

Физико-химические и технологические основы компьютерного прогнозирования и оптимизации производства бензинов



Процессы, протекающие в реакторах нефтеперерабатывающих производств чрезвычайно сложны. Они включают большое число последовательно-параллельных химических и физических стадий. Промышленная реализация процессов предполагает поиск оптимальных режимов их эксплуатации с помощью математических моделей, основанных на физико-химической сущности протекающих явлений.

Автор д.т.н., профессор Иванчина Э.Д.

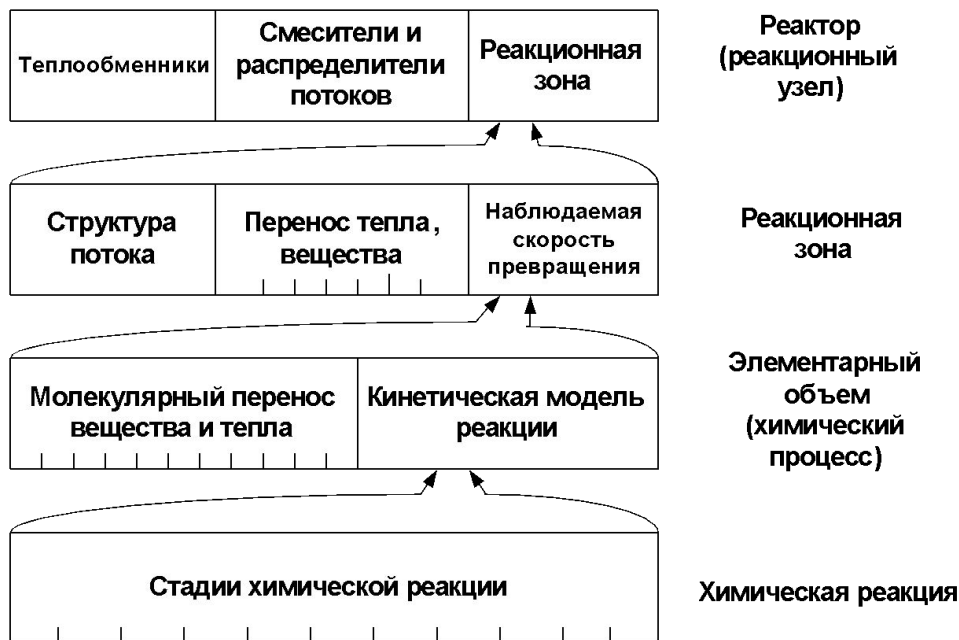
Дата разработки 2009 год

Использование компьютерных систем, созданных на основе математических моделей, позволяет тестировать и осуществлять обоснованный выбор катализатора для данной установки, продлевать срок службы катализатора за счет оптимизации режимов его использования, рассчитывать основные показатели качества катализата при постоянстве технологических условий эксплуатации установки, прогнозировать технологические параметры и длительность межрегенерационного цикла катализатора в зависимости от качества сырья.

На кафедре Химической технологии топлива и химической кибернетики Томского Политехнического университета была создана база моделей процессов нефтепереработки и нефтехимии, а также подготовки газа и газового конденсата, разработанных с точки зрения системного подхода. Описываемый процесс разбивается на множество элементарных стадий, для каждой из которых разрабатывается математическая модель сначала с точки зрения равновесия, затем учитывается недостижение реальными процессами равновесия за счет гидродинамической составляющей.



