



Аль Раммахи
Мустафа М. М.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ И ПРОЧНОСТНО-ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ ИНЕРЦИОННО-ФИЛЬТРУЮЩЕГО ГАЗОСЕПАРАТОРА

В статье рассмотрены основные программные продукты для моделирования напряженно-деформированного состояния оболочек. Проведено исследование прочности и устойчивости инерционно-фильтрующего газосепаратора и получены результаты, которые показывают влияние различных концентраторов напряжения на коэффициент устойчивости.

Ключевые слова: моделирование, прочность, инерционно-фильтрующий сепаратор, расчет.

1. Введение

При проектировании нового типа оборудования основное внимание уделяется конструированию проточных частей, а также гидродинамической обстановке в рабочих областях устройств, после чего обязательно проводятся поверочные расчеты на прочность основных узлов и деталей разработанной конструкции. Таким образом, моделирование напряженно-деформированного состояния и прочностно-элементный анализ новых конструкций инерционно-фильтрующих (ИФ) сепараторов представляется актуальной задачей и является неперенным условием его длительной и надежной эксплуатации.

2. Цель исследования

Целью исследования является определение напряжений возникающих в оболочке газосепаратора ИФ типа при наличии штуцеров различной конструкции и установленных в различных местах оболочки, а также выдача рекомендации по методам уменьшения возникающих рисков.

3. Задачи исследования

Создание трехмерной твердотельной модели газосепаратора без штуцеров и внутренних устройств, а также второй модели со штуцерами.

Приложение нагрузок на внутренние поверхности, а также закрепление тех частей аппарата, которые не могут подвергаться перемещениям.

4. Литературный обзор источников

Для решения данной задачи сегодня на рынке программного обеспечения имеется несколько альтернативных программных продуктов, которые производят прочностной анализ на основе методик конечно-элементного моделирования. На данный момент в мире разработано множество программных продуктов для моделирования напряженно-деформированного состояния элементов конструкций, среди них Ansys Workbench [1, 6], Пассат

от НТП «Трубопровод» [2], APM Structure3D [3, 7], Autodesk Inventor [4] и другие [8, 9, 10].

Наиболее доступными из таких отечественными инструментами являются система прочностного анализа APM FEM и система автоматизированного расчета APM WinMachine (разработчик НТП «Автоматизированное проектирование машин») [5]. Они предназначены для выполнения экспресс-расчетов твердотельных объектов деталей машин и механизмов, элементов конструкций и узлов, созданных в САД-системе КОМПАС-3D.

5. Методика моделирования и результаты исследования

Моделирование проведено для модернизированного ИФ газосепаратора производительностью 50000 м³/час природного газа (расчетные давление $p = 1,6$ МПа и температура $t = 20$ °С), проходящего опытно-промышленные испытания на Качановском ГПЗ (ПАТ «Укрнефть»). Материал корпуса и внутренних устройств аппарата — Сталь 16ГС. Механические характеристики определены согласно ГОСТ 14249-89.

В процессе моделирования конструкция корпуса разбита на конечные треугольные элементы, которые образуют конечно-элементную расчетную сетку (табл. 1).

Таблица 1

Параметры и результаты разбиения

Наименование	Значение
Максимальная длина стороны элемента [мм]	5
Максимальный коэффициент сгущения на поверхности	1
Коэффициент разрежения в объеме	1,5
Количество конечных элементов	21505
Количество узлов	6728

Как видно из рис. 1 в зонах расположения концентраторов напряжений сетка разбивается на более мелкие элементы.

После этого заданы граничные условия и приложены нагрузки (распределенное давление на внутренние

стенки сосуда и штуцеров), а также указаны закрепления в месте приварки цилиндрической опоры.

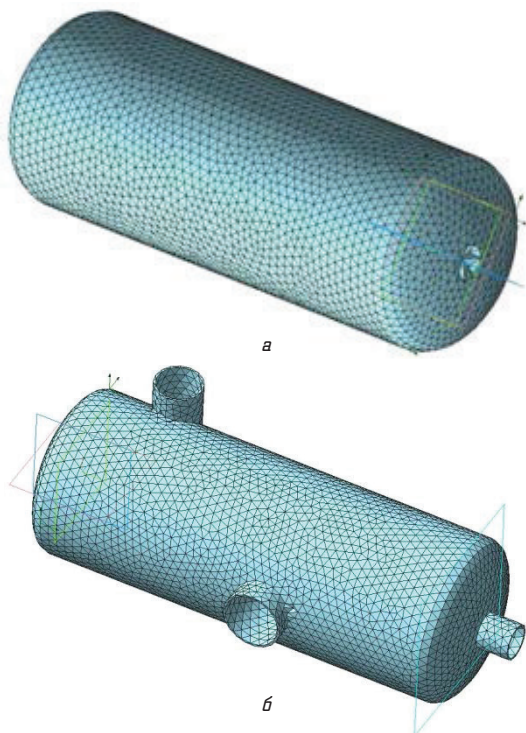


Рис. 1. Разбиение конструкции на элементы расчетной сетки: *а* — оболочка без внутренних устройств и штуцеров; *б* — оболочка при наличии штуцеров

Анализируя конструкцию газосепаратора можно сказать, что в нем есть несколько видов концентраторов напряжений, такие как тангенциально и радиально расположенные штуцера, места соединения цилиндрической и эллиптической части. Влияние вышеперечисленных факторов на прочность и устойчивость рассмотрено ниже (рис. 2).

Результаты моделирования показывают, что без наличия штуцеров напряжения в оболочке распределяются

равномерно, и это положительно влияет на надежность и прочность аппарата (рис. 3).

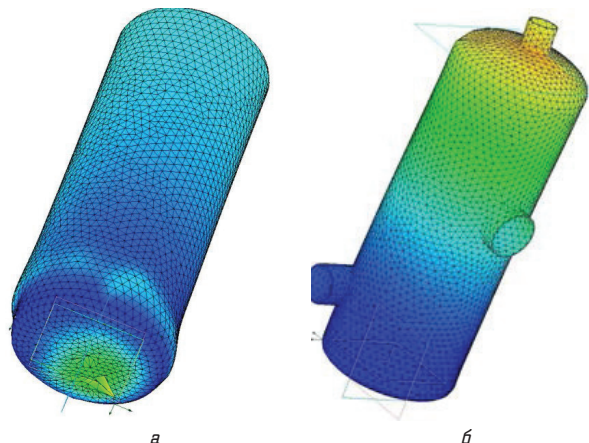


Рис. 3. Результаты моделирования потери устойчивости

Таким образом, для сохранения прочности конструкции необходимо укреплять отверстия за счет избыточной толщины стенки штуцера и аппарата, а также накладных колец.

Результаты моделирования оболочки со штуцерами и без показывают что напряжения в оболочке без штуцеров распространяются более равномерно и это положительно влияет на надежность конструкции. В свою очередь, так как наш газосепаратор работает в составе технологической схемы и необходимо подводить и отводить среды, а также контролировать технологические параметры, то наличие штуцеров является обязательным условием. Но, как видно по коэффициенту запаса устойчивости штуцера, отрицательно влияют на него (без штуцеров $K_y = 0,002136$, со штуцерами $K_y = 0,000305$).

6. Выводы

Прочностной анализ модуля APM FEM позволяет решать линейные задачи: напряженно-деформированного состояния (статический расчет), статической прочности

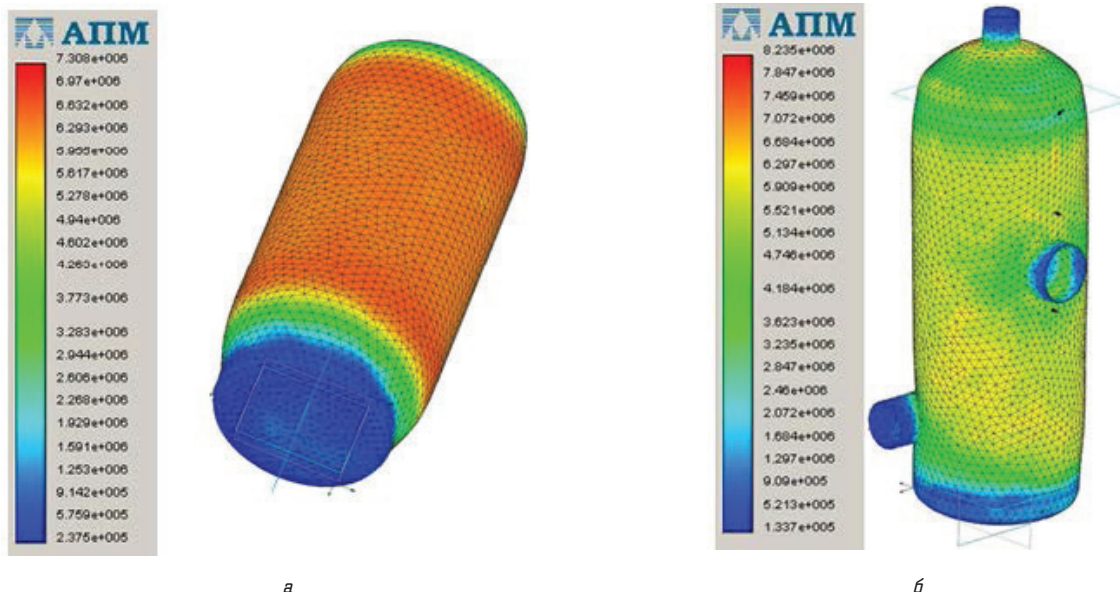


Рис. 2. Распределение напряжений в оболочке корпуса аппарата

сборок, устойчивости, термоупругости, стационарной теплопроводности. Динамический анализ позволяет определять частоты и формы собственных колебаний, в том числе для моделей с предварительным нагружением.

Расчетами определены: распределение эквивалентных напряжений и их составляющих, а также главных напряжений; распределение линейных, угловых и суммарных перемещений; распределение деформаций по элементам модели; эпюры распределения внутренних усилий; значение коэффициента запаса устойчивости и формы потери устойчивости; распределение коэффициентов запаса и числа циклов по критерию усталостной прочности; распределение коэффициентов запаса по критериям текучести и прочности; распределение температурных полей и термонапряжений; координаты центра тяжести, вес, объем, длина, площадь поверхности, моменты инерции модели, а также моменты инерции, статические моменты и площади поперечных сечений; реакции в цилиндрической опоре аппарата, а также суммарные реакции, приведенные к центру тяжести модели газосепаратора.

Литература

1. Чичеров, Л. Г. Расчет и конструирование нефтепромышленного оборудования [Текст] / Л. Г. Чичеров, Г. В. Молчанов, А. М. Рабинович. — М.: Недра, 1987. — 422 с.
2. Краснокутский, А. Прочностной анализ с помощью программы ПАССАТ [Текст] / А. Краснокутский, А. Тимошкин // Cad Master. — № 3. — 2006. — С. 86–89. — Режим доступа: URL: http://www.truboprovod.ru/articles/CadMaster2006_03_Passat.pdf.
3. Юсупов Ильгиз. Использование модуля прочностного анализа APM Structure 3D для расчета строительных конструкций в условиях сурового климата [Текст] / Ильгиз Юсупов // САПР и графика. — № 8. — 2000.
4. Стремнев, А. Прочностные анализы в Autodesk Inventor [Текст] / Александр Стремнев // САПР и графика. — № 5. — 2010. — Режим доступа: URL: <http://pointcad.ru/about/article/362/818/>.
5. Магомедов, А. Интегрированный конечно-элементный анализ в КОМПАС-3D [Текст] / Александр Магомедов, Андрей Алехин // Машиностроение и смежные отрасли. — № 8(60). — 2010. — Режим доступа: URL: http://kompas.ru/source/articles/Observer_08.2010_APM.pdf.

6. Кочина, М. Л. Результаты моделирования напряженно-деформированного состояния роговицы глаза с использованием системы инженерного анализа ANSYS [Текст] / М. Л. Кочина, В. Г. Калиманов // Клиническая информатика и Телемедицина. — 2009. — Т. 5, вып. 6. — С. 26–30.
7. Савинова, Н. Опыт проведения исследований корпусных деталей дробильного оборудования в среде прочностного анализа APM Structure3D [Текст] / Наталья Савинова // САПР и графика. — № 3. — 2005. — Режим доступа: URL: <http://www.sapr.ru/article.aspx?id=7066&iid=289>.
8. Бандурин, М. А. Моделирование напряженно-деформированного состояния оросительного лотка-оболочки [Текст] / М. А. Бандурин // Научный журнал КубГАУ. — № 24(8). — 2006. — Режим доступа: URL: <http://ej.kubagro.ru/2006/08/pdf/33.pdf>.
9. Bakouline, N. Variation parametric research technique of variable by step width shollo shells with finite deflections [Text] / N. Bakouline, O. Ignatiev, V. Karpov // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. — Volume 1. — Issue 3. — 2000. — pp. 1–6.
10. Doneil, L. N. A new theory for buckling of thin cylinders under axial compression and bending [Text] / L. N. Doneil // Trans. ASME. — 1934. — pp. 56.

МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ТА МІЦІСНО-ЕЛЕМЕНТНИЙ АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ІНЕРЦІЙНО-ФІЛЬТРУЮЧОГО ГАЗОСЕПАРАТОРА

В статті розглянуті основні програмні продукти для моделювання напружено-деформованого стану оболонок. Проведено дослідження міцності та стійкості інерційно-фільтруючого газосепаратора і отримані результати, які показують вплив різноманітних концентраторів напруги на коефіцієнт стійкості.

Ключові слова: моделювання, міцність, інерційно-фільтруючий сепаратор, розрахунок.

Мустафа Макки Аль-Раммахи Мохаммед Али, аспірант, кафедра процесів і обладнання хімічних і нафтопереробних підприємств, Сумської державної університету, e-mail: engmustafa@ukr.net.

Мустафа Маккі Ал-Раммахі Мохаммед Али, аспірант, кафедра процесів і обладнання хімічних і нафтопереробних підприємств, Сумський державний університет.

Mustafa Makki Al-Rammahi Mohammed Ali, Sumy State University, e-mail: engmustafa@ukr.net

УДК 004.89

**Левыкин В. М.,
Халецкая О. Н.**

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ СТРУКТУРЫ БИЗНЕС ПРОЦЕССОВ

Данная работа посвящена разработке и исследованию модели структуры бизнес процессов. Рассмотрены существующие модели структуры бизнес процессов, экспертным путем выделены преимущества и недостатки. На основании экспертных оценок построена новая комбинированная модель структуры бизнес процессов, которая дает более точную оценку ее адекватности за счет использования данных моделей.

Ключевые слова: модель структуры, бизнес процесс, комбинированная модель, критерии эффективности.

1. Введение

В настоящее время ИТ-организации начинают активно реализовывать проекты по созданию бизнес-моделей. Данная активность не является данью некой новой «техноло-

гической» моде — для нее существуют вполне объяснимые причины, связанные с действием совокупности объективных экономический и организационно-правовых факторов.

Во-первых, наличие документированной бизнес-архитектуры предприятия является обязательным условием