



АО «Институт нефтехимпереработки»

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ И НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ ПРЕСКРИПТИВНОЙ АНАЛИТИКИ**

2023 год

# Прескриптивная аналитика

*Прескриптивная аналитика* – класс методов анализа данных, концентрирующийся на прогнозировании будущего поведения объектов и субъектов с целью принятия оптимальных решений.

Применение прескриптивной аналитики позволяет повышать производительность установок, экономить ресурсы, контролировать состояние оборудования и качество продукции. Прескриптивная аналитика обрабатывает массивы производственных данных и, опираясь на математические модели, в режиме реального времени фиксирует отклонения, которые впоследствии могут отразиться на производственных процессах.

- ▶ **Цифровой двойник** – компьютерное представление конкретного физического изделия, группы изделий, механического или технологического процесса, которое полностью повторяет все то, что делает его физический прообраз. Цифровой двойник выступает посредником между физическим изделием и важной информацией о нем, например, данными по эксплуатации или обслуживанию.
- ▶ **Экспертные системы (ЭС)** – программные средства, использующие экспертные знания для обеспечения высокоэффективного решения неформализованных задач в узкой предметной области. Основу ЭС составляет база знаний о предметной области, которая накапливается в процессе построения и эксплуатации. Накопление и организация знаний – важнейшее свойство всех ЭС.
- ▶ **Рынок предсказаний** – платформа коллективного прогнозирования, позволяющая собрать информацию от всех участников системы и перевести ее в вероятностные показатели. Коллективное прогнозирование опирается на прогнозы участников. Участниками могут быть как собственные сотрудники, так и специалисты конкретной области. Это новый подход, когда ключевым аспектом становится не анализ прошлых данных, а агрегирование текущей информации, которой обладают люди.

# Модель процесса алкилирования олефинов на твердом катализаторе

## Создание физико-химической модели нового процесса

Математическая модель реализована в виде программы на языке Python.

Она позволяет рассчитать процесс алкилирования на твердом катализаторе в широком диапазоне условий.

Модель построена на основе физико-химических зависимостей с опорой на экспериментальные данные и производит расчеты с высокой точностью и адекватностью.

Кроме классических алгоритмов, используемых для реализации моделей такого типа (методы решения дифференциальных уравнений, оптимизации, интерполяции и экстраполяции), модель учитывает опыт и знания специалистов и экспертов о данном процессе, которые заложены в программу в виде формализованных правил и эвристик.

**Расчет процесса алкилирования олефинов на твердом катализаторе**

10.0 - время работы катализатора в часах  
1.0 - время пребывания в реакторе в часах  
500.0 - массовый расход, кг/час  
70.0 - температура процесса, оС  
1.0 - содержание бутенов в сырье, % масс.  
10 - серия используемого катализатора от 1 до 19 (К-1 до К-19)  
1 - кол-во полок с катализатором, 1-5

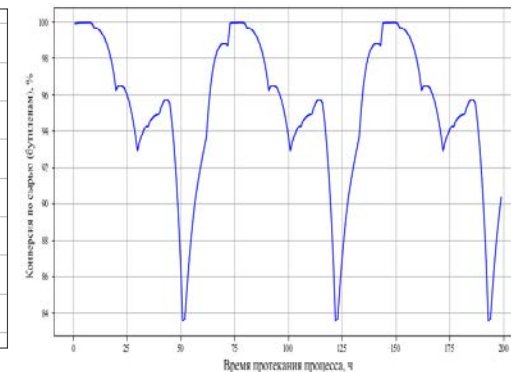
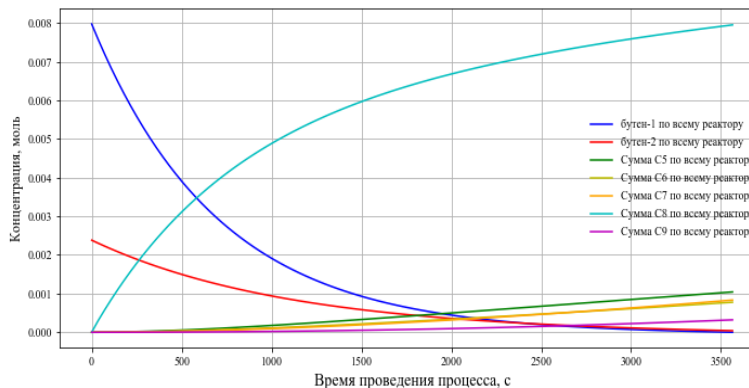
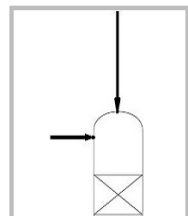
Задать параметры построения дополнительных графиков (необязательно):  
- задать варьируемый параметр  
- задать функцию  
- задать функцию  
- задать функцию  
- задать функцию