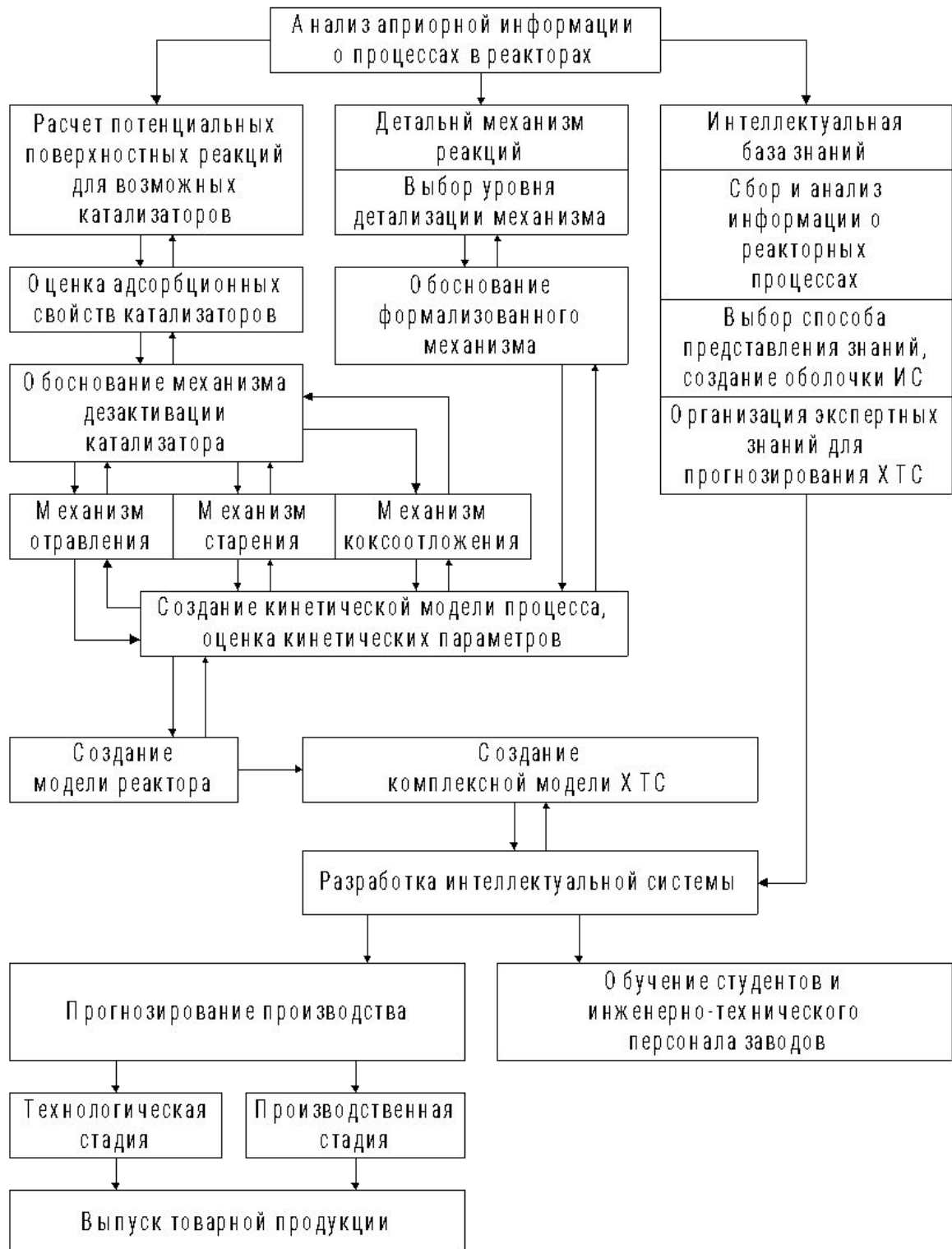
Иерархическая структура построения математической модели процесса в химическом реакторе



Первым этапом построения математической модели рассматриваемого процесса является разработка формализованного механизма превращения углеводородов на поверхности катализаторов. Далее выполняется оценка кинетических и термодинамических параметров модели, разработка кинетической модели дезактивации катализаторов для учета нестационарности протекания промышленного процесса переработки углеводородного сырья и построение обобщенной модели контактных аппаратов и всей химико-технологической системы в целом.

Разработанная математическая модель становится основой компьютерной моделирующей системы, которая, при внедрении на промышленную установку, может работать как автономно, так и в непосредственном взаимодействии с базой данных завода.

Основные этапы построения интеллектуальной системы



На кафедре ХТТ разработаны следующие компьютерные программы для процессов производства бензинов:

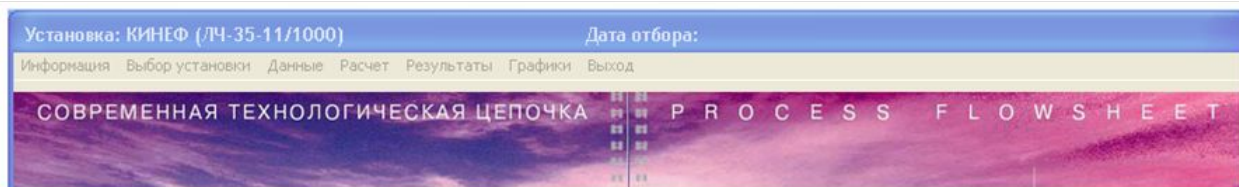
- Программа расчета октановых чисел товарных бензинов
- Система контроля работы бифункциональных платиносодержащих катализаторов нефтепереработки
- Программа расчета кинетических параметров процесса риформинга бензинов на Pt-катализаторах
- Программа расчета текущих показателей процесса каталитического риформинга бензинов с непрерывной регенерацией катализатора
- Компьютерное моделирование каталитического риформинга бензинов (AKTIV+C)
- Программа расчета процесса регенерации промышленных катализаторов риформинга
- Программа расчета текущих показателей процесса изомеризации пентан-гексановой фракции
- Автоматизированная система контроля работы Pt-катализаторов риформинга

Программа расчета текущих показателей процесса каталитического риформинга бензинов (АКТИВ+С)

Программа предназначена для выполнения расчета текущих показателей процесса каталитического риформинга бензинов, процессов дуалформинг и октанайзинг, и может применяться на нефтеперерабатывающих предприятиях для осуществления процесса получения высокооктановых моторных топлив.

Программа обеспечивает выполнение следующих функций:

- расчет основных показателей качества катализата при постоянстве технологических показателей эксплуатации установки получения высокооктановых моторных топлив;
- прогнозирование технологических параметров и длительности срока эксплуатации в зависимости от качества сырья и



Выбор катализатора

Катализатор

REF-23 Pt: Re = (0,25 : 0,41)
RG-482 Pt: Re = (0,3 : 0,3)
R-56 Pt: Re = (0,25 : 0,41)
R-56 Pt: Re = (0,25 : 0,41)
KP-108Y Pt: Re = (0,3 : 0,3) P5-22Y Pt: Re = (0,25 : 0,41)
RG-582 Pt: Re = (0,3 : 0,3)
KP-108 Pt: Re = (0,3 : 0,3)
ПК-П1 Pt: Re = (0,3 : 0,3)
СГ-3П Pt = (0,5)
R-56 Pt: Re = (0,25 : 0,41)
ТНК-23 Pt: Re = (0,3 : 0,3)
ТНК-23 Pt: Re = (0,3 : 0,3)
ПР-51 Pt: Re = (0,3 : 0,3)
KP-108Y Pt: Re = (0,3 : 0,3)
СР-201 Pt: Re = (0,3 : 0,3)

Описание

КИНЕФ (ЛЧ-35-11/1000)

Количество реакторов

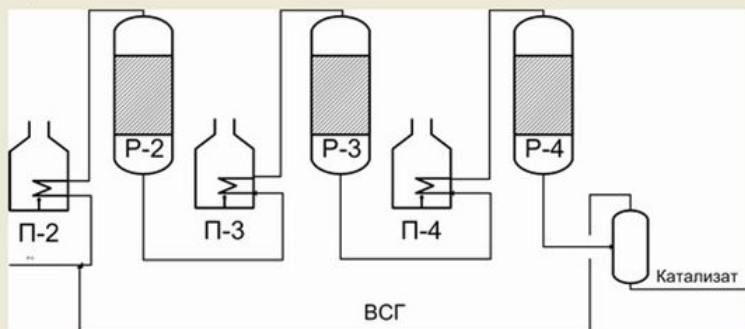
3

Раскладка по реакторам

P - 2 1
P - 3 25
P - 4 5

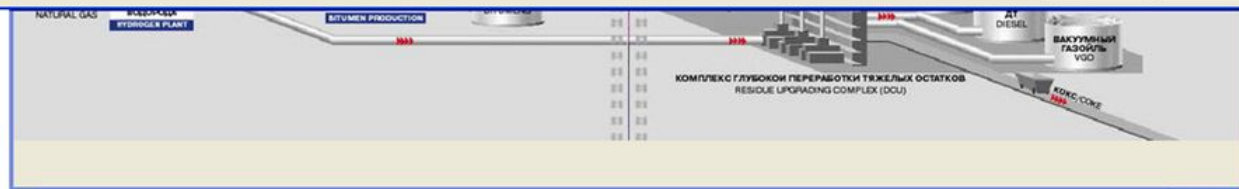
Выбор процесса

- ☒ Риформинг со стационарным слоем катализатора
☐ дуалформинг
☐ октанайзинг



Отмена

Применить



Для проведения расчетов по составу катализатора, текущей активности, октанового числа и выхода катализатора, количества образовавшегося на катализаторе кокса и ряда других технологических параметров необходимо выбрать установку и процесс. Далее необходимо задать технологические параметры процесса, а состав сырья считывается из файла. После задания всей исходной информации производят расчет. После выполнения расчетов для просмотра результатов вызывают окно результатов.

