Лабораторные каталитические установки ООО «НПФ «Мета-хром» для нефтехимии*

В. А. Лапин¹, А. В. Астахов²

УДК 66.097

Описаны различные каталитические установки производства научно-производственной фирмы «Мета-хром», которые предназначены для эксплуатации как в лабораторных, так и в производственных условиях. Представлены их технические характеристики, рассмотрены особенности, преимущества и сферы применения, диапазоны рабочих параметров и используемые методы. Наряду с хорошими техническими показателями отмечены компактность модульных конструкций, удобство обслуживания, ремонта и возможность модернизации установки под новые задачи.

Ключевые слова: катализаторы, каталитические процессы, нефтепереработка, реакторное оборудование, крекинг, коксование, гидроочистка

Various catalytic plants manufactured by the Meta-chrome scientific and production company are described, which are designed for operation in both laboratory and production conditions. Their technical characteristics are presented, features, advantages and areas of application, ranges of operating parameters and methods used are considered. Along with good technical performance, compact modular designs, ease of maintenance, repair and the possibility of upgrading the installation for new tasks were noted.

Keywords: catalysts, catalytic processes, oil refining, reactor equipment, cracking, coking, hydrotreating

Статья получена 26.03.2020

Принята к публикации 17.04.2020

Каталитические процессы широко распространены в мире и активно используются в промышленных химических технологиях, в частности нефтепереработке, например, в производстве моторных топлив, спиртов, кислот, альдегидов, фенола, синтетических смол и пластмасс, искусственных каучуков, красителей и т. п.

Использование катализаторов имеет целый ряд преимуществ. Благодаря высокой направленности каталитических превращений уменьшается доля побочных продуктов, а значит, упрощается процесс очистки. Увеличение выхода целевых веществ и протекание процессов в более мягких и менее энергозатратных условиях позволяют значительно снизить

расход необходимых энергетических и материальных ресурсов. Катализаторы используются в относительно небольших количествах, практически не расходуются и потому в идеале не требуют возобновления и регенерации.

Постоянное совершенствование каталитических процессов требует первоначальной отработки условий их реализации в небольшом масштабе, далеко от крупнотоннажного производства. Для этого используются лабораторные (пилотные) каталитические установки, на которых можно опробовать новый катализатор, изучить и проверить его свойства, оптимизировать режимы протекания реакций, опробовать новейшие разработки нефтехимии. Незаменимо такое оборудование и для проведения исследовательских работ, разработки процессов нефтепереработки на основе передовых технологий и обучения специалистов. Созданием и внедрением такого оборудования НПФ «Мета-хром» занимается

* Статья размещена на сайте ООО «НПФ «Мета-хром», публикуется с разрешения компании.

¹ ООО «НПФ «Мета-хром», Йошкар-Ола.

² ООО «НПФ «Мета-хром», Йошкар-Ола, Astahov-AV@meta-chrom.ru.

уже около десяти лет. За это время накоплен большой опыт сотрудничества как с крупными предприятиями нефтепереработки («Газпром нефтехим Салават», «Нижнекамскнефтехим», «Ишимбайский специализированный химический завод катализаторов», «Нижегородские катализаторы» и др.), так и с исследовательскими («ВНИИ НП», «ГОСНИИХП», ИОФХ им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН, КХТУ КазНЦ РАН) и образовательными учреждениями (МГУ имени М. В. Ломоносова).

Реакторное оборудование для каждой технологической установки конструируется по индивидуальному проекту. Для характеристики реакторов используются следующие показатели: вид химической реакции, производительность, геометрические размеры и форма, расчетные технологические параметры (давление, температура, объемная скорость и др.), материальное исполнение и др. В нефтеперерабатывающей промышленности, как правило, применяются реакторы непрерывного действия. Реакторы периодического действия используются только в малотоннажных и вспомогательных процессах.

Установки, разработанные и изготовленные в НПФ «Мета-хром», выгодно отличаются прежде всего своей ценой, а также возможностью более дешевого

технического обслуживания и ремонта, модернизации установки под новые задачи. Разработчики компании детально изучают все тонкости протекания реакции и обеспечивают наиболее полное соответствие установки выбранному процессу. НПФ «Мета-хром» доступна для сотрудничества с момента постановки задачи, в том числе составления технического задания до внедрения установки в производство.