**Расчитать**  
- и генерировать основные графики (Расчет может занимать до 60 секунд)

Кол-во Бутиленов в сырье, % масс: 3.0  
Содержание бутенов в сырье, % Бутен-1, % Бутен-2, масс : 77.0 : 23.0  
Загрузка по сырье, кг/час : 500.0

**Информация по проекту**  
Отчет  
Модель и расчет в виде программы для Windows  
Инструкция по установке программы

**Схема**



# Гибридная модель процесса гидроочистки дизельного топлива

## Создание гибридной модели технологического процесса

Математическая модель реализована в виде программы на языке Python.

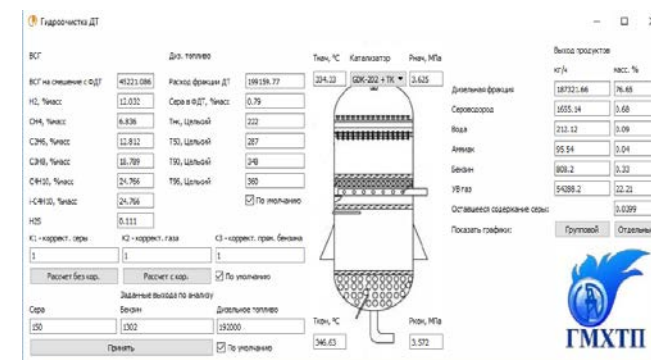
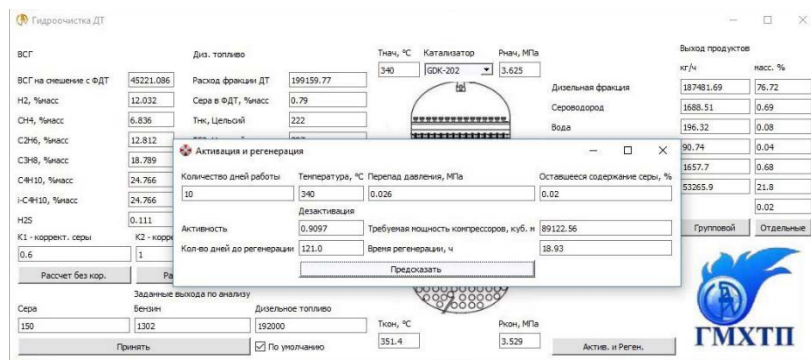
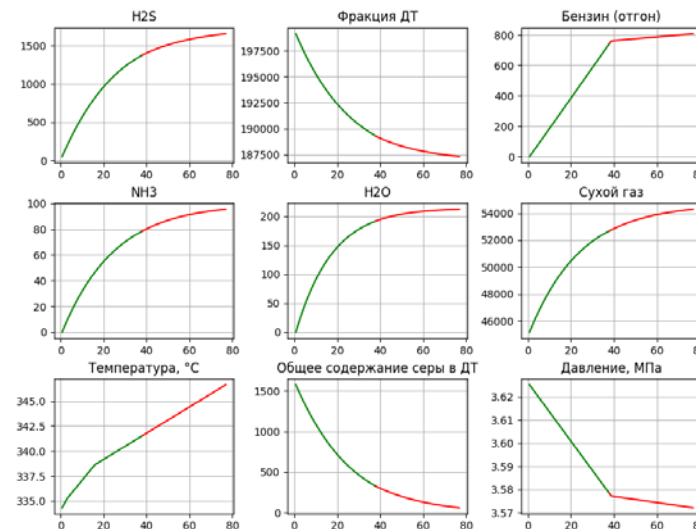
Она позволяет рассчитать процесс гидроочистки на твердых катализаторах различных типов в широком диапазоне условий.

Построена на основе физико-химических зависимостей и наиболее удачных и адекватных эмпирических зависимостей, известных в настоящее время.

Для того чтобы модель точно соответствовала реально действующему процессу на нефтеперерабатывающем предприятии, она может быть уточнена (откалибрована) для разных конструкций реакционного оборудования с учетом особенности работы каталитической системы (состав и марки катализаторов, активность катализатора).

Для оценки активности катализатора реализована процедура на основе алгоритмов машинного обучения на основе данных о работе реактора.

