



СПГ НА
ТОПЛИВО

СТАВКА
НА СПГ

ТОПЛИВНЫЕ
ПЕРСПЕКТИВЫ
ГАЗА

Neftegaz.RU

ДЕЛОВОЙ ЖУРНАЛ

ИНТЕРЕСНО О СЕРЬЕЗНОМ

ISSN 2410-3837

[2] 2018

ВИНКИ ДАВЯТ
НА ГАЗ



Входит в перечень ВАК

МОДУЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ ГАЗОПОДГОТОВКИ

ENERPROJECT group



СЕПАРАЦИЯ



ОСУШКА



СЕРООЧИСТКА



КОМПРИМИРОВАНИЕ



ИНДИВИДУАЛЬНОЕ
ПРОЕКТИРОВАНИЕ



ДОСТАВКА
И ШЕФМОНТАЖ



ПУСКОНАЛАДКА
И ИСПЫТАНИЯ



СЕРВИСНОЕ
ОБСЛУЖИВАНИЕ

РЕКЛАМА

ЭНЕРГАЗ
ГАЗОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

105082, Москва, ул. Б. Почтовая 55/59, стр. 1.
Тел.: +7(495) 589-36-61. Факс: +7(495) 589-36-60.

info@energias.ru www.energias.ru

ВНИМАНИЕ К ДЕТАЛЯМ – ОТ ИДЕИ ДО ВОПЛОЩЕНИЯ

ВИНКи дают на газ



6

Сжигать ПНГ в Арктике стало дешевле



8

Эпохи НГК

4

РОССИЯ Главное

ВИНКи дают на газ

6

Сжигать ПНГ в Арктике стало дешевле

8

События

10

ПЕРВАЯ СТРОЧКА

Топливные перспективы газа

12

РЫНОК

Перспективы развития газовой отрасли России с учетом трансформации глобальных рынков

16

СОДЕРЖАНИЕ

Вектор движения российской газохимии



24

РЫНОК

Вектор движения российской газохимии

24

Отечественная переработка: в ногу с мировыми трендами?

28

Календарь событий

35

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ

Первый российский криоблок

36

АВТОМАТИЗАЦИЯ

ОАО «ЭНА»: совершенствование в интересах заказчиков. Оптимизация подбора насосного оборудования на базе Sraix 4 Pumps

40

Оптимизация энергопотребления и организация энергоменеджмента на предприятиях нефтегазохимической отрасли

42

Первый российский криоблок



36

Ставка на СПГ



46

СПГ на топливо



50

Управление жизненным циклом оборудования



74

Способы повышения энергоэффективности центробежных компрессоров



80

ПЕРЕРАБОТКА

Ставка на СПГ

46

СПГ на топливо. Технология получения малотоннажного сжиженного природного газа с двумя контурами охлаждения

50

Россия в заголовках

55

Очистка газов от оксидов азота

56

Мировое и отечественное производство и потребление нетканых материалов

64

Хронограф

73

ОБОРУДОВАНИЕ

Управление жизненным циклом оборудования. Снижение стоимости эксплуатации и повышение надежности компрессорных станций

74

Способы повышения энергоэффективности центробежных компрессоров

80

ОТДЫХ

Подмосковная Австрия

88

НЕФТЕСЕРВИС

Тиксотропия. Изучение явления на примере нефти Восточно-Бирлинского месторождения

92

Нефтегаз Life

96

Классификатор

98

Цитаты

100

183 года назад

В 1835 году в Санкт-Петербурге методом сухой перегонки угля начали вырабатывать искусственный газ, названный светильным.

138 лет назад

В 1880 году нефтяной газ начали использовать как топливо в котельных Баку, а затем и Грозного.

127 лет назад

В 1891 году в Великобритании светильный газ вырабатывался на 594 заводах, а в России в этом же году таких заводов было 30.

103 года назад

В 1915 году шла полным ходом газификация Москвы – газом пользовались жители уже 2700 квартир.

94 года назад

В 1924 году в СССР было известно всего 5 газовых месторождений – «Дагестанские Огни», Мельниковское, Мелитопольское, Сураханское и Ставропольское. Общие запасы газа в них составляли около 200 млн м³, а добыча не превышала 15 млн м³/год.

85 лет назад

В 1933 году приказом Наркомата тяжелой промышленности в СССР создано Управление газовой промышленности и промышленности искусственного жидкого топлива (Главгаз).

75 лет назад

В 1943 году в СССР введен в эксплуатацию первый магистральный газопровод Бугуруслан-Похвистнево-Куйбышев. В СССР принимается принципиальное решение о строительстве первого дальнего газопровода.

30 лет назад

В 1988 году открыто Штокмановское газоконденсатное месторождение.

13 лет назад

В 2005 году «Газпром» впервые поставляет сжиженный природный газ (СПГ) за границу. Подписано принципиальное соглашение о строительстве газопровода «Северный поток» (Nord Stream). Выведен на проектную мощность трубопровод Ямал-Европа (33 млрд м³).

