

А. А. Иванов, А. Д. Редько, С. В. Шостенко

**МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ КОМПРЕССОРА ВБЛИЗИ ГРАНИЦ ПОМПАЖА
И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ АНТИПОМПАЖНОГО РЕГУЛЯТОРА**

Волгоградский государственный технический университет

E-mail: app@vstu.ru

В статье описана методика исследования компрессора газоперекачивающего агрегата в программном пакете Aspen HYSYS.

Ключевые слова: компрессор, помпаж, регулятор, клапан антипомпажный.

A. A. Ivanov, A. D. Redko, S. V. Shostenko

**SIMULATION OF COMPRESSOR OPERATION CLOSE TO SURGE LIMITS
AND DETERMINATION OF ANTI-SURGE REGULATOR PARAMETERS**

Volgograd State Technical University

The article describes methodology for the study compressor's gas pumping unit in the Aspen HYSYS software.

Keywords: compressor, surge, regulator, anti-surge valve.

До момента возникновения помпажа теория центробежных и осевых компрессоров достаточно глубоко разработана, и аналитические модели, описывающие рабочие режимы компрессора, широко используются заводами-изготовителями компрессоров при проектировании машин на заданные параметры технологического процесса [1].

Что касается поведения компрессора вблизи границы помпажа, то здесь чаще используются экспериментальные методы и эмпирические зависимости. В настоящее время для моделиро-

вания поведения компрессора в различных сценариях используется специализированное программное обеспечение.

Система защиты от помпажа играет ключевую роль в управлении компрессором, предотвращая возможность помпажа. Основная функция антипомпажного регулятора заключается в определении положения рециркуляционного клапана, который соединяет вход и выход газового компрессора. При этом, параметры технологического процесса сжатия газа соответственно также изменяются. Опираясь на данные

процесса, производится вычисление текущего параметра для заданного контура управления.

Для каждой скорости работы компрессора можно определить специфическую кривую. Эта кривая описывает все рабочие точки компрессора. Каждая из этих кривых имеет свои границы в отношении точки помпажа и соответствующего максимального полиетропного напора.

Положение антипомпажного клапана регулируется стандартным ПИ-регулятором. Он использует параметр (*Parameter*) и запас по помпажу b в качестве текущего значения и установки соответственно для ПИ-регулятора. Регулятор антипомпажной защиты получает сигналы датчиков расхода, давления во всасывании и в нагнетании, сигналы по температуре. На основе информации, получаемой от датчиков, программа вычисляет координаты рабочей точки нагнетателя и рассчитывает фактическое положение границы помпажа.

Если рабочая точка приближается к линии

управления, ПИ-регулятор открывает перепускной клапан, чтобы предотвратить дальнейшее приближение к пределу помпажа. Но для технологического процесса компримирования газа применение одного лишь ПИ-регулирования является недостаточным, так как данный регулятор должен выполнять также защитные функции.

Для моделирования и анализа работы компрессора вблизи границ помпажа и определения параметров антипомпажного регулятора использовано программное обеспечение *HYSYS*, разработанное компанией *AspenTECH* [2]. Работы выполнены в демо-версии данного пакета.

Методика исследования включает следующие этапы:

Первый этап – ввод данных о компонентном составе газа. На рис. 1 представлен процесс добавления компонентов. Также на данном этапе нужно задать пакет свойств: уравнения состояния Пенга-Робинсона.

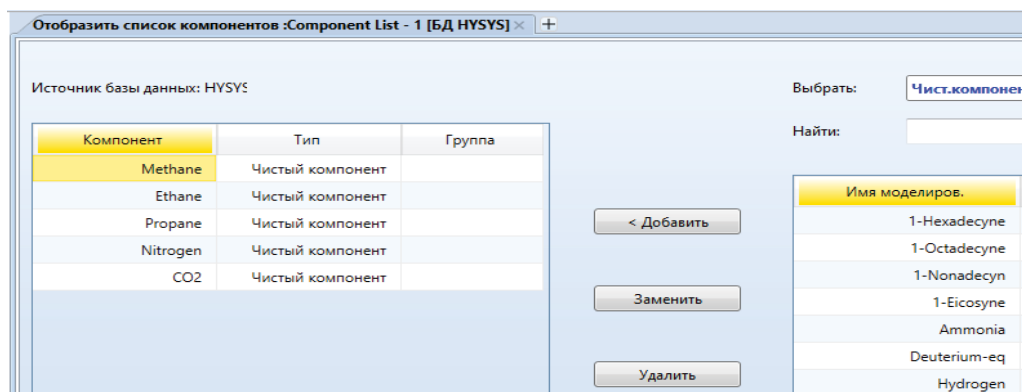


Рис. 1. Компонентный состав газа

Второй этап – создание схемы работы компрессора и задание необходимые значений параметров потоков на входе и выходе нагнетателя. На рис. 2 представлена созданная в *HYSYS*

схема компрессора. На рис. 3 изображен вид окна с введенными параметрами потока газа на входе и выходе нагнетателя.

