



Нефтепереработка и нефтегазохимия: импортозамещение и обеспечение технологической независимости

МАКСИМОВ АНТОН ЛЬВОВИЧ
Директор ИНХС РАН

ПЕРЕРАБОТКА УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ В РФ



>600 млн.т.

Переработка
280,7 млн.т.

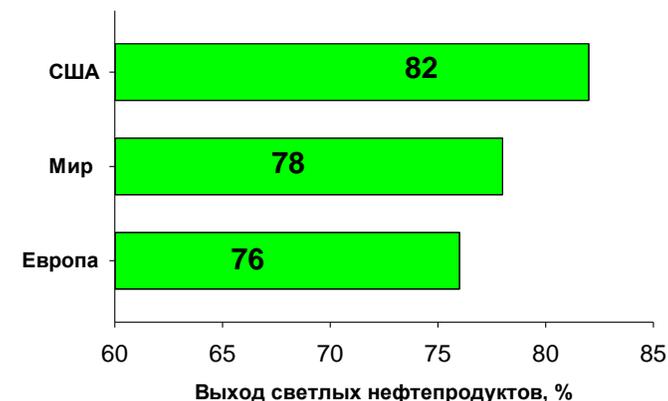
| ПРОДУКТ | ОБЪЕМ ПРОИЗВОДСТВА |
|----------------------|-----------------------|
| БЕНЗИН | 40.8 млн. т |
| АВИАКЕРОСИН | 13 млн. т |
| ДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО | 80.3 млн. т |
| ПРОЧЕЕ | 134.1 млн.т. |

47,7%

НИЗКАЯ ДОЛЯ
УГЛУБЛЯЮЩИХ
ПРОЦЕССОВ

У 80% заводов
индекс сложности < 8

ВЫХОД СВЕТЛЫХ



МИР: индекс сложности >10

В РФ функционирует 32 крупных НПЗ мощностью от 3 до 21 млн. т сырой нефти в год. (НК Роснефть, ПАО Газпромнефть, ПАО Лукойл, ПАО Сургутнефтегаз, ПАО Газпром, ПАО Татнефть)

Отношение мощности **вторичных процессов к первичным**

Средний НПЗ мира - 130-140%

Лучшие НПЗ мира – 180-200 %

Российские НПЗ - 15-99%

ЗАДАЧИ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ НЕЗАВИСИМОСТЬ В НЕФТЕПЕРЕРАБОТКЕ

СОПРОВОЖДЕНИЕ И ПОДДЕРЖКА ДЕЙСТВУЮЩИХ ПРОЦЕССОВ (ОПЕРАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ)

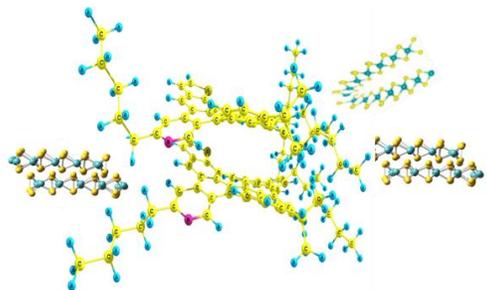
- ❑ Разработка и освоение производства отечественных катализаторов нефтепереработки и сопутствующих процессов
- ❑ Участие в реконструкции установок с учетом опыта работы по российским технологиям (гидроочистка, каталитический крекинг, риформинг)
- ❑ Обеспечение производств реагентами и компонентами (деэмульгаторы, антикоррозионная защита, присадки к топливам и маслам, реагенты водоочистки, антивспениватели, сорбенты и др.)

СОЗДАНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ, УЧАСТИЕ В РЕАЛИЗИИ ПРОЦЕССОВ УХОДЯЩИХ ИНОСТРАННЫХ ЛИЦЕНЗИАРОВ (от 3 до 6 лет)

- ❑ Переработка тяжелых нефтяных остатков (замедленное коксование; гидрокрекинг остатков) 5-6 установок (АО «Институт нефтехимпереработки», Уфимский ФИЦ РАН, УГНТУ, ИНХС РАН)
- ❑ «Обратный инжиниринг», создание собственного оборудования и технологии гидрокрекинга с учетом уже имеющихся установок (7 установок). ИК СО РАН, ПАО ВНИИ НП, ИНХС РАН
- ❑ «Обратный инжиниринг», создание собственных технологий и оборудования для облагораживания топлив (риформинг с движущимся слоем, гидроочистка с участием вторичных дистиллятов – более 20 установок). ИК СО РАН, ИОХ РАН, СамГТУ, РН-ЦИР, ВНИИ НП, НПО Нефтехим

РОССИЙСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В НЕФТЕПЕРЕРАБОТКЕ

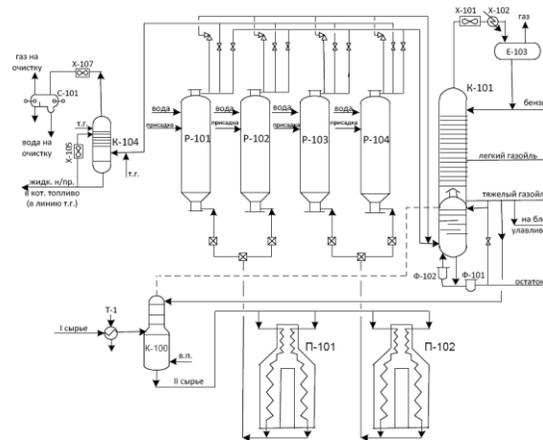
Гидроконверсия гудрона (ИНХС РАН, ИПХФ РАН)