svod

Параметры
☒ Активность
☒ Перераб. сырья т.
☒ Число крекинга
☒ Водород, %
☒ Выход водорода, %
☒ Температура входа
☒ Расход сырья м3/ч
☒ Пар/(Нафт+Аром)
☒ н-Пар/и-Пар сырьё
☒ Кратн. ширк. м3/м3
☒ Степень изомеризации
☒ Степень ароматизации
☒ Ароматиза, %вес.
☒ Кокс, %вес.
☒ Октановое число о.ч.
☒ Выход риформата
☒ МЦП в катал, % вес
☒ Перепад температур

Даты:
 от 30.12.1999
 до 28.03.2003
 Добавить
 Удалить

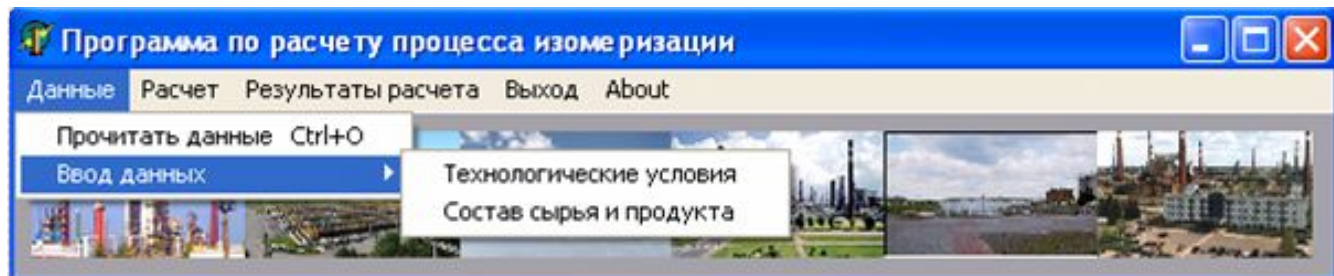
Дата отбора	03.12.2002	04.12.2002	06.12.2002
Перераб. сырьё т.	162370,00	164962,00	170146,00
Число крекинга	2,40	2,10	2,00
Водород, %	82,80	82,60	82,00
Выход водорода, %	1,70	1,70	1,70
Температура входа	489,00	489,00	489,00
Расход сырья м3/ч	145,00	145,00	145,00
Пар/(Нафт+Аром)	1,19	1,19	1,19
Кратн. ширк. м3/м3	1269,00	1269,00	1269,00
Степень изомеризации	84,00	84,00	83,00
Октановое число о.ч.	98,10	98,10	97,80
Выход риформата	88,06	88,04	88,19
МЦП в катал, % вес	0,70	0,70	0,70
Ароматиза, %вес.	65,02	65,09	64,61
Степень ароматизации	22,97	23,04	22,61
Активность	0,60	0,60	0,60
Кокс, %вес.	1,83	1,86	1,92
Перепад температур	62,00	62,00	61,00
н-Пар/и-Пар сырьё	1,12	1,12	1,12

Создать текстовый файл
 Копировать в буфер
 Далее

Для более наглядного представления предусмотрено построение графических зависимостей различных показателей от объема переработанного сырья, таких как:

- активность катализатора;
- массовое содержание кокса на катализаторе;
- октановое число риформата
- выход риформата;
- температура входа в реактор риформинга и ряд других показателей.

