



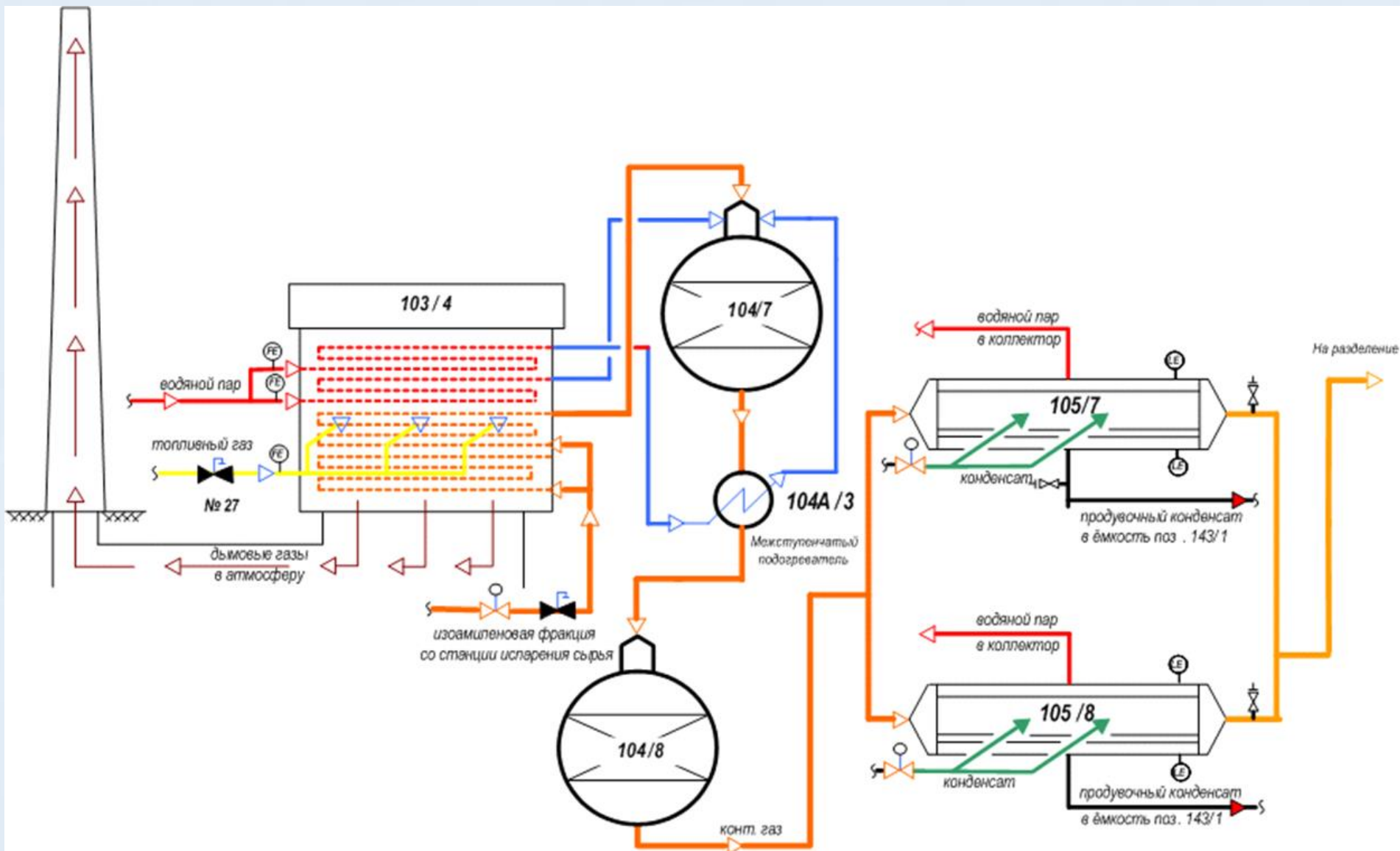
# НИЛ Сорбционных и каталитических процессов

