

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ МЕХАНИЗМА ДВИЖЕНИЯ ОППОЗИТНОГО КОМПРЕССОРА

Гаязов И.М.¹, Шарафеев Р.Ф.², Егоров А.Г.², Сагбиев И.Р.³

¹ Инженерно-технический центр ООО «Газпром трансгаз Казань»

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

³ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,

Аннотация. Предложена методика динамического расчета поршневого оппозитного компрессора с помощью препроцессора Inspire пакета программа HyperWorks компании Altair Engineering. Проведено сопоставление результатов численного моделирования с традиционным аналитическим расчетом.

Abstract. The article proposes a method for dynamic calculation of opposed compressor using the CAE Inspire HyperWorks developed by Altair Engineering Inc. The results of numerical modeling were compared with the traditional analytical method.

Ключевые слова: оппозитный поршневой компрессор, численное моделирование, HyperWorks.

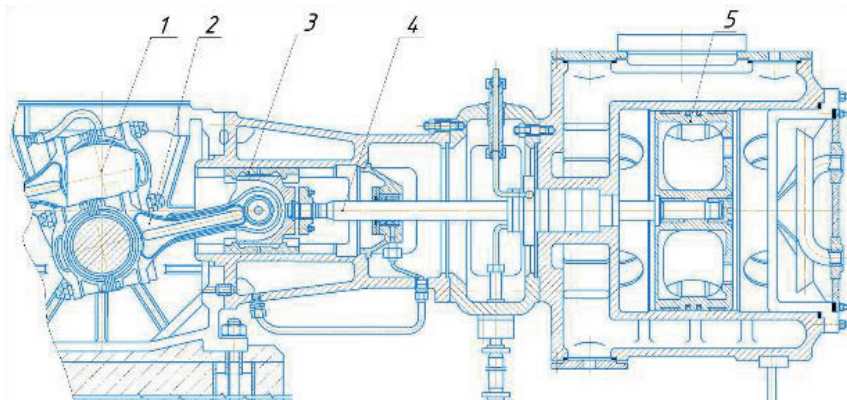
В качестве объекта исследования выбран двухрядный оппозитный поршневой компрессор базы M100, представленный на рисунке 1, со следующими характеристиками:

1) Технические характеристики:

- давление всасывания – 0,11 МПа;
- давление нагнетания – 1 МПа;
- частота вращения – 10 Гц;
- производительность – 0,5 м³/с;

2) Геометрические характеристики:

- диаметр поршня 1-й ступени – 630 мм;
- диаметр поршня 2-й ступени – 370 мм;
- диаметр штока – 60 мм;
- ход поршня – 220 мм;
- число рядов – 2.



*1 – коленчатый вал, 2 – шатун, 3 – крейцкопф, 4 – шток, 5 – поршень
Рисунок 1 – Первая ступень оппозитного компрессора*

Механизм движения состоит из поршней первой и второй ступеней, двух штоков, двух крейцкопфов, двух шатунов и коленчатого вала. С целью определения действующих сил на механизм движения создана его полная трехмерная модель.

Необходимые исходные данные для выполнения расчета взяты из термогазодинамического расчета: количество рядов, ход поршня, частота вращения коленчатого вала, механический КПД, число ступеней в ряду, угол опережения ряда, давление всасывания и нагнетания ступеней с учетом потерь, площади поршней в ступенях, относительное мертвое пространство для ступени, показатели политропы расширения и сжатия. По сборочному чертежу определено отношение радиуса кривошипа к длине шатуна. Массы определены на основании геометрии и известной плотности материалов.

Многотельная конструкция построена в САД программе КОМПАС-3D и импортирована в препроцессор Inspire компании Altair Engineering [1]. Эта субплатформа входит в пакет программ HyperWorks, который позволяет проводить инженерных анализ, в том числе сборочных изделий [2], а также оптимизацию геометрии с учетом различных нагрузок [3].

Программа Inspire позволяет задавать различные силы с учетом их изменения величины во времени, например, газовые силы, действующие на поршни. Значение газовой силы определено в соответствии с индикаторной диаграммой исследуемого режима работы поршневого компрессора. Задание граничного условия произведено стандартным инструментом «линейного привода» в табличной форме в течение времени одного полного оборота (рисунок 2, 3).