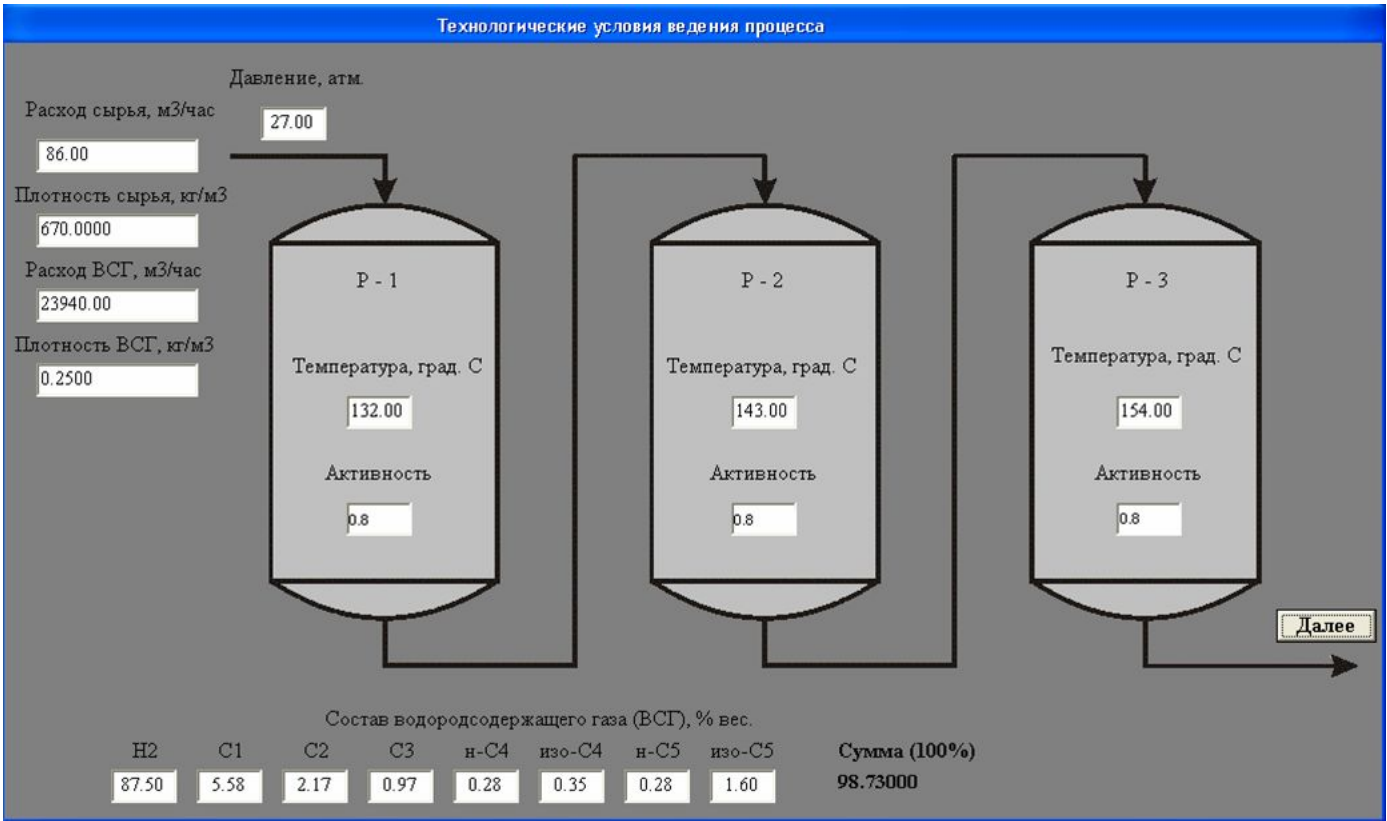
Программа расчета текущих показателей процесса изомеризации пентан-гексановой фракции



