



АССОЦИАЦИЯ
НЕФТЕПЕРЕРАБОТЧИКОВ и НЕФТЕХИМИКОВ

ПРОТОКОЛ № 170
заседания Правления Ассоциации
нефтепереработчиков и нефтехимиков

г. Москва

5 декабря 2023г.

ПРИСУТСТВОВАЛИ:

Члены Правления: Абрамов В.В., Баженов В.П., Важенин Ю.И., Ветров А.В. (по поручению Крылова В.В.), Иванов А.В., Канделаки Т.Л., Капустин В.М., Мещеряков С.В., Носков А.С. (по поручению Бухтиярова В.И.), Ракитский В.М., Решетов М.С. (по поручению Ведерникова О.С.), Шуляр Н.А.

По приглашению: Бабенко И.А. (Совет главных механиков НПЗ и НХК), Белов О.А. (АО «АНПЗ ВНК»), Глазунов В.А. (РФЯЦ-ВНИИЭФ), Гребенников А.Н. (РФЯЦ-ВНИИЭФ), Губайдуллин И.М. (Институт нефтехимии и катализа УФИЦ РАН), Гуралев С.С. (АО ГК «Неолант»), Дутлов Э.В. (ПАО «Славнефть-ЯНОС»), Зубер В.И. (АО «Газпромнефть-МНПЗ»), Иванов Е.С. (АО «ТАИФ-НК»), Казаков М.О. (ИК СО РАН), Карпухин А.К. (АО «СвНИ-ИНП»), Катеринин С.С. (ООО «КНГК-ИНПЗ»), Левин М.З. (ООО «РН-ЦИР»), Максимова А.В. (ОАО «ВНИПИнефть»), Миронов И.В. (ООО «РН-Комсомольский НПЗ»), Стежко К.И. (АНН), Степанников С.В. (АО «АНПЗ ВНК»), Тайманов А.А. (АО «ТАИФ-НК»), Тихоновский В.Л. (ГК «Неолант»), Фадеев А.А. (ООО «Башгипронефтехим»), Хан В.В. (АО «СКТБ «Катализатор»), Хорошев Ю.Н. (ООО «НЗМП»), Шахназаров А.Р. (АНН), Шиллинг Л.А. (ООО «Газпром переработка»), Шишленин М.А. (Институт математики СО РАН), Шкарупа В.А. (ООО «Газпром переработка»).

Заседание проходило в рабочем порядке очно и в режиме удаленного доступа.

ПОВЕСТКА ДНЯ:

1) Цифровые технологии на предприятиях нефтепереработки и нефтехимии

1.1. Программный комплекс расчета химико-технологических схем – FLOwsheet Calculation System (FLOCAS)

Докладчик: **Носков Александр Степанович** – руководитель научного направления «Промышленный катализ», член-корр. РАН ФИЦ «Институт катализа СО РАН»

1.2. Развитие отечественных суперкомпьютерных технологий в РФЯЦ-ВНИИЭФ

Докладчик: **Гребенников Андрей Николаевич** – к.ф.-м.н., заместитель начальника математического отделения «ФГУП Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский Научно-Исследовательский Институт Экспериментальной Физики («РФЯЦ-ВНИИЭФ»)

1.3. Разработка библиотеки моделирования кинетики химических реакций

Докладчик: **Пененко А.В.** – д.ф.-м.н., заместитель директора по научной работе Института вычислительной математики и математической геофизики СО РАН

1.4. Цифровые технологии оптимизации режимов эксплуатации промышленного процесса риформинга бензиновых фракций

Докладчик: **Губайдуллин Ирек Марсович** – д.ф.-м.н., профессор, зав. лабораторией математической химии. Институт нефтехимии и катализа УФИЦ РАН, г. Уфа

1.5. Цифровой актив промышленного предприятия на базе системы управления инженерными данными «НЕОСИНТЕЗ» для решения задач эксплуатации.

Докладчик: **Тихоновский Владислав Леонидович** – первый заместитель генерального директора – директор дивизиона ИТ-поддержки эксплуатации и вывода из эксплуатации промышленных комплексов АО ГК «НЕОЛАНТ»

2) Информация об исполнении поручения Правления АНН от 10.10.2023 г.

Докладчик: **Иванов А.В.** – Ассоциация нефтепереработчиков и нефтехимиков

1. Цифровые технологии на предприятиях нефтепереработки и нефтехимии

1.1. Программный комплекс расчета химико-технологических схем – FLOwsheet CA lculation System (FLOCAS)

Носков А.С. – руководитель научного направления «Промышленный катализ», член-корр. РАН, ФИЦ «Институт катализа СО РАН»

Назначение компьютерных систем расчета химико-технологических схем (ХТС): решение задач проектирования, эксплуатации и оптимизации как действующих, так и разрабатываемых химико-технологических процессов с учетом стандартов, методов и подходов, принятых в химической, нефтехимической промышленности и нефтепереработке

Структура программного комплекса FLOCAS

1. Банки (БАЗЫ) данных:

- Физико-химические свойства индивидуальных веществ и уравнений состояний
- Математические модели основных аппаратов химической технологии
- Кинетические модели промышленных каталитических процессов

2. Программы расчета:

- Отдельные аппараты (реакторы, теплообменники, ректификационные колонны и др.)
- Химико-технологические схемы
- Справочные расчёты (термодинамические свойства смесей и др.)

3. Динамическое формирование отчета

Характеристики баз данных комплекса FLOCAS

Банк «Физико-химические свойства индивидуальных веществ». Свыше 400 углеродсодержащих соединений. Каждое соединение характеризуется более чем 20-ю параметрами, включая:

- Физические свойства (вязкость, плотность, теплопроводность и др.);

- Химические характеристики (теплоты образования и фазовых превращений и др.);
Банк данных предусматривает расширение до необходимого количества веществ для конкретного процесса.

Банк математических моделей оборудования и реакторов. Банк включает 30 модулей расчета следующих аппаратов и устройств:

- Теплообменники;
- Ректификационные колонны;
- Каталитические реактора с неподвижным слоем (расчет по равновесному состоянию, на основе кинетики, по линейному приближению);
- Печи конверсии метана (трубчатые);
- Реакторы с кипящим слоем;
- Горелки;
- Огневые подогреватели;
- Сепараторы;
- Компрессоры;
- Трубопроводы и др.

Банк предусматривает дополнительное включение модулей расчета необходимого оборудования

Банк кинетических моделей каталитических процессов

- Синтез метанола
- Синтез диметилового эфира
- Окисление SO_2 в SO_3
- Синтез аммиака
- Конверсия CO (СТК)
- Конверсия CO (НТК)
- Конверсия природного газа
- Закон действующих масс

Банк предусматривает пополнение кинетическими моделями требуемых процессов

Примеры промышленного использования:

А) Расчёт химико-технологической схемы действующего производства (установка 750 тыс. тонн/год метанола)

Б) Разработка исходных данных для проектирования схемы синтеза трихлорсилана для получения сверхчистого кремния

Основные этапы разработки химико-технологической схемы:

- 1) Введение аппаратов в состав схемы;
- 2) Задание веществ из базы физико-химических данных;
- 3) Задание реакций – «химизм» процесса;
- 4) Расчёт материального и теплового баланса схемы;
- 5) Определение конструктивных характеристик всех аппаратов.

Перспективы развитие пакета FLOCAS

Разработка специализированных версий пакета для конкретного промышленного потребителя, заказчика (конкретного технологического процесса), включая:

- а) Расширение базы индивидуальных веществ (адаптация существующих баз физико-химической данных для пакета);
- б) Расширение базы кинетическими моделями химико-технологических процессов нефтехимии и нефтепереработки (процессы дегидрирования, крекинга, риформинга, изомеризации, коксования, гидропроцессы и др.);
- в) Расширение библиотеки моделей оборудования: реактора с движущимся слоем, циклоны, смесители двухфазных потоков и др.

Разработчик предлагает всем заинтересованным свои услуги по подготовке и передаче пакета для конкретного предприятия.

1.2. Развитие отечественных суперкомпьютерных технологий в РФЯЦ-ВНИИЭФ

*Гребенников А.Н. – к.ф.-м.н., заместитель начальника математического отделения
«ФГУП Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский Научно-Исследовательский
Институт Экспериментальной Физики «РФЯЦ-ВНИИЭФ»*

В современных условиях технологии суперкомпьютерного моделирования (далее СКТ) являются безальтернативным инструментом при выработке проектных решений и создании опытных образцов для анализа номинальных и аварийных режимов функционирования высокотехнологичных изделий, оптимизации их технических характеристик, сопровождения изделий на всех этапах их жизненного цикла. Развитие СКТ в большинстве экономически развитых стран мира входят в число наиболее приоритетных, и их реализация осуществляется в рамках крупных программ при мощной государственной поддержке. Такие программы нацелены как на ускоренное развитие компонент самих суперкомпьютерных технологий, так и на выход с их использованием на лидирующие позиции в высокотехнологичных отраслях промышленности и экономики и вытеснение конкурентов с мировых рынков.

В современных условиях расчетное или суперкомпьютерное моделирование, т.е. с использованием высокопроизводительных вычислительных систем, во-первых, носит сложный междисциплинарный характер, т.е. необходимо учитывать множество одновременно протекающих физических процессов и их влияние друг на друга, во-вторых, требует высокой степени детализации проводимых расчетов, что невозможно обеспечить без использования супер_ЭВМ.

Важнейшим фактором обеспечения импортонезависимости российских отраслей промышленности и экономики является задача развития и внедрения отечественных технологий суперкомпьютерного моделирования.

В докладе представлены результаты работ специалистов ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» по разработке и созданию отечественных, импортозамещающих компонентов суперкомпьютерных технологий, в том числе:

- супер-ЭВМ различной производительности и назначения от компактных малой производительности до супер-ЭВМ рекордной производительности. Разработка супер-ЭВМ;
- прикладное программное обеспечение для решения актуальных задач промышленности и экономики.

В частности, в РФЯЦ-ВНИИЭФ разработан и успешно внедряется в работы предприятий отечественный программный пакет 3D инженерного анализа «ЛОГОС» (аэродинамика, тепломассоперенос, прочность и разрушение и пр.)

Часть доклада посвящена результатам внедрения отечественных, импортозамещающих компонентов СКТ на предприятиях промышленности.

1.3. Разработка библиотеки моделирования кинетики химических реакций

*Пененко А.В. – д.ф.-м.н., заместитель директора по научной работе
Института вычислительной математики и математической геофизики СО РАН*

Разработка, проектирование современных химико-технологических процессов и эксплуатация действующих производств в оптимальных условиях невозможны без применения пакетов моделирующих программ. В настоящее время существует достаточно большое число пакетов для промышленно-ориентированного моделирования химических и физико-химических процессов. Эти программные средства в основном разработаны фирмами из США и Канады, поэтому чрезвычайно актуальной является разработка отечественных пакетов моделирующих программ. С этой целью мы разрабатываем библиотеку для численного моделирования кинетики химических реакций в газообразных и твердых средах.

Разрабатываемая библиотека включает следующие функциональные блоки:

- Блок моделирования: перевод содержательных химических и химико-технологических постановок в математические модели (системы уравнений) во внутреннем представлении. При этом осуществляется трансляция уравнений реакций в математические выражения

параметризованных константами скоростей реакций. Рассматриваются различные схемы замыкания системы уравнений химической кинетики (модельные реакторы), не требующие для вычисления констант скоростей реакций подключения внешних моделей. Блок содержит интерфейсы для работы с базами данных реакций, химических и физических параметров. Разрабатывается функционал для расчёта химико-технологических схем.

- Блок подготовки к вычислениям: предварительные расчёты в модельных постановках (не требующих подключения внешних моделей), оценка производительности алгоритмов, при необходимости редукция химических механизмов на модельных реакторах, построение суррогатных моделей, интерфейс для алгоритмов оптимизации параметров.
- Блок решателей: решение систем обыкновенных дифференциальных уравнений для ансамблей входных данных. Включает как хорошо зарекомендовавшие себя алгоритмы (например, RADAU5), так и алгоритмы собственной разработки, обладающие научной новизной. Для использования эффекта масштаба в составе мультифизических моделей разрабатываются методы на основе кластеризации и редукции «на лету». Адаптация алгоритмов к различным вычислительным архитектурам.
- Блок внешних интерфейсов: взаимодействие с пользователем, взаимодействие с мультифизическими моделями, операции ввода-вывода, процедуры тестирования на пилотных задачах из различных областей.

1.4. Цифровые технологии оптимизации режимов эксплуатации промышленного процесса риформинга бензиновых фракций

*Губайдуллин И.М. – д.ф.-м.н., профессор, зав. лаб. математической химии
Института нефтехимии и катализа УФИЦ РАН,
профессор кафедры технологии нефти и газа УГНТУ (Башкирия, г. Уфа)*

*Коледина К.Ф. – д.ф.-м.н., доцент, с.н.с. лаборатории математической химии
Института нефтехимии и катализа УФИЦ РАН, профессор кафедры информационных технологий и прикладной математики УГНТУ (Башкирия, г. Уфа)*

На сегодняшний день все методы снижения выхода бензола и суммы аренов можно разделить на 2 группы: методы, основанные на подготовки сырья, и методы обработки риформата с целью удаления или преобразования уже произведенных ареновых углеводородов. К первым методам обычно относят предварительное фракционирование сырья с целью удаления предшественников бензола, но данный метод снижает ресурс сырья. Среди второй группы методов можно выделить технологии экстракционного выделения бензола, что требует дополнительных затрат.

Потенциальной областью для поиска новых методов решения вышеописанной проблемы является сам каталитический риформинг, а именно реакторный блок. В качестве наиболее перспективных методов является многокритериальная оптимизация работы реакторного блока. Решение задач оптимизации базируется на адекватной кинетической модели. Плюсами таких методов будут отсутствие дополнительных затрат на выделение и превращение избытка нежелательных компонентов, образующиеся в процессе риформинга, и увеличение ресурса сырья.

Промышленная реакция каталитического риформинга бензина протекает в присутствии биметаллического катализатора (Pt-Re/Al₂O₃). Содержание ароматических углеводородов в товарном бензине ограничено 35%, а по бензолу¹ – не более 1% (Евро-7 уже 0,8 %).

Для описания процесса разработана кинетическая модель неизотермической промышленной реакции риформинга бензина на биметаллическом катализаторе.

При разработке кинетической модели применен метод группировки компонентов по принадлежности к классу углеводородов и количеству атомов углерода в структуре молекулы: нормальные парафины (nP_i), изо-парафины (iP_i), пятичленные нафтены (ACP_i), шестичленные нафтены (ACH_i) и ароматические углеводороды (A_i), где *i* – количество атомов углерода в структуре молекулы.

¹ Технический регламент № 609 «О требованиях к выбросам автомобильной техникой, выпускаемой в обращение на территории Российской Федерации, вредных (загрязняющих) веществ», с 1 января 2016 года, с изменениями от 30 июля 2014 № 730.

Адекватность кинетической модели подтверждается соответствием расчетных значений и промышленных данных состава продукта на выходе из последнего реактора и перепадов температур во всех реакторах каскада.

Закключение. Проведена оптимизация с целью снижения содержания суммы ароматических углеводородов (у/в) без существенного снижения ОЧИМ риформата. На рис. 1 приведено решение задачи оптимизации температурного режима каталитического риформинга бензина. Решением являются значения трех температур на входе в реакторы и соответствующие им значения критериев оптимизации. Выбор конкретного температурного режима зависит от лица принимающее решение. Физический смысл каждой точки рис. 1: при текущем значении ОЧИМ минимально возможное содержание ароматики и, наоборот, при текущем содержании ароматики максимально возможное ОЧИМ. В результате определен режим, при котором достигается снижение содержания суммы ароматических у/в на 10% с потерей ОЧИМ на 2 пункта: температура входа в Р-1 – 425°C, температура входа в Р-2 – 488°C, температура входа в Р-3 – 495°C, ОЧИМ – 90.7, ароматические у/в – 45 % масс.

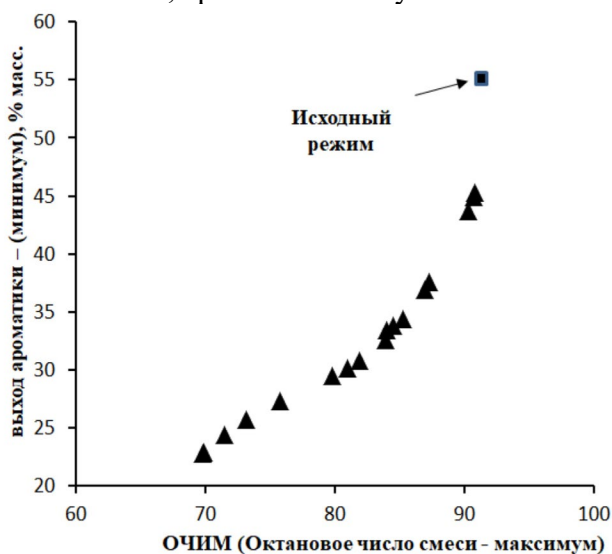


Рис. 1. Определение оптимального режима процесса каталитического риформинга бензина для критериев оптимальности: ОЧИМ - максимум, выход ароматических углеводородов - минимум.

Разработанная модель позволяет также проводить многокритериальную оптимизацию с целью снижения содержания бензола без существенного снижения ОЧИМ риформата и максимального выхода риформата. В результате определен режим, при котором достигается снижение содержания суммы бензола с 4 до 3 % масс с потерей ОЧИМ на 1 пункта и увеличении выхода риформата на 1.5 % масс: температура входа в Р-1 – 480°C, температура входа в Р-2 – 479°C, температура входа в Р-3 – 500°C, ОЧИМ – 91.8, выход бензола – 3.08 % масс, выход риформата – 85.6 % масс.

Разработанная модель позволяет определять оптимальные режимы эксплуатации процесса риформинга в соответствии с поставленными производственными задачами.

1.5. Цифровой актив промышленного, гражданского, инфраструктурного объекта на базе системы управления инженерными данными «НЕОСИНТЕЗ»

*Тихоновский В.Л. – первый заместитель генерального директора,
Директор дивизиона инженерно-технологической поддержки эксплуатации
и вывода из эксплуатации промышленных комплексов АО ГК «НЕОЛАНТ»*

Цифровые продукты и услуги

Цифровые технологии для стадий ЖЦ

- ▶ Полином; Неосинтез; Interbridge, Digital Decommissioning;
- ▶ Цифровые исполнительные инженерные модели;
- ▶ AR/VR-технологии.

Цифровое проектирование. Разработка проектной документации для капитального строительства, модернизации и реконструкции промышленных предприятий.

Цифровая исполнительная инженерная модель – основа «цифрового актива» промышленного, гражданского, инфраструктурного объекта.

Цифро-инженерные решения для эксплуатации:

- › Цифро-инженерное решение «Контроль состояния кабелей и электротехнического оборудования, управление инженерными данными объектов контроля»;
- › Цифро-инженерное решение «Контроль состояния сварных стыков трубопроводов и оборудования, управление инженерными данными объектов контроля металла»;
- › Цифро-инженерное решение «Интегрированное решение системы предиктивной аналитики СПиУМ «ПРАНА» и СУИД «НЕОСИНТЕЗ»
- › Цифро-инженерное решение «Реверс-инжиниринг деталей оборудования и их изготовление методами технологий аддитивного производства»;
- › Цифро-инженерное решение «Имитационное моделирование развития и тушения пожаров на промышленных, гражданских, инфраструктурных объектах на основе их цифровых исполнительных инженерных моделей»;
- › Цифро-инженерное решение «Подготовка персонала с применением цифровых моделей и виртуальной реальности»;
- › Цифро-инженерное решение «Интегрированное решение нейросетевой платформы VisionLabs и СУИД «НЕОСИНТЕЗ» для управления промышленной безопасностью»;
- › Цифро-инженерное решение «Применение роботизированных платформ (робособак) для автоматического сбора данных»;
- › Цифро-инженерное решение «Интегрированное решение VI-системы «ФОРСАЙТ» и СУИД «НЕОСИНТЕЗ».

Ассоциация «Цифровые Активы Промышленности»

Ассоциация «Цифровые Активы Промышленности» (А) объединяет на платформе применения цифровых моделей промышленных предприятий сервисные и софтверные организации, оказывающие инженерные услуги или обладающие программными решениями, необходимыми для поддержки/повышения эффективности различных направлений эксплуатации промышленных объектов.

Инженерные услуги сервисных организаций-участников А оказываются предприятию – заказчику с реализацией их цифровой поддержки посредством цифровой исполнительной инженерной модели объектов предприятия. Таким образом, предприятие получает не только требуемый ему инженерный сервис для обеспечения его эксплуатации, но современное средство накопления и использования инженерных данных, порожденных/используемых при оказании сервиса.

ИТ-решения софтверных организаций-участников А интегрируются с цифровой моделью промышленного предприятия для унифицированного доступа и реализации визуального отображения данных ИТ-решений. Таким образом, посредством единого интерфейса в виде цифровой модели специалисты предприятия смогут получать и совместно анализировать разноплановую информацию о различных аспектах эксплуатации промышленного объекта.

Способ применения цифровых моделей промышленных объектов, продвигаемый организациями-членами А обеспечит промышленному предприятию новый подход к снижению издержек, повышению культуры и безопасности эксплуатации, реализует для инженерного и управляющего звена единый инструмент интегральной оценки состояния активов, технологических процессов и безопасности эксплуатации.

В прениях выступили: *Иванов А.В., Абрамов В.В., Левин М.З., Губайдуллин И.М., Канустин В.М. и др.*

РЕШЕНИЕ:

- ♦ Принять к сведению информацию, что Технологический суверенитет – это то направление в отрасли, где цифровые технологии играют ведущую роль.
- ♦ Отметить, что:
- ✓ в современных условиях технологии суперкомпьютерного моделирования являются безальтернативным инструментом при выработке проектных решений и создании опытных образцов для анализа номинальных и аварийных режимов функционирования высокотехнологичных изделий, оптимизации их технических характеристик, сопровождения изделий на всех этапах их жизненного цикла;
- ✓ разработка, проектирование современных химико-технологических процессов и эксплуатация действующих производств в оптимальных условиях невозможны без применения отечественных пакетов моделирующих программ.

2. Информация об исполнении поручения Правления от 10.10.2023 г.

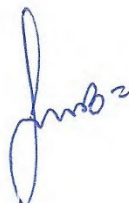
Иванов А.В. – Ассоциация нефтепереработчиков и нефтехимиков

Ассоциация нефтепереработчиков и нефтехимиков в рамках рабочей группы по присадкам для топлив и масел регулярно рассматривает вопросы, касающиеся достижения импорто-независимости РФ в этом важном, наукоемком и высокотехнологическом производстве.

Так, на заседании Правления АНН 10 октября 2023 г. обсуждались варианты поддержки отечественных производителей присадок для топлив и масел.

Генеральный директор АНН Иванов А.В. проинформировал, что в соответствии с поручением Правления АНН Ассоциация подготовила и направила в Минэнерго России письмо (Исх.№ АС-101 от 07.11.2023г.), в котором в целях поддержки российских производителей высокотехнологичной продукции просит рассмотреть возможность отмены (или снижения) ввозных пошлин на сырьевые компоненты для присадок и экспортных пошлин на вышеобозначенные виды продукции.

Генеральный директор



Иванов А.В.