Ведется пуско-наладка

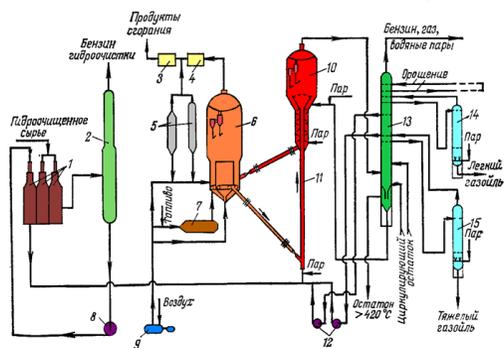


Замедленное коксование (АО ИНХП, УФИЦ РАН, УГНТУ)



1.2 млн. т в год
НПО «Уфанефтехим»

Каталитический крекинг (ИНХС РАН, ПАО ГрозНИИ, ИК СО РАН, ВНИПИНЕФТЬ, ВНИИ НП)



12 установок FCC



Возможен российский проект

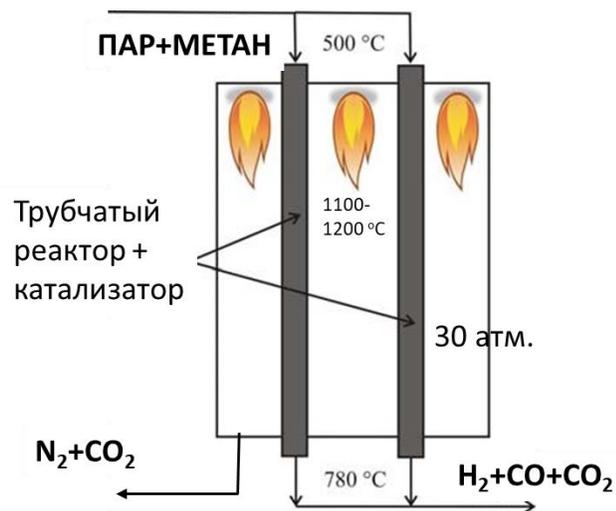
Изомеризация и риформинг (НПП Нефтехим, ИК СО РАН)

Изомеризация – более 30 установок
Проектируется первая установка риформинга с движущимся слоем



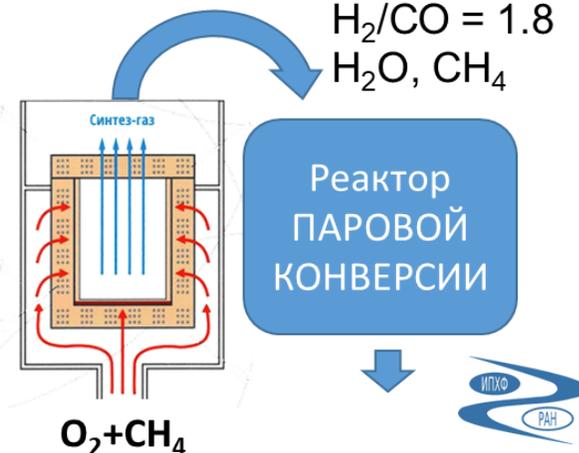
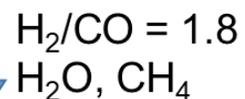
ВОДОРОД И ОЧИСТКА ОТ CO₂

Паровая конверсия метана (ГИАП, ИК СО РАН, ИНХС РАН, ИОХ РАН, Грасис)

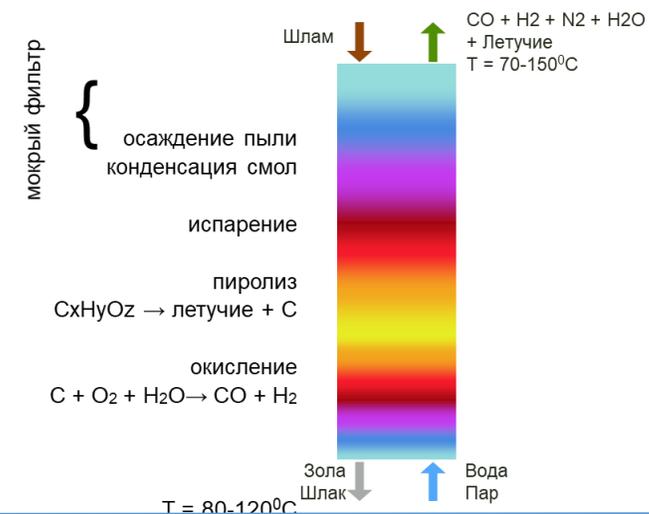


Окислительная конверсия метана (ИПХФ РАН)

Матричная конверсия метана



Адиабатическая газификация остатков (ИПХФ РАН)