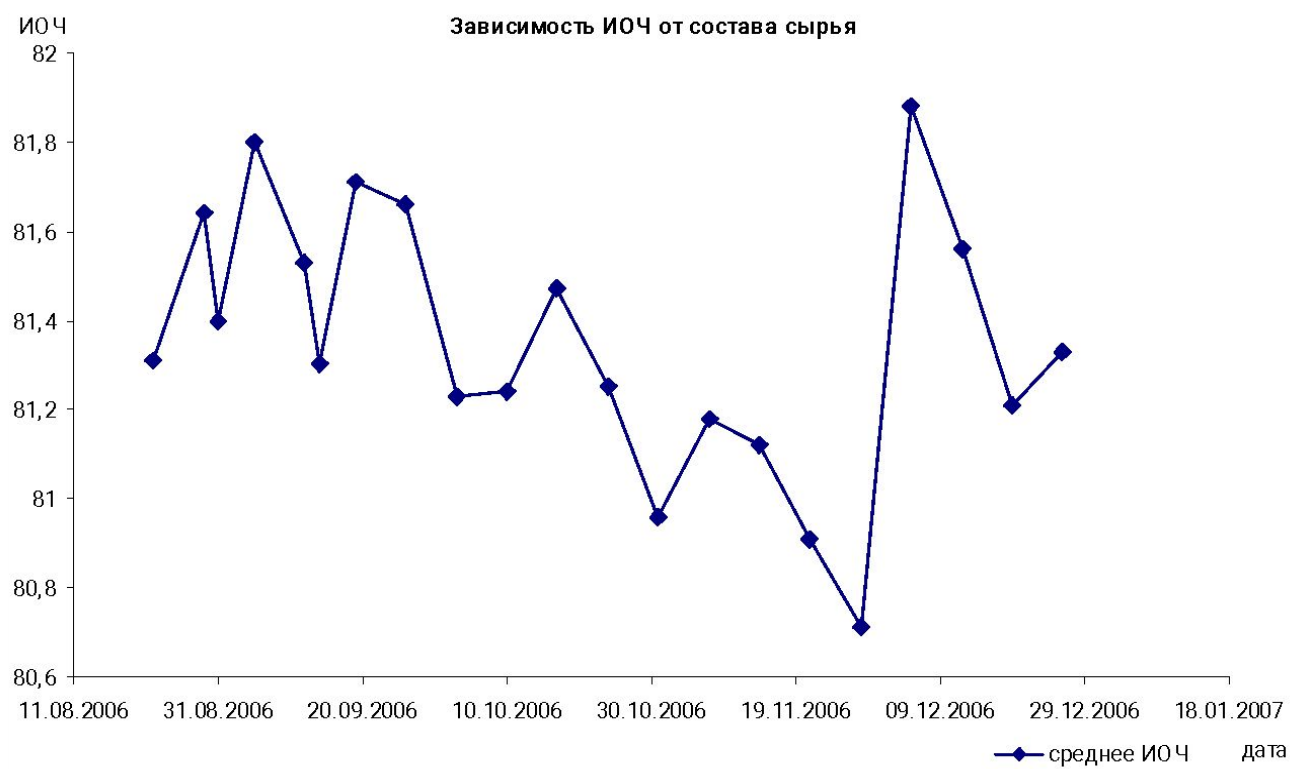
Программа предназначена для расчета текущих показателей процесса изомеризации пентан-гексановой фракции и может применяться на нефтеперерабатывающих предприятиях для осуществления процесса получения высокооктановых моторных топлив методом изомеризации.

Программа обеспечивает выполнение следующих функций:

- расчет основных показателей качества катализатора при постоянстве технологических показателей эксплуатации установки изомеризации;
- выполнение прогноза технологических параметров и длительности межрегенерационного цикла в зависимости от качества сырья и требований, предъявляемых к вырабатываемому катализатору.



С использованием математической модели, реализованной в виде компьютерной системы, было исследование влияние состава сырья на октановое число катализата.

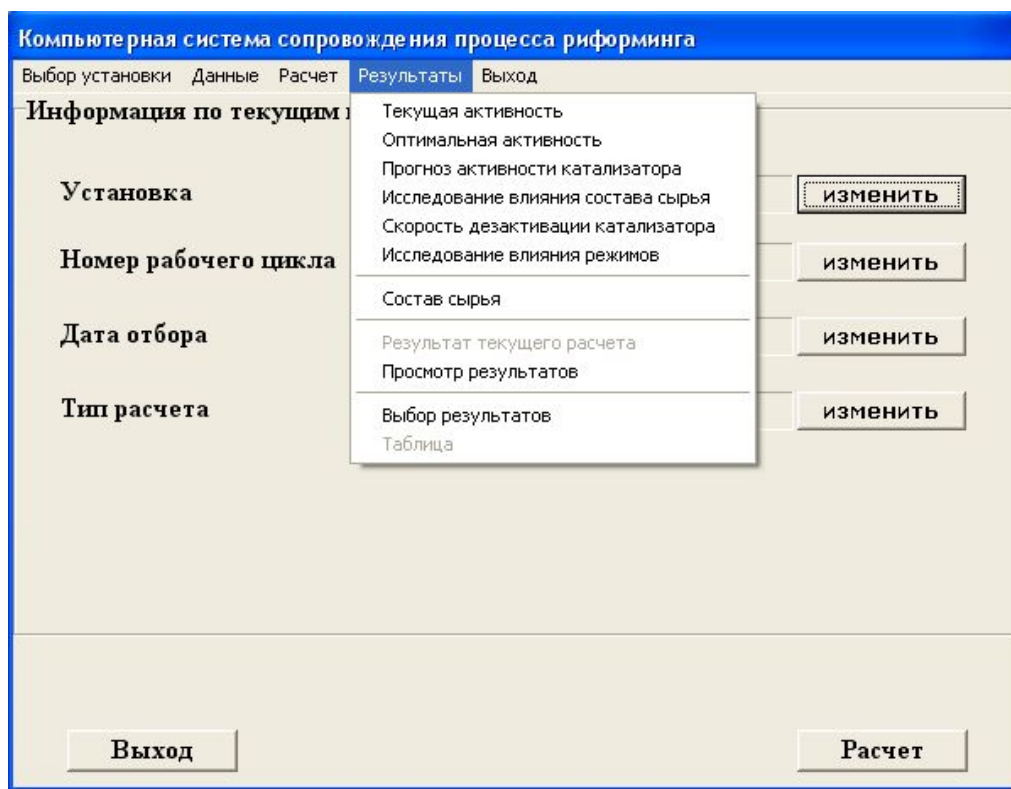


Сравнительная таблица результатов расчета и экспериментальных данных

Показатели	Сырье	Продукты	
		расчет	эксперимент
н-бутан	1,40	1,52	2,96
изо-бутан	0,2	0,13	1,32
н-пентан	33,69	12,68	14,14
изо-пентан	12,40	33,33	33,28
н-гексан	16,36	5,59	5,08
2-метилпентан	14,69	14,04	12,90
3-метилпентан	7,42	7,26	7,42
2,2-диметилбутан	0,33	11,93	10,51
2,3-диметилбутан	0,8	4,32	3,99
метил-циклопентан	6,85	2,67	2,62
диметилциклопентан	0,7	0,07	0,08
бензол	1,02	0,79	0,0

Хорошая сходимость результатов расчета по математической модели и экспериментальных данных с установки процесса изомеризации подтверждает адекватность модели.

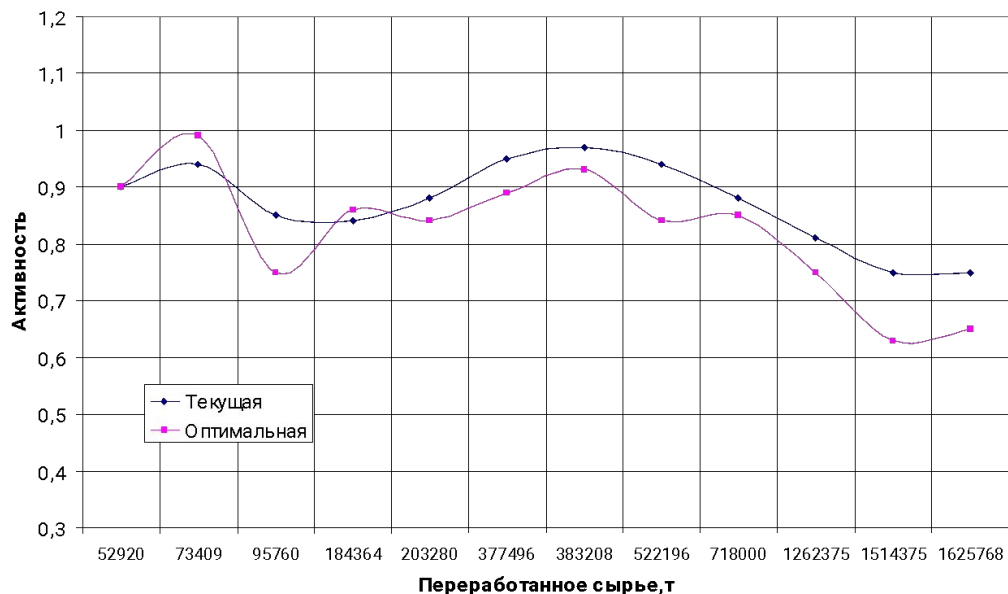
Система контроля работы бифункциональных платиносодержащих катализаторов нефтепереработки