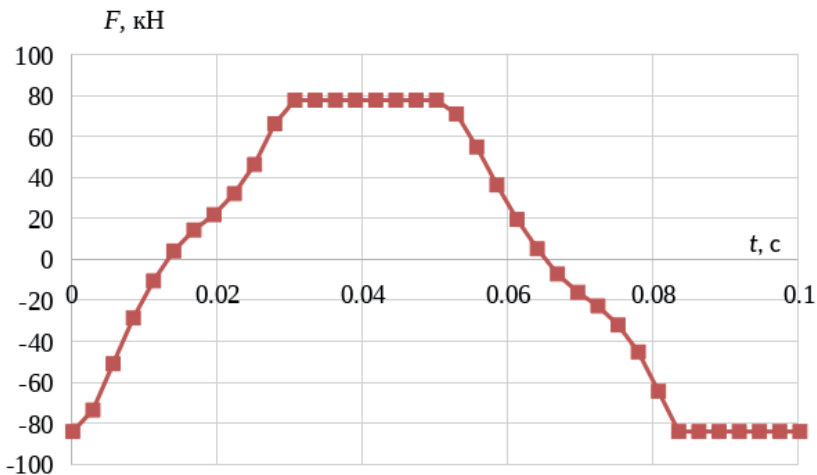


Рисунок 2 – Газовые силы, действующие на поршень

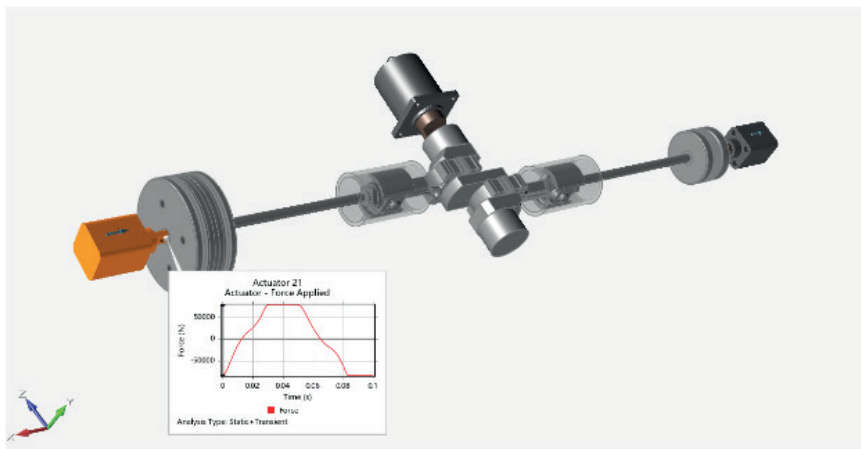
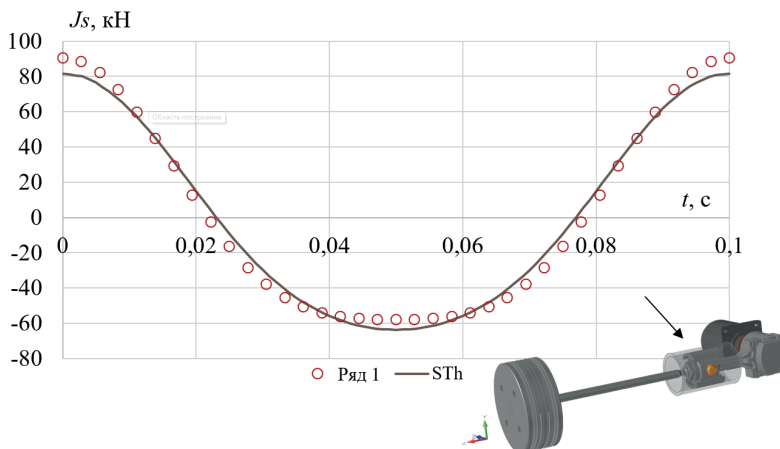