# КАТАЛИЗАТОРЫ ДЕГИДРИРОВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ

Наименование процесса	Тип, марка катализатора, ТУ	Состояние разработки, внедрение
<p>Дегидрирование изоамиленов в изопрен</p>	<p>Железооксидные катализаторы – КДО, КДОМ, ЖКД (ТУ 2173-134-05766801-2005)</p>	<p>Разработан катализатор и технология его производства. <b>Промышленная реализация на ОАО «Нижнекамскнефтехим» с 2005 г производительностью 280 т/год.</b> Катализаторы эксплуатируются на заводе СК ОАО «Нижнекамскнефтехим».</p> <p>Проведена модернизация катализатора и реакторов дегидрирования, в результате которой увеличен выход изопрена с 25 до 27 %, возросла селективность с 86 до 88 %, снизилось энергопотребление процесса дегидрирования на 7 %.</p> <p>Предложена новая технология получения катализатора. Ожидаемый экономический эффект от внедрения катализаторов – 300 млн. руб.</p>




# Принципиальная технологическая схема получения изопрена дегидрированием изоамиленов на железокалиевом катализаторе с межступенчатым перегревателем



## КАТАЛИЗАТОРЫ ДЕГИДРИРОВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ

Наименование процесса	Тип, марка катализатора, ТУ	Состояние разработки, внедрение
Дегидрирование этилбензола в стирол	Железооксидный катализатор – КДЭС (ТУ 2173-134-05766802-2005)	<p>Разработан катализатор и технология его производства. Стадия опытно-промышленных испытаний – III кв. 2012 г.</p> <p>Эксплуатационные показатели (результаты лабораторных испытаний):</p> <p>Активность – 64 %</p> <p>Селективность – 94 %</p>

# КАТАЛИЗАТОРЫ ДЕГИДРИРОВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ

Наименование процесса	Тип, марка катализатора, ТУ	Состояние разработки, внедрение
Дегидрирование C <sub>4</sub> -C <sub>5</sub> изопарафинов	Пылевидный алюмохромовый катализатор – КДИ (ТУ 2173-018-15285215-2005), КДИ-М	Разработан катализатор и технология его производства. <b>Промышленная реализация опытной установки с 2007 г на ОАО «Химический завод им. Л.Я. Карпова» (г. Менделеевск). Объем производства 1200 т/г.</b> Внедрен на заводе ИМ ОАО «Нижнекамскнефтехим». Увеличен выход
		изобутилена на 1,5-3 %.

# КАТАЛИЗАТОРЫ ДЕГИДРИРОВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ

Разработаны более эффективный модифицированный микросферический катализатор КДИ-М и новая технология его производства.

Организация производства КДИ-М осуществляется в рамках комплексного проекта по постановлению Правительства РФ № 218 (3 очередь) **«Повышение эффективности производства синтетических каучуков путем модернизации технологии получения изобутилена, разработки технологии и организации производства микросферического катализатора»**. Общая сумма инвестиций, привлекаемых для реализации проекта – 600 млн. рублей, из них собственных средств ОАО «Нижнекамскнефтехим» – 300 млн. рублей.

**Объем производства катализатора КДИ-М - 2400 т в год.** Проект обеспечит катализатором производство изобутилена на ОАО «Нижнекамскнефтехим».

# КАТАЛИЗАТОРЫ ДЕГИДРИРОВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ

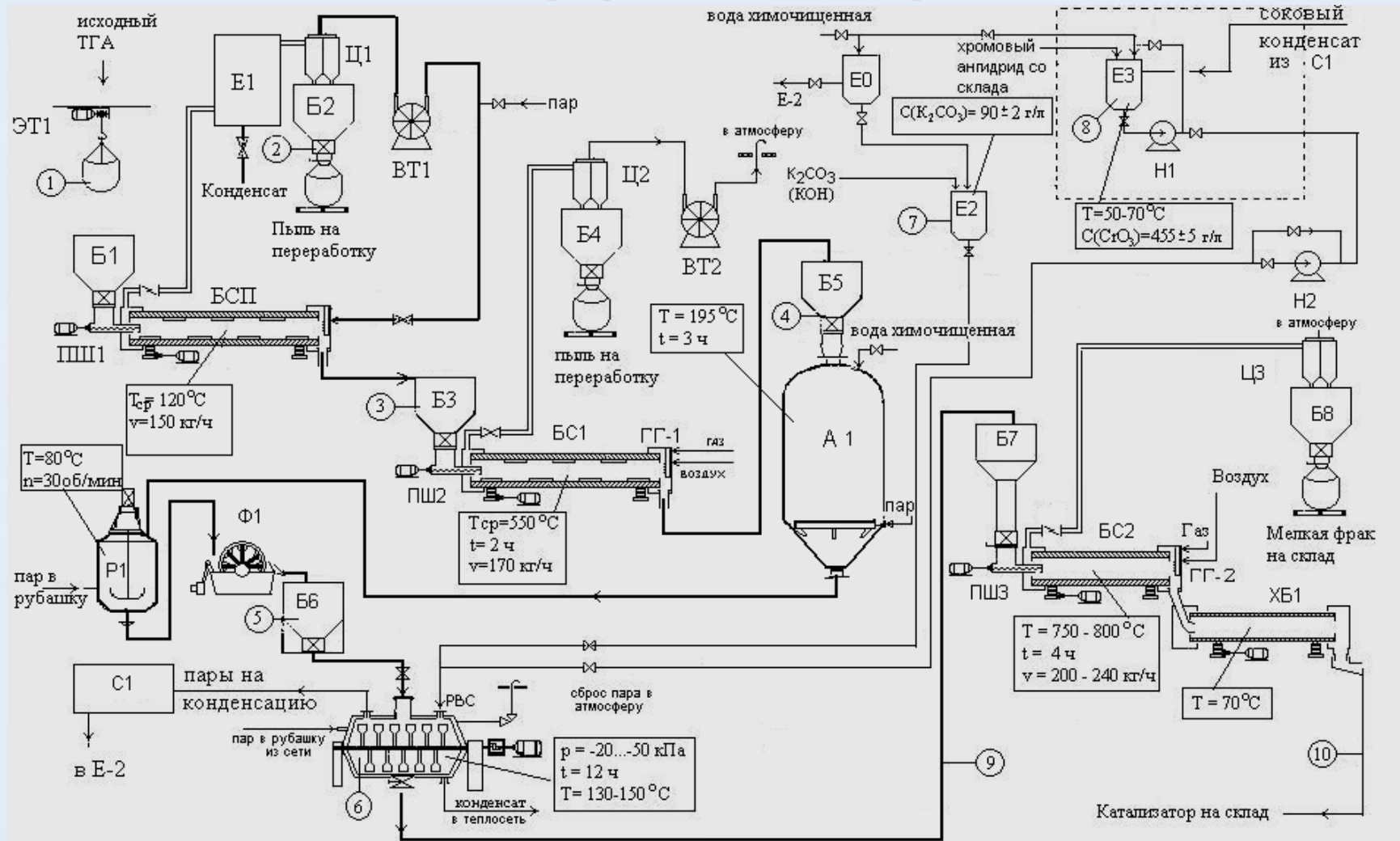
В рамках комплексного проекта планируется модернизация элементов существующей технологии производства изобутилена с использованием КДИ-М:

- Узла газоразделения и выделения изобутан-изобутиленовой фракции;
- Узла очистки исходного сырья;
- Пылеулавливающего оборудования;
- Внутренних устройств реактора дегидрирования

Использование КДИ-М и модернизация производства изобутилена позволят:

- увеличить выработку изобутилена на 8000 тонн в год;
- снизить потребность в катализаторе в 2,5 раза;
- уменьшить количество твердых токсичных отходов в 2,5 раза.

# Принципиальная технологическая схема производства микросферического алюмохромового катализатора дегидрирования изобутана

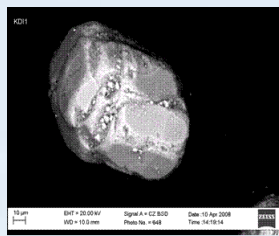
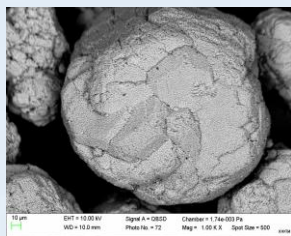


БСП – барабанная сушилка, БС1,2 – барабанные печи, ХБ1 – барабанный холодильник, А1 – автоклав, Р1 – репульпатор, Ф1 – барабанный вакуум-фильтр, Б1-8 – бункер, РВС – роторно-вакуумная сушилка, Н1,2 – насосы, Е0-Е3 – емкости, С1 – сборник, ГГ1,2 – газовая горелка, ПШ1-3 – шнековый питатель, Ц1-3 – циклон, ВТ1,2 - вентилятор

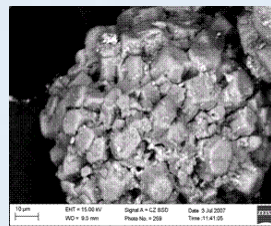


# ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И КОНКУРЕНТНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА КАТАЛИЗАТОРА

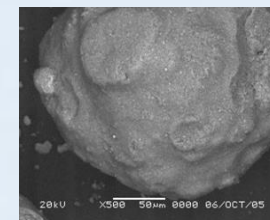
Гидротермальный синтез  
бемитного носителя



Термохимическая  
активация ТГА



Распыление-сушка  
катализаторной суспензии



**Показатели**

**КДИ-М**

**КДИ (ООО  
«Катализ»-КФУ)**

**АОК-73-21 (ОАО  
«Катализатор»)**

**ИМ-2201 (ЗАО  
«Каучук», ЗАО  
«Новокуйбышевская  
нефтяная компания»)**

Выход  
изобутилена, %

**49**

**47**

**45**

**40**

Селективность, %

**90**

**87**

**86**

**88**

Стойкость к  
истиранию, %

**77**

**75**

**70**

**50**

Абразивность, %

**6**

**6**

**20**

**5**

Норма расхода на 1  
т. готовой  
продукции, кг.

**11**

**11**

**10**

**25**

Стоимость  
катализатора в 1 т  
готовой продукции,  
руб/т.

**1900**

**2100**

**2000**

**2175**

# Pt-Sn-катализатор одностадийного синтеза изопрена из изопентана (патент РФ 2377066, 2388739)

## Назначение катализатора

Одностадийное получение изопрена - мономера для получения синтетических каучуков, пластических масс на ОАО «Нижекамскнефтехим».

## Условия проведения процесса:

- $T=550-600$  °C;
- Объемная скорость подачи сырья –  $4000$  ч<sup>-1</sup>
- Мольное отношение изопентан:водород:вода= $1:1:12,5$
- Время контактирования 8-9 ч
- Время окислительной регенерации – 90 мин.
- Выход изопрена за проход – не менее 16 %
- Селективность по сумме изопрен+изоамилены – не менее 85 %
- При рецикле изоамиленов выход изопрена за проход – не менее 22 %

## Научная база

Для создания необходимой дисперсности активного компонента (Pt-Sn-сплав) разработан наноструктурированный носитель (алюмоцинковая шпинель) с оптимальным размером первичного микрокристаллита – 25-30 нм.

В настоящее время проводятся работы по модернизации процесса получения изопрена из изопентана с увеличением выхода изпорена за один проход более 30 %.

## Экономическая эффективность

Ожидаемый экономический эффект от внедрения разработки – 300-600 млн.руб. в год.

# КАТАЛИЗАТОРЫ СЕЛЕКТИВНОГО ГИДРИРОВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ

Наименование процесса	Тип, марка катализатора, ТУ	Состояние разработки, внедрение
Селективное гидрирование ацетилена в этан-этиленовой фракции	Промотированный алюмопалладиевый катализатор – СГА-2 (ТУ 2172-007-33871827-2005)	Разработан катализатор и технология его производства. <b>Положительные результаты опытно-промышленных испытаний на ОАО «Нижнекамскнефтехим».</b> Конверсия ацетилена 100 %; селективность по этилену до 50 %.
Селективное гидрирование пропадиена и метилацетилена в пропан-пропиленовой фракции	Промотированный алюмопалладиевый катализатор – ГМП-10 (ТУ 2172-009-33871827-2010)	Разработан катализатор и технология его производства. <b>Положительные результаты опытно-промышленных испытаний на ОАО «Нижнекамскнефтехим».</b> Конверсия пропадиена и метилацетилена 100 %; селективность по пропилену до 90 %.
Селективное гидрирование винилацетилена в бутадиен-1,3	Промотированный алюмопалладиевый катализатор – КГВ-07 (ТУ 2127-834-67060-2008)	Разработан катализатор и технология его производства. Положительные результаты опытно-промышленных испытаний. <b>Стадия промышленного проектирования процесса гидрирования для внедрения на заводе «Этилен» ОАО «Нижнекамскнефтехим» -2012 г.</b> Конверсия винилацетилена 100 %; селективность по 1,3-бутадиену до 75 %.
Селективное гидрирование диеновых углеводородов в бензине пиролиза	Промотированный алюмо-палладиевый катализатор СГА (ТУ 2172-006-33871827-2003)	Разработан катализатор и технология его производства. <b>Положительные результаты опытно-промышленных испытаний.</b> Диеновое число гидрогenezата = 0,12-0,18 г J <sub>2</sub> /100 г пробы; Бромное число гидрогenezата = 6,50-8,50 г Br/100 г

# ВОЗМОЖНЫЕ ПРОДУКТЫ ГИДРИРОВАНИЯ ЭТИЛ-ВИНИЛАЦЕТИЛЕНОВОЙ ФРАКЦИЙ НА РАЗРАБОТАННОМ КАТАЛИЗАТОРЕ КГВ-07

Завод	Количество этил-винилацетиленового концентрата, тонн в год	Концентрация винилацетилена, % масс	Селективное гидрирование с возвратом продукта в экстрактивную дистилляцию		
			Селективность по 1,3-бутадиену, %	Количество 1,3-бутадиена, тонн в год	Количество бутиленовой фракции, тонн в год
1	2	3	4	5	6
Этилена	8 000	28	до 75	1 680	6 320
ДБО	3 200	7		168	3 032
ДБиУВС	4700	12		423	4 277
Строящийся комплекс Олефинов	5 600	27		1 125	4 494
<b>Итого:</b>	<b>21 500</b>	<b>21</b>	<b>до 75</b>	<b>3 396</b>	<b>18 104</b>

## КАТАЛИЗАТОР СКЕЛЕТНОЙ ИЗОМЕРИЗАЦИИ Н-БУТЕНОВ

Наименование процесса	Тип, марка катализатора, ТУ	Состояние разработки, внедрение
Скелетная изомеризация н-бутенов	Алюмооксидный катализатор – АКИБ (ТУ 2174-015-43919676-2008);	Разработан катализатор и технология его производства. Эксплуатационные показатели: Активность – 26 % Селективность – 87 % <b>Стадия опытно-промышленных испытаний в ОАО «Нижнекамскнефтехим» до 2013 г.</b>
Скелетная изомеризация н-бутенов	Модернизированный АКИБ	Готовится к разработке. Эксплуатационные показатели (результаты лабораторных испытаний): Активность – 34 % Селективность – 90 % Снижена температура процесса с 540 до 480°C

# НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА ЛАБОРАТОРИИ

## 1. ЛАБОРАТОРНЫЕ КАТАЛИТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ



Проточная установка 1 (стационарный слой)

- $p_{\text{расч}}$  0,15 МПа
- $T_{\text{макс}}$  700 °С
- Объем загрузки катализатора 50 мл



Проточная установка 2 (стационарный слой)

- $p_{\text{расч}}$  0,15 МПа
- $T_{\text{макс}}$  700 °С
- Объем загрузки катализатора 10-50 мл



### Проточно-циркуляционная установка 3 (стационарный слой)

- $p_{\text{расч}}$  4,0 МПа
- $T_{\text{макс}}$  250 °С
- Объем загрузки катализатора 10 мл

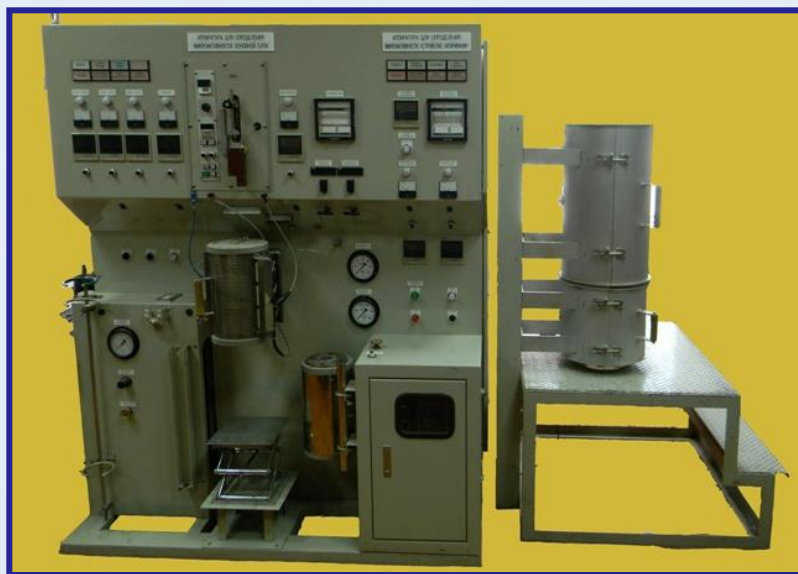


### Комбинированная проточная установка 4 (кипящий и стационарный слой)

- $p_{\text{расч}}$  0,15 МПа
- $T_{\text{макс}}$  700 °С
- Объем загрузки катализатора 10 мл  
(стационарный слой, микрореактор)
- 100 мл (кипящий слой, реактор кипящего слоя)



Двухреакторная  
установка для  
испытаний  
катализаторов  
«Hydrotreating Test  
Units» (Haldor Topsoe)  
 $p=3,0$  МПа  
 $T=450$  °С



Установка определения  
микроактивности катализаторов  
кипящего слоя «Measuring apparatus  
of microactivity» (CHINO corp.)  
 $P=0,15$  МПа  
 $T=800$  °С



## 2. ОСНОВНОЕ ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ



Лабораторный автоклав для проведения гидротермальной обработки

- $p_{\text{расч}}$  35 МПа
- $T_{\text{макс}}$  350 °С
- Объем загрузки 200 мл и 450 мл



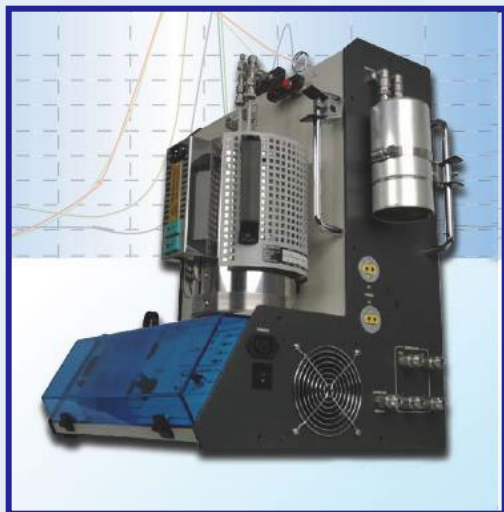
Анализатор удельной поверхности  
Autosorb-iQ-MP



УФ-Вид-спектрофотометр V650



ИК-спектрометр  
Bruker Vertex 70



Анализатор кислотности  
ChemBET Pulsar TPR/TPD



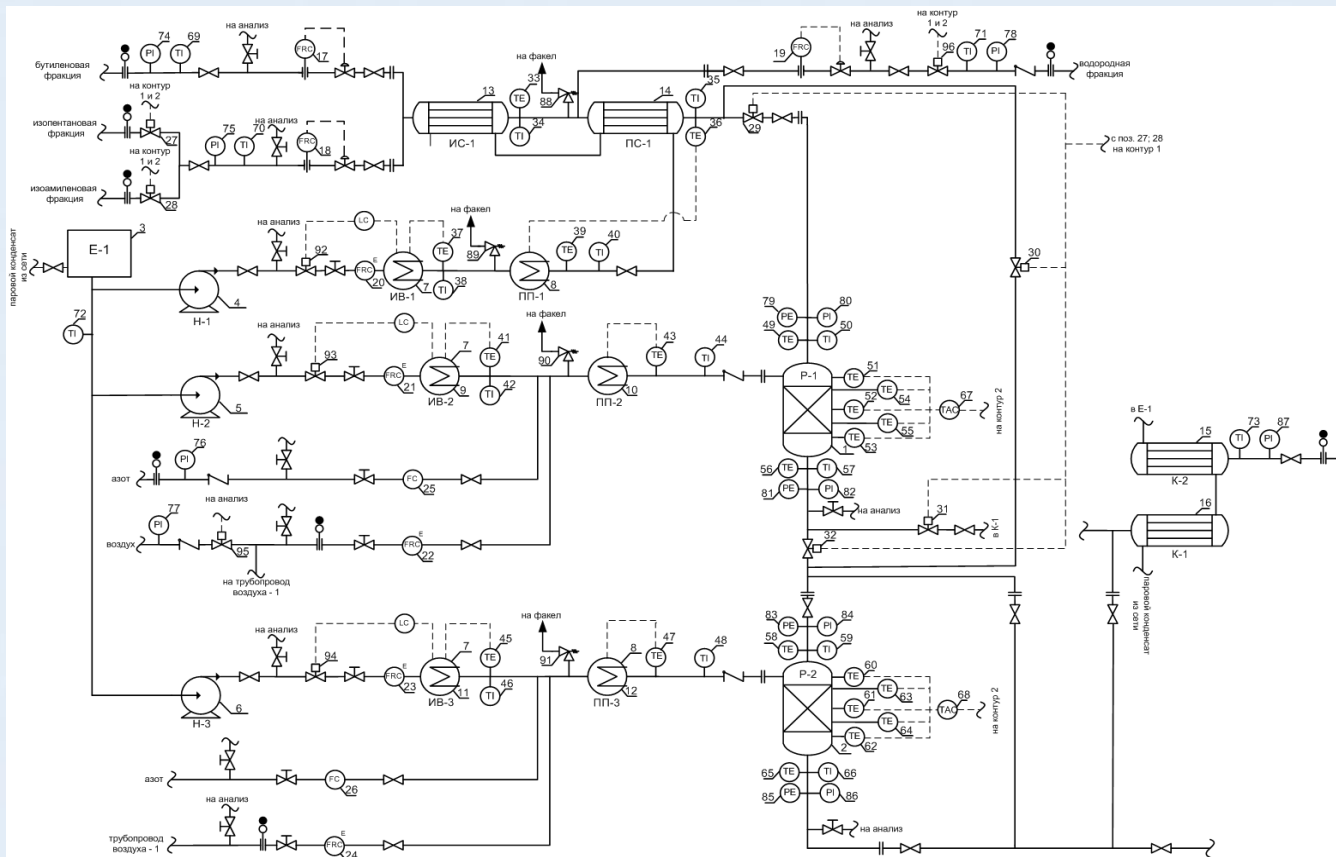
Анализатор размера частиц  
Mastersizer 2000

### 3. ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЯ КАТАЛИЗАТОРОВ СЕЛЕКТИВНОГО ГИДРИРОВАНИЯ



- Два адиабатических реактора с общим объемом загрузки катализатора – 40 литров;
- Два теплообменных аппарата;
- Давление проведения процессов – до 25 кгс/см<sup>2</sup>;
- Температурный диапазон проведения процессов – 20-150 °С.

# ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННОЙ УСТАНОВКИ ИСПЫТАНИЯ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЕГИДРИРОВАНИЯ И ИЗОМЕРИЗАЦИИ



- Два реактора с общим объемом загрузки катализатора 30 литров;
- Давление проведения процессов – до 2 кгс/см<sup>2</sup>;
- Температурный диапазон проведения процессов – 550-750 °С;
- Три испарителя водного конденсата;
- Три перегревателя водяного пара до 750 °С;
- Один испаритель и один перегреватель углеводородного сырья.