



ИНГИБИРУЮЩИЕ  
ПРИСАДКИ

КАТАЛИЗАТОРЫ  
ПРОЦЕССОВ  
ОКИСЛЕНИЯ

БОРЬБА  
С АСПО

ДЕЛОВОЙ ЖУРНАЛ

# Neftgaz.RU

ИНТЕРЕСНО О СЕРЬЕЗНОМ

ISSN 2410-3837

5 [149] 2024

РОЛЬ НКК В ДОСТИЖЕНИИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО  
СУВЕРЕНИТЕТА  
ГОСУДАРСТВА



Входит в перечень ВАК (К1)

# НОВЫЕ ПОДХОДЫ К БЕЗОПАСНОСТИ ТЭК



ВЗГЛЯД ИЗ КОСМОСА ↗



СИЗ ↗



↗ РОБОТЫ И  
БЕЗОПАСНОСТЬ



БПЛА: УГРОЗА И ЗАЩИТА ↗



↗ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ



ИСКУССТВЕННЫЙ  
ИНТЕЛЛЕКТ ↗



↗ ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР



СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ  
СООРУЖЕНИЙ ↗



ЗАЩИТА ДАННЫХ ↗



НОВОСТИ ↗



ПОЛИТИКА  
↗ БЕЗОПАСНОСТИ



ЗАЩИТА ПРОМЫШЛЕННОГО  
ОБОРУДОВАНИЯ ↗



[safety.neftegaz.ru](https://safety.neftegaz.ru)

## Промышленные катализаторы для производства водорода



14

## Катализаторы процессов окисления



22

## Влияние ингибирующей присадки на осадкообразование в высокопарафинистой нефти



38

## Структурная перестройка газового рынка ЕС



44

<b>Эпохи НГК</b>	4
<b>РОССИЯ <i>Главное</i></b>	
Нефтепереработку отрезали от внешних рынков	6
70-процентное импортозамещение	8
<i>События</i>	10
<i>Первой строчкой</i>	12
<b>ПЕРЕРАБОТКА</b>	
Промышленные катализаторы для производства водорода	14
<i>Календарь событий</i>	21
Катализаторы процессов окисления	22

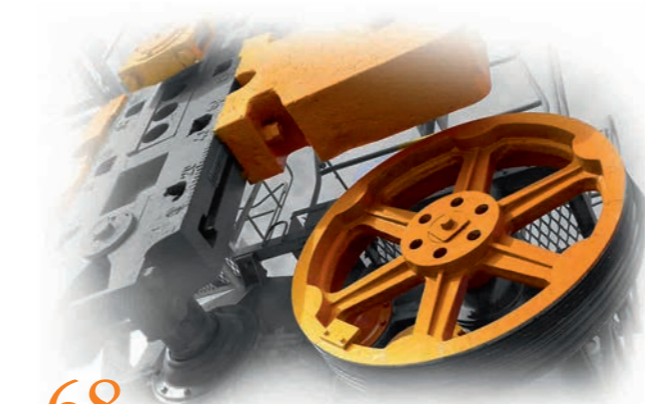
<b>ПЕРЕРАБОТКА</b>	
Характеризация углеводородных смесей	32
<i>Россия в заголовках</i>	37
<b>ПРОМЫСЛОВАЯ ХИМИЯ</b>	
Влияние ингибирующей присадки на осадкообразование в высокопарафинистой нефти	38
<b>ПРОМБЕЗОПАСНОСТЬ</b>	
Применение тепловизионных камер в нефтяной и газовой промышленности	42
<b>РЫНОК</b>	
Структурная перестройка газового рынка ЕС	44
<b>ОБОРУДОВАНИЕ</b>	
Разработка диафрагменного насоса с нитиоловой мембраной	54

## Повышение надежности насосных агрегатов



57

## Технология борьбы с АСПО



68

## ТЭО разработки месторождения Тишрин с применением паротеплового воздействия



76

## Роль НГК в достижении технологического суверенитета государства



86

<b>ОБОРУДОВАНИЕ</b>	
Повышение надежности насосных агрегатов	57
<b>НЕФТЕСЕРВИС</b>	
Методика определения динамической прочности цементного камня при строительстве скважин	60
<i>Хронограф</i>	67
<b>ДОБЫЧА</b>	
Технология борьбы с АСПО	68
Гронинген: до свидания, великан	72
<b>MODUS VIVENDI</b>	
Морское приключение и незабываемые каникулы с Westin Maldives Miriandhoo Resort	74
<b>ЭКОНОМИКА</b>	
ТЭО разработки месторождения Тишрин с применением паротеплового воздействия	76
Формирование системы индикаторов экономической безопасности компаний ТЭК	80
<b>ГОСРЕГУЛИРОВАНИЕ</b>	
Роль НГК в достижении технологического суверенитета государства	86
<b>ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ</b>	
Механизированная добыча нефти: итоги и прогнозы	97
Нефтегаз-2024	100
<i>Новости науки</i>	106
<i>Нефтегаз Life</i>	108
<i>Классификатор</i>	110
<i>Цитаты</i>	112

## 305 лет назад

В 1719 году стараниями врача Э. д'Эйринис в Валь-де-Траверсе (Швейцария) была построена битумная шахта де ла Преста, действовавшая до 1986 года.

## 279 лет назад

С 1745 года в г. Мерквиллер-Пешельбронне (Франция) по специальному распоряжению Людовика XV разрабатывались нефтеносные пески. Разработка месторождения Пешельбронн дала начало компании Schlumberger. В 1857 году здесь был построен первый современный нефтеперерабатывающий завод.

## 271 год назад

В 1753 году П. Калм опубликовал книгу «Путешествие в Северную Америку», в которой впервые показал карту нефтяных месторождений Пенсильвании.

## 174 года назад

В 1850 году канадский геолог А. Геснер основал компанию по производству керосиновых ламп на основе изобретенного им процесса получения жидкого топлива из угля, битума и горючих сланцев.

## 165 лет назад

В 1859 году недалеко от г. Титусвилля (штат Пенсильвания) была построена первая современная скважина.

## 93 года назад

В 1931 году в Советском Союзе было создано Всесоюзное объединение по экспорту нефти и нефтепродуктов «Союзнефтеэкспорт», обладавшее монопольным правом на экспорт нефти.

## 65 лет назад

В 1959 году обнаружены большие запасы нефти в бассейне р. Сунгари в северо-восточном Китае. Наиболее крупное – месторождение Дацин в провинции Хэйлунцзян.

## 51 год назад

В 1973 году Китай начал экспортировать нефть в Японию.

## 25 лет назад

В 1999 году в индийском г. Джамнагар запущена первая очередь крупнейшего в мире НПЗ, принадлежащего частной индийской компании «Релайенс индастриз».

## 1 год назад

В 2023 году в Нигерии запущен крупнейший в Африке и шестой по мощности в мире НПЗ Dangote Oil Refinery мощностью переработки 650 тыс. барр. нефти в сутки.

