6. Новоселов А.Л. Использование мелких газовых месторождений для развития малой распределенной энергетики в России./А.Л. Новоселов, С.В. Староверов// Минеральные ресурсы России. Экономика и управление, №2, 2013. с. 51-53.
7. Новоселов А.Л. Экономическое обоснование использования не востребуемых газовых месторождений для энергоснабжения населенных пунктов./А.Л. Новоселов, С.В. Староверов// Экономика природопользования, №4, 2013. с. 17-23.
8. Шарф И.В. Финансовые и организационные аспекты воспроизводства ресурсной базы углеводородов в региональном разрезе // Экономика региона. – 2017. – Т. 13, вып. 2. – с. 628-640
9. Новоселов А.Л., Новоселова И.Ю., Потравный И.М. Модель освоения минерально-сырьевых ресурсов в регионе на основе принципов «зеленой» экономики // Горный журнал. - 2017. - № 7. - с. 55-58.
10. Кузина Е.С. Оценка экономической эффективности реализации метана из угольных пластов // Нефть, газ и бизнес. - 2017. - №11. – С. 51-53
11. Кузина Е.С, Мелехин Е.С. Экономическая эффективность процессов отработки высокогазоносных угольных пластов Монография / Е.С. Кузина, Е.С. Мелехин – Нижний Новгород: НИЦ «Открытое знание», 2020. – 140 с.

Петров А.М.¹, Попов А.Н.²

Современные методы моделирования процессов измерительно-вычислительных комплексов для диагностики термодинамических процессов

¹ФГАОУ ВО "ТюмГУ"

²ФГБОУ ВПО "ГАОУЗ"

(Россия, Тюмень)

doi: 10.18411/sr-10-02-2021-16

idsp: sciencerrussia-10-02-2021-16

Аннотация

В статье о методах моделирования термодинамических процессов в виртуальной среде, которые популярны в настоящее время. Производится анализ их сильных и слабых сторон. В конце статьи делается заключение о возможности повышения эффективности их работы.

Ключевые слова: теплоснабжение, моделирование, термодинамические процессы.

Abstract

In the article tell about the most popular methods in present day of modeling thermodynamic processes in a virtual environment. Their strengths and weaknesses are analyzed. At the end of the article, a made conclusion about the possibility of improving the efficiency of their (methods) work.

Keywords: heat supply, modeling, thermodynamic processes.

В настоящее время в России появляется запрос о повышении уровня надежности работы сетей теплоснабжения (ввиду подготовки перехода на систему теплоснабжения 4-го поколения и изменения климатической ситуации). Удовлетворить подобный запрос возможно только с помощью повышения качества диагностирования сетей теплоснабжения с одновременным сокращением временных затрат. Это в свою очередь возможно только при условии разработки нового поколения измерительно-вычислительных комплексов (ИВК) для сетей теплоснабжения. Далее мы рассмотрим современные методы моделирования процессов измерительно-вычислительных комплексов для диагностики термодинамических процессов, которые могут быть взяты за основу программного обеспечения ИВК нового поколения.

В качестве термина «диагностика» мы подразумеваем - совокупность ряда процедур системы мониторинга, которые обнаруживают нетипичные для диагностируемого объекта взаимосвязи элементов и процессов.

Таким образом, для диагностики сетей теплоснабжения, как для «диагностируемого объекта» подобными процессами будут процессы

термодинамические. Для формирования представления о процедурах, которые будут заложены в процесс диагностики, необходимо совершить обзор существующих методов моделирования термодинамических процессов.

На данный момент, на российском рынке для моделирования термодинамических процессов, широко используется продукт Thermolib, который в свою очередь является компонентом среды MATLAB. Если использовать UserManual Thermolib [1] и изучить формулы, которые заложены в программные блоки библиотеки, то мы увидим то, что как таковой расчет параметров в Thermolib осуществляется с использованием полиномов NASA. NASA - это специализированная компьютерная программа, служащая для моделирования реальных процессов, на основе законов равновесной термодинамики.