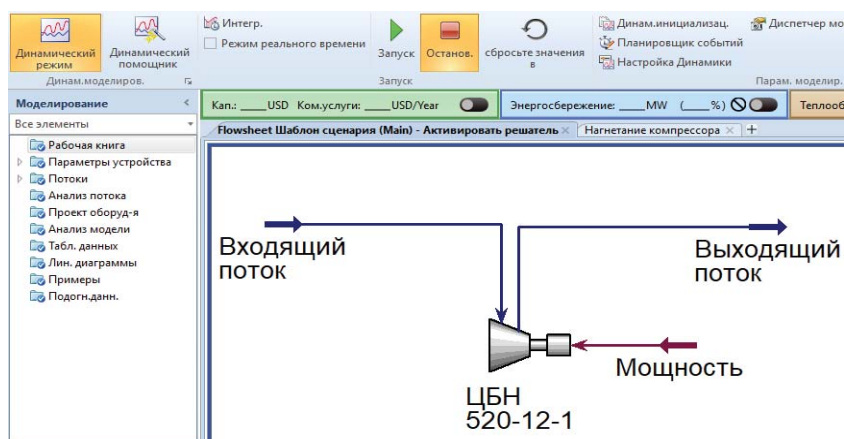


Рис. 2. Схема работы компрессора в *Hysys*

Третий этап – добавление кривых скоростей, помпажа и «stonewall». Значения точек

кривых берутся из каталога газодинамических характеристик компрессоров [3].

Материальный поток: Нагнетание газа		
Таблица	Вложения	Динамика
Таблица	Название потока	Нагнетание газа
Условия	Паровая / фазовая фракция	1,0000
Свойства	Температура [C]	35,00
Состав	Давление [kPa]	5600
Подача нефти и газа	Мольный расход [kgmole/h]	1576
Площадь нефтепродукта		

Рис. 3. Параметры входящего и выходящего потока газа

Четвертый этап – строится технологическая схема, включающая трубы, антипомпажный клапан и регулятор, охладитель и т. д. Изо-

бражение технологической схемы, включающей антипомпажный контур, представлено на рис. 4.

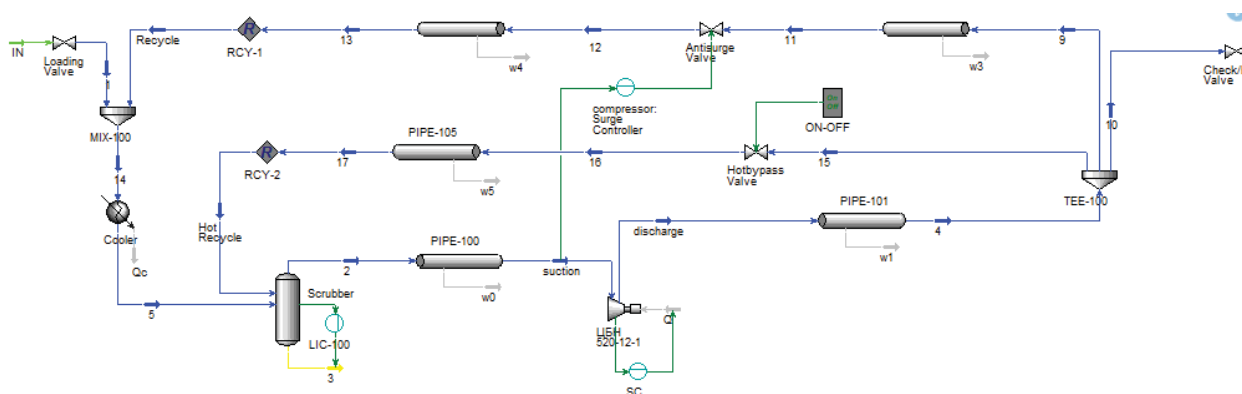


Рис. 4. Технологическая схема нагнетания

Пятый этап – задание параметров антипомпажного клапана и регулятора. В расчете для клапана использовано рассчитанное ранее значение коэффициента расхода $C_v = 2000$. В параметрах регулятора необходимо указать

только значения положения линии управления и резервной линии, остальные параметры рассчитываются автоматически. Результаты расчета параметров регулятора представлены на рис. 5.