Издательство Neftegaz.RU

### РЕДАКЦИЯ

**Главный редактор**  
Ольга Бахтина

**Шеф-редактор**  
Анна Павлихина

**Редактор**  
Анастасия Никитина

**Аналитики**  
Анатолий Чижевский  
Дарья Беляева

**Журналисты**  
Анна Игнатьева  
Елена Алифирова  
Анастасия Гончаренко  
Анастасия Хасанова  
Анна Шевченко  
Полина Паршинова

**Дизайн и верстка**  
Елена Валетова

**Корректор**  
Виктор Блохин

### РЕДКОЛЛЕГИЯ

**Ампилов Юрий Петрович**  
д.т.н., профессор, МГУ им. М.В. Ломоносова

**Алюнов Александр Николаевич**  
к.т.н., ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации»

**Бажин Владимир Юрьевич**  
д.т.н., эксперт РАН, Санкт-Петербургский горный университет

**Грицено Александр Иванович**  
д.т.н., профессор, академик РАЕН

**Гусев Юрий Павлович**  
к.т.н., профессор, ФГБОУ ВПО НИУ МЭИ

**Данилов-Данильян Виктор Иванович**  
д.э.н., профессор, член-корреспондент РАН, Институт водных проблем РАН

**Двойников Михаил Владимирович**  
д.т.н., профессор, Санкт-Петербургский горный университет

**Еремин Николай Александрович**  
д.т.н., профессор, РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина

**Илюхин Андрей Владимирович**  
д.т.н., профессор, Советник РААСН, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет

**Каневская Регина Дмитриевна**  
действительный член РАЕН, д.т.н., профессор, РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина

**Макаров Алексей Александрович**  
д.э.н., профессор, академик РАН, Институт энергетических исследований РАН

**Мастепанов Алексей Михайлович**  
д.э.н., профессор, академик РАЕН, Институт энергетической стратегии

**Панкратов Дмитрий Леонидович**  
д.т.н., профессор, Набережночелнинский институт

**Половинкин Валерий Николаевич**  
научный руководитель ФГУП «Крыловский государственный научный центр», д.т.н., профессор, эксперт РАН

**Салыгин Валерий Иванович**  
д.т.н., член-корреспондент РАН, профессор МИЭП МГИМО МИД РФ

**Третьяк Александр Яковлевич**  
д.т.н., профессор, Южно-Российский государственный политехнический университет, академик РАЕН



Издательство:  
ООО Информационное агентство Neftegaz.RU

**Директор**  
Ольга Бахтина

**Отдел рекламы**  
Дмитрий Аверьянов  
Валентина Горбунова  
Анна Егорова  
Марина Шевченко  
Галина Зуева  
Евгений Короленко

**account@neftgaz.ru**  
Тел.: +7 (495) 778-41-01

**Служба технической поддержки**  
Сергей Прибыткин

**Выставки, конференции, распространение**  
Мария Короткова

**Отдел по работе с клиентами**  
Екатерина Данильчук

Деловой журнал Neftegaz.RU зарегистрирован федеральной службой по надзору в сфере массовых коммуникаций, связи и охраны культурного наследия в 2007 году, свидетельство о регистрации ПИ №ФС77-46285

**Адрес редакции:**  
123001, г. Москва, Благовещенский пер., д. 3, с.1  
Тел.: +7 (495) 778-41-01  
www.neftgaz.ru  
e-mail: info@neftgaz.ru  
Подписной индекс Урал Пресс 013265

Переписка материалов журнала Neftegaz.RU невозможна без письменного разрешения главного редактора. Редакция не несет ответственности за достоверность информации, опубликованной в рекламных объявлениях, а также за политические, технологические, экономические и правовые прогнозы, представленные аналитиками. Ответственность за инвестиционные решения, принятые после прочтения журнала, несет инвестор.

Отпечатано в типографии «МЕДИАКОЛОР»

Заявленный тираж 8000 экземпляров



## Ведущая технология защиты от избыточного давления с использованием аэрокосмических разработок



**Переключающий клапан серии HTKH-B**  
Размеры: 1"~18"  
Диапазон давления: 150~1500 фунтов  
Диапазон температур: -196° C~+538° C



**Клапан сброса давления при гидроударе серии HTSJ (сертифицирован Saudi Aramco)**  
Размеры: 2"~16"  
Диапазон давления: 150~900 фунтов  
Диапазон температур: -40° C~+320° C



**Пружинный предохранительный клапан с прямой нагрузкой серии HTDO/B**  
Размеры: 1" D2"~20" BB24"  
Диапазон давления: 150~2500 фунтов  
Диапазон температур: -196° C~+816° C



**Пилотный предохранительный клапан модуляционного типа серии HTXD**  
Размеры: 1"×2"~10"×14"  
Диапазон давления: 150~2500 фунтов  
Диапазон температур: -196° C~+538° C



**Линейная заглушка быстрого действия серии HTLB**  
Размеры: 1/2"~48"  
Диапазон давления: 150~2500 фунтов  
Диапазон температур: -196° C~+650° C



**Устройство сброса давления игольчатого разрушительного типа серии HTBP (сертифицировано Saudi Aramco)**  
Размеры: 1"~78"  
Диапазон давления: 150~900 фунтов  
Диапазон температур: -196° C~+538° C

**BAPTEEC LTD**  
Beijing Aerospace Petrochemical Technology and Equipment Engineering Corporation Limited

Адрес: Китай, г. Пекин, район Дасин, Пекинская зона экономического и технического развития, третья улица Тайхэ, № 2  
Вебсайт: en.safetyvalvechina.com

e-mail: chenxy3@calt11.cn  
Тел.: +86-13811709811 +86-10 87094555  
Факс: +86-10 87094561  
Почтовый индекс: 100176

На **20** %

снизились доходы России  
от продажи нефтепродуктов  
и нефти

**102,5**

**МЛН Т**  
составила общая мощность  
заводов, подвергшихся атакам

В апреле производство  
бензина в России  
сократилось до минимума

за **11** месяцев

Цены на бензин  
этой весной выросли

в **69**  
регионах РФ

## НЕФТЕПЕРЕРАБОТКУ ОТРЕЗАЛИ ОТ ВНЕШНИХ РЫНКОВ

Анна Павлихина

Обеспечение энергоносителями – важная задача для любого государства. С приближением весеннего периода возрастает сезонный спрос на продукты нефтепереработки, перед этим НПЗ уходят на плановые ремонты. Именно в этот важный период большая часть российских заводов была подвергнута атакам беспилотников.

Одна из первых атак была совершена на Туапсинский НПЗ: в январе завод был остановлен, на ремонт вакуумной установки потребовалось три месяца, лишь в мае мощности завода снова заработали, хотя и не на полную мощность. Следующим объектом нападения стал НПЗ Лукойл-Волгограднефтепереработка, где в начале февраля в результате взрыва разгорелся сильный пожар. В марте от беспилотников пострадали еще пять заводов. На крупнейшем в Центральном федеральном округе нефтеперерабатывающем производстве – Рязанском НПЗ, на который приходится переработка 5 % всей нефти в стране, были повреждены две из четырех установок первичной переработки, обеспечивающих 70 % мощности предприятия. Тогда же совершена атака на единственный в Ростовской области Новошахтинский завод нефтепродуктов, являющийся крупнейшим поставщиком на юге страны, днем ранее – на НПЗ Лукойл-Нижегороднефтеоргсинтез, где была повреждена ректификационная колонна и установка каталитического крекинга, при том настолько сильно, что восстановить оборудование уже не получится. 16 марта дроны атаковали Сызранский НПЗ, где также загорелась установка переработки нефти.



Помимо этого, два крупных нефтеперерабатывающих завода – Киришский и Новокуйбышевский – сократили переработку на 28 и 21 тыс. барр. в сутки соответственно. К сокращению производства в результате атак дронов и плановых ремонтов прибавилось наводнение, в результате которого был остановлен Орский НПЗ. Общая мощность заводов, подвергшихся атакам, составляет 102,5 млн т.

По некоторым оценкам (основанным на данных о производстве нефтепродуктов пострадавшими НПЗ и выведенных из-за атак БПЛА объемах, а также на официально озвученных цифрах общероссийского производства), из строя была выведена почти треть мощностей.

Пик остановок пришелся на первый месяц весны. В результате с середины марта производство бензина начало снижаться: с 838,9 тыс. тонн в начале месяца до 754,6 тыс. тонн в конце. Вследствие чего упали и доходы России от продажи нефтепродуктов: по подсчетам МЭА, сокращение составило 20 %.

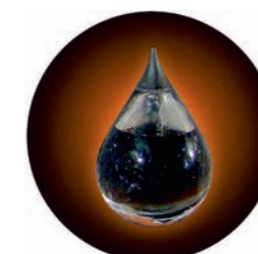
В начале апреля даже озвучивалась идея снизить качество бензина, чтобы увеличить объемы его выпуска. От идеи, к счастью, отказались, производство продолжало снижаться: во второй половине апреля снижение составило 7,6 %, достигнув минимального объема за последние 11 месяцев. Это привело к росту цен на бензин в 69 регионах.

