою очередь, когда колонна, обвязанная трубопроводами, имеет дополнительное нагружение, что влияет на ее устойчивость при воздействии ударной взрывной волны.

В связи с этим в Уфимском государственном нефтяном техническом университете с использованием программного комплекса SIMULIA ABAQUS ведутся научные исследования по оценке влияния трубопроводной обвязки на устойчивость колонного аппарата при взрывном воздействии ударной волны, а также влияние на устойчивость колонны направление действия взрывной ударной волны.

Первая задача о влиянии трубопроводной обвязки на устойчивость колонного аппарата при взрывном воздействии ударной волны состояла в построении геометрической модели ректификационной колонны с трубопроводной обвязкой. При создании модели свойства материала задавались как нелинейные с учетом пластического поведения вплоть до разрушения. Моделирование колонны проводилось с использованием оболочечных элементов.

Трубопроводная обвязка задавалась с помощью балочных элементов. Анкерные болты, крепящие колонну к фундаменту, моделировались с помощью элементов сплошной среды. Взрывная волна задавалась как давление, изменяющееся по времени и в пространстве по поверхности колонны и трубопроводов.

В процессе работы проведены исследования: поведения колонны при воздействии взрыва без учета трубопроводной обвязки и с ее учетом; влияния направления действия взрывной волны на объект; напряженно-деформированного состояния колонны с возможностью её дальнейшей эксплуатации.

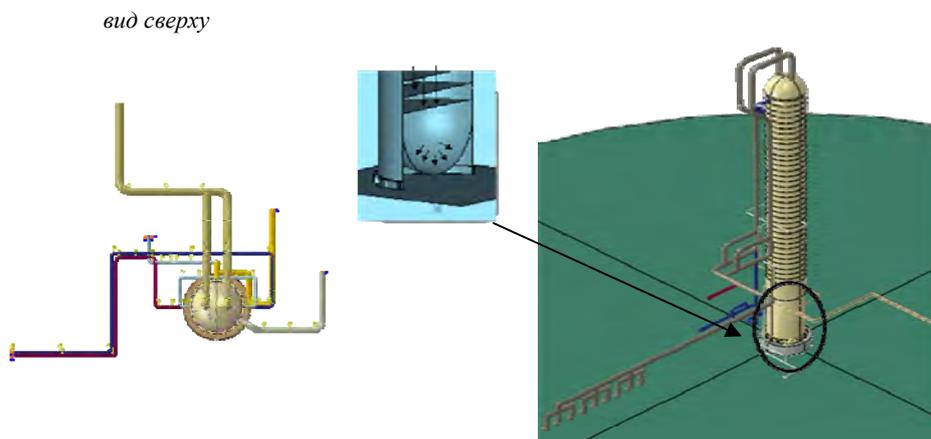


Рисунок 1 – Модель ректификационной колонны, созданная в программном комплексе SIMULIA ABAQUS

Критериями оценки воздействия взрывной волны на колонну были приняты:

1. Исследование перемещения верхней точки колонны во времени от действия на колонну взрывной волны;
2. Исследование напряженно-деформированного состояния анкерных болтов, в частности исследование эквивалентных пластических деформаций в болте;
3. Исследование количества болтов, в которых образовались пластические деформации;
4. Исследование максимальных пластических деформаций, возникших в трубопроводной обвязке;
5. Исследование максимальных напряжений и деформаций, возникающих в колонне.

Были построены номограммы зависимости:

- перемещения вершины колонны от направления действия взрывной волны;
- ускорение вершины колонны от направления действия взрывной волны;
- напряжение по Мизесу, действующее по образующей от верхней точки колонны до фундамента;
- логарифмические деформации, возникающие по высоте колонны, для всех расчётных случаев;
- эквивалентные пластические деформации, возникающие по высоте колонны.

По результатам исследования установлено, что создание и применение методики трехмерного динамического расчета с учетом многофакторного нагружения может способствовать повышению безопасности при проектировании новых и уменьшению аварийности уже существующих установок нефтегазоперерабатывающих производств.