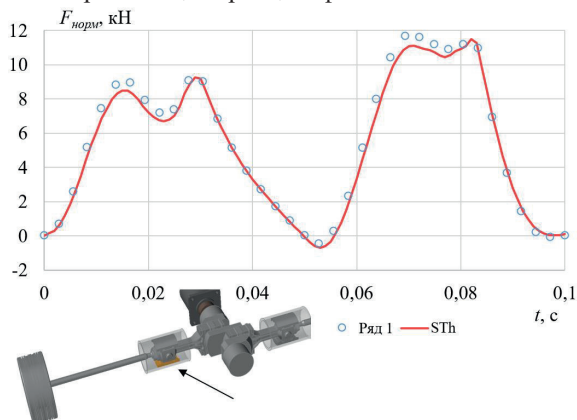
Рисунок 3 – Способ задания газовых сил за счет поступательного привода

Inspire дает возможность рассчитать возникающие силы в любой кинематической паре. На рисунке 4 демонстрируется сравнение значений сил инерций возвратно-поступательно движущихся масс, приведенные к оси крейцкопфного пальца, полученные расчетным путем по известным формулам [4] с результатами численного моделирования в Inspire.



«Ряд 1» – аналитическим метод, «STh» – численное моделирование
Рисунок 4 – Изменение сил инерций первого ряда

На рисунке 5 показано сравнение нормальной силы, действующей на боковую поверхность направляющей крейцкопфа.



«Ряд 1» – аналитическим метод, «STh» – численное моделирование
Рисунок 5 – Изменение нормальной силы первого ряда

Выводы:

1. Сравнение возникающих сил в парах трения, полученных расчетным путем по известным формулам, с результатами численного моделирования в программе Insrige показывает расхождение не более 10% в крайних положениях

поршня. Это связано с тем, что массы подвижных частей в аналитическом методе задаются с некоторыми общепринятыми допущениями.

2. Предложена методика трехмерного моделирования динамики поршневого компрессора, позволяющая уточнить традиционный аналитический подход.

3. Разработанная верифицированная модель трехмерного численного моделирования позволяет в последующем провести расчет на прочность, а также топологическую оптимизацию деталей механизма движения с учетом динамических нагрузок.

Литература

1. Altair Inspire. URL : <https://www.altair.com/inspire> .

2. Влияние деталей роторной части сухого газодинамического уплотнения на деформацию вращающегося кольца / Т.А. Аит, Ф.В. Кадыров, Р.Ф. Шарафеев, И.Р. Сагбиев // Экспериментальные и теоретические исследования в современной науке: проблемы, пути решения : Материалы XVI Всероссийской научно-практической конференции: в 3-х частях, Ростов-на-Дону, 26 ноября 2018 года. Том Часть 2. – Ростов-на-Дону: Южный университет (ИУБиП), 2018. – С. 154-159.

3. Оптимизация конструкции мембранного диска муфты газоперекачивающего агрегата ГПА-Ц-16 в пакете программ HyperWorks / Р.Ф. Шарафеев, И.Р. Сагбиев // Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы - 2019 : материалы X Международной научно-технической конференции, Казань, 05–06 декабря 2019 года. Том Часть 1. – Казань: Без издательства, 2019. – С. 475-477.

4. Пластинин П.И. Поршневые компрессоры. Том 1. Теория и расчет / П.И. Пластинин // Учебники и учеб. пособия для студентов. высш. учеб. заведений – 3-е изд., доп. – Москва: КолосС, 2006. – 456 с.

СЕПАРАЦИЯ ПИРОЛИЗНЫХ ГАЗОВ ПОСЛЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Загиров А.Н., магистрант второго курса ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань

Аннотация. Рассмотрен способ сепарации пиролизных газов, который осуществляется путем разделения газов на дистиллят и неконденсируемые газы. Следующим этапом является сжигание неконденсируемого газа в топке аппарата пиролиза шахтного типа, где из него образуется топочный газ, который двигаясь по рубашке передает часть своего тепла на процесс пиролиза. Пройдя аппарат пиролиза топочный газ поступает в сушильную камеру и участвует в процессе сушки древесины. Затем отработанный топочный газ после очистки жидкостью выбрасывается в атмосферу.