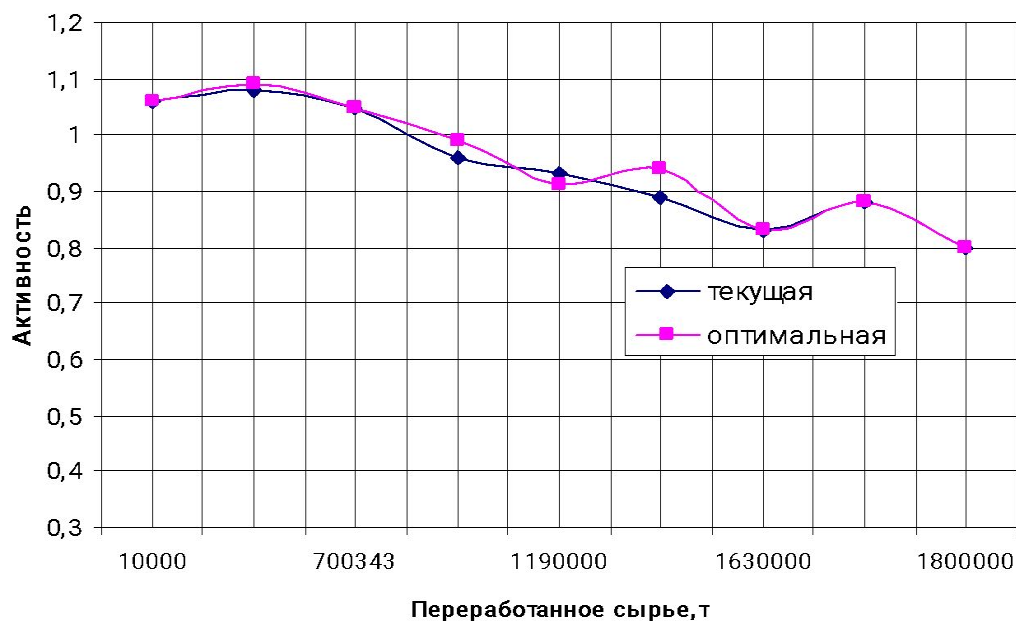
Программа предназначена для расчета основных показателей катализаторов риформинга бензинов и может применяться в производстве высокооктановых моторных топлив. Программа обеспечивает выполнение следующих функций: расчет основных показателей качества катализата при постоянстве технологических показателей эксплуатации установки риформинга при загрузке различных марок Pt-катализаторов; прогноза технологических параметров и длительности межрегенерационного цикла, для различных марок катализаторов, в зависимости от качества сырья и требований предъявляемых к вырабатываемому катализату; оценки и выбора оптимального каталитического контакта с учетом специфики перерабатываемого сырья и особенностей технологической схемы предприятия.

Зависимость активности катализатора от объема переработанного сырья

1 цикл



4 цикл



Благодаря поддержанию значения текущей активности катализатора близко к оптимальному в течение 4 цикла было переработано больше сырья до момента регенерации катализатора.

- С использованием метода математического моделирования и стратегии системного анализа на кафедре Химической технологии топлива и химической кибернетики Томского Политехнического университета был создан ряд программ (компьютерных моделирующих систем с элементами искусственного интеллекта) для процессов нефтепереработки и нефтехимии. Системы были внедрены на заводах России. В настоящее время ведутся работы по созданию новых программных комплексов (например, исследуется процесс получения н-олефинов C_{10} - C_{13} , — сырьё для производства линейного алкилбензола, один из этапов для получения синтетических моющих средств).
- На кафедре Химической технологии топлива были получены свидетельства о государственной регистрации программ, а также акты о внедрении.

Выводы

- Разработанные на основе нестационарных кинетических моделей процессов нефтепереработки компьютерные моделирующие системы позволяют прогнозировать ресурс катализаторов (длительность их рабочего цикла и количество продукта, которое можно выработать) в зависимости от условий эксплуатации (температуры, давления, мольного соотношения «водород:сырье», расхода сырья), а также марки катализатора при фиксированной производительности по целевому продукту. С применением моделирующих систем возможна экономическая оптимизация режима эксплуатации установок путем рассмотрения и расчета различных вариантов повышения их производительности
- Компьютерные моделирующие комплексы позволяют проводить анализ и прогнозировать технологические показатели действующего производства, а также уточнять и предсказывать материальный баланс процессов в зависимости от планируемой загрузки установки.