Аминные очистки для удаления кислых газов (Группа компаний «Синтез Ока», ИНХС РАН, ООО «Реокат», ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)

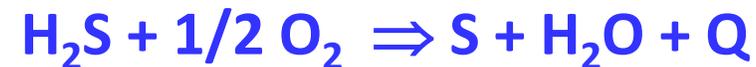
Подбор эффективных композиций аминов

Увеличение срока эксплуатации амина за счет эффективного удаления ПДА и ТСС с помощью баро/электромебранного метода очистки:

- 1 ступень: ультрафильтрация (УФ) для удаления продуктов деструкции
- 2 ступень: электродиализ (ЭД) для удаления термостабильных солей



Конверсия сероводорода в серу (ИК СО РАН)



Промышленная технология эксплуатируется в ПАО «Татнефть» с 2011 г.

- Произведено 1,2 млрд. м³ очищенного газа для поставки потребителям
- 9 000 тонн сероводорода переработано в элементарную серу
- Предотвращен выброс в атмосферу 20000 тонн диоксида серы и серной кислоты

Аналогичные установки созданы для АО «Конденсат», АО «Шешмаойл, ПАО «НОВАТЭК».

Установки используют отечественные комплектующие и катализатор.

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ В ОБЛАСТИ РЕАГЕНТОВ ДЛЯ НПЗ и НХК

Реагенты для основных технологических процессов

Реагенты для процессов подготовки и очистки воды

Деэмульгаторы

| | |
|-------------------|--|
| Класс соединений | Блоксополимеры оксидов алкенов алкилфенолформальдегидные смолы, сшитые деэмульгаторы |
| Импотозависимость | 90% |

Нейтрализаторы

| | |
|-------------------|-------------------------|
| Класс соединений | Низкомолекулярные амины |
| Импотозависимость | 95% |

Ингибиторы коррозии

| | |
|-------------------|--|
| Класс соединений | Имидазолины, имидазы, алифатические амины и их производные, четвертичные аммониевые соединения |
| Импотозависимость | 90% |

Антивспениватели

| | |
|-------------------|--------------------------------|
| Класс соединений | Силиконовые масла, полигликоли |
| Импотозависимость | 80% |

Ингибиторы коррозии и солеотложений

| | |
|-------------------|--|
| Класс соединений | Растворы аминов, соли фосфонокарбоксильных кислот, аминобораты |
| Импотозависимость | 90% |

Биоциды

| | |
|-------------------|---|
| Класс соединений | Водные растворы четвертичных аммонийных солей |
| Импотозависимость | 90% |

Флокулянты

| | |
|-------------------|------------------------------------|
| Класс соединений | Растворимые в воде полиэлектролиты |
| Импотозависимость | 95% |

Ионнообменные смолы

| | |
|-------------------|-------------------------------------|
| Класс соединений | Смолы на основе сополимеров стирола |
| Импотозависимость | 95% |

ПРИСАДКИ К ТОПЛИВАМ И МАСЛАМ

Критичные топливные присадки (отсутствуют российские производители)

| Депрессорные присадки | | Антистатические присадки | | Смазывающая присадка для авиатоплива | |
|--------------------------|---|--------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---|
| Класс соединений | Сополимеры этилена и винилацетата | Класс соединений | Хромовые комплексы карбоновых кислот | Класс соединений | Димеры непредельных высших жирных карбоновых кислот |
| Основные поставщики в РФ | Clariant, BASF, Total, Innospec, Infineum | Основные поставщики в РФ | Innospec, Clariant, BASF | Основные поставщики в РФ | Afton Chemical (США), Dorf Ketal, Индия |
| Объем потребления, т/год | 16 800 | Объем потребления, т/год | 88 | Объем потребления, т/год | 266 |

Производство других типов присадок (поглотители сероводорода, противоизносная, антипенная, центаноповышающая, моющая, антиокислительная) к топливам освоено в РФ, однако, в текущей ситуации будет наблюдаться их острый дефицит в первую очередь из-за полного или частичного отсутствия сырья необходимого для их производства