В качестве мер, способных повлиять на обстоятельства, Минэнерго называло дозагрузку установок, использование запасов и запрет на экспорт бензина. Экс-глава ведомства Н. Шульгинов утверждал, что существует потенциал увеличения выпуска топлива на НПЗ, где не было остановлено производство. В конце апреля ситуация немного выправилась, заводы нарастили выпуск нефтепродуктов, а эмбарго на экспорт позволило вывести на внутренний рынок утраченные 7 %.

В качестве дополнительных к названным были приняты меры по изменению логистики для лучшего снабжения регионов топливом. Приоритетность прохождения составов с бензином по РЖД и другие меры были направлены на то, чтобы в районы, где остановлены НПЗ, нефтепродукты поступали регулярно. В результате некоторые нефтебазы оказались заполнены больше обычного, предполагают отраслевые аналитики.

Несмотря на незавершенные ремонты и продолжающиеся атаки беспилотников на перерабатывающие производства (повторное нападение на Рязанский НПЗ, атака на топливную базу в Ростовской области), в начале мая заговорили о проблеме затоваривания НПЗ. В свою очередь, это спровоцировало ожидание скорой отмены ограничений на экспорт и, как следствие, повышение биржевых цен на бензин.

Эти надежды подкрепляют заверения Минэнерго об обеспеченности внутреннего рынка топливом, но для отмены запрета на экспорт бензина необходимо восстановить выпавшие мощности. Значительная часть пострадавшего в результате атак оборудования была импортного производства и заменить комплектующие на российские не всегда возможно и уж точно не быстро. ●



## 70-ПРОЦЕНТНОЕ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ

Анна Игнатьева

Министерство промышленности и торговли прогнозирует увеличение доли отечественного оборудования в нефтегазовом машиностроении до 70% в 2024 г. Участники координационного совета по топливно-энергетическому комплексу, обсудили направления, работа по которым стартовала в 2023 г.: обеспечение непрерывной деятельности производств нефтегазового и нефтехимического комплекса России, импортозамещение оборудования для ТЭК, развитие производства СПГ, разработка оборудования для бурения и добычи на шельфе. Д. Мантуров отметил, что к концу 2023 г. доля российского оборудования в нефтегазовом секторе достигла 65%, в то время как в 2014 г. она составляла 43%. С 2015 г. правительство РФ выделило около 60 млрд руб. на импортозамещение в этом сегменте.

На сегодняшний день верифицирована тепловая карта технологических дефицитов оборудования, подготовлена концепция развития и совместного использования технологических полигонов для испытания оборудования и апробирования технологий, одной из целей которой является взаимное признание потребителями результатов испытаний. Д. Мантуров также сообщил, что заключено 6 соглашений по развитию ключевых сфер нефтегазовой отрасли с якорными заказчиками.

По итогам заседания подписан ряд документов, регламентирующих работы по реализации направлений «Оборудование для переработки нефти и газа» и «Оборудование для бурения и добычи на шельфе».

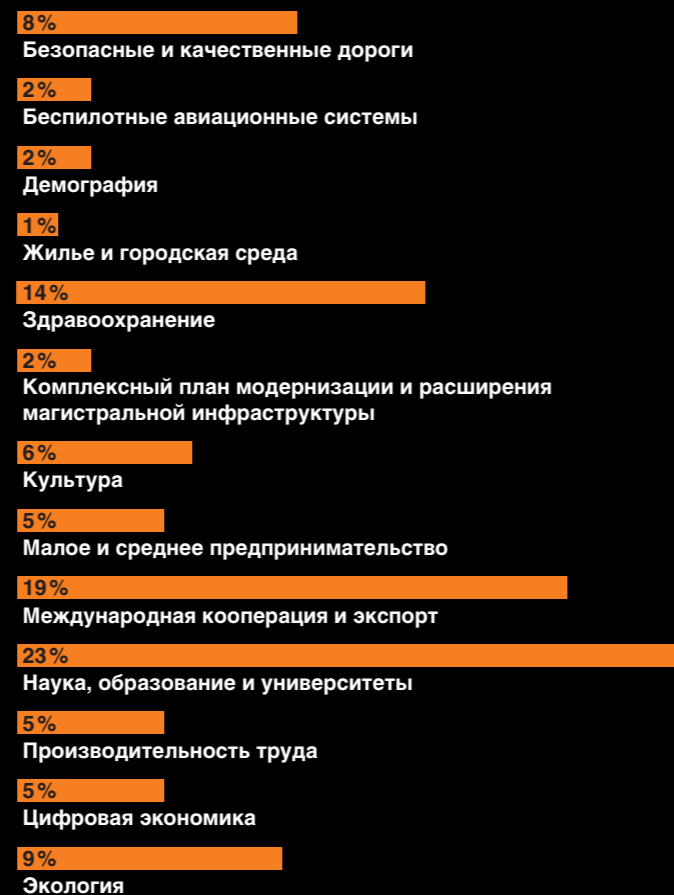
## ДЛЯ ПЕРЕРАБОТЧИКОВ ОТМЕНИЛИ ПОВЫШАЮЩИЙ КОЭФФИЦИЕНТ

Правительство отменило повышающий коэффициент при экспорте отдельных видов нефтехимической продукции и сырья для ее производства в размере 50 тыс. руб. за тонну, прибавляемый к ставке вывозной таможенной пошлины. Теперь он не будет применяться при экспорте газового стабильного бензина и пироконденсата, авиационного бензина, фракций ароматических углеводородов, смазочных масел, нефтяного вазелина, парафинов и восков.

## Рейтинги Neftegaz.RU

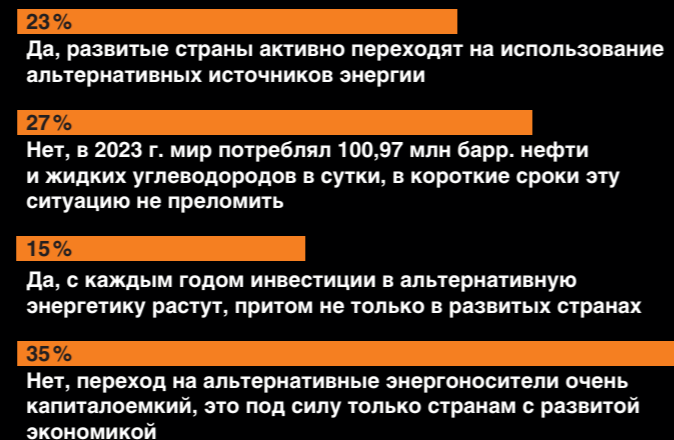
К 1 сентября правительство должно подготовить пакет новых нацпроектов, направленных на преодоление технологического отставания России. В предварительный перечень включены как действующие, так и новые проекты

### Какие нацпроекты необходимо реализовать в первую очередь?

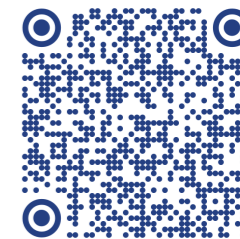


Канцлер ФРГ О. Шольц заявил, что наступает конец эпохи ископаемого топлива. Так ли это?

### Действительно ли время ископаемого топлива на исходе?



## Новая технологическая линия по ремонту насосных штанг TMC-SRLine™



Основные участки технологической линии:



**Выбери умные технологии!**



Характеристики линии:

- 650м<sup>2</sup> - Оптимальное планировочное решение.
- 9 человек - Обслуживающий персонал.
- Проектирование любого типа моечных агрегатов.
- Подбор метода анализа состояния тела штанги: акустический; электро-магнитный; магнитно-порошковый.
- Вытягивание тела штанги до достижения предела текучести.
- Маркировка штанг осуществляется лазером.