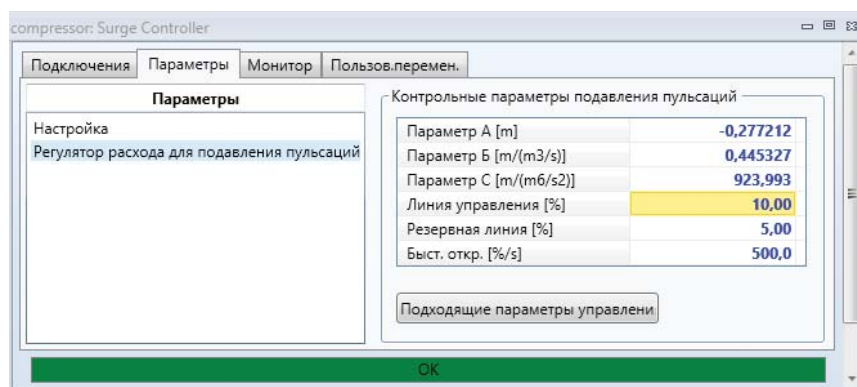


Рис. 5. Параметры антипомпажного регулятора

Шестой этап – моделирование процессов в динамике. Выбирается режим динамического моделирования и выбираем для анализа один из сценариев аварийных ситуаций. На рис. 6 изо-

бражено регулирование положения рабочей точки нагнетателя в сценарии «Аварийный останов», при котором регулятор в момент аварийной ситуации резко откроет антипомпаж-

ный клапан для предотвращения помпажа. Как видно из графика, в момент останова положение рабочей точки не будет выходить за пределы зоны поиска, что говорит о стабильности системы и эффективности работы антипомпаж-

ной системы регулирования. На рис. 7 изображен график положения открытия клапана.

Также было проведено моделирование процессов в ГПА по сценариям: «Контролируемое выключение», «Сбой в клапане нагнетания».

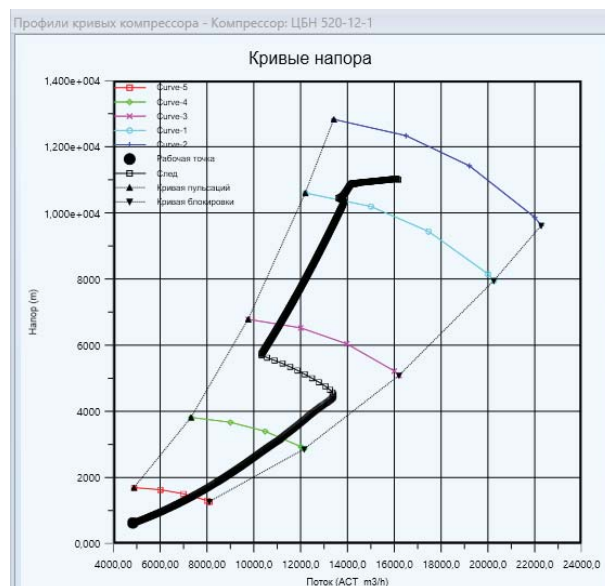


Рис. 6. График сценария «Аварийный останов»

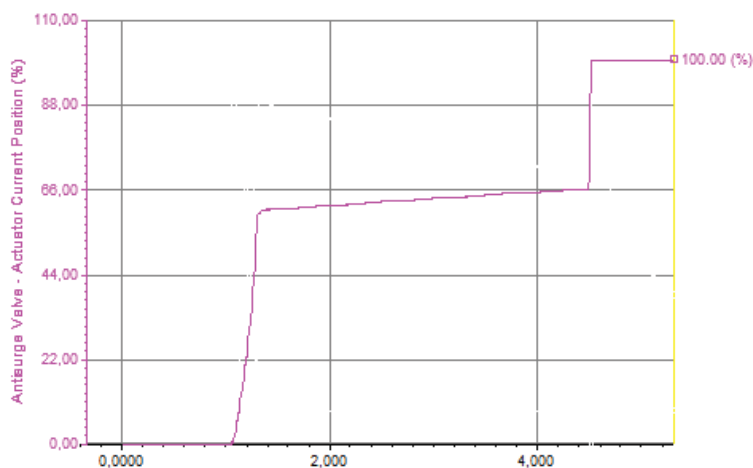


Рис. 7. График открытия антипомпажного клапана

Анализ функционирования нагнетателя на различных режимах позволяет оценить эффективность выбора клапана и определить параметры регулятора, входящего в состав САУ газоперекачивающего агрегата различных моделей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Батаев, Н. А. Моделирование режимов работы газотурбинной компрессорной установки / Н. А. Батаев, Т. Т. Шуватов, А. Р. Кузыргалиев // Вестник КазНУ. – 2018. – Т. 6, № 130. – С. 227–234.
2. AspenHYSYS. Программное обеспечение для симуляции процессов. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.aspentech.com/en/products/engineering/aspens-hysys>
3. КАТАЛОГ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦБН. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.turbine.ru/11791-katalog-gazodinamicheskikh-harakteristik-cbn.html>