Катализатор: GDK-202 + TK-551



# Система нейросетевого прогнозирования каталитических процессов

## Создание модели технологического процесса на основе нейронных сетей (цифровой двойник)

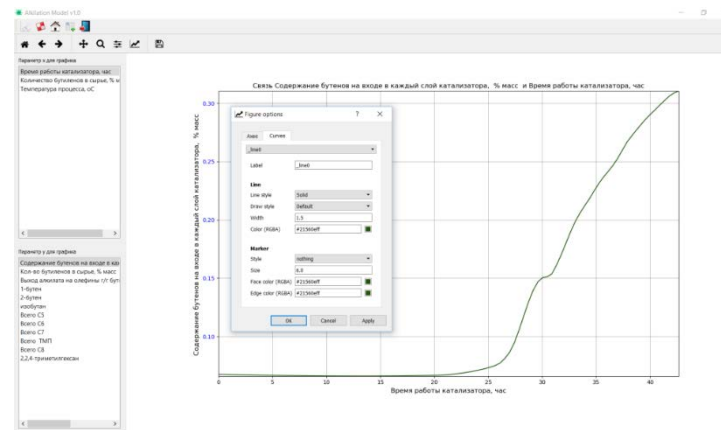
Для прогнозирования качества продукта, получаемого на промышленном производстве, был создан прототип программы, в основу которой заложен алгоритм с использованием нейронных сетей – «USPTUModelFactory» (виртуальный анализатор качества).

### Возможности:

- Создание предсказателей трендов на основе нейронных сетей
- Обучение на пользовательских выборках данных
- Универсальный и гибкий интерфейс работы
- Использование технологии NVIDIA CUDA для ускорения вычислений
- Написано на языке Python 3

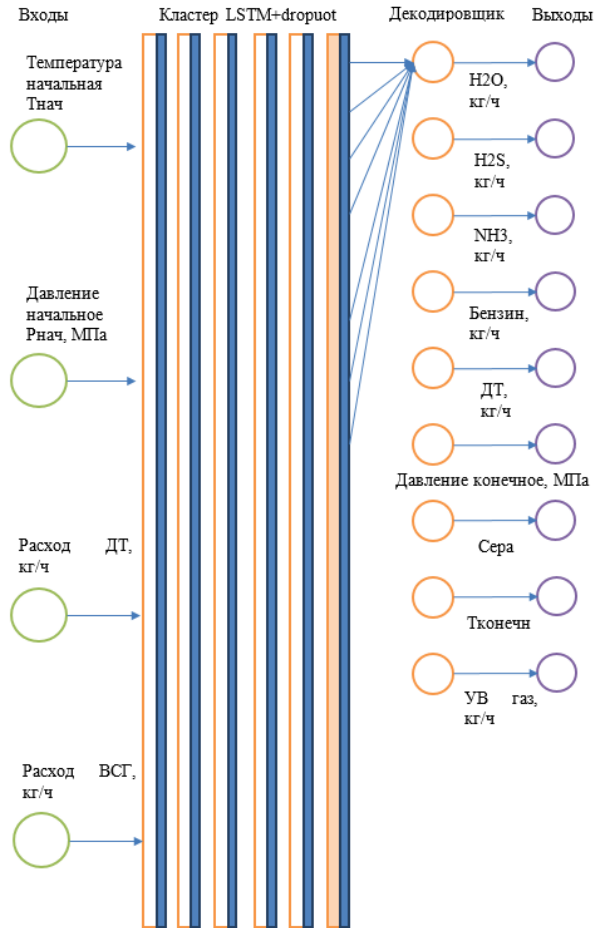
### Реализованы модели:

- Модель алкилирования изобутана олефинами на твердом катализаторе
- Модель гидроочистки дизельного топлива
- Модель окислительного дегидрирования



Режим графиков

# Система нейросетевого прогнозирования каталитических процессов

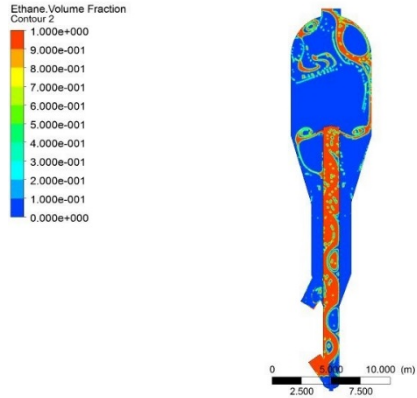


Количество входных параметров для обучения может быть существенно расширено.

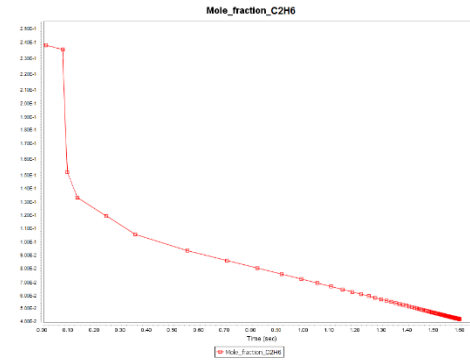
Применение технологий машинного обучения позволяет существенно сократить время разработки математической модели реакторов и реакторных блоков для внедрения на производстве.