Возможности линии:

- Проектирование любого типа моечных агрегатов.
- Подбор метода анализа состояния тела штанги: акустический; электро-магнитный; магнитно-порошковый.
- Вытягивание тела штанги до достижения предела текучести.
- Маркировка штанг осуществляется лазером.

Преимущества:

- 700 штанг/смена - Высокая производительность линии.
- 60 дней - Оперативное развертывание производства.
- Широкая номенклатура обрабатываемых насосных штанг всех групп прочности.
- Упаковка насосных штанг в технологические транспортировочные кассеты.

РЕКЛАМА

Выборы президента  
Обвал рынка акций  
Газовые войны  
Запуск нового производства  
Северный поток  
Смешные капиталов  
Новый глава Роснефти  
Цены на нефть

Второй венка ВСТО  
Богучанская ТЭС запущена  
Продажа квот  
Цены на газ  
Юзевский поток  
Дошли руки до Арктики  
Северный поток достроили

## КазМунайГаз, СИБУР и Синорес построят производство полиэтилена

Компании КазМунайГаз, СИБУР и Синорес подписали протокол о строительстве газохимического комплекса по производству полиэтилена в Казахстане.

Совместное предприятие – интегрированный газохимический комплекс по производству полиэтилена стоимостью порядка 7,7 млрд долл. будет производить 1,25 млн т полиэтилена в год, что составит 1% от всех мировых мощностей. Строительство завода в Атырауской области намерены завершить до 2029 г. Здесь будут производить около 22 марок полиэтилена по американским лицензионным технологиям Chevron Phillips и Univation, из них 40% составит премиальный класс. Для обеспечения проекта сырьем (этаном) на Тенгизском месторождении будет построен газосепарационный комплекс мощностью 9,1 млрд м<sup>3</sup> переработки сухого газа в год, из которых предполагается выделять 1,6 млн т этана.

Этан будет направляться по магистральному трубопроводу от Тенгиза до площадки Карабатан на завод по производству полиэтилена.

**Узбекистан подписал контракты на строительство солнечных и ветровых электростанций на 12 ГВт. К концу 2024 г. планируют реализовать проекты общей мощностью более 3 ГВт. За последние три года было привлечено более 2 млрд долл. иностранных инвестиций в этот сектор, были запущены 9 крупных солнечных и ветряных электростанций суммарной мощностью 2,6 ГВт**

Колумбийская компания Esopetrol и бразильская Petrobras будут совместно работать над проектом производства экологического водорода. Лидеры двух стран подписали соответствующее постановление о партнерстве. Водородный проект поможет компаниям оказаться в авангарде чистой энергии в Южной Америке

Добавленная стоимость между исходным сырьем и продукцией третьего передела – полиэтиленом – возрастает в 20 раз.

## Росатом и Узатом построят АЭС в Узбекистане

Росатом и Узатом ведут переговоры о контракте на строительство АЭС в Узбекистане. Росатом также готов предложить республике варианты строительства атомных станций малой мощности. Уже выбрана площадка для строительства станции в Джизакской области Узбекистана, рядом с озером Тузкан. Инженерные изыскания завершены, и место признано пригодным для строительства. Также определена оптимальная техническая конфигурация проекта. Вместе с узбекским заказчиком и международными экспертами ведутся работы по техническим вопросам интеграции АЭС в энергосистему, использованию

возобновляемых источников энергии, сокращению потребления воды и максимизации производства электроэнергии с учетом климатических условий площадки.

## В Уфе планируют построить завод по производству присадок

Уфимский завод экспериментальных химических продуктов к 2029 г. планирует запустить завод по производству присадок для производства автомобильных бензинов и смазочных материалов. Предприятие готово инвестировать в создание производственной линии 150 млн руб. собственных средств. Завод будет включать производственные помещения площадью 20 тыс. м<sup>2</sup>, административно-бытовой комплекс, лаборатории и несколько складов. Новое производство позволит заместить импортные присадки для автомобильных бензинов и смазочных материалов ушедших с российского рынка иностранных производителей. До ухода западных компаний почти 90% спроса на присадки в России обеспечивалось импортом. Плановая мощность предприятия превышает 1 тыс. т в год присадок для изготовления моторных масел. К 2026 г. планируют запустить производственную линию, а к 2029 г. – завершить строительство.

## Первая обогатительная фабрика на Огоджинском месторождении

На Сугодинско-Огоджинском месторождении угля в Селемджинском районе приступили к строительству первой обогатительной фабрики на 2 млн т в год. Ее намерены запустить в 2025 г. В планах регионального правительства построить еще 6 фабрик на 5 млн т каждая. Запасы месторождения оцениваются в 2 млрд т. В 2023 г. там добыли 1,4 млн т угля. Для транспортировки угля от месторождения до Байкало-Амурской магистрали прокладывается железнодорожная ветка длиной 140 км. В Амурской области добывается около 4,5 млн т угля, в основном ведется добыча бурого угля, более энергоемкий каменный уголь добывается в Селемджинском районе. На месторождении добывается большое число угольных марок, которые применяются во многих отраслях промышленности. Месторождение включает Сугодинскую угленосную площадь и Огоджинское месторождение каменных углей, оно считается одним из крупнейших дальневосточных залежей угля с запасами в 1,5 млрд т. В будущем ежегодная добыча составит 30 млн т угля, который будет доставляться по БАМу в порты и центральную часть РФ.

**Азербайджан и ОАЭ планируют сотрудничество в области энергетики, в т.ч. «зеленой». Компания Masdar из ОАЭ планирует участвовать в проектах возобновляемой энергетики в Азербайджане общей мощностью 10 ГВт. На 2024 г. запланировано строительство двух солнечных и одной ветряной электростанций в Азербайджане суммарной мощностью 1 ГВт**

Tesla начинает строительство завода в Шанхае для производства Megarack – мощных аккумуляторов для хранения энергии. Они необходимы для стабилизации электросети и предотвращения сбоев в ее работе. Ожидается, что производство продукции начнется в первом квартале 2025 г. Завод станет первым предприятием Tesla за пределами США

## ЕЭК отменила ввозную пошлину на оборудование

Совет Евразийской экономической комиссии принял решение об отмене ввозной пошлины на оборудование для производства малотоннажного сжиженного природного газа. Это решение предполагает освобождение от пошлины оборудования и запчастей для строительства, оборудования и технического обслуживания объектов производства и реализации малотоннажного СПГ. Тарифная льгота будет действовать два года с условием подтверждения назначения ввозимых товаров. Данное решение способствует развитию сети производства малотоннажного СПГ, увеличению темпов газификации регионов, замещению нефтепродуктов природным газом в качестве моторного топлива. В рамках Евразийского экономического союза проводятся мероприятия

по увеличению инвестиционной привлекательности проектов с использованием малотоннажного СПГ на внутреннем рынке, а также развитию рынка газомоторного топлива для сельскохозяйственной, дорожно-строительной техники и транспорта с целью достижения коммерчески эффективного уровня загрузки газозаправочной сети.

## Россия и Белоруссия запускают мультимодальный порт

Россия и Белоруссия готовятся к запуску проекта строительства многофункционального порта в Мурманской области для обработки грузов из Белоруссии. Белоруссия намерена использовать маршруты международного коридора Север – Юг. Ранее Литва и Латвия по причине введенных санкций приостановили транзит белорусских грузов.

Россия и Белоруссия заключили два соглашения о перевалке нефтепродуктов и товаров внешнеторгового оборота, в основном калийных и азотных удобрений, а также продукции металлургической и деревообрабатывающей отраслей. На данный момент примерно 20 российских портов задействованы для обработки экспортных грузов из Белоруссии. ●

12,7 млрд долл.

вложит ExxonMobil в разработку нефтяного месторождения на шельфе Гайаны. К концу 2027 года добыча на месторождении достигнет **250** тыс. барр. в сутки



2 новых энергоблока

стоимостью 200 млрд рублей построят в Иркутской области к 2028 г.

Это увеличит мощность ТЭЦ-11 на **460 МВт**



На 12,2%

увеличились продажи бункерного топлива в порту Сингапура в первом квартале 2024 г.



40 тыс. барр. в сутки

составила добыча нефти на юго-востоке Турции

Общий объем добычи в стране превысил **100 тыс. барр. в сутки**



На 1,2%, до 10,28 млрд м³

Норвегия нарастила добычу природного газа в марте 2024 г.



На 9%

Евросоюз снизил потребление газа в марте 2024 г.



На 2,3%

выросла добыча нефти в Китае в 1-м квартале 2024 г., среднесуточный показатель составил **593 тыс. т**



На 2%

сократилась добыча угля в Кемеровской области в 1-м квартале 2024 г.

Всего за этот период было добыто **52,8 млн т угля**



На 35,7%

Япония нарастила импорт СПГ из РФ в марте 2024 г., при этом общий импорт страной СПГ снизился на **3%**. Поставки российского угля сократились на **5%**



1,5 млн т

угля добыли в Туве в 2023 году, что стало максимумом с 1990 года



На 86,4 млрд рублей

СберСтрахование застраховала в 2023 году солнечные и ветряные электростанции



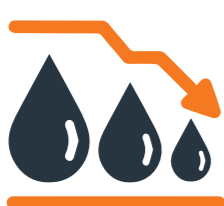
На 2,5%

Япония сократила выбросы парниковых газов за 2022–2023 годы



16 тыс. тонн

составили потери добычи нефти в Казахстане в результате остановки работы 634 нефтедобывающих скважин



До 9,863 млн барр. в сутки

может вырасти добыча сланцевой нефти в США в мае



На 0,7%

Китай нарастил объемы импорта нефти за 1-й квартал 2024 г., импорт природного газа вырос на **22,8%**



\$7 млрд

выделяет США на проекты, связанные с использованием солнечной энергии для обслуживания 900 тыс. домохозяйств в районах с низким и средним уровнями дохода



На 8%, до 3,5 млн т,

сократилось производство бензина в России в марте



В 15 раз

вырастет стоимость аренды федеральных земель для нефтегазовых компаний в США





# ПРОМЫШЛЕННЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ для производства водорода

## Афанасьев Сергей Васильевич

доцент по специальности «Экология»,  
академик РАЕН,  
руководитель управления по разработке инноваций  
и их патентованию,  
АО «ТОАЗ»,  
к.х.н., д.т.н.

## Макрушин Николай Анатольевич

директор научной части,  
ООО «НИАП-КАТАЛИЗАТОР»,  
доцент, к.х.н.

## Садовников Андрей Александрович

генеральный директор,  
ООО «НИАП-КАТАЛИЗАТОР»

## Кашинская Анна Вячеславовна

заведующий лабораторией  
физико-химических исследований научной части,  
ООО «НИАП-КАТАЛИЗАТОР»

## Трошина Вера Александровна

заведующий технологическим отделом  
научной части ООО «НИАП-КАТАЛИЗАТОР»,  
к.т.н.

## Дульнев Алексей Викторович

технический директор,  
ООО «НИАП-КАТАЛИЗАТОР»,  
к.т.н.

В СТАТЬЕ ПРЕДСТАВЛЕН ОБЗОР ПО КАТАЛИЗАТОРАМ, ИСПОЛЬЗУЕМЫМ В ПРОЦЕССАХ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА, КОТОРЫЕ ВЫПУСКАЮТСЯ ООО «НИАП-КАТАЛИЗАТОР» В ПРОМЫШЛЕННОМ МАСШТАБЕ. ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЗВОЛЯЕТ ПРОВОДИТЬ ОЧИСТКУ ПРИРОДНОГО ГАЗА ДЛЯ ЕГО ПОСЛЕДУЮЩЕЙ КОНВЕРСИИ С ВОДЯНЫМ ПАРОМ С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА И ЕГО ДАЛЬНЕЙШЕЙ ОЧИСТКИ, А ТАКЖЕ ОСУЩЕСТВЛЯТЬ ОЧИСТКУ ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИХ ГАЗОВ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ПРИМЕСЕЙ. МНОГОЛЕТНИЙ ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ МНОГИХ ИЗ ПРИВЕДЕННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ПОДТВЕРДИЛ ИХ ВЫСОКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ

THE WORK PROVIDES A REVIEW OF CATALYSTS USED IN HYDROGEN PRODUCTION PROCESSES, WHICH ARE PRODUCED BY NIAP-KATALIZATOR LLC ON AN INDUSTRIAL SCALE. THEIR USE MAKES IT POSSIBLE TO PURIFY NATURAL GAS FOR ITS CONVERSION WITH WATER VAPOR IN ORDER TO OBTAIN HYDROGEN AND ITS FURTHER PURIFICATION, AS WELL AS TO PURIFY HYDROGEN-CONTAINING GASES FROM VARIOUS IMPURITIES. MANY YEARS OF EXPERIENCE IN OPERATING THESE CATALYSTS HAS CONFIRMED THEIR HIGH EFFICIENCY AND RELIABILITY

Ключевые слова: катализаторы, производство водорода, конверсия метана, очистка газов.

События последних лет повысили интерес к производству и использованию водорода, что обусловлено увеличением объемов выпуска химических веществ: аммиака и метанола, полимерных материалов и других продуктов органического синтеза [1]. Вместе с тем большими темпами растет интерес к нему со стороны энергетики, где он рассматривается как перспективный энергоноситель, способный обеспечить получение доступной, стабильной и более экологичной энергии, одновременно выполняя функции как энергоносителя, так и средства накопления избыточной электроэнергии.

Основные усилия исследователей в настоящее время связаны с разработкой и реализацией разнообразных технологий производства водорода. В то же время наиболее затратной считается проблема транспортировки и хранения данного газа по причине его высокой взрывоопасности, летучести и ряда иных свойств.

Как и в других странах, в России принята концепция, определяющая цели, задачи, стратегические инициативы и ключевые меры по развитию водородной энергетики на среднесрочный период до 2024 года, долгосрочный период до 2035 года, а также основные ориентиры на перспективу до 2050 года [2]. В ней водородная энергетика рассматривается как часть энергетической отрасли с высоким экспортным потенциалом. Последнее утверждение весьма актуально, поскольку Российская Федерация обладает уникальным сочетанием факторов, включающих в себя: выгодное географическое положение, огромные запасы природного газа, серьезные научно-технологические разработки в данном направлении.

Известно большое количество методов промышленного производства водорода, среди которых основными являются:

- паровая конверсия природного и других углеводородных газов;
- газификация угля;
- электролиз воды и водяного пара;
- пиролиз углеводородов;
- биотехнологии.

Одной из главных целей внедрения водородной энергетики является снижение выброса парниковых газов. В долгосрочной перспективе,

## ФАКТЫ

Концепция

до 1913

года

рассматривает водородную энергетику как часть энергетической отрасли с высоким экспортным потенциалом

для этого требуется переход на возобновляемые источники энергии. Снизить уровень углеродных выбросов можно за счет водорода, полученного с использованием низкоуглеродных технологий с применением способов улавливания и хранения диоксида углерода, а также электролиза воды, проводимого за счет энергии, получаемой с помощью атомной, гидро-, ветряной или солнечной энергетики. Однако себестоимость «чистого» водорода существенно выше, чем получаемого из природного газа по традиционной технологии.

Несмотря на существенные достижения в области производства водорода за счет возобновляемых ресурсов, основным сырьем при его производстве в настоящее время является природный газ. Данный способ является основным в мире и применяется на нефтеперерабатывающих заводах, в производстве аммиака и метанола, а также в металлургии. С его помощью сегодня производится более 75% водорода. Практически вся остальная часть вырабатывается из каменного угля, а на долю электролиза приходится примерно 0,1% от всего выпуска.

Водород считается «чистым» газом, поскольку при его использовании не образуется «углеродный след», однако в процессе его получения выделяется достаточно большое количество оксидов углерода и других газов, ухудшающих экологическую обстановку региона, в котором находится конкретное производство. Для интенсификации основных технологических процессов, а также снижения воздействия неблагоприятных факторов на окружающую среду



наиболее перспективно использовать каталитические процессы, которые позволяют уменьшить концентрации вредных веществ, образующихся при производстве химической продукции.

К основным технологическим процессам получения водорода путем паровой конверсии метана можно отнести:

- очистку природного газа от соединений серы (сероочистка) [1, 3];
- паровую и паровоздушную конверсии углеводородов [4];
- среднетемпературную и низкотемпературную конверсии монооксида углерода;
- метанирование;
- очистку отходящих технологических газов.

В настоящее время разработаны и выпускаются в промышленном масштабе многочисленные марки катализаторов, в той или иной степени позволяющие решать указанные задачи [4, 5].

## Сероочистка

Снижение концентрации соединений серы в природном газе до требуемого уровня обеспечивается в узле тонкой очистки, который находится в головной части агрегатов. Для этого используются различные методы, которые условно можно разделить на абсорбционные, адсорбционные, хемосорбционные и каталитические.

ООО «НИАП-КАТАЛИЗАТОР» ныне является основным в РФ разработчиком и производителем катализаторов сероочистки (поглотителей) природного газа. Поступающий на паровую конверсию природный газ предварительно проходит двухступенчатую каталитическую очистку от соединений серы: сначала – на катализаторе гидрирования сераорганических соединений НИАП-01-01К(Н), а затем при помощи поглотителя сероводорода в виде экструдатов (НИАП-02-03, НИАП-02-05) или таблеток (НИАП-02-02, НИАП-02-04).

Известно, что в целом при одинаковом строении молекул устойчивость относительно гидрирования возрастает в следующем ряду соединений [6]:

**сероорганические < кислородорганические < азоторганические**

Серосодержащие соединения гидрируются следующим образом: легче всего – меркаптаны, за ними – сульфиды. Степень активности соединений серы в реакциях гидрогенолиза различна и убывает в следующем ряду [7, 8]:

**меркаптаны > сульфиды > дисульфиды > тиофены > бензотиофены > дибензо-тиофены**

Труднее всего протекает гидрирование тиофенов. В одинаковых условиях степень превращения меркаптанов достигает 100%, а для тиофенов – примерно 40–50%. В случае использования каталитических систем предприятия, для тиофенов она достигает 70–90%, что существенно выше средних значений для катализаторов других марок.

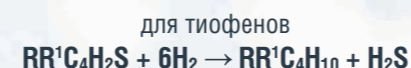
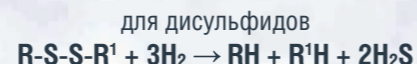
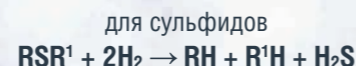
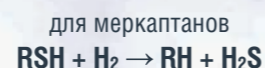
На катализаторе НИАП-01-01К(Н) при гидрировании некоторых сераорганических соединений,

## ФАКТЫ

75 %

водорода производят из природного газа

содержащихся в природном газе и легких нефтяных фракциях, происходят следующие основные процессы:



Разнообразие марок поглотителей, указанных выше, связано с различным температурным диапазоном их применения. Так, цинковые поглотители НИАП-02-02 (таблетки) и НИАП-02-05 (экструдаты) рассчитаны на температурный диапазон 300–390 °С. В процессе их эксплуатации установлено, что данные поглотители могут устойчиво работать и при температурах 450 °С и выше.

Цинкмедные поглотители НИАП-02-03 (экструдаты) и НИАП-02-04 (таблетки) рекомендованы на более низкий рабочий диапазон температур 150–350 °С.

При этом во всех марках поглотителей тонкая очистка газа от соединений серы происходит в слое гранул оксида цинка, который реагирует с сероводородом практически нацело



В аппарате сероочистки при этом наблюдается синхронное движение фронтов серы как в слое, так и в грануле поглотителя [5]. К центру гранулы движется крутой фронт сульфида цинка и пологий фронт газофазной серы в ее порах. Движение паров воды при этом происходит в обратном направлении, как в слое, так и в грануле поглотителя. По мере приближения к центру частицы оксида цинка (а также при увеличении ее размеров) диффузия серы становится медленнее. Часть газофазной серы проскакивает к центру гранулы мимо частицы, внутри которой остается непрореагировавший оксид цинка. По этой причине в процессе приготовления поглотителей серы большое внимание уделяется

размеру кристаллитов. Оптимальным размером частиц можно считать их величину до 17 нм, а допустимым – до 30 нм.

Следует отметить, что цинковые и в большей степени цинкмедные поглотители в процессе их эксплуатации могут проявлять гидрирующие и гидродеструктурирующие свойства по отношению к сераорганическим соединениям. Это происходит в осернившемся (за счет поглощенной серы) лобовом слое поглотителя. Используя данное свойство, был разработан бифункциональный катализатор гидрирования сераорганических соединений и поглощения сероводорода с помощью НИАП-02-11.

При нынешнем качестве природного газа и его полной загрузке в реактор сероочистки длительность эксплуатации составляет не один десяток лет.

Для тонкой очистки бензола и его производных от соединений серы применяется катализатор К-СО, представляющий собой изоморфную смесь карбонатов меди и цинка с добавками соединений марганца, алюминатов кальция и активированного угля.

Цинковые и цинкмедные поглотители могут проявлять гидрирующие и гидродеструктурирующие свойства по отношению к сераорганическим соединениям. Используя данное свойство, был разработан бифункциональный катализатор гидрирования сераорганических соединений и поглощения сероводорода с помощью НИАП-02-11

## Конверсия углеводородов

Предриформинг. С целью сокращения расходов на производство водорода при паровой конверсии углеводородов, ряд производителей осуществляет расширение сырьевой базы путем использования наряду с метаном пропан-бутановой фракции, топливных газов, природного газа, содержащего гомологи метана вплоть до гексановой фракции, а также отдувочных газов различных технологических стадий [9].

Для увеличения глубины переработки такого сырья путем конвертирования тяжелых углеводородов в метан и повышения эффективности процесса, а также предотвращения падения активности и механического разрушения катализатора вследствие сажеобразования, в технологический процесс вводится стадия предриформинга, суть которой связана с метанированием и гидрокрекингом алифатических углеводородов [10].

Предриформинг осуществляется при помощи водяного пара в широком температурном диапазоне, чаще всего это 450...500 °С, и минимальном соотношении пар:углерод = 1,8:1 на никелевых катализаторах. Фактически температурный диапазон процесса и соотношение пар:газ зависят от состава используемого газа. Реализация данной стадии позволяет предотвратить сажеобразование, возможное при пароуглеродной конверсии метана [11], а также смягчить условия работы катализатора парового риформинга.

## ФАКТЫ

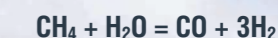
300-390 °С

температурный диапазон, на который рассчитаны цинковые поглотители НИАП-02-02 и НИАП-02-05

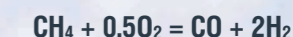
Высокую эффективность показал никелевый катализатор НИАП-03-05 с повышенным содержанием никеля, который успешно эксплуатируется на ряде промышленных предприятий [12–14].

## Конверсия метана

Процесс получения водорода конверсией метана является основным промышленным методом синтеза [15]. Он осуществляется в две стадии. Сначала в печи первичного риформинга протекает эндотермический процесс паровой конверсии метана в температурном интервале 750–850 °С и давлении 2,5–4,5 МПа при соотношении пар:газ 2,5:3,7



В агрегатах производства аммиака частично конвертированный газ поступает далее в реактор вторичного риформинга, в котором происходит окончательная конверсия метана с водяным паром и кислородом воздуха.



Физико-химические основы данных процессов изучены достаточно хорошо [5, 15]. Одним из немногочисленных ресурсов повышения активности катализаторов, используемых в этих процессах, является оптимизация их формы и размеров, непосредственно влияющие на каталитическую активность за счет улучшения доступности поверхности, газодинамического сопротивления, характеристик теплопередачи и др.

Предриформинг осуществляется при помощи водяного пара в широком температурном диапазоне и минимальном соотношении пар – углерод на никелевых катализаторах. Это позволяет предотвратить сажеобразование и смягчить условия работы катализатора парового риформинга

Повышение эффективности работы диффузионной области достигается увеличением удельной поверхности гранул катализатора, то есть путем

создания и внедрения более развитых геометрических форм. При этом происходит увеличение удельной поверхности без роста гидравлического сопротивления зернистого слоя.

Процесс паровой конверсии метана осуществляется на катализаторе НИАП-03-01, имеющем сложную форму в виде цилиндрических гранул с выпуклыми торцами и несколькими отверстиями, которая позволяет увеличить геометрическую поверхность слоя катализатора с одновременной компенсацией роста его сопротивления.

Частично конвертированный газ из трубчатой печи первичного риформинга и технологический воздух с дополнительным количеством водяного пара поступают в реактор вторичного риформинга. В нем на катализаторе НИАП-03-01 происходит окончательная конверсия метана с паром и кислородом воздуха.

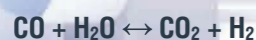
Различные модификации данного катализатора позволяют значительно расширить диапазон его эффективного применения. К ним можно отнести:

- катализатор К-905D1, промотированный лантаном для подавления сажеобразования;
- сферический катализатор НИАП-03-01Ш, сочетающий высокую производительность с низким перепадом давления;
- катализатор НИАП-03-01Б, выпускаемый в виде более крупных гранул (примерно на 15%) по сравнению с НИАП-03-01;
- катализатор НИАП-04-02, используемый как защитный слой катализатора вторичного риформинга;
- низкоактивный катализатор НИАП-НК, предназначенный для паро-углекислотного риформинга природного газа в процессе МИДРЕКС; обеспечивает нагрев газового потока выше критической температуры образования углерода и представляет собой оксид никеля, нанесенный на гранулы термостойкого корунда, выполненные в форме цилиндра;
- высокоактивный катализатор НИАП-ВК, предназначенный для стехиометрического паро-углекислотного риформинга природного газа в процессе МИДРЕКС; представляет собой оксид никеля, нанесенный на термостойкий пористый корундовый носитель, имеющий форму цилиндра с шестью отверстиями.

## Конверсия монооксида углерода

После вторичного риформинга конвертированный газ, содержащий большое количество монооксида углерода (до 12,5%), поступает сначала на стадию среднетемпературной конверсии оксида углерода (СТК или конверсия CO I ступени), а затем – на низкотемпературную конверсию оксида углерода (НТК или конверсия CO II ступени).

В реакторе СТК на поверхности железохромового катализатора при температуре 350–430 °С и соотношении пар: газ (0,65–0,75): 1 протекает окисление монооксида углерода в соответствии со следующей реакцией:



## ФАКТЫ

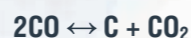
Не менее

15 %

должна быть объемная концентрация водяного пара в реакционной смеси, чтобы избежать снижения активности катализатора

Для указанного процесса разработан и выпускается железохромовый катализатор НИАП-05-01. Активной фазой является оксид Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, который в присутствии оксида хрома (III) формирует твердый раствор Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> · Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> с замещением части ионов железа ионами Cr<sup>3+</sup> в кристаллической решетке Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. При этом, по мнению авторов [16], роль Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> заключается в стабилизации активного компонента.

При низком содержании водяного пара на поверхности катализатора возможно протекание нежелательного процесса Будуара:



Образующийся при этом углерод снижает активность катализатора за счет пассивации его поверхности. Чтобы избежать этого, объемная концентрация водяного пара в реакционной смеси должна быть не менее 15%.

На входе в аппарат температура газовой смеси составляет 320–330 °С. Ее снижение на входе в реактор достигается за счет применения в составе катализаторов промоторов, в частности KMnO<sub>4</sub>. Благодаря экзотермичности процесса температура в реакторе повышается на 8–10 °С на каждый процент конвертированного оксида углерода. После реактора для газовой смеси она не превышает 430 °С, хотя катализатор выдерживает перегревы до 550 °С без потери его активности.

Дальнейшая конверсия монооксида углерода осуществляется при температуре до 240 °С. Для этой стадии хорошо зарекомендовали себя медьцинкалюминиевые катализаторы марок НИАП-06-06 (НТК-АКН), НИАП-06-07 (К-СО) и НИАП-06-08 (НТК-4).

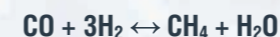
Содержание оксида меди (II) в указанных катализаторах варьирует от 25 до 50% масс. В процессе восстановления оксида меди конвертированным газом после I ступени образуется металлическая медь в достаточном количестве, которая является активным компонентом данных катализаторов. Для стабилизации ее высокодисперсного состояния

и предотвращения возможности рекристаллизации в процессе эксплуатации в состав катализатора вводят ряд стабилизирующих добавок, которыми являются оксиды алюминия, магния, цинка и др. Хорошими стабилизирующими свойствами также обладают соединения шпинельного типа [5].

Кроме этого, указанные добавки при правильном их подбore могут оказывать дополнительное положительное влияние на катализатор. Прежде всего, они могут связывать вредные примеси, находящиеся в конвертированном газе, защищая активный компонент катализатора. Такую роль в катализаторах НТК играет оксид цинка, который поглощает соединения серы и хлора. Небольшие добавки оксида хрома, помимо стабилизирующего действия, повышают прочность катализатора.

## Метанирование

После конверсии CO II ступени и ее последующей очистки от диоксида углерода, полученная азотоводородная смесь, содержащая в своем составе небольшие количества CO и CO<sub>2</sub>, поступает на стадию метанирования, где протекают следующие основные процессы:



Данный процесс позволяет проводить тонкую очистку водорода и водородсодержащих газов от оксидов углерода, которые являются каталитическими ядами во многих процессах органического и неорганического синтеза и обеспечивает защиту окружающей среды от большого количества оксидов углерода, выбрасываемых в атмосферу.

По природе активного компонента катализаторы метанирования разделяют на никелевые, железные, и на основе металлов платиновой группы. Наибольшее практическое применение получили первые

Метанирование – наиболее эффективный способ очистки водорода от оксидов углерода, который позволяет снижать их остаточное содержание до 5–10 ppm. Процесс проводится на никелевых катализаторах при входном суммарном содержании оксидов углерода до 3,5% об.

В целом по природе активного компонента катализаторы метанирования можно разделить на три основные группы: никелевые, железные и на основе металлов платиновой группы.

Существенным недостатком железных катализаторов является их подверженность сильному зауглероживанию, что приводит к блокированию пористой структуры. По этой причине такие катализаторы не нашли широкого промышленного применения.

Катализаторы на основе металлов платиновой группы (родий, платина) обладают хорошими каталитическими свойствами, не нуждаются в восстановлении,

## ФАКТЫ

Железные катализаторы

подвержены сильному зауглероживанию, что приводит к блокированию пористой структуры

не пирофорны. Однако их практическое применение сильно ограничено из-за высокой стоимости.

Наибольшее практическое применение получили катализаторы метанирования на основе никеля. Лидирующие позиции среди этих катализаторов по активности и стабильности занимает НИАП-07-01 (НKM-1) с содержанием оксида никеля (II) 35–40% масс. Известны случаи его эффективной работы на протяжении 30 лет без перегрузки. Данный катализатор получают путем смешения основного карбоната никеля с активным оксидом алюминия, обработки продукта смешения аммиачной водой, сушки, прокалки и таблетирования полученной массы. Удельная поверхность металлического никеля в полученном катализаторе имеет максимальное значение при содержании NiO в катализаторе 35–40% масс. [1, 5].

Совершенствование структуры катализатора в направлении максимального диспергирования активного компонента позволяет повысить эффективность его работы, снизить содержание в нем никеля и, следовательно, уменьшить его стоимость. С этой целью был разработан и запущен в производство катализатор НИАП-07-04, в котором содержится лишь 25% масс. NiO.

Другим направлением совершенствования катализаторов этой серии является доработка выпускаемых ранее катализаторов тонкой очистки водородсодержащих газов от оксидов углерода (ТО-2) с целью снижения температуры восстановления процесса. Таким образом был разработан катализатор НИАП-07-05. Особенностью технологии его приготовления является наличие стадии формирования аммонийных хроматов никеля.

Благодаря этому удалось существенно снизить температуры восстановления и работы катализатора с 490 до 135 °С.

Дальнейшие исследования в этом направлении позволили получить катализатор НИАП-07-07, в котором дополнительно используется высокоглиноземистый цемент для увеличения механической прочности.

## Очистка газов

В ряде технологических процессов, в частности при получении азото-водородной смеси, происходит выделение инертных газов, требующих дополнительной очистки от кислорода и углеводородов [17]. Такая очистка осуществляется на катализаторе-хемосорбенте НИАП-15-08, а также на никель-медных катализаторах марок НИАП-15-02, НИАП-15-03, НИАП-15-09.

Для освобождения технологических газов от диоксида углерода и от горючих газов, включая водород, достаточно широко используются алюмо-палладиевый катализатор ПК-ЗШН и его аналоги, катализаторы АПКБ-0,5, АПК-НШГС, АПН-Ш. Их активные компоненты наносятся на носители сферической формы разного диаметра из активного оксида алюминия с высокой удельной поверхностью. Это позволяет обеспечивать оптимальный баланс между производительностью катализатора и перепадом давления в его слое.

Для освобождения технологических газов от диоксида углерода и горючих газов широко используются алюмо-палладиевый катализатор ПК-ЗШН и его аналоги – катализаторы АПКБ-0,5, АПК-НШГС, АПН-Ш

Тонкая очистка водородсодержащих газов от O<sub>2</sub>, СО и СО<sub>2</sub> достаточно широко осуществляется на никель-хромовом катализаторе НИАП-12-05.

Для удаления хлорсодержащих соединений рекомендовано использовать поглотители хлора НИАП-02-10, которые выпускаются под двумя марками. Первая изготовлена на основе комбинации оксидов металлов и характеризуется высокой хлороемкостью. Вторая производится на алюмооксидной основе и отличается повышенной селективностью.

Приведенные инновационные разработки в области промышленного катализа способствуют снижению «углеродного следа» на предприятиях, осуществляющих переработку природного газа.

Получаемый при этом водород рассматривается как энергоноситель, способный в перспективе обеспечить человечество надежной, доступной, стабильной и экологичной энергией. Многие страны занимаются разработкой стратегии развития, которая позволит обеспечить исследования, результаты которых привели бы к реализации основных задач в области водородной энергетики. ●

### Литература

1. Афанасьев С.В. Инновации и «зеленые технологии» в газохимии и нефтедобыче. Монография. – Самара: Изд-во СНЦ РАН. 2022. – 198 с.
2. Концепция развития водородной энергетики в Российской Федерации // Распоряжение Правительства Российской Федерации от 5 августа 2021 г. № 2162-р. – М.: 23 с.

### ФАКТЫ

## Алюмо-палладиевый катализатор

и его аналоги широко используются для освобождения технологических газов от диоксида углерода и от горючих газов, включая водород

3. Афанасьев С.В., Садовников А.А., Гартман В.Л., Дульнев А.В., Обысов А.В. Очистка природного газа от сернистых соединений // *Neftgaz.RU. Деловой журнал*. 2018. № 10. С. 88–95.
4. Афанасьев С.В., Гартман В.Л. Каталитическая конверсия оксида углерода 1-й и 2-й степени // *Neftgaz.RU. Деловой журнал*. 2021. № 7. С. 29–33.
5. Афанасьев С.В., Садовников А.А., Гартман В.Л., Обысов А.В., Дульнев А.В. Каталитические процессы в газохимии. Монография. Под ред. д.т.н. С.В. Афанасьева. – Самара: Изд-во СНЦ РАН. 2021 – 244 с.
6. Технология переработки нефти и газа. Процессы глубокой переработки нефти и нефтяных фракций в 2-х ч. / Сост.: С.М. Ткачев – Новополюцк: ПГУ, 2006. – 345 с.
7. Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2017. № 2 (<http://ogbus.ru>). Дата обращения: 14.02.2024 г.
8. Афанасьева Ю.И., Кривцова Н.И., Иванчина Э.Д., Занин И.К., Татауршиков А.А. Разработка кинетической модели процесса гидроочистки дизельного топлива // *Известия Томского политехнического университета*. 2012. Т. 321. № 3. С. 121–125.
9. Яковенко Р.Е., Ильин В.Б., Савостьянов А.П., Зубков И.Н., Дульнев А.В., Семенов О.А. Конверсия сжиженных углеводородных газов на промышленных никелевых катализаторах // *Катализ в промышленности*. 2019. № 6. С. 455–464.
10. Iyin V.B., Yakovenko R.E., Belashov D.M., Zemlyakov N.D., Savost'yanov A.P. Thermodynamic Study of Associated Petroleum Gas Reforming to Methane // *Petroleum Chemistry*, 2019, Volume 59, Issue 6, pp. 641–649.
11. Мурзин Д.Ю., Власов Е.А., Постнов А.Ю., Омаров Ш.О., Мальцева Н.В. Каталитическая конверсия n-гептана // *Известия СПбГИ(ТУ). Технология неорганических веществ*. 2014. № 26. С. 13–19.
12. Голосман Е.З., Ефремов В.Н., Кашинская А.В. Промышленные катализаторы метанирования для предприятий нефтепереработки, нефтехимии и химической промышленности // *Нефтегазохимия*. 2015. № 2. С. 39–43.
13. Гартман В.Л., Обысов А.В., Дульнев А.В., Афанасьев С.В. Новая базовая форма катализаторов для реакторов конверсии углеводородов // *Катализ в промышленности*. 2012. № 3. С. 57–61.
14. Голосман Е.З., Дульнев А.В., Ефремов В.Н., Круглова М.А., Лукин В.В., Обысов М.А., Поливанов Б.И., Ткаченко И.С., Ткаченко С.Н. Инновационные катализаторы для химической, нефтехимической, металлургической и других отраслей промышленности // *Катализ в промышленности*, 2017. Т. 17 (6). С. 487–509.
15. Вакк Э.В., Шуклин Г.В., Лейтес И.Л. Получение технологического газа для производства аммиака, метанола, водорода и высших углеводородов. – М.: 2011. – 480 с.
16. Семенов В.П., Киселев Г.Ф., Орлов А.А. и др. Производство аммиака. Под ред. В.П. Семенова. – М.: Химия. 1985. – 368 с.
17. Голосман Е.З. Очистка технологических и выбросных газов с использованием промышленных цементосодержащих катализаторов. Ч.1. // *Химическая технология*. 2000. № 12. С. 25–35.

KEYWORDS: *catalysts, hydrogen production, methane conversion, gas purification.*

# КАЛЕНДАРЬ СОБЫТИЙ

## 3–8 июня

12-я международная научно-практическая конференция

Интеллектуальное месторождение: инновационные технологии от пласта до магистральной трубы

г. Сочи

## ИЮНЬ

П	3	10	17	24
В	4	11	18	25
С	5	12	19	26
Ч	6	13	20	27
П	7	14	21	28
С	1	8	15	22
В	2	9	16	23
				30

## 4–7 июня

Международная специализированная выставка

Недра России 2024

г. Новокузнецк, ВК «Кузбасская ярмарка»

## 11–13 июня

Международная выставка и конференция по энергетике

Global Energy Show 2024

Канада, Калгари

## 19–21 июня

Международная промышленная выставка и бизнес-форум

Expo Eurasia Kazakhstan 2024

Казахстан, Алматы

## 19–22 июня

Мексиканский нефтяной конгресс и выставка

Congreso Mexicano del Petroleo 2024

Мексика, Тампико

Полная версия журнала  
доступна по подписке