Примеры лабораторных каталитических установок, разработанных НПФ «Мета-хром», и протекающих в них реакций приведены ниже.

Установка для определения стойкости микросферических катализаторов к истиранию согласно ASTM D5757-11

Установка предназначена для автоматизированного определения индекса Дэвисона (соотношение фракций катализатора с размером частиц менее 20 мкм до и после анализа), который характеризует устойчивость к истиранию микросферических катализаторов процесса крекинга типа КПС (FCC) с псевдоожигенным слоем воздушной струей (рис. 1).

Рис. 1. Установка для определения стойкости микросферических катализаторов к истиранию

Таблица 1. Технические характеристики установки для определения стойкости микросферических катализаторов к истиранию

Характеристика	Значение
Диапазон рабочих давлений для питания установки	0,8+0,1 МПа
Диапазон расходов воздуха для питания установки	Не менее 20 л / мин
Абсолютная погрешность поддержания расхода воздуха	Не более + 2%
Режим работы	Циклический
Материал трубы истирания	Нержавеющая сталь
Длина трубы истирания	710+10 мм
Внутренний диаметр трубы истирания	35+0,5 мм
Материал сопел	Сапфир
Длина сопел	2+1 мм
Диаметр сопел	0,381+0,005 мм
Камера отстойника	В соответствии с ASTM D5757-11
Потребляемая мощность	Не более 0,2 кВт
Габаритные размеры	730×850×1900 мм
Питание от однофазной сети переменного тока напряжением	220 В + 10%, 50 Гц

Хотя другие порошковые катализаторы также можно анализировать с применением этой установки, следует иметь в виду, что точность метода утверждена только для катализаторов типа КПС (FCC). Метод применяется к частицам сферической или неправильной формы размерами от 10 до 180 мкм, имеющим скелетную плотность 2,4–3,0 г/см³ (2400–3000 кг/м³) и не растворимым в воде.

Установка представляет собой модульную конструкцию, предназначенную для эксплуатации в сухом отапливаемом помещении с принудительной вентиляцией. Технические характеристики приведены в табл. 1.

Методика включена в реестр средств испытаний, три установки внедрены на Ишимбайском заводе катализаторов.

Лабораторная установка для моделирования процесса термодиффузионного крекинга

Установка предназначена для моделирования процесса термодиффузионного крекинга (ТДК) тяжелых

нефтяных остатков (ТНО), таких как мазут тяжелых нефтей, гудрон и полугудрон, асфальт процесса деасфальтизации высоковязких нефтей, крекинг-остаток или пек, тяжелый газойль, природный битум и др., с подвижным твердым теплоносителем.

Установка представляет собой стойку с закрепленными на ней узлами установки, размещенную в вентилируемом шкафу со стеклянной запираемой дверью и легкодоступными боковыми стенками (рис. 2). Технические характеристики приведены в табл. 2.

Таблица 2. Технические характеристики установки для моделирования процесса термодиффузионного крекинга

Технические характеристики	Значения
Диапазон рабочих давлений для питания установки	От 0 до 4 МПа
Диапазон рабочих температур реактора	От 50 до 800 °С
Дискретность задания температуры	1 °С
Внутренний диаметр реактора	31 мм
Длина реактора	875 мм
Количество термостатированных независимых зон	4
Длина независимой изотермической зоны печи	200 мм
Длина полной изотермической зоны печи	800 мм
Тип печи	Створчатая
Расход жидкостного насоса высокого давления	От 0,1 до 10 мл/мин
Максимальное давление жидкостного насоса	Не менее 20 МПа
Расход азота	От 0 до 20 л/мин
Давление в линиях азота и воздуха	Не более 0,6 МПа
Рабочие температуры испарителя-смесителя сырья	От 50 до 500 °С
Дискретность отображаемых на дисплее температур и расходов	0,1
Давление срабатывания механических предохранительных клапанов	3 МПа
Максимальное давление в сырьевой емкости	0,1 МПа
Теплоноситель холодильника	Тосол
Режим работы	Циклический
Потребляемая мощность установки	Не более 3,5 кВт
Габаритные размеры установки	1900×865×550 мм
Питание от одно- и трехфазной сети переменного тока напряжением	220 В + 10%, 50 Гц

Рис. 2. Установка для моделирования процесса термодиффузионного крекинга

Рис. 3. Лабораторная установка для изучения процессов гидрирования и гидроочистки

Лабораторная установка для изучения процессов гидрирования и гидроочистки

Установка предназначена для изучения кинетических закономерностей процессов гидрирования и гидроочистки. Представляет собой стойку с закрепленными на ней узлами установки, размещается в вентилируемом шкафу со стеклянной запираемой дверью и легко-съемными боковыми стенками (рис. 3). Технические характеристики представлены в табл. 3.

Лабораторная установка для термодатной обработки нефтяных фракций

Установка предназначена для моделирования процессов при термодатной обработке нефтяных фракций. Представляет собой компактную модульную конструкцию, рассчитанную на эксплуатацию в сухом отапливаемом помещении с принудительной вентиляцией (рис. 4). Технические характеристики приведены в табл. 4.

Таблица 3. Технические характеристики установки для изучения процессов гидрирования и гидроочистки

Технические характеристики	Значения
Диапазон рабочих давлений	От 0 до 10 МПа
Диапазон рабочих температур реактора	От 20 до 600 °С
Дискретность задания температуры	1 °С
Внутренний диаметр реактора	12 мм
Длина реактора	505 мм
Теплообменник на входе в реактор в виде спиральной вставки	100 мм
Длина изотермической зоны печи	От 400 до 600 мм
Тип печи	Створчатая
Количество термостатированных независимых зон	4
Диапазон расхода жидкостного насоса высокого давления	От 0,1 до 10 мл / мин
Максимальное давление жидкостного насоса высокого давления	Не менее 25 МПа
Диапазон расхода водорода	От 0 до 800 мл / мин
Диапазон расхода азота	От 0 до 1 л / мин
Потребляемая мощность установки	Не более 2 кВт
Габаритные размеры установки	1 250 × 1 950 × 530 мм
Питание от одно- и трехфазной сети переменного тока напряжением	220 В + 10%, 50 Гц

Рис. 4. Лабораторная установка для термодатной обработки нефтяных фракций

Таблица 4. Технические характеристики установки для термоконтактной обработки нефтяных фракций

Технические характеристики	Значения
Диапазон рабочих давлений	От 0 до 6 МПа
Диапазон рабочих температур реактора	От 30 до 600 °С
Диапазон рабочих температур подогревателя	От 30 до 600 °С
Диапазон рабочих температур сепараторов высокого и низкого давления	От 20 до 100 °С
Диапазон расхода водорода	От 0 до 800 мл / мин
Диапазон давления азота в линии высокого давления	От 0 до 10 МПа
Диапазон давления азота в линии низкого давления	От 0,01 до 1 МПа
Потребляемая мощность установки	Не более 0,5 кВт
Режим работы	Циклический
Питание от однофазной сети переменного тока напряжением	220 В + 10%, 50 Гц

Пилотная установка коксования

Пилотная установка предназначена для моделирования и изучения процессов замедления коксования, протекающих при повышенных температуре и давлении в реакторе из нержавеющей стали, выполненном в виде колбы со сферическим дном и съемной крышкой. Установка позволяет получать экспериментальные данные, осуществлять подбор и оптимизацию параметров технологического процесса, испытывать различные варианты сырьевых смесей, определять материальный баланс процесса, характеристики продуктов процесса.

Установка представляет собой компактную рамную конструкцию, рассчитанную на эксплуатацию в сухом отапливаемом помещении (рис. 5), которая позволяет легко производить техническое обслуживание. Технические характеристики приведены в табл. 5.

Автоклав – лабораторный реактор синтеза РС 10 л

Автоклав предназначен для моделирования различных химических процессов, протекающих при повышенных температурах и давлении. Представляет собой колбу со сферическим дном из нержавеющей

Рис. 5. Пилотная установка для моделирования процессов коксования

Таблица 5. Технические характеристики установки коксования

Технические характеристики	Значения
Диапазон рабочих давлений	От 0 до 0,6 МПа
Диапазон рабочих температур реактора	От 50 до 600 °С
Дискретность задания температуры	1 °С
Относительная погрешность поддержания температуры	Не более +0,2 °С
Материал реактора	Сталь 12Х18Н10Т
Режим работы	Непрерывный
Потребляемая мощность установки	Не более 3 кВт
Габаритные размеры установки	1600×1100×495 мм
Питание от однофазной сети переменного тока напряжением	220 В + 10%, 50 Гц

Рис. 6. Автоклав – лабораторный реактор синтеза РС 10 л

Таблица 6. Технические характеристики автоклава РС

Технические характеристики	Значения
Диапазон рабочих давлений	От 0,1 до 2,0 МПа
Диапазон рабочих температур реактора	От 30 до 200 °С
Объем колбы автоклава	10 л
Диапазон регулирования оборотов мешалки	От 20 до 120 об / мин
Диаметр сливного донного клапана	20 мм
Соединения колбы и крышки	Фланцевое
Потребляемая мощность установки	Не более 1 кВт
Габаритные размеры установки	555 × 1 880 × 705 мм
Режим работы	Непрерывный
Питание от однофазной сети переменного тока напряжением	220 В + 10%, 50 Гц

Газовые хроматографы

Лабораторный
“Кристаллюкс 4000М”

Промышленный
“Петрохром-4000”

Основные преимущества:

- *Высокая чувствительность и точность измерений
- *Полная автоматизация.
- *Адаптация под любые задачи заказчика
- *Надежность и простота эксплуатации

Основные области применения:

- *Нефтегазопереработка и добыча
- *Химическая промышленность
- *Энергетика
- *Экология
- *Медицина
- *Сельское хозяйство
- *Пищевая промышленность
- *Криминалистика

ООО “НПФ “Мета-хром”
424000, Россия, Республика Марий Эл, г.Доникмарь-Олаз-ул. Баумана, 100
Тел. (8362) 42 49 97, 73 45 24; 42 22 66 Факс: 42 49 97

Web: www.meta-chrom.ru
E-mail: mr_chrom@nari-el.ru

Рис. 7. Установка для испытаний катализаторов КДИ-М в кипящем слое

стали 12Х18Н10Т, снабженную рубашкой, по которой циркулирует теплоноситель (рис. 6). Колба герметично закрывается сферической крышкой из нержавеющей стали 12Х18Н10Т, на которой размещены магнитная муфта привода мешалки, шлюз для загрузки сыпучего, жидкого продукта, предохранительный клапан, датчик давления, вентиль для сброса давления, разборный пробоотборник жидкой фазы и термopара для измерения температуры в реакторе автоклава. Колба с крышкой закреплены на станине, включающей в себя кронштейн крепления привода мешалки, электрический подъемник для облегчения монтажа и демонтажа колбы автоклава и панель с элементами индикации параметров работы автоклава. Автоклав выполнен в виде компактной модульной конструкции, которая позволяет легко производить техническое обслуживание;

Таблица 7. Технические характеристики установки для испытаний катализаторов КДИ-М в кипящем слое

Технические характеристики	Значение
Диапазон рабочих температур реактора	От 50 до 800 °С
Дискретность задания температуры	1 °С
Внутренний диаметр реактора	30 + 2 мм
Длина реактора	800 мм
Количество термостатированных независимых зон	4
Длина изотермической зоны печи	500 мм
Тип печи	Створчатая
Диапазон рабочих температур испарителя сырья	От 50 до 800 °С
Объем сырьевой емкости	10 л
Максимальное давление в сырьевой емкости	2 МПа
Диапазон расхода азота	От 0 до 50 л/ч
Диапазон расхода воздуха	От 0 до 50 л/ч
Диапазон расхода изобутана	От 0 до 90 л/ч
Диапазон взвешивания весов	От 0 до 15 кг
Потребляемая мощность установки	Не более 4,5 кВт
Габаритные размеры установки	2000 × 800 × 880 мм
Питание от одно- и трехфазной сети переменного тока напряжением	220 В + 10%, 50 Гц

условия эксплуатации – сухое отапливаемое помещение в диапазоне от 10 до 35 °С. Технические характеристики приведены в табл. 6.

Установка для испытаний катализаторов КДИ-М в кипящем слое

Установка предназначена для испытаний пробы микросферического алюмохромового катализатора КДИ-М объемом 100 мл в кипящем слое, с размером частиц от 20 до 160 мкм. Представляет собой стойку с закрепленными на ней узлами установки, размещенную в вентилируемом шкафу со стеклянной запираемой дверью и легкоъемными боковыми стенками для технического обслуживания (рис. 7). Технические характеристики приведены в табл. 7.

Установка оснащена автоматизированной системой ускоренного охлаждения реактора, автоматической системой загрузки (без присутствия кислорода) и удаления катализатора.

Установка для тестирования микроактивности и селективности катализаторов ACE

В настоящее время компания разрабатывает автоматизированную пятиканальную установку для тестирования микроактивности и селективности катализаторов ACE (Advanced Cracking Evaluation).

При проведении анализа селективности ACE получают кривые взаимодействия сырья с предоставленным деактивированным свежим катализатором каталитического крекинга или равновесным катализатором. Реакционное испытание проводят при нескольких кратностях циркуляции, которые обычно находятся в диапазоне от 3,5 до 7,5, после чего строят графики зависимости итоговых выходов продуктов от конечных конверсий. Для более простого сравнения выходы могут быть интерполированы для одной конверсии (селективность при постоянной конверсии). Эта же методика обычно применяется при

постоянном выходе кокса (селективность при постоянном выходе кокса).

Оценка селективности ACE позволяет детально исследовать производительность свежих и равновесных катализаторов каталитического крекинга, а также крекируемость сырья. Для проведения анализа селективности в реактор ACE помещают 5,25–11,25 г катализатора каталитического крекинга. Реактор ACE нагревается потоком азота до выбранной температуры крекинга, а затем в фиксированный кипящий слой катализатора подается 1,5 г сырья с расходом 1,20 г/мин. После введения сырья слой катализатора продувается азотом. Жидкие и газообразные продукты реакции собирают и измеряют их массу и объем соответственно. Газовые и жидкие продукты анализируются на газовых хроматографах HS-RGA, SimDis и PIONA. Выход кокса на отработанном катализаторе определяют по количеству двуокиси углерода, образующейся в результате его сжигания.

Установка обеспечивает автоматическое регулирование и поддержание технологических параметров процесса. Управление осуществляется микропроцессорным блоком, с возможностью дистанционного управления с автоматическим формированием режимных листов и материального баланса. ■

MITSUBISHI GAS CHEMICAL ПОСТРОИТ ЗАВОД ПО ПРОИЗВОДСТВУ ПЕРЕКИСИ ВОДОРОДА НА ТАЙВАНЕ

Mitsubishi Gas Chemical Company (MGC) собирается построить новое производственное предприятие по производству промышленной перекиси водорода (IHP) на Тайване с инвестициями в размере 4,7 млрд динаров (156,6 млн долл. США).

Последний шаг сделан, компания стремится к дальнейшему развитию своего бизнеса по производству сверхчистого пероксида водорода (SPHP), который используется в процессах производства полупроводников. Производство на заводе начнется

в январе 2023 года. Ожидается, что его годовой объем производства составит 40 000 т перекиси водорода. По данным компании многие полупроводниковые литейные заводы на Тайване строят фабрики по производству с использованием передовых технологий, а также планируют большие инвестиции в будущем. Ожидается, что после этих разработок новый завод Mitsubishi будет удовлетворять растущий спрос на высококачественную SPHP.

MGC стремится производить и распространять SPHP стабильными поставками и содействовать расширению бизнеса. Компания планирует развивать интегрированное местное производство в диапазоне от сырья IHP (RHP) до SPHP. Будущее предприятие IHP будет поставлять RHP на предприятие SPHP, которое в настоящее время работает. SPHP в основном используется в процессах производства полупроводниковых пластин и устройств в качестве чистящих, травильных и абразивных средств. Mitsubishi

управляет производственными площадками Yokkaichi, Yamakita и Saga в Японии и семью зарубежными заводами.

Компания также занимается различными функциональными химическими решениями, которые могут быть использованы в процессах производства полупроводников производителями электроники.

Тайваньский филиал Mitsubishi, MGC Pure Chemicals, производит и распространяет такие продукты, как SPHP, растворы для химической полировки и высокоэффективные химикаты, которые могут использоваться в электронной промышленности.

В ноябре прошлого года Mitsubishi Chemical подписала соглашение о приобретении бизнеса по производству термопластичных полиуретановых эластомеров (ТПУ) с AdvanSource Biomaterials в США.

По материалам

<https://www.chemicals-technology.com>