Этап	Рыак	Расход ДТ	Расход ВСГ	Н2О	Н2S	NH3	Бензин	ДТ	Давл. конечн	Сера	Т конч	
1	352.325499995...	3.48118000000...	152057.774400...	41638.5316000...	155.217620049...	1566.30737304...	69.4823226926...	1968.42272945...	185928.0	3.58855134925...	59.0838661193...	364.141052246...
2	352.325499995...	3.48118000000...	152057.774400...	41638.5316000...	155.217620049...	1566.30737304...	69.4823226926...	1968.42272945...	185928.0	3.58855134925...	59.0838661193...	364.141052246...
3	352.325499995...	3.48118000000...	152057.774400...	41638.5316000...	155.217620049...	1566.30737304...	69.4823226926...	1968.42272945...	185928.0	3.58855134925...	59.0838661193...	364.141052246...
4	352.325499995...	3.48118000000...	152057.774400...	41638.5316000...	155.217620049...	1566.30737304...	69.4823226926...	1968.42272945...	185928.0	3.58855134925...	59.0838661193...	364.141052246...
5	351.289999995...	3.48118000000...	152057.774400...	41638.5316000...	156.958175659...	1565.84790039...	70.0392608642...	19901807675...	189919.890925	3.58855134925...	60.374598857...	363.340759277...
6	345.019999995...	3.48118000000...	152057.774400...	41638.5316000...	158.879574385...	1555.63513182...	70.505507409...	1894068359325	18581.625	3.58855230293...	72.0481582641...	361.281760433...
7	342.672999995...	3.48118000000...	152057.774400...	41638.5316000...	159.288406372...	1550.6220703125	70.457206726...	1948.66418457...	105740.71875	3.58855230293...	80.3715057373...	360.313415527...
8	353.007999995...	3.48118000000...	152057.774400...	41638.5316000...	154.365554809...	1566.6806640625	69.2723336914...	1952.0568476...	185931.3125	3.58855007242...	58.6000033752...	364.377044077...
9	354.404999995...	3.53464000000...	152057.774400...	41638.5316000...	157.176635742...	1565.21435546...	70.1117630004...	18992.10192871...	185918.149525	3.58855158267...	60.5557823181...	363.209564208...
10	354.404999995...	3.43762000000...	152057.774400...	41638.5316000...	153.887817382...	1567.11755371...	69.1603088378...	1903.23216796...	185934.5	3.58854991874...	58.1669158935...	364.590728259...
11	354.404999995...	3.43762000000...	159327.82	38504.7856000...	159.164782724...	1563.86743164...	70.7070007324...	2003.21142578...	185905.7812	3.58854991874...	58.1669158935...	364.590728259...

# Модель лифт-реактора дегидрирования этана

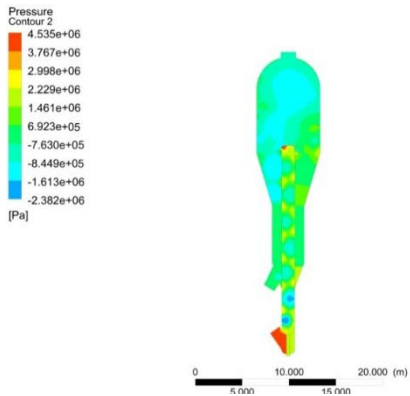


ANSYS

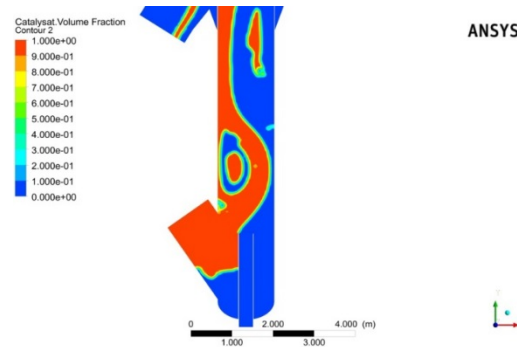


Использование модели позволит:

- оптимизировать геометрические размеры реактора
- интенсифицировать процесс за счет изменения внутренних устройств
- выявить застойные зоны и зоны с неоптимальной температурой, снизить образование побочных продуктов



ANSYS



ANSYS

CFD модель реактора реализована в среде ANSYS

Модель учитывает:

- распределение в объеме реактора пылевидного катализатора
- изменение в объеме реактора концентраций компонентов в ходе химических превращений
- изменение температуры по сечению реактора, обусловленное тепловым эффектом реакций

# Автоматизированная среда разработки оптимальной схемы синтезов химических соединений на основе глубокого машинного обучения и теории графов

Разработан и реализован подход для количественной оценки эффективности химических превращений, который реализован в on-line программном продукте оценки эффективности схемы синтеза.

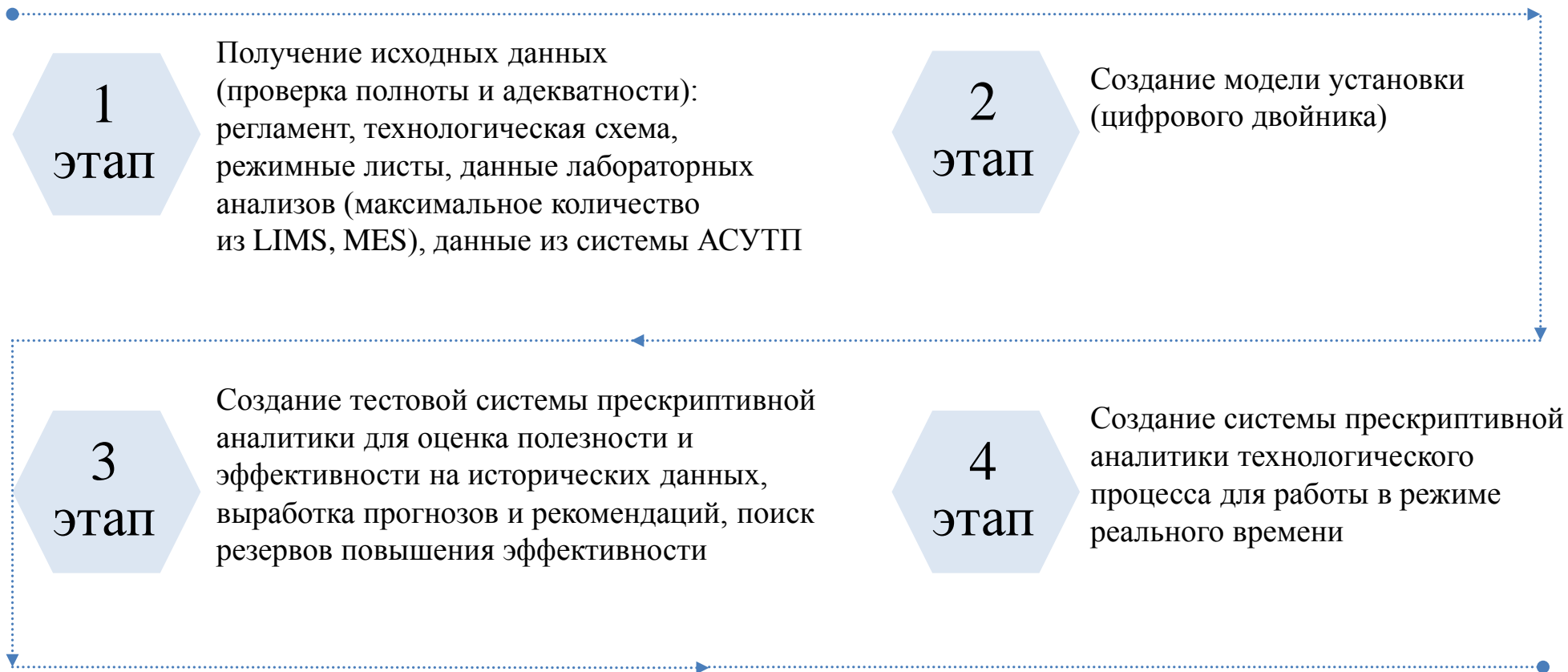
▶ В основе лежит разработанная формула, учитывающая объективные количественные критерии химических превращений в сочетании с современными перспективными разработками в области глубокого машинного обучения.

▶ Строгий математический расчет эффективности схемы синтезов снимает ограничение на создание уникальной комплексной автоматизированной среды разработки наиболее экономически выгодных путей синтеза химических соединений любой сложности.

Предложенная формула позволяет создать ранжированную по эффективности пополняемую базу данных синтетических методов не имеющую аналогов в мире.



# Этапы создания системы прескриптивной аналитики технологической установки



АО «Институт нефтехимпереработки»

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

АО «Институт нефтехимпереработки»

Телефон: (347) 242-25-11

Электронная почта: [inhp@inhp.ru](mailto:inhp@inhp.ru)

2023 год