with FDTD and PSO // Progress In Electromagnetics Research, PIER 76, 2007. – P. 45–64.

5. Мазалов В.Н., Пересветов В.В., Смагин С.И. Моделирование электромагнитных полей в слоистых средах с включениями. – Владивосток: Дальнаука, 2000. – 292 с.

6. Clerc M., Kennedy J. The particle swarm: Explosion, stability and convergence in a multi-dimensional complex space // IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 6(1), 2002. – P. 58–73.

7. Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс: пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1988. – 128 с.

А.М. Першин, П.В. Писарев, Д.В. Зимин, В.Я. Модорский

Пермский государственный технический университет

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С УЧЕТОМ ВЗВЕШЕННЫХ ЧАСТИЦ И НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ В ФАСОННЫХ ИЗДЕЛИЯХ ТРУБОПРОВОДА

Известно, что оборудование, используемое при добыче и переработке полезных ископаемых, подвергается воздействию различных факторов, таких как коррозия, износ.

В ходе выполнения работы необходимо выполнить расчёты для трубопроводов технологического оборудования по переработке калийных солей. Это оборудование работает в контакте с пульпой и подвержено воздействию как химически агрессивной среды, так и механической смеси, вызывающей абразивный износ участков поверхности. При длительном воздействии такое оборудование изнашивается и требует замены. Это в полной мере относится и к фасонным изделиям трубопровода, через которые постоянно проходит поток гидропульпы, состоящий из водного раствора и твердых частиц солей КС1 и NaC1. Применение новых материалов и технологиий позволяет решать подобные проблемы путем замены традиционно используемых сталей на композиционные материалы. Высокие физикомеханические свойства, коррозионная стойкость, химостойкость и износостойкость обеспечили композитам успех в различных отраслях промышленности.

В данной работе исследуется поведение износостойких фасонных изделий трубопроводов из композиционных материалов. Целью проекта является улучшение эксплуатационных свойств конструкции, включая прежде всего такой параметр, как увеличение срока службы. Важной задачей является решение проблемы интенсивного износа: обоснованного выбора материалов, возможности прогнозирования скорости износа, оптимальных конструкторско-технологических решений.

Подготовка и проведение вычислительного эксперимента по гидродинамической части задачи

Формирование физической модели гидродинамического процесса.

В данном разделе рассматривается формирование расчетных моделей для анализа полей гидродинамических параметров в фасонных изделиях пульпопроводов и воздуховодах аспирации в ходе численного решения трехмерной по пространственным координатам гидродинамической задачи.

С учетом принятых допущений сформулирована следующая физическая модель:

• конструкция полагается трехмерной, (*x*,*y*,*z*);

• рабочее тело (1-я несущая фаза) представляет собой сжимаемую жидкость;

• рабочее тело (2-я несомая фаза) представляет собой сферические несжимаемые частицы диаметром 4 мм;

• камера постепенно заполняется частицами (соли).

Подготовка вычислительного эксперимента по гидродинамической части задачи

На рис. 1 и 2 показаны выполненные в пакете Solid Works конструктивные схемы сферического переходника с диаметром

входного патрубка 300 мм и тройника с патрубками диаметром 300 мм. Другие конструктивные схемы для сокращения объема аналогичной информации не приводятся.



Рис. 1. Геометрическая модель переходника (прозрачная)

На рис. 3 и 4 показана расстановка на гранях расчётной области граничных условий, задаваемых в пакете FlowVision. Расчетная область представляет собой весь внутренний объем модели.



Рис. 2. Расстановка граничных условий переходника

Структура расчетной сетки следующая. Для лучшей сходимости решения и снижения погрешностей получаемых результатов необходимо применить сетку, ячейки которой имеют форму, близкую к форме куба. Помимо прочего при измельчении сетки желательно избежать резких отличий геометрических размеров соседствующих ячеек – линейные размеры соседних ячеек не должны отличаться более чем в 2 раза. Расчетная сетка, примененная для решения поставленной задачи, имеет 2 уровня адаптации. Для подводящего канала достаточно сетки с довольно крупными ячейками в силу того, что в нем не наблюдается каких-либо градиентов давления/скорости.

Формирование физической модели оценки НДС конструкции

Построение физической модели

Построение физической модели включает в себя идеализацию свойств конструкции и внешних воздействий.

В общем случае конструкция, изготовленная из реального материала, находящаяся под действием внешних нагрузок, может иметь много особенностей, включающих в себя несовершенство формы, свойств материала, особенности в характере внешнего нагружения и т. п. В практических расчетах учесть все имеющиеся особенности конструкции, материала и нагружения невозможно. Конечно, привлечение ЭВМ расширило возможности учета в прочностных расчетах некоторых из перечисленных выше особенностей, но необходимо понимать, что как бы ни были велики мощности современных ЭВМ, их быстродействие и объем памяти, но и они не безграничны. Поэтому, приступая к практическим расчетам, мы вынуждены подменять реальные тела некоторыми идеализированными объектами – «механическими моделями».

Таким образом, физическая модель может быть наделена лишь частью свойств реальной конструкции, а поэтому проще ее математическое описание. От того, насколько удачно выбрана физическая модель конструкции, зависит в конечном счете трудоемкость расчета и точность его результатов. Здесь многое зависит также от опыта расчетчика, его понимания работы конструкции, умения выделить те характеристики, которые в основном и определяют ее работу.

Результаты гидродинамических расчётов

В расчетах принимаем: D_1 =350 мм, D_2 =210 мм, α =60°, избыточное давление 1,6 МПа, массовая скорость на входе 5000 кг/м²с.



Рис. 3. Распределение давления в трубе



Рис. 4. Распределение давления в переходнике



Рис. 5. Суммарное перемещение в слоях



В ходе вычислительных экспериментов были определены поля гидродинамических параметров в переходниках, отводах и тройниках различных типоразмеров. При этом произведена оценка параметров напряженно-деформированного состояния фасонных изделий (рис. 5, 6). Рассчитаны характеристики износа и определены области констаруктивных параметров при которых износ минимален.