

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Джонсон, А.Е., & Уильямс, Т.Г. «Роль виртуальной реальности и симуляции в операциях на нефтеперерабатывающих заводах». Международный журнал технологий нефти, газа и угля.– 23(1). – 2020. – с. 34-49.
2. Браун, М.К., & Паттерсон, Дж. Д. (2018). «Повышение безопасности и эффективности за счет интеграции тренировочных симуляций в нефтяной промышленности». Наука о безопасности, 106.– 2018.– с. 146-155.
3. Тернер, К., Эндерс, Дж. «Продвинутая автоматизация на нефтеперерабатывающих заводах: новые технологии и их применение». Исследование в области промышленной и инженерной химии, 60(12).– 2021.– с. 4403-4414.

УДК 519.68

Ляпустин Вячеслав Павлович,

аспирант кафедры «Вычислительные машины и комплексы»,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: lyapustinvp@gmail.com

Кривов Максим Викторович,

к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Вычислительных машин и комплексов»,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: vmk@angtu.ru

**МЕТОДЫ АППАРАТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ
ТРЕНАЖЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Lyapustin V.P., Krivov M.V.

**METHODS OF HARDWARE-ORIENTED MODELING OF DYNAMICS OF SIMULATOR
MODELS OF CHEMICAL-TECHNOLOGICAL SYSTEMS**

Аннотация. В статье рассмотрена актуальность внедрения аппаратно-ориентированных моделей тренажеров в химико-технологический процесс.

Ключевые слова: моделирование, химическая технология, тренажеры.

Abstract. The article considers the relevance of the introduction of hardware-oriented models of trainers in the chemical-technological process.

Keywords: modeling, chemical technology, simulators.

В современной химико-технологической индустрии, где точность, безопасность и эффективность являются ключевыми факторами успеха, аппаратно-ориентированное моделирование играет важнейшую роль. Этот подход не только способствует повышению качества обучения персонала, но и обеспечивает более глубокое понимание сложных процессов и систем. Через имитацию реальных условий работы и процессов, аппаратно-ориентированное моделирование позволяет операторам и инженерам развивать необходимые навыки и компетенции, минимизируя риски и ошибки в реальной рабочей среде. Особенно это актуально в условиях, где любая ошибка может привести к серьезным последствиям, как экономическим, так и экологическим.

Тренажерные модели в химико-технологических системах – это специализи-

рованные программно-аппаратные комплексы, предназначенные для имитации работы различных технологических установок и процессов. Они могут варьироваться от простых учебных программ, имитирующих отдельные операции, до сложных мультимедийных систем с полным погружением, воссоздающих целостный производственный процесс. Использование таких моделей позволяет не только детально изучить каждый аспект работы оборудования, но и безопасно провести тренировку в управлении сложными и потенциально опасными процессами. Это особенно важно для подготовки квалифицированных специалистов, способных эффективно реагировать на нестандартные ситуации и аварии, повышая тем самым безопасность и надежность работы всего предприятия. Аппаратно-ориентированное моделирование в химико-технологических

системах включает в себя ряд передовых технологий и методов, каждый из которых имеет свои особенности и области применения. Основными направлениями являются:

1. Моделирование на основе физических принципов: Этот подход использует математические модели, основанные на физических законах и химических процессах, происходящих в системе. Например, для моделирования процессов переработки нефти применяются уравнения, описывающие термодинамические и кинетические аспекты реакций. Это позволяет точно воспроизводить реальные процессы, предсказывать их поведение при различных условиях и оптимизировать параметры работы.

2. Использование искусственного интеллекта и машинного обучения: Современные методы ИИ и машинного обучения позволяют улучшить точность и адаптивность моделей. Например, алгоритмы машинного обучения могут использоваться для анализа больших объемов данных о работе оборудования, выявления закономерностей и прогнозирования потенциальных неисправностей или аварийных ситуаций.

3. Цифровые двойники: Эта технология предполагает создание виртуальной копии реального объекта или процесса, что позволяет проводить различные испытания и анализы без риска для реального оборудования. Цифровые двойники используются не только для тренировок персонала, но и для оптимизации процессов планирования обслуживания и улучшения безопасности.

4. Интерактивные и мультимедийные технологии: Включение элементов виртуальной и дополненной реальности (VR/AR) в тренажерные системы значительно повышает уровень погружения и реалистичности обучения. Такие технологии позволяют операторам визуально и тактильно взаимодействовать с моделью, что способствует более глубокому усвоению материала и развитию практических навыков.

Эти технологии и методы обеспечивают не только высокую степень точности и реалистичности моделирования, но и гибкость, необходимую для адаптации к специфическим условиям и задачам химико-технологических процессов. Их применение позволяет значительно улучшить качество обучения персонала, повысить безопасность производственных процессов и оптимизировать эксплуатацию оборудования.

Интеграция виртуальных моделей с физическими устройствами и оборудованием является ключевым аспектом в создании эффективных тренажерных систем для химико-технологических процессов. Этот процесс включает в себя несколько важных компонентов и технологий:

- Системы управления и сбора данных (SCADA): Системы SCADA используются для сбора данных с реального оборудования и передачи их в тренажерную систему. Это позволяет моделировать реальные рабочие условия и реакции оборудования на различные ситуации. Например, данные о температуре, давлении, скорости потоков и других критических параметрах могут быть интегрированы в модель для создания точного и реалистичного сценария тренировки.

- Интерфейсные модули и адаптеры: Для обеспечения связи между виртуальными моделями и физическими устройствами используются специальные интерфейсные модули. Они позволяют переводить команды и данные между различными системами и форматами, обеспечивая синхронизацию виртуальной и реальной среды.

- Программное обеспечение для моделирования: Специализированное ПО используется для создания детальных виртуальных моделей оборудования и процессов. Эти модели могут включать в себя алгоритмы управления, имитацию физических и химических процессов, а также моделирование аварийных и нештатных ситуаций. Программное обеспечение также обеспечивает визуализацию процессов, что помогает операторам лучше понимать и анализировать работу оборудования.

- Обратная связь и аналитика: Важной частью интеграции является система обратной связи и аналитики. Она позволяет оценивать действия оператора во время тренировки, анализировать ошибки и предоставлять рекомендации для улучшения навыков. Системы аналитики могут использовать данные с реального оборудования для создания сценариев, максимально приближенных к реальным условиям эксплуатации.

Интеграция моделирования с реальным оборудованием требует тщательного планирования и координации между различными системами и технологиями. Она позволяет создавать максимально реалистичные и эффективные тренажерные системы, которые способствуют повышению квалификации

персонала и обеспечению безопасности химико-технологических процессов.

Моделирование динамических процессов в тренажерных моделях химико-технологических систем играет критическую роль в обучении и повышении безопасности производственных процессов. Динамическое моделирование включает в себя следующие ключевые аспекты:

1. Реалистичное воспроизведение процессов: Современные методы моделирования позволяют точно имитировать поведение химических реакций, физических процессов (например, перекачки жидкостей, изменения температуры) и работы оборудования в реальном времени. Это обеспечивает операторам возможность наблюдать за последствиями своих действий в условиях, максимально приближенных к реальным, и развивать навыки принятия решений в критических ситуациях.

2. Использование математических и физических моделей: Для моделирования динамических процессов применяются сложные математические модели, основанные на уравнениях переноса массы, энергии и импульса. Например, в моделировании процессов дистилляции нефти используются дифференциальные уравнения, описывающие изменение концентрации компонентов в колонне с течением времени.

3. Интеграция с системами управления: Для обеспечения реалистичности тренировок, тренажерные системы часто интегрируются с реальными системами управления процессами (DCS, PLC). Это позволяет операторам обучаться на тех же интерфейсах и с теми же инструментами управления, которые они будут использовать в своей повседневной работе. Пример DCS показан на рисунке 1.

4. Моделирование аварийных ситуаций: Особое внимание уделяется моделированию потенциальных аварий и нестандартных ситуаций. Такое моделирование включает в себя воспроизведение различных типов сбоев оборудования, утечек, пожаров и других чрезвычайных ситуаций. Цель здесь — подготовить операторов к быстрому и эффективному реагированию, чтобы минимизировать риски и предотвратить возможные последствия.

Моделирование динамических процессов в тренажерных моделях не только повышает качество обучения персонала, но и спо-

собствует формированию глубокого понимания работы химико-технологических систем. Это, в свою очередь, ведет к повышению общей безопасности и эффективности производственных процессов.

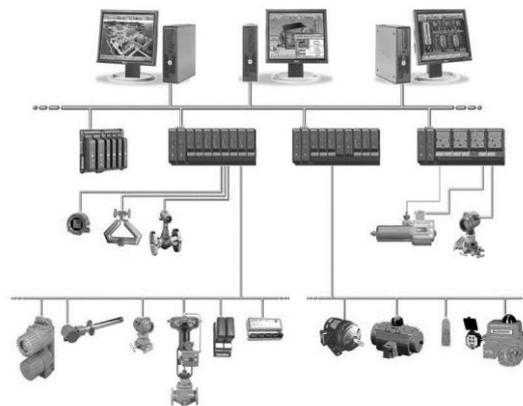


Рисунок 1 - Пример DCS (Distributed Control System)

Аппаратно-ориентированное моделирование в тренажерных системах находит широкое применение в химико-технологической отрасли, демонстрируя значительные успехи в обучении персонала и повышении безопасности производственных процессов. Один из ярких примеров — использование тренажерных систем на крупных нефтеперерабатывающих заводах для подготовки операторов контрольно-измерительных приборов и автоматики. В таких системах моделируются реальные производственные процессы, включая дистилляцию, крекинг и другие ключевые операции. Операторы в условиях, максимально приближенных к реальным, учатся управлять процессами, реагировать на аварийные ситуации, а также осваивают навыки оптимизации производственных параметров.

Другой пример — применение тренажерных систем в обучении персонала атомных электростанций. Здесь особое внимание уделяется моделированию реакторных процессов, систем охлаждения и управления радиационной безопасностью. Такие системы позволяют операторам получать практические навыки работы в условиях, приближенных к экстремальным, без риска для здоровья и окружающей среды.

Важным аспектом является и использование тренажеров для подготовки персонала химических производств. Здесь моделируются процессы синтеза, смешивания реа-

гентов, контроля качества продукции и управления технологическими линиями. Особенностью таких тренажеров является возможность моделирования химических реакций с учетом всех возможных переменных и условий, что способствует формированию у операторов глубоких знаний о процессах и умениям их контролировать.

Эти примеры демонстрируют, как аппаратно-ориентированное моделирование в

тренажерных системах способствует не только повышению квалификации персонала, но и обеспечивает более высокий уровень безопасности и эффективности производственных процессов. Они показывают, что такие системы являются неотъемлемой частью современного химико-технологического образования и практики, обеспечивая надежную и эффективную подготовку специалистов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Смит, Р.** Моделирование процессов и контроль с использованием Aspen. Нью-Йорк: Издательство McGraw-Hill Education, 2020. Стр. 45-102.

2. **Сиборг, Д.Е., Эдгар, Т.Ф., Мелличамп, Д.А.** Динамика процессов и контроль. 4-е изд. Издательство Wiley, 2021. Стр. 35-78.