

УДК 778.64

КРАТКИЙ ОБЗОР ПЕРСПЕКТИВ ЦИФРОВИЗАЦИИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЦЕССОВ И АППАРАТОВ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Черкасова М.В., студент гр. ХЕБО-09-23, III курс,
Стрельникова В.О., ст. преподаватель, Голованов И.Ю., к.т.н., доцент
МИРЭА – Российский технологический университет, г. Москва

В условиях цифровизации инженерной деятельности программные средства автоматизированного проектирования трансформируются в универсальный инструмент анализа и оптимизации технических систем.

Для инженеров химической и смежных отраслей промышленности, функциональные возможности современных программ охватывают широкий спектр задач, включая исследование эксплуатационных характеристик теплообменных [1], биотехнологических [2] и холодильных установок [3], а также оценку эффективности внедрения конструктивно новых решений в области трубопроводной арматуры [4], массообменных [5] и фильтрационных аппаратов [6].

Существенную роль данные системы играют при моделировании устройств со сложной структурой течения, включая закрученные потоки [7], а также при анализе сред с модифицированными свойствами, например наножидкостей [8]. Аналогичные подходы находят применение и в смежных областях – геологии и геофизике, где требуется обработка и интерпретация сложных природных процессов [9].

Параллельно наблюдается интенсивное развитие технологических направлений, формирующих новую парадигму инженерных исследований. К числу таких направлений относятся аддитивные методы производства, технологии трёхмерного сканирования, интеллектуальные алгоритмы обработки данных, а также концепции цифровых двойников. Их интеграция в научно-исследовательскую практику обеспечивает качественное усложнение как теоретических моделей, так и экспериментальных методик, применяемых на лабораторном и промышленном уровнях.

С учётом текущих тенденций можно прогнозировать дальнейшее расширение области применения данных инструментов, что приведёт к их повсеместному внедрению в различные отрасли промышленности и усилению роли численного моделирования как ключевого элемента инженерного анализа.

Рассмотрим пример использования специализированного программного обеспечения в совокупности с лабораторным оснащением и современными инструментами для анализа работы воздуходувок, широко применяемых в химической и смежных отраслях промышленности.

На стадии формирования проектных решений приоритетным является использование методов вычислительного моделирования, позволяющих ещё до изготовления прототипа оценить поведение системы в рабочих условиях. В частности, для воздуходувок возможна комплексная оценка эффективности, включающая анализ гидравлических потерь при заданных расходных характеристиках, определение степени очистки газового потока при наличии дисперсных примесей, а также исследование температурных режимов в условиях теплообмена.

Современные программные комплексы инженерного анализа (например, «SolidWorks», «Ansys» и их отечественные аналоги, включая «CADFlo») обеспечивают детализированное воспроизведение процессов гидродинамики и теплообмена в многофазных средах. Высокая степень достоверности получаемых результатов подтверждается значительным количеством научных работ, в которых сопоставляются результаты численного моделирования и экспериментальных исследований [5, 7, 8].

Преимуществом программных комплексов является взаимодействие между процессом и конструкцией оборудования. Анализ результатов позволяет совершенствовать геометрию и параметры оборудования, добиваясь улучшения его эксплуатационных характеристик (рисунок 1).

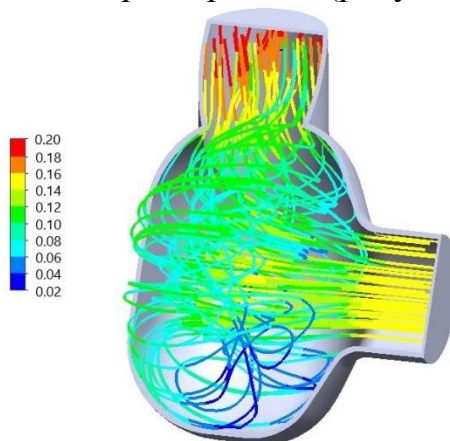


Рисунок 1 – Пример результата компьютерного моделирования скорости потока воздуха в воздуходувке (в м/с)

Применение данных комплексов не ограничивается моделированием единичных устройств. Они позволяют проводить комплексный анализ протяжённых и структурно сложных систем, таких как разветвлённые сети вентиляционных каналов. При этом учитываются влияние дисперсной фазы, а также изменение термодинамических параметров среды вдоль траектории её движения. Это, в свою очередь, открывает возможность для исследования функционирования более сложных систем, предназначенных для работы в условиях запылённых потоков, включая вихревые системы очистки газов [7].

То есть программные комплексы позволяют реализовать изучение процесса так, как либо невозможно, либо затратно при использовании натурных установок.

При этом корректность получаемых данных может проверяться на лабораторных стендах и натурных установках, как, например, на представленной на рисунке 2 установке.



Рисунок 2 – Пример лабораторной установки с воздуходувкой

В дополнении могут быть использованы современные инструменты. Так, для воздуходувки с потоком горячего воздуха, может использоваться портативный тепловизор, например «InfiRay P2 PRO» [10]. Пример получаемых результатов работы такого тепловизора представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Пример изображения установки с воздуходувкой потока нагреваемого воздуха

При этом с использованием подобных портативных тепловизоров можно анализировать отдельные элементы оборудования. Например, в представленной лабораторной установке можно проанализировать зону рядом калорифером (рисунок 4).

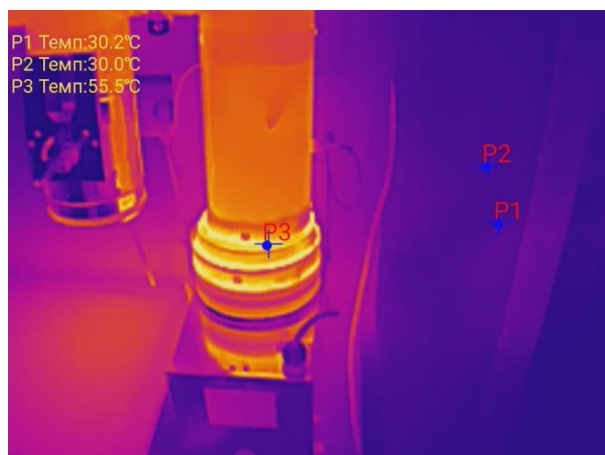


Рисунок 4 – Пример изображения отдельного элемента установки с воздушной поток нагреваемого воздуха

Совокупность получаемых результатов позволяет проводить полный анализ конструкций оборудования и различных технических решений по его совершенствованию.

Представленные в статье литературные источники, пример компьютерного моделирования, лабораторного оборудования и современных инструментов, показывают перспективность цифровизации в области изучения различных процессов и аппаратов химической и смежных отраслей промышленности.

Список литературы:

1. Анализ эффективности процесса теплопередачи в двухтрубном теплообменном аппарате с тангенциальным вводом теплоносителя / И.Ю. Голованов, К.О. Занина, М.Г. Лагуткин, А.М. Юрицына // Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт. – 2025. – № 1(50). – С. 6-12.
2. Совершенствование аппаратного оформления процесса объемного культивирования клеток для повышения энергосбережения / А.А. Мошин, Б.Г. Покусаев, И.Ю. Голованов [и др.] // Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт. – 2025. – № 3(52). – С. 6-10.
3. Оценка влияния интенсификаторов теплообмена на энергомассовую эффективность кристаллизаторов / В.В. Чернявская, В.Б. Сапожников, И.Ю. Голованов, М.А. Угольников // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. – 2025. – Т. 52, № 1. – С. 22-30.
4. Моделирование и расчет полностью герметичного шарового крана по П.М. 139949 РФ / А.В. Олейников, В.В. Иванов // Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт. – 2016. – № 1(13). – С. 48-51.
5. Исследование процесса химической абсорбции с помощью компьютерной модели на лабораторных работах / О.А. Тишин, Е.В. Климова // Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт. – 2016. – № 1(13). – С. 20-23.
6. Анализ конструкций аппаратов с фильтрующим элементом и перспективы их совершенствования для нефтедобычи / А.В. Козлов, Ю.А. Таран, М.Г. Ла-

гуткин, И.Ю. Голованов // Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт. – 2025. – № 2(51). – С. 58-65.

7. Influence of the Design of the Upper Vortex Swirl on Hydrodynamics of a Vortex Dust Collector / R.V. Romanyuk, M.G. Lagutkin, N.V. Danilenko // Chemical and Petroleum Engineering. – 2020. – Vol. 56, No. 7-8. – P. 548-553.

8. Comparative analysis of thermo-hydraulic performance in absorber tubes with small box inserts: impact of nanofluid integration / T. Chekifi, M. Boukraa // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. – 2024. – Vol. 149, No. 4. – P. 1745-1760.

9. Уточнение перспектив нефтегазоносности на основе технологии восстановления кинетических спектров при 3D-моделировании углеводородных систем / О.И. Меркулов, А.Г. Ефимов, С.В. Сизинцев [и др.] // Территория Нефтегаз. – 2024. – № 11-12. – С. 14-21.

10. InfiRay IR Camera P2 PRO – Режим доступа: <https://clck.ru/3SbyqT> (дата обращения: 17.03.2026).