В работе [2] Кудинов А.А. и Усов С.В. построили в Thermolib динамическую модель ПГУ-200 Сызранской ТЭЦ, а затем провели серию виртуальных опытов. В результате научным коллективом был осуществлен сравнительный анализ характеристик численного моделирования и экспериментальных данных (так как в распоряжении научного коллектива были реальные данные, в виде протокола натурных аттестационных испытаний ПГУ-200), отклонения которого были в пределах 5%.

Следующим программным обеспечением, также осуществляющим моделирование термодинамических процессов, является ANSYS CFX. Подобный продукт ориентирован на решение задач механики однофазных и многофазных потоков, в том числе с учетом их термодинамических свойств. В работе [3] в данной программном обеспечении была разработана модель комбинированного котла и произведено численное моделирование его работы с получением визуализации происходящих в нем физических процессов.

В ходе симулирования работы комбинированного котла были подключены библиотеки «модель лучистого теплообмена», «модель переноса энергии», «модель движения газообразной и нагреваемой среды» и «модель горения». Также, в основу математической модели, описывающей работу котла, были заложены уравнения химических реакций, составов активных газовых смесей. Виды реакций и получаемые результаты уравнений основывались на библиотеке химических реакций, также «вшитой» в программный продукт. В результате сравнение реального комбинированного котла смоделированного с помощью данного программного продукта, получилось отклонение в 8%.

Существуют и другие программные продукты, которые способны моделировать термодинамические процессы, но при их доскональном изучении можно увидеть, что все их принципы работы - идентичны. В них заложены существующие методики, которые ссылаются на собранные и структурированные базы данных.

Таким образом, можно сформировать ряд ограничений, заложенных в программном обеспечении, которые необходимо преодолеть для более точного моделирования термодинамических процессов.

Подобными ограничениями являются:

1. **Заранее заданные условия, характеризующие уравнения равновесного состояния.** То есть интегрированные в программное обеспечение базы данных, в которых содержатся сведения об элементном составе, термодинамических параметрах и прочих количественных показателях переменных уравнений, характеризующих равновесное состояние моделируемой системы.

2. **Заранее заданные условия термодинамических свойств веществ, используемых для создания и расчета компьютерной модели системы.** То есть, заданные значения свойств элементов приняты идеальными и не учитывают реальные возможные параметры элементов (неравномерность материала, имеющиеся дефекты и подобное), что опять же приводит к формированию идеальной равновесной системы.

3. **Заранее рассчитанные физико-химические модели фаз систем и/или функциональные зависимости элементов моделируемой системы.** То есть,

участвующие в построении компьютерных фаз системы физико-химические модели интегрируются в виде баз данных (основанных на ИВТНАТЕРМО, ICSD, NODOC и так далее), что приводит к незначительным отклонениям, ввиду особенностей структурирования информации в базах данных и/или не обновляемым/спорным сведениям.

Как можно умозаключить, у всех вышеперечисленных ограничений есть одна общая черта, которая заключается в том, что симуляция термодинамических процессов происходит по уже заранее заготовленным шаблонам. Недостатки подобного подхода описываются в работах [4] и [5], где независимо друг от друга коллективы авторов обращают внимание, на то, что в используемых термодинамических базах данных, качество представляемых данных оказывает сильное влияние на результаты моделирования, в особенности при моделировании физико-химических превращений и моделированием связанных с уравнениями состояния.

Авторы в качестве примера сравнили две базы данных HSC и ИВТАНТЕРМО. В процессе сравнения указанных баз данных обнаружены расхождения в свойствах ряда веществ. Более детальный анализ данных расхождений позволил обнаружить причины подобных ошибок, коллектив обратил внимание на то, что большое число исследуемых веществ, по вышеуказанным свойствам имеют значительную разницу между экспериментальными данными и данными из HSC и ИВТАНТЕРМО. Пример приведен в таблице 1:

Таблица 1

Сравнения термодинамических свойств
Экспериментальные значения давления кислорода (атм)
над сульфатом стронция и результаты расчета

T, K	ИВТАНТЕРМО	HSC	Эксперимент, [16]
1000	0.46×10^{-16}	1.8×10^6	0.37×10^{-16}
1100	0.88×10^{-4}	6.1×10^6	0.71×10^{-14}
1200	0.69×10^{-12}	1.8×10^7	0.57×10^{-12}
1300	0.27×10^{-10}	4.5×10^7	0.24×10^{-10}

Если обобщить всю их работу, то получается следующее:

1. Для 40 веществ разница при расчете энтальпии образования составила более 100 кДж/моль.
2. Для 33 веществ разница превысила 20 Дж/(моль·К) при расчете теплоемкости.
3. Для 65 веществ при расчете энтропии разница превысила 20 Дж/(моль·К).
4. Для 66 веществ при расчете энергии Гиббса разность превысила 20 Дж.

Подобные расхождения объясняются «человеческим фактором», а именно содержанием ряда опечаток и ошибок в значениях веществ.

Предлагаемый подход к решению данной проблемы, заключается в использовании процедур автоматизированного контроля, базирующегося на ряде правил:

1. Проверка извлекаемой из термодинамических баз данных информации с помощью простых неравенств, основанных на физическом смысле параметров.
2. Проверка извлекаемой из термодинамических баз данных информации с помощью количественных неравенств.
3. Процедура проверки корреляций свойств различного рода, по типу «состав – свойство» для аналогичных веществ.

Само собою, для повышения эффективности процедуры автоматизированного контроля будет логичнее заменить ее функцию – искусственной нейронной сетью.

Таким образом, можно будет не только ускорить систему автоматизированной процедуры, но и сделать ее индивидуальной для каждого устройства, где она будет размещена.

1. <https://www.thermolib.de/media/thermolib/downloads/Thermolib-UserManual.pdf>
2. <http://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/Other/2014/energ1/energ1/pages/Articles/1/Usov.pdf>
3. Жильцов Юрий Вадимович, Ёлшин Виктор Владимирович Использование программного комплекса ansys CFX при разработке модели комбинированного котла // Вестник ИрГТУ. 2017. №3 (122).
4. Репин А. А., Туровцев В. В., Орлов Ю. Д. Разработка автоматизированной базы термодинамических данных с элементами искусственного интеллекта // Программные продукты и системы. 2002. №3.
5. <https://chemphys.edu.ru/media/published/2006-12-28-001.pdf>

Шувалов А.М., Машков А.Н., Чернов Д.С.

Установка для охлаждения термически обработанной сои

*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования
техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»
(Россия, Тамбов)*

doi: 10.18411/sr-10-02-2021-17

idsp: sciencerrussia-10-02-2021-17

Аннотация

Для замещения белка животного происхождения ученые предлагают использовать высококачественную растительную культуру – сою. Однако сою нельзя скормить без предварительной тепловой обработки из-за наличия в ней антипитательных веществ. Для повышения качества обработки сои разработана установка для её тепловой обработки.

Ключевые слова: соя, темперирование, система охлаждения, комбинированный нагрев.

Abstract

To replace protein of animal origin, scientists suggest using high-quality plant culture - soy. However, soy cannot be fed without preliminary heat treatment due to the presence of anti-nutritional substances in it. To improve the quality of soybeans processing, an installation for its heat treatment has been developed.

Keywords: soybeans, tempering, cooling system, combined heating.

Термически обработанную сою с температурой 110-90 оС нельзя отправлять на склад. Для охлаждения её разработана установка на базе вибрационного транспортёра [1]. Экспериментальные исследования показали, что в регионах с умеренным климатом и температурой наружного воздуха 8 -10 оС темперированную сою можно охладить до нормируемых значений при её движении в камере охлаждения 105 – 140 с [2, 3].

Однако в регионах страны с длительным стоянием высоких температур (20 – 25 оС) наружного воздуха в осенний период уборка и обработка сои будет проводится при таких температурах. Если же температура окружающего воздуха достаточно высокая, то эффективность охлаждения темперированной сои снижается. Для изучения охлаждения темперированной сои при высоких температурах окружающего воздуха проведены исследования на экспериментальной установке [4, 5], конструктивно-технологическая схема которой приведена на рисунке 1.