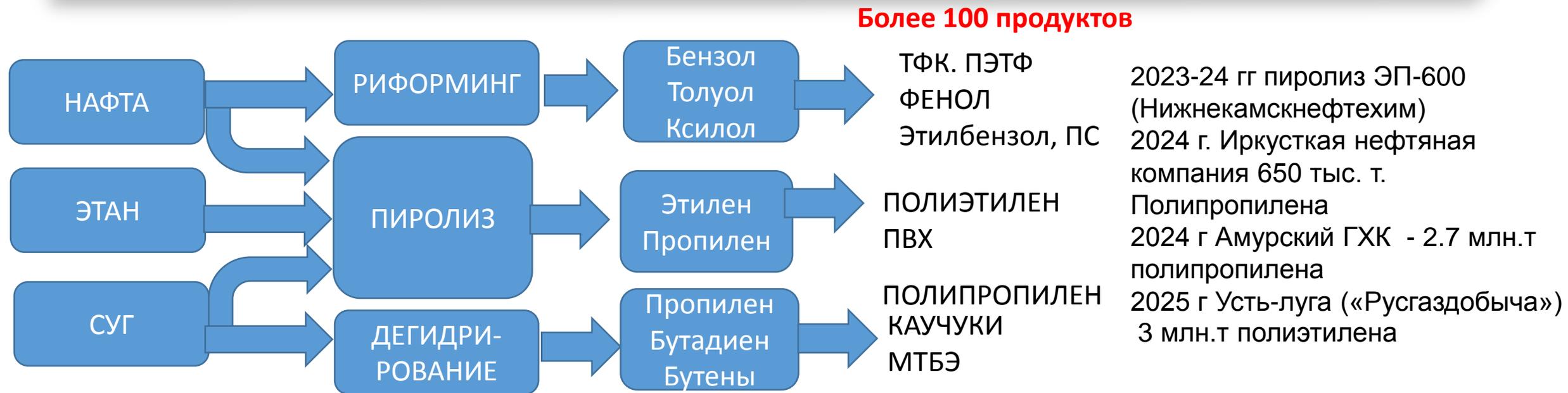
Критичные присадки к маслам

(ежегодное потребление ~100 тыс. т, производство РФ и РБ ~44 тыс. тонн)

| Загущающая присадка | | Модификаторы трения | | Антиражвейные присадки | | Детергенты | |
|--------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|--|--------------------------|----------------------------------|
| Класс соединений | Сополимеры этилена с пропиленом, полиизобутилены, полиметакрилаты, виниполы | Класс соединений | Диалкилдитиокарбаматы и диалкилдитиофосфаты молибдена | Класс соединений | Композиции на основе эфиров этиленгликоля и/или эфиров алкенилянтарной кислоты | Класс соединений | Алкилсалицилаты |
| Основные поставщики в РФ | Lubrizol, Inferneum, Afton и др. | Основные поставщики в РФ | Lubrizol, Inferneum, Afton и др. | Основные поставщики в РФ | Lubrizol, Inferneum, Afton и др. | Основные поставщики в РФ | Lubrizol, Inferneum, Afton и др. |

Производство присадок испытывает дефицит сырья и реагентов высокого качества: пентасернистый фосфор, полиалкилбензолы, спирты и амины C₇-C₁₂ и C₁₂-C₁₈, олигомеры этилена и др. Нет высококачественных синтетических базовых масел

НЕФТЕХИМИЯ И ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ



ПОДАВЛЯЮЩЕЕ БОЛЬШИНСТВО ТЕХНОЛОГИЙ И КАТАЛИЗАТОРОВ ЗАРУБЕЖНЫЕ (США, Европа)

ИСПОЛЬЗУЕТСЯ

6% этана

30% СУГ



20% нефти

27 млрд. м³ метана

Производство крупнотоннажных полимеров > 6 млн.т. (3% мирового)

Производство удобрений
17 млрд. м³ CH₄

Потребление полимеров
РФ- 61 кг/чел; ФРГ – 151 кг/чел, США- 177 кг/чел

Экспорт: более 50% крупно- и среднетоннажных продуктов

Импорт: более 50% конечных продуктов глубокого передела

НЕФТЕХИМИЯ: РОССИЙСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

| ОСНОВНЫЕ ПРОЦЕССЫ | ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС | | КОММЕНТАРИЙ |
|---|------------------------|-------------|--|
| | ПРОЦЕСС | КАТАЛИЗАТОР | |
| ПИРОЛИЗ | ✗ | | ОТЕЧЕСТВЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УСТАРЕЛА, КОМПЕТЕНЦИИ УТРАЧЕНЫ |
| ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛИОЛЕФИНОВ | ✗ | ✗ / ✓ | КАТАЛИЗАТОРЫ – НИОКР - ИК СО РАН, ИНХС РАН |
| ПОЛУЧЕНИЕ ДИЕНОВ И КАУЧУКОВ | ✓ | ✓ / ✗ | ИМЕЮТСЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И КАТАЛИЗАТОРЫ |
| ПРОИЗВОДСТВО АРОМАТИЧЕСКИХ МОНОМЕРОВ | ✓ / ✗ | ✓ / ✗ | ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ПРОЦЕСС ПРОИЗВОДСТВА ЭТИЛБЕНЗОЛА И СТИРОЛА (ИНХС РАН-ЯРСИНТЕЗ); ОТСУТСТВУЮТ - КИСЛОТЫ |
| ЭТИЛЕНОКСИД и ПРОПИЛЕНОКСИД | ✗ | ✗ / ✓ | КАТАЛИЗАТОРЫ – НИОКР - ИК СО РАН, КФУ И ДР, |
| ВИНИЛХЛОРИД и ПВХ | ✗ / ✓ | | ИМЕЮТСЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ РАЗРАБОТКИ ДЛЯ МОНОМЕРА |
| АКРИЛОВЫЕ МОНОМЕРЫ И ПОЛИМЕРЫ | ✗ | ✗ / ✓ | КАТАЛИЗАТОР – НИОКР - ИК СО РАН |
| ТФ, ПЭТФ, ПОЛИСТИРОЛ И ДР, | ✗ | ✗ | ВЕДУТСЯ НИР |
| ПРОДУКТЫ ОКСО-СИНТЕЗА | ✗ | ✗ / ✓ | РАЗРАБОТКА КАТАЛИЗАТОРОВ - МГУ, ОЦИР |
| СПЕЦ.МОНОМЕРЫ И ПОЛИМЕРЫ | ✗ / ✓ | ✗ / ✓ | ИМЕЮТСЯ ОТДЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ (ЭПИХЛОРГИДРИН, ДЦПД И ПОЛИ-ДЦПД, ПОЛИГЕКСЕНЫ И ДР.) |

ЗАДАЧИ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

**Химия для текущей
операционной деятельности**

**Реализация проектов по
зарубежным лицензиями.
Создание собственного
оборудования и
катализаторов**

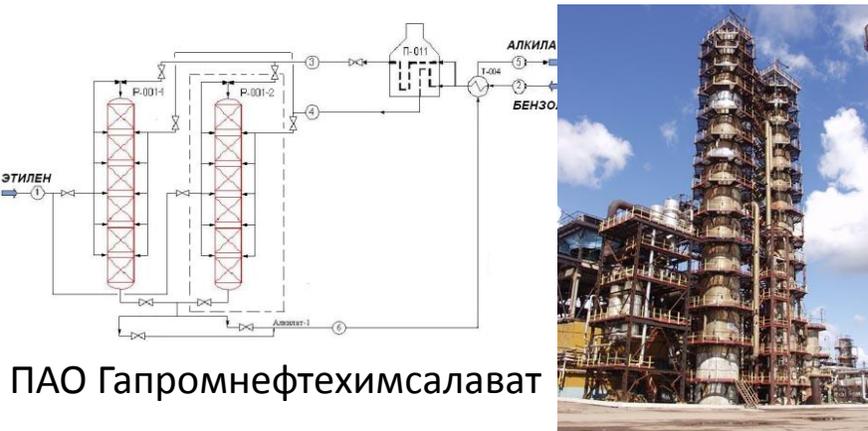
**Выбор крупно- и
среднетоннажных продуктов,
для которых возможна и
целесообразна разработка и
реализация отечественных
технологий**

✓ - наличие российской технологии, катализаторов

✗ - отсутствие технологий, катализаторов

ПРОЦЕССЫ БЛИЗКИЕ К РЕАЛИЗАЦИИ (TRL=6-9)

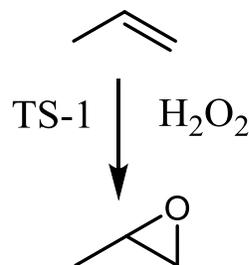
ПРОИЗВОДСТВО ЭТИЛ- и ИЗОПРОПИЛБЕНЗОЛА (ИНХС РАН)



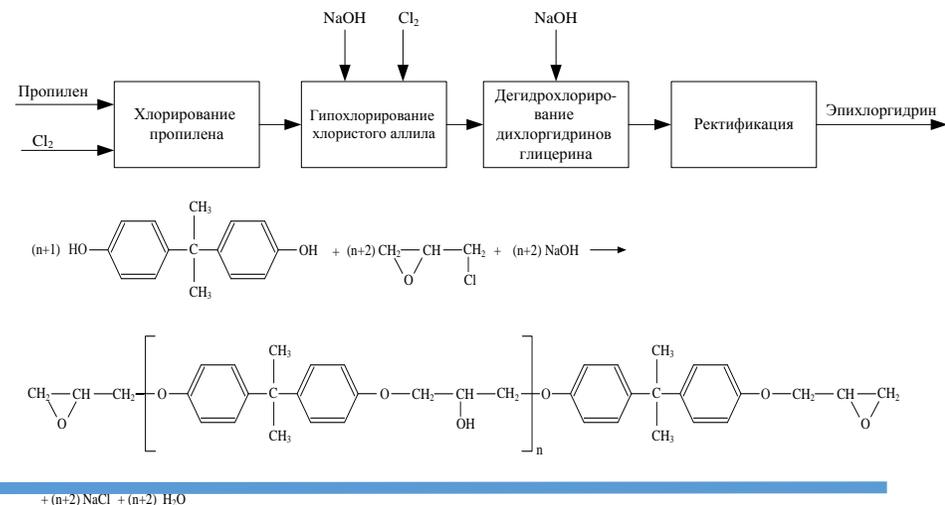
ПАО Гапромнефтехимсалават

Установка получения этилбензола

ПРОПИЛЕНОКСИД (Синтез-ОКА, СПБГТУ, МГУ, ИНХС РАН)



ПРОИЗВОДСТВО ЭПИХЛОРИГИДРИНА И ЭПОКСИДНЫХ СМОЛ (ИНХС РАН)



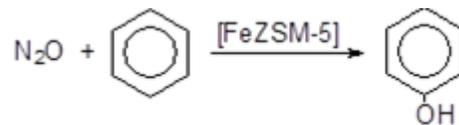
ПРОИЗВОДСТВО альфа-ОЛЕФИНОВ (ИПХФ РАН, Сибур, ИНЭОС)

- ❑ Олигомеризация этилена на металлокомплексах
- ❑ Селективное производство гексена-1 из этилена



ПАО Нижнекамскнефтехим

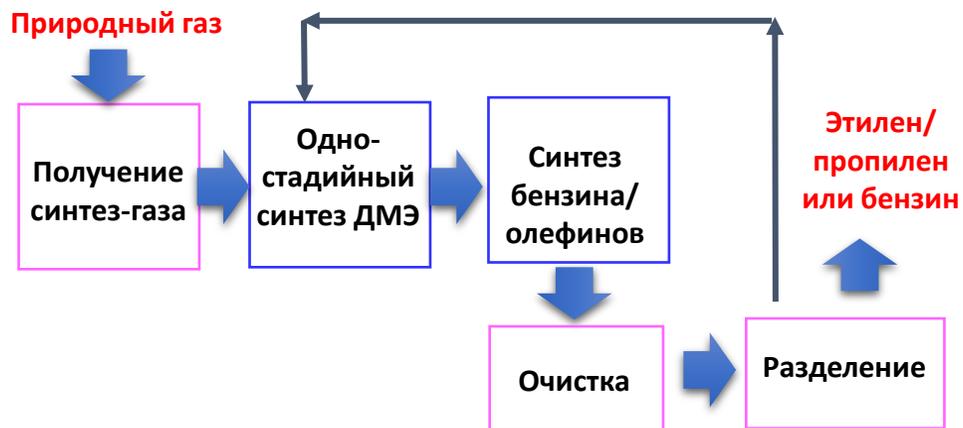
ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФЕНОЛА (ИК СО РАН)



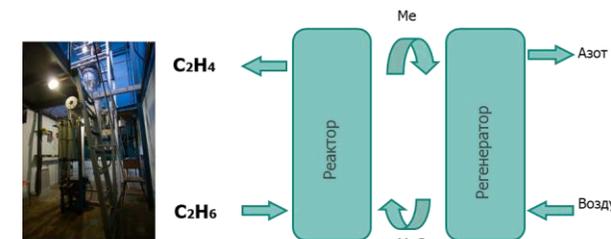
- AlphOx™ апробирован на пилотном уровне;
- выполнено Технико-экономическое обоснование;
- капитальные затраты AlphOx™ процесса в 3.3 раза ниже чем в кумольного;
- дисконтированный срок окупаемости AlphOx™ процесса на 1.1 года ниже, чем кумольного.

ПРОЦЕССЫ ГАЗОХИМИИ (TRL=4-6)

ПОЛУЧЕНИЕ МЕТАНОЛА, ДМЭ, ОЛЕФИНОВ (ИНХС, ИПХФ, ИОХ РАН)



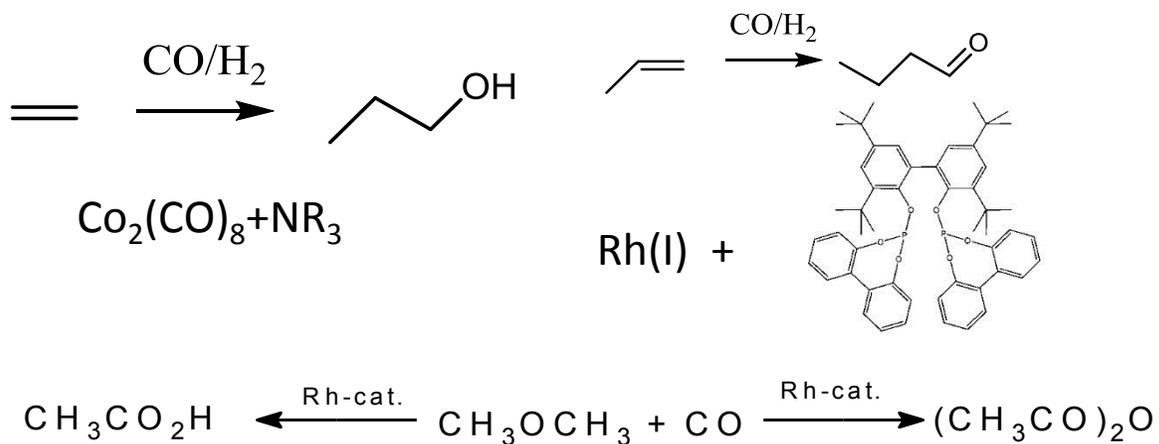
ОКИСЛИТЕЛЬНОЕ ДЕГИДРИРОВАНИЕ ЭТАНА, ПРОПАНА (ИК СО РАН, ИОХ РАН, ИНХС РАН)



Конверсия углеводородного сырья в синтез-газ:
 $C_2H_6 + nMeO \rightarrow C_2H_4 + H_2O + nMe$

Регенерация катализатора:
 $O_2 + 2Me^0 \rightarrow 2MeO$

ПОЛУЧЕНИЕ ПРОПАНОЛА И БУТАНОЛА-1, УКСУСНОЙ КИСЛОТЫ (ИОХ РАН, МГУ, РН-ЦИР)



ПОЛУЧЕНИЕ БЕЗМЕТАНОЛЬНОГО ФОРМАЛИНА (ИК СО РАН)



Освоение адиабатического реактора производительностью 60 тыс. т/год 37% формалина на Кемеровском НПО «Карболит»

Высокая конверсия метанола (98,5-99,0%) позволяет получать б/м формальдегид (0,5-0,8%) без стадии ректификации.

МАЛОТОННАЖНАЯ ХИМИЯ: ПОДДЕРЖКА ОПЕРАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Процессные реагенты

- ❑ ингибиторы коксообразования (диалкилсульфиды и полисульфиды, соединения кремния и фосфора и др.)
- ❑ реагенты для водоподготовки, мембранные модули
- ❑ адсорбенты для очистки газов
- ❑ реагенты для борьбы с коррозией, ингибиторы

КААЛИЗАТОРЫ НЕФТЕХИМИИ

КОЛИЧЕСТВО НЕОБХОДИМЫХ ПОЗИЦИЙ ОЧЕНЬ ВЕЛИКО: СЛЕДУЕТ ОПРЕДЕЛИТЬ ПРИОРИТЕТНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА В РФ.

Металлорганические соединения



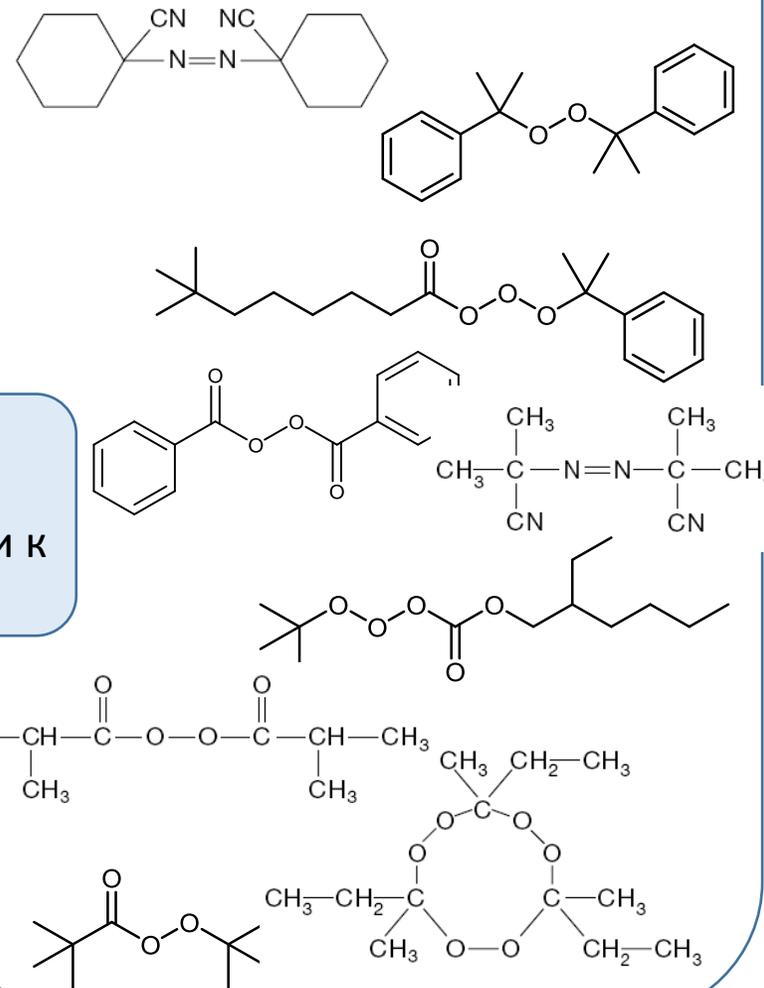
Масла, рабочие жидкости, теплоносители для обслуживания оборудования

Прочие добавки

эмульгаторы, пластификаторы, растворители, антипирены, антиоксиданты и другие добавки к полимерам и т.п.

Реагенты для контроля качества продуктов и анализа

Инициаторы радикальной полимеризации



ВОЗМОЖНОСТЬ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ В ОПЕРАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ВСЕГО СПЕКТРА РЕАГЕНТОВ И ДОБАВОК МОГУТ БЫТЬ РАЗРАБОТАНЫ ИНСТИТУТАМИ ПОД МЕТОДИЧЕСКИМ РУКОВОДСТВОМ РАН, СПЕЦИАЛИЗИРУЮЩИМСЯ В ОБЛАСТИ ОРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА, СИНТЕЗА ПОЛИМЕРОВ И МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

ОПЫТНАЯ БАЗА: ИФОХ КНЦ РАН, ИОС УрО РАН, Филиал ИК СО РАН, ИПХФ РАН, ПАО ЭЛИНП-ИНХС РАН и др.

ИОС УрО РАН



**Волгоградский филиал
ФИЦ ИК СО РАН**



ИПХФ РАН



ПРОЦЕСС ПЕРЕХОДА ОТ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ К ТЕХНОЛОГИИ

ИНСТИТУТЫ РАН

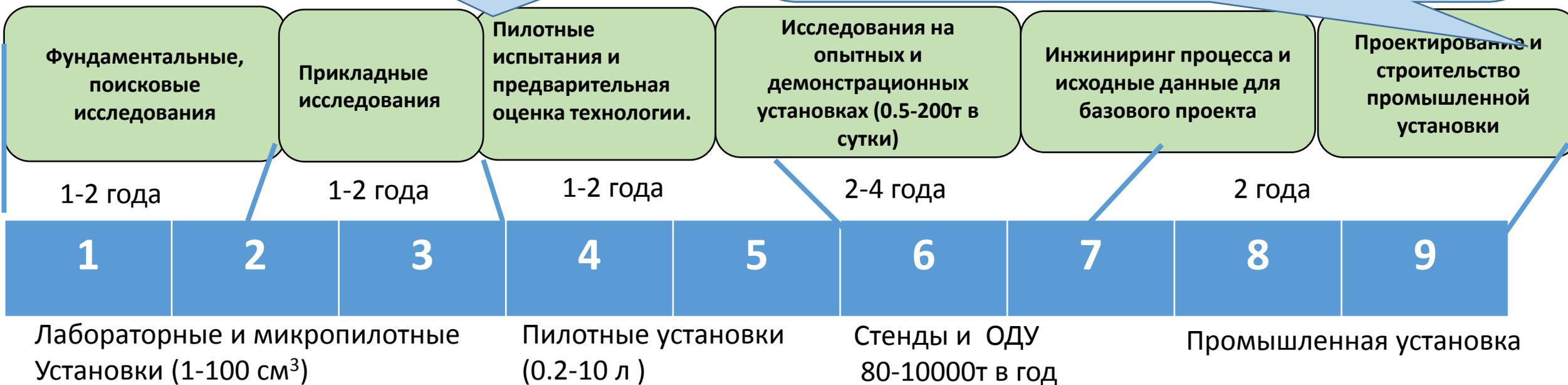
А) Недостаточны средства на проведение прикладных работ и создание пилотных установок, невозможность в одиночку создания демонстрационной установки и технологии «под ключ»

Б) стоимость пилотных установок составляет от 20 до 100 млн. рублей; опытно-демонстрационных установок от 400 млн. руб. до 10 млрд. руб. необходимо создание инфраструктуры и разрешительная документация

ДОВЕДЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДО ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В развитых странах разработка и продажа технологического пакета в нефтепереработке и нефтехимии осуществляется специализированными компаниями: из 24 разработчиков в Refining Processing Handbook 16 специализированных компаний, 4 специализированных компаний – «дочек» крупных производительных компаний; в Petrochemical Processing Handbook из 36 - 21 специализированные компании и 8 «дочек»

СОЗДАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПАНИЙ ЗА СЧЕТ СРЕДСТВ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА



НЕОБХОДИМОСТЬ СОХРАНЕНИЯ РАБОТ В ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОБЛАСТЯХ

Нефть и газ в нефтехимию

- Процессы прямого превращения нефти и мазута в нефтехимическую продукцию
- Модификация традиционных процессов с целью получения продуктов нефтехимии
- Прямая конверсия метана в нефтехимическое сырье

CO₂ как химическое сырье

- Процессы выделения и концентрирования CO₂ из разбавленных потоков;
- Процессы превращения CO₂ в топлива, олефины, спирты, нефтехимическую продукцию;
- Разложение CO₂ на CO и O₂

Карбоноёмкость ВВП 1,1 кг на 1 доллар США (OECD 0.23 кг/долл.)

Вовлечение полимерных отходов

- Процессы управляемого пиролиза, деполимеризации и облагораживания полимерных отходов для получения мономеров
- Процессы вовлечения полимерных отходов в традиционные процессы (крекинг, гидрокрекинг)

Водород

- Производство водорода из метана пиролизом без выбросов CO₂
- Процессы одновременного получения водорода и химической продукции
- Использование электрической энергии для получения водорода

Переработка возобновляемого сырья

- Биоавиакеросин и биодизельное топливо;
- Переработка бионефти
- Традиционные и новые мономеры из биосырья

POWER TO CHEMICALS

- Электрохимические превращения (получение синтез-газа, водорода, функциональных соединений)
- Плазмохимические процессы превращения метана, CO₂ и др.
- Использование тепла атомных электростанций
- Интеграция процессов

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. В условиях быстрой модернизации производственных мощностей нефтепереработки и нефтехимии в 2010-х годах с учетом сжатых сроков и требований экономической эффективности на предприятиях РФ были реализованы почти исключительно зарубежные технологии. Имеющийся задел в области нефтепереработки и нефтехимии позволяет обеспечивать научное сопровождение их реализации. Для обеспечения технологической независимости принципиальным является разработка и производство отечественного оборудования.
2. Институтами РАН и организациями высшего образования предложены технологии получения из тяжелого нефтяного сырья широкого спектра продуктов и ряд технологий нефтехимии.
3. Принципиально важным для технологической независимости является развитие мало- и среднетоннажной продукции для широкого круга реагентов, присадок и химических веществ, обеспечивающих оперативную деятельность предприятий. Необходимо создание рабочей группы для определения приоритетных ключевых продуктов и технологических приоритетов в этой области
4. Необходимо инициировать организацию отечественной технологической компании (компаний) при участии и контроле государства для создания на основании ориентированных разработок институтов и ВУЗОВ промышленных технологий, готовых для реализации на предприятиях российских химических и нефтехимических компаний;