Издательство Neftegaz.RU

РЕДАКЦИЯ

Главный редактор
Светлана Вяземская

Шеф-редактор
Анна Павлихина

Редактор
Анастасия Никитина

Ведущий аналитик
Артур Гайгер

Журналисты
Анна Игнатова,
Елена Алифирова,
Ольга Цыганова
Денис Савосин

Дизайн и верстка
Елена Валетова

Корректор
Виктор Блохин

Редколлегия
Ампилов Ю.П.
Галиулин Р.В.
Гриценко А.И.
Данилов А.М.
Данилов-Данильян В.И.
Макаров А.А.
Мастепанов А.М.
Салыгин В.И.
Третьяк А.Я.

Директор
Ольга Бахтина

Отдел рекламы
Дмитрий Аверьянов
Ольга Иванова
Валентина Горбунова
Ольга Щербакоева
Ольга Ющенко
Дмитрий Муханов
Юлия Косыгина
Станислав Будылёв
reklama@neftgaz.ru

Представитель в Евросоюзе
Виктория Гайгер

Тел.: +7 (495) 650-14-82
Выставки, конференции, распространение
Татьяна Петрова

Служба технической поддержки
Сергей Прибыткин
Алексей Бродский

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:
127006, г. Москва,
ул. Тверская, 18,
корпус 1, оф. 812
Тел. (495) 650-14-82,
694-39-24
www.neftgaz.ru
e-mail: info@neftgaz.ru
Подписной индекс
МАП11407

Перепечатка 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
«МЕДИКОЛОР»

Заявленный тираж
8000 экземпляров



НОВЫЙ Volkswagen Crafter

Работник года



Лучший фургон
2017 года²

В ЛИЗИНГ
от 15 000 руб./мес.¹



года
уверенности³



Новое
поколение
двигателей



Высокопроч-
ный кузов
с защитой
от коррозии



Уникальный
фирменный
привод
4Motion



Максималь-
ная полная
масса до
5,5 тонны



100 %-ная
готовность
к зиме



Передовые
системы
помощи
водителю



Самое
объемное
грузовое
отделение
в сегменте

Лучший фургон 2017 года² уже в России

У нас была четкая цель — создать автомобиль, который бы работал как никогда раньше. Для любых условий и задач. Практичный, экономичный и инновационный. Результат — новый Crafter, лучший в своем классе². С передовым техническим оснащением и широким рядом электронных ассистентов водителя. Автомобиль, ориентированный на ваши потребности и задачи как никогда раньше⁴.



**Коммерческие
автомобили**

¹ Условия финансовой аренды (лизинга) для юридических лиц: авансовый лизинговый платеж — 47,24 % от цены, равной 2 200 000 руб. с НДС, платеж в счет выкупа — 43,7 %, срок лизинга — 36 мес. Валюта финансирования — рубль РФ. Комиссионный сбор за оформление — 0 руб. с НДС. Балансодержатель — лизингодатель. Плата за финансирование — 10,62 % годовых, где размер финансирования равен стоимости автомобиля с НДС за вычетом размера авансового платежа. Страхование каско, ОСАГО, ДСАГО обязательно, осуществляется силами и за счет лизингополучателя (может осуществляться лизингодателем с соответствующим увеличением размера лизингового платежа в месяц). Регистрация автомобиля осуществляется силами, за счет и на имя лизингополучателя. Договором лизинга предусмотрен выкуп автомобиля лизингополучателем по окончании срока лизинга по цене 961 400 руб. с НДС. При изменении условий сделки, выборе другой комплектации автомобиля и изменении его стоимости и прочего сумма постоянной части ежемесячного платежа может измениться. Сумма договора лизинга, рассчитанная как сумма авансового лизингового платежа, лизинговых платежей (постоянная часть) и платежа в счет выкупа, составляет 2 540 610 руб. с НДС без учета комиссионного сбора за оформление. Не является публичной офертой. Лизингодатель вправе изменить условия без предварительного уведомления. Решение о предоставлении услуг принимается лизингодателем индивидуально. Услуги лизинга предоставляются «ФВ Груп Финанс» ООО. www.volkswagen-finance.ru. 8-800-700-75-57 (звонок по России бесплатный). ² По результатам голосования международного жюри премии Van of the Year («Фургон года»). ³ Гарантия изготовителя 2 года + 1 год послегарантийной сервисной поддержки на условиях, указанных на сайте www.volkswagen-commercial.ru. ⁴ Среди автомобилей Volkswagen. Реклама.



ЛУКОЙЛ построит ГХК в Ставропольском крае



Добыча газа на шельфе Каспия может превысить 20 млрд м³ в год



СИБУР построит в Амурской области крупнейший в России ГХК



Крупные центры газопереработки расположены в непосредственной близости от месторождений

ВИНКИ ДАВЯТ НА ГАЗ

Анна Павлихина

ЛУКОЙЛ намерен построить газохимический комплекс в Ставропольском крае. Основным сырьем для ГХК станет ПНГ с месторождений Каспийского моря. В перспективе суммарная добыча газа на шельфе Каспия может превысить 20 млрд м³ в год, такие объемы надо реализовывать максимально эффективно. Поэтому идея создания крупного перерабатывающего комплекса витала давно и была анонсирована еще 10 лет назад, но планы нарушила крупная авария на Ставролене – промышленной базе будущего производства. В феврале этого года стало известно, что компания приняла инвестиционное решение о строительстве ГХК. С вводом всех запланированных мощностей комплекс станет одним из крупнейших в России центров производства полимеров.

Российская газохимия вошла в новую фазу развития в 2013 г., сделав значительный шаг в наращивании действующих и создании новых производств. Сегодня тенденция продолжается развитием проектов глобальных газоперерабатывающих производств по выпуску крупнотоннажных полимеров, заявленных годами ранее.

Так, Газпром решил вернуться к идее строительства Новоуренгойского ГХК, откладываемой с 1993 г. В настоящее время идет строительство установки стабилизации для переработки дополнительных объемов конденсата ачимовских залежей. Уже в конце следующего года ее планируют ввести в эксплуатацию. Этот газ станет сырьем для строящегося нового ГХК, мощность которого составит 400 тыс. тонн ПЭ в год, а после ввода второй очереди – 1 млн тонн.

Еще один миллионник в планах у СИБУРА, развивающего газопереработку в Амурской области. Компания намерена построить газохимический комплекс в районе, не имеющем никакой инфраструктуры, что делает проект очень дорогим.



На двух очередях планируется производить почти 2,5 млн тонн ПЭ в год, а это в полтора раза больше, чем на всех предприятиях России вместе взятых. Такие объемы сделают ГХК одним из крупнейших в мире. Производство планируют ввести в строй в 2022-2024 гг.

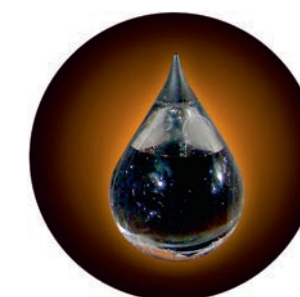
К этому времени будет реализовано большинство намечающихся в отечественной газохимии проектов по увеличению выпуска полимеров. В этой связи несложно предугадать перепроизводство по ряду позиций, в частности по полиэтилену. Самый логичный способ избежать этого – налаживать производство последующих переделов.

Все крупные центры газопереработки расположены в непосредственной близости от месторождений. Так как ПНГ выделяется из нефти и газовых шапок в процессе добычи самой нефти, то основная задача газопереработки сегодня – это переработка ПНГ и конденсата. Следует отметить, что добыча нефти и газа растет, но запасы сеноманских залежей, дающие не требующий особой переработки метан, истощаются, а новые месторождения в большинстве своем газоконденсатные. При этом ужесточаются экологические требования к продуктам нефтегазопереработки. Все это стимулирует строительство перерабатывающих производств и развитие более глубоких переделов газа.

Еще один стимул – исключительное право Газпрома на экспорт природного газа.

Но изменить ситуацию может Генеральная схема развития газовой отрасли, если при ее утверждении в 2020 г. все-таки пересмотрят вопрос о либерализации экспорта газа.

Продавать добываемый газ без затрат на строительство перерабатывающих мощностей – большой соблазн для добывающих компаний, а значит потребуются дополнительные стимулы для развития газопереработки и газохимии. ●



СЖИГАТЬ ПНГ В АРКТИКЕ СТАЛО ДЕШЕВЛЕ

Елена Алифирова

Плата за сжигание попутного нефтяного газа на морских месторождениях в Арктике на 2020–2030 гг. снижена в четыре раза.

Правительство РФ утвердило дополнительные коэффициенты к ставкам платы за загрязнение атмосферы веществами, которые образуются при сжигании на факельных установках или рассеивании попутного нефтяного газа (ПНГ) на новых месторождениях в арктических морях.

Как известно, на российском шельфе разрешено работать только компаниям с госучастием, поэтому льготы получат Роснефть, Газпром и, вероятно, Зарубежнефть.

Изменения касаются новых морских месторождений углеводородного сырья, расположенных полностью в пределах моря Лаптевых, Баренцева, Карского, Печорского, Чукотского, Восточно-Сибирского и Белого морей.

При этом степень выработанности месторождений по состоянию на 1 января 2017 г. должна составлять более 0,01.

Согласно документу, устанавливается дополнительный коэффициент Кнмм, который в 2018–2019 гг. и с 2031 г. будет равен 1, в 2020–2030 гг. – 0,25, а начиная с 2031 г. – снова 1.

Установление коэффициента 0,25 предполагает возможность снижения финансовой нагрузки на недропользователей.

Коэффициенты носят стимулирующий характер и не будут применяться при соблюдении норм на выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

По мнению разработчиков, принятое решение будет стимулировать освоение месторождений углеводородного сырья в арктических морях, а также разработку и внедрение технологий, позволяющих утилизировать ПНГ в условиях Арктики.

Все арктические моря РФ относятся к сложным регионам, где затруднено эффективное освоение, в том числе утилизация ПНГ. ●

Рейтинги Neftegaz.RU

Внушительные запасы газа и ужесточение экологических требований к продуктам нефте- и газопереработки делают идею производства топлива на основе газа крайне привлекательной. Автотранспорт уже сделал первые шаги в этом направлении, а в отношении перехода на бункерное СПГ-топливо остаются вопросы

Надо ли переходить на СПГ в качестве бункерного топлива?

26%

Да, в России сосредоточено 23% мировых запасов природного газа и его надо перерабатывать

18%

Нет, т.к. нет судов на СПГ из-за отсутствия инфраструктуры, которой нет из-за низкого спроса на СПГ

10%

Да, требования к судовому топливу ужесточаются, в перспективе это приведет к отказу от мазута

15%

Нет, использование СПГ уменьшает грузоподъемность судна

3%

Да, уже сейчас стоимость топлива сделала бункеровку традиционным топливом невыгодной в российских портах

10%

Нет, еще нет проверенных технологий

18%

Да, российские компании строят СПГ-заводы, действует госпрограмма по расширению сфер использования СПГ

Россия закрепила за собой статус страны добывающей и экспортирующей углеводороды. Наиболее крупные проекты реализуются в области добычи и транспортировки. Но в последнее десятилетие ВИНКи начали пристально присматриваться к переработке. Какие проекты приоритетнее для страны?

Какой из проектов наиболее важен?

23%

ГХК в Ставропольском крае (производство химикатов, ПЭ и ПП)

35%

2-я линия Ямал СПГ

29%

Балтийский СПГ

6%

Увеличение добычи на Самотлоре

6%

Расширение ВСТО до максимальной мощности



Мы смотрим в Ваше будущее



Сегодня Вы сталкиваетесь с очень значительными изменениями, в особенности если говорить о цифровизации и постоянно меняющихся тенденциях. При этом Вы хотите, чтобы ваше предприятие и компания работали стабильно и эффективно, обеспечивая создание ценности для оптимального использования ресурсов и повышения прибыльности. Именно в таких обстоятельствах возникают совместные инновации. Наш ответ будет основан на решениях и предложениях, созданных на основе иного видения, свежего взгляда, а также с пониманием самых передовых технологий, обеспечивающих устойчивый рост для вас и для всего общества. Yokogawa. Ваш партнёр в динамичном будущем.

Co-innovating tomorrow®

yokogawa.com/into

YOKOGAWA

Yokogawa Electric Corporation

Co-innovating tomorrow является зарегистрированной торговой маркой корпорации Yokogawa Electric Corporation.

Выборы президента
Обвал рынка акций
Газовые войны
Запуск нового производства
Смешение капиталов
Отмена пошлин
Цены на нефть
Новый глава Роснефти

Исключительное право

Президент В. Путин внес изменения в Кодекс торгового мореплавания РФ. Согласно поправкам, суда под российским флагом получили исключительное право на перевозки газа и нефти по Северному Морскому пути.

До настоящего времени перевозки и буксировка на территории России, которые начинаются или заканчиваются за пределами границ морского порта законодательно не регламентировались. При этом суда под флагами иностранных государств сохраняли возможность проводить такие работы. В результате сложилась ситуация, когда российские компании, осуществляющие перевозки на судах под государственным флагом РФ, не имели никаких привилегий при перевозках по акватории РФ.

России, активно заявляющей свои позиции в Арктике, такой ход дел был невыгоден. Меры своевременные с учетом роста перевозок по СМП.

Согласно прогнозам к 2029 г. грузопоток по СМП вырастет более чем в 10 раз и достигнет 80 млн т/год без учета международного транзита. Основной грузопоток к тому времени будут составлять СПГ, сырая нефть, уголь и металлы.

СПГ

с ускорением...

НОВАТЭК определяется по СПГ-проектам. 2-я линия Ямал СПГ ускоряется, Арктик СПГ-2 — расширяется. Согласно

первоначальному плану 2-я и 3-я линии Ямал СПГ должны были быть введены в эксплуатацию в конце 2018 г. и 2019 г. соответственно. Но НОВАТЭК ускоряет процесс — 2-я линия будет сдана на 3 месяца раньше плана, 3-я линия — на 6–9 месяцев раньше плана. Мощность каждой из 3 линий Ямал СПГ составляет 5,5 млн т/год СПГ, таким образом общая мощность Ямал СПГ составит 16,5 млн т/год СПГ.

Планируется и 4-я линия мощностью 1 млн т/год, которая будет построена как опытная, для отработки российской технологии производства СПГ. За счет этого НОВАТЭК рассчитывает снизить себестоимость производства СПГ.

...и расширением

Согласно первоначальной задумке мощность Арктик СПГ-2 должна

составить 19,8 млн т/год СПГ — 3 линии мощностью 6,6 млн т/год каждая. Но оказывается, это не окончательная цифра, она может быть пересмотрена в сторону увеличения.

В бюджет Арктик СПГ-2 НОВАТЭК заложил цену нефти 60–70 долл США/барр.

Проект Арктик СПГ-2 будет реализован на базе Утреннего месторождения.

Планируемый срок запуска 1-й линии — 2022–2023 год с последующим запуском остальных линий в 2024 и 2025 гг. Мощность СПГ-терминала НОВАТЭК планирует на уровне 20 млн т/год, но рассматривается и вариант увеличения до 40 млн т/год.

Запуск намечен на 2022–2023 г. — синхронно с запуском 1й линии Арктик СПГ-2.

Северный поток



Второй ветка ВСТО
Продажа квот
Дочли руки до Арктики
Южный поток
Богдановская ТЭС запущена
Второй волна кризиса
Северный поток достроили
Цены на газ

Нефть на восток

В Амурской и Еврейской автономной областях началось строительство 3 новых нефтеперекачивающих станций (НПС) 2-й очереди МНП ВСТО-2. Новые НПС-23, НПС-26 и НПС-32 будут построены на участке МНП ВСТО-2 от НПС-21 Сковородино в Амурской области до порта Козьмино в Приморском крае.

НПС-23 и НПС-26 строятся в Амурской области, в Магдагачинском и в Серышевском районе соответственно. Сооружение НПС-32 ведется в Смидовичском районе Еврейской автономной области. Строительство ведет ЦУП ВСТО, дочка Транснефти.

НПС являются промежуточными станциями без резервуарного парка. Их НПС станет обеспечения внутри нефтепровода давления, необходимого для перекачки нефти.

В настоящее время на НПС проводятся земляные работы. Завершение строительства планируется осенью 2019 г.

Сооружение НПС ведется в рамках реализации проекта по расширению пропускной способности ВСТО-2. По завершении проекта мощность МНП ВСТО-2 увеличится до 50 млн т/год нефти. Трасса МНП ВСТО-2 пересекает границы 4 субъектов Российской Федерации: Амурской и Еврейской автономной областей, Хабаровского и Приморского краев. По МНП ВСТО-2 нефть из месторождений Западной и Восточной Сибири поступает на предприятия Дальнего Востока и через нефтеналивной порт Козьмино — на рынки стран Азиатско-Тихоокеанского региона.

Газ на запад

В конце января 2018 г. Nord Stream 2 AG, оператор проекта по строительству МГП Северный Поток-2, получила разрешение от

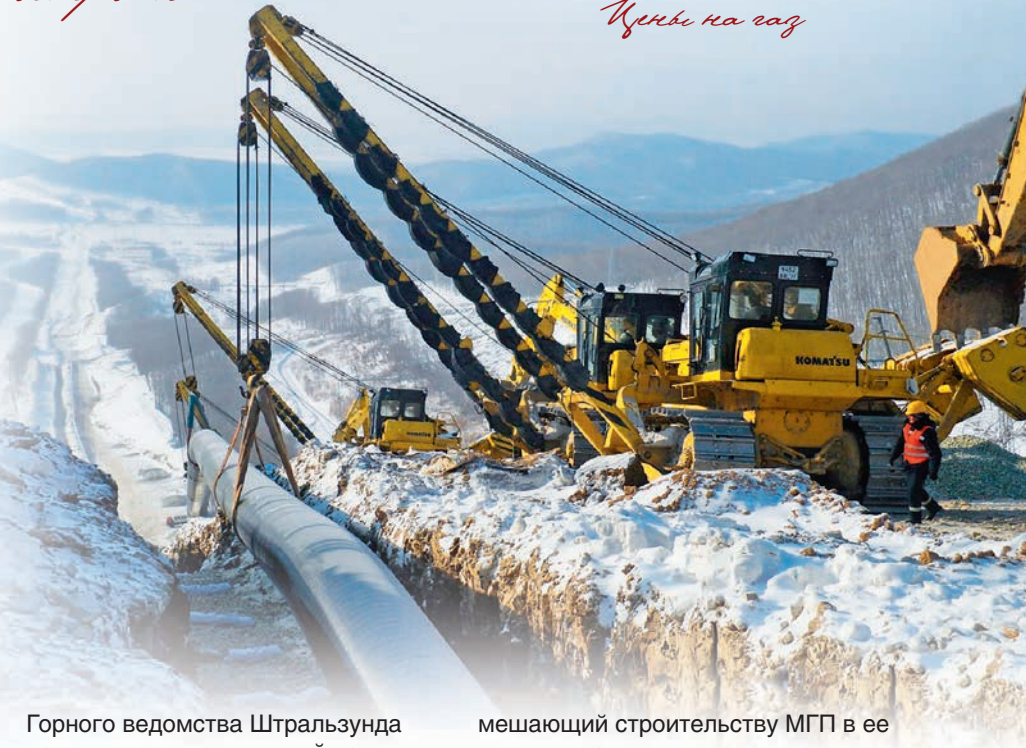
Горного ведомства Штральзунда на строительство морской части газопровода в территориальных водах Германии, что является необходимым условием для выдачи разрешения вышестоящим органом — Федеральным ведомством по судоходству и гидрографии в исключительной экономической зоне Германии. Nord Stream 2 рассчитывает получить это разрешение уже в первом квартале 2018 г.

Кроме Германии, необходимо получить одобрения от властей России, Финляндии, Дании и Швеции. И если Германия всесторонне поддерживает проект по строительству Северного потока-2, а российский Независимый центр экологической экспертизы уже подтвердил соответствие МГП требованиям действующего законодательства РФ, то с другими странами могут быть проблемы, хотя пока процедуры получения разрешений идут по графику.

Осложнил ситуацию Парламент Дании, 30 ноября 2017 года одобивший законопроект,

мешающий строительству МГП в ее территориальных водах, т.к. решение об одобрении строительства будет принимать МИД Дании, руководствуясь соображениями национальной безопасности. Швеция также смотрит на проект не очень благосклонно. Тем не менее, Nord Stream 2 выполнила все требования и ожидает получить необходимые разрешения до начала строительства в 2018 г.

Ожидается создание проблемы и Еврокомиссия, которая в начале ноября 2017 г. по ускоренной процедуре согласовала проект поправок в Газовую директиву ЕС ЕК, согласно которым Северный Поток-2 попадает под действие третьего энергопакета ЕС. подразумевающего, например, юридическую обязанность оператора газопровода прокачивать газ независимых от Газпрома производителей. Теперь эти поправки должны быть приняты Советом ЕС и Европарламентом, но та же Германия свою позицию уже обозначила — поправки получились невнятные и необходимости в них нет. ●



ТОПЛИВНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ГАЗА

Мария Кутузова

НА СЕГОДНЯШНИЙ ДЕНЬ ГАЗ ЯВЛЯЕТСЯ НАИБОЛЕЕ ЭКОНОМИЧНЫМ И ЭКОЛОГИЧНЫМ ВИДОМ ТОПЛИВА. ДЛЯ «ГАЗПРОМА» ПРОИЗВОДСТВО И РЕАЛИЗАЦИЯ КПГ И СПГ В КАЧЕСТВЕ МОТОРНОГО ТОПЛИВА ОСТАЕТСЯ ПРИОРИТЕТНЫМ НАПРАВЛЕНИЕМ. ИМЕННО В ЭТОМ НАПРАВЛЕНИИ РАБОТАЕТ ДОЧЕРНЯЯ КОМПАНИЯ «ГАЗПРОМ ГАЗОМОТОРНОЕ ТОПЛИВО». ОСЕНЬЮ 2017 Г. В МОСКВЕ БЫЛА ОТКРЫТА КРУПНЕЙШАЯ В ЕВРОПЕ ГАЗОВАЯ ЗАПРАВКА МОЩНОСТЬЮ В 29,8 МЛН М3 ГАЗА В ГОД, СПОСОБНАЯ ЕЖЕГОДНО ОБСЛУЖИВАТЬ 2 ТЫС. ЕДИНИЦ ТЕХНИКИ. ЦЕЛЬ «ГАЗПРОМА» – ДОВЕСТИ ЧИСЛО АГНКС В РОССИИ ДО 500 В БЛИЖАЙШИЕ ГОДЫ. ПО ДАННЫМ МИНЭНЕРГО РФ, ЕСЛИ РАНЕЕ ЧИСЛО ВВОДА НОВЫХ ГАЗОВЫХ ЗАПРАВОК В РОССИИ СОСТАВЛЯЛО ЕДИНИЦЫ, ТО В 2016 Г. ПОЯВИЛОСЬ 44 ТАКИХ КОМПЛЕКСА, А В 2017-2020 ГГ. МИНИСТЕРСТВО ОЖИДАЕТ НАСТОЯЩЕГО ПРОРЫВА: ЧИСЛО ОБЪЕКТОВ ГАЗОЗАПРАВОЧНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ДОЛЖНО СОСТАВИТЬ 743 ЕДИНИЦЫ

Общественный транспорт и тяжелая техника, работающие на газе, станут главным трендом для крупных российских городов на ближайшую перспективу. По словам мэра столицы С. Собянина, экологические проблемы города на 90% связаны с выбросами автомобилей, работающих на традиционных топливах. Именно поэтому московские власти заинтересованы в увеличении парка машин, использующих газ. «Проект, который мы реализуем с «Газпромом», заключается в строительстве системных газовых станций, которые позволят машинам, оборудованным газовыми двигателями, комфортно заправляться», – подчеркнул Собянин. Уже к 2025 г. в столице появятся порядка 3 тыс. газомоторных автобусов (примерно 30 % от общего автобусного парка столицы), что нацелено на улучшение экологической ситуации в Москве.

У «Газпрома» уже появился бренд для газомоторного топлива – EcoGas, соответствующий самому высокому классу экологической безопасности «Евро-6», по сравнению с традиционным топливом применение газомоторного топлива позволяет снизить выбросы в атмосферу в 10 раз. По информации руководства «Газпрома», компания намерена бороться за рынок и удерживать цены в два раза ниже стоимости дизельного топлива на долгосрочную перспективу.

Всего в России у «Газпрома» 260 бытовых объектов, предназначенных для реализации газомоторного топлива, а мощность газомоторной инфраструктуры компании достигла 2 млрд м3 в год. Дочерняя «Газпром газомоторное топливо» строит новые газовые заправки, эксплуатирует передвижные газозаправщики. У компании есть проекты по установке модулей компримирования природного газа на обычных АЗС. В собственности у компании Московский газоперерабатывающий завод и два комплекса по сжижению природного газа в Калининграде и Петергофе. По словам председателя совета директоров ПАО «Газпром» В. Зубкова, за последние три года общий объем инвестиций «Газпрома» в газозаправочные комплексы превысил 10 млрд рублей: в 24 регионах страны были построены 43 новые современные станции. По информации председателя совета директоров «Газпрома», 70 % оборудования новой автомобильной газонаполнительной компрессорной станции в Москве было локализовано, создано и выпущено в Российской Федерации.

«Россия обладает самыми большими в мире запасами природного газа. Наличие такого потенциала позволило нам несколько лет назад

ФАКТЫ

10 раз

снизить выбросы в атмосферу позволяет применение газомоторного топлива

260

бытовых объектов, предназначенных для реализации газомоторного топлива, построил «Газпром» в России

начать масштабную работу по развитию инфраструктуры снабжения автомобилей экономичным и экологически чистым топливом. Москва – это огромный мегаполис, крупнейший транспортный и логистический узел. В столице к чемпионату мира по футболу мы дополнительно запустим еще четыре новые станции. Они будут оборудованы по самым высоким стандартам качества и безопасности. В ближайшие два года «Газпром» планирует создать в регионе полноценную газозаправочную сеть», – отметил Зубков. Цель компании довести число газовых заправок в стране до 500 в ближайшие годы.

В планах «Газпрома» подготовка к предстоящему в 2018 г. чемпионату мира по футболу. Предполагается пополнить парк автобусов в городах, где он пройдет, на 800 единиц экологически чистой техники, работающей на газе. Кроме того, по словам Зубкова, стратегическим направлением для компании станет строительство новых малотоннажных заводов по сжижению природного газа (СПГ). Не так давно российский КАМАЗ стал производить двигатели, работающие на СПГ, и руководство «Газпрома» видит особые перспективы для развития поставок сжиженного природного газа для большегрузного транспорта по крупным магистральным линиям: Урал – Москва – Санкт-Петербург, по Шелковому пути (Китай – Россия – Европа) и других, а также использования СПГ в качестве бункеровочного топлива на морском и речном транспорте. В Ленинградской области «Газпром» сейчас ведет строительство комплекса по производству, хранению и отгрузке СПГ в районе компрессорной станции «Портовая». Кроме того, полным ходом идет подготовка к реализации проекта создания крупнотоннажного завода «Балтийский СПГ» в районе порта Усть-Луга.

В настоящее время торговля сжиженным природным газом является для «Газпрома», прежде всего, способом диверсификации экспортных маршрутов. Азиатско-тихоокеанский рынок стал главным направлением продаж СПГ для российской компании. Япония, Китай и Южная Корея станут главными потребителями сжиженного природного газа, в том числе и российского. Осенью 2017 г. «Газпром» и японская Mitsui подписали соглашение по развитию проектов мало- и среднетоннажного сжиженного природного газа. Компании планируют реализацию на территории Японии совместных проектов по производству, транспортировке и маркетингу СПГ. Кроме того, предполагается участие «Газпрома» в бункеровочных проектах сжиженным природным газом в Японском море. Компании являются партнерами в проекте «Сахалин-2», в рамках которого работает единственный в России завод по производству СПГ. Mitsui принадлежит 12,5 % в компании операторе проекта – Sakhalin Energy. В сентябре 2016 г. «Газпром» и Mitsui подписали меморандум о взаимопонимании по СПГ-бункеровке, а в декабре того же года – соглашение о стратегическом сотрудничестве, включающее договоренности о расширении проекта «Сахалин-2» и СПГ-бункеровке морского транспорта в Японском море. На Японию приходится большая часть поставок российского СПГ – 67 % экспорта сжиженного природного газа из России в 2016 г. «Газпром» решил возобновить работу над проектом «Владивосток СПГ», который теперь будет ориентирован на среднетоннажное производство сжиженного газа для промышленных потребителей, газотранспортные проекты и бункеровку сжиженным природным газом.

«Ямал СПГ» НОВАТЭКа – первый российский арктический проект по производству сжиженного природного газа, стартовавший в декабре 2017 г., возможно, станет источником поставок и для бункеровочных операций в Арктике. Недавно анонсировано строительство дополнительной четвертой линии в рамках «Ямал СПГ», что поддержит переход арктического региона на чистое топливо. Уже действует Псковский завод СПГ, продукция которого идет, в том числе, и на бункеровку зарубежных паромов в Балтийском море. Строится завод в Высоцке, ориентированный на поставки в прибалтийские страны, а также и на бункеровку в Балтике.

Требования экологических стандартов в отношении морского транспорта растут год от года. Осталось всего два года до вступления с 2020 г. в силу ограничений по содержанию серы в топливе для морского транспорта в соответствии с решениями Международной морской организации (International Maritime Organization). Европейские страны уже активно работают над созданием системы бункеровки СПГ как в морских портах, так и на внутренних водных путях.

Главными задачами в этом направлении для России остаются создание инфраструктуры и соответствующей техники. Для развития применения сжиженного природного газа на морском и речном транспорте в нашей стране,

ФАКТЫ

2 млрд м³

в год – мощность газомоторной инфраструктуры «Газпрома»

10 млрд

рублей – общий объем инвестиций «Газпрома» в газозаправочные комплексы

67 %

поставок российского СПГ в 2016 г. пришлось на Японию

2021 г.

планируется ввести в эксплуатацию суда с ледовым классом 1А/1В и дедвейтом в 114 тыс.

вероятно, потребуются поддержка государства и программы, аналогичные уже реализуемым для расширения применения газомоторного топлива на автомобильном транспорте. По информации российского отделения Всемирного фонда дикой природы, в настоящее время в России на базе научно-исследовательского судна «Профессор Павловский» по заказу Минпромторга отрабатывается технология перевода судов на использование сжиженного природного газа. «Объединенная судостроительная корпорация», а также входящие в нее Онежская и Костромская верфи разрабатывают проекты судов бункеровщиков сжиженным природным газом.

В прошлом году «Совкомфлот», «Роснефть», ССК «Звезда», а также «Государственная транспортная лизинговая компания» договорились о строительстве на российской верфи на Дальнем Востоке пяти нефтеналивных танкеров, ходящих на сжиженном природном газе, и их последующей эксплуатации в экспортных перевозках сырой нефти. Суда дедвейтом в 114 тыс. т, с ледовым классом 1А/1В, планируется ввести в эксплуатацию в 2021 г. Южнокорейская Hyundai Samho Heavy Industries окажет техническую поддержку в проектировании и строительстве судов класса «Афрамакс», в том числе на газомоторном топливе, на судовой верфи «Звезда».

По информации «Совкомфлота», крупнейший оператор танкерного флота принял принципиальное решение по переходу к использованию СПГ в качестве судового топлива в сегменте крупнотоннажных перевозок. Компания планирует начать эксплуатацию «зеленого» танкера типоразмера Aframax на сжиженном природном газе примерно с середины 2018 года. Первый крупнотоннажный танкер предполагается использовать для коммерческих перевозок в Балтийском и Северном морях. В настоящее время первые «зеленые» Афрамаксы заказаны «Совкомфлотом» в Южной Корее, а с 2020 г. строительство серии танкеров типоразмера Aframax на СПГ планируется начать на судостроительном комплексе «Звезда» компании «Роснефть» на российском Дальнем Востоке. ●



22-25 мая 2018
УФА ➤ **ВДНХ ЭКСПО**

Порядка 400 участников из 16 стран мира ежегодно

Свыше 12 000 посетителей из 45 регионов России

РОССИЙСКИЙ НЕФТЕГАЗОХИМИЧЕСКИЙ ФОРУМ

XXVI международная выставка

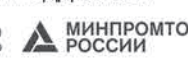
ГАЗ. НЕФТЬ. ТЕХНОЛОГИИ



ОРГАНИЗАТОРЫ



ТРАДИЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА



Адрес: Уфа, ул. Менделеева, 158

Тел: +7 (347) 246 41 77, 246 41 93

E-mail: gasoil@bvkeexpo.ru

@gazneftufa

#газнефтьуфа

#газнефтьтехнологии

#гнт

БVK БАШКИРСКАЯ
ВЫСТАВОЧНАЯ
КОМПАНИЯ

ЗАБРОНИРОВАТЬ СТЕНД

www.gntexpo.ru



ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ РОССИИ С УЧЕТОМ ТРАНСФОРМАЦИИ ГЛОБАЛЬНЫХ РЫНКОВ

МИРОВОЙ ГАЗОВЫЙ РЫНОК БЫСТРО РАЗВИВАЕТСЯ – РАСТУТ ОБЪЕМЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ ТОРГОВЛИ, УВЕЛИЧИВАЕТСЯ ЧИСЛО ПОСТАВЩИКОВ И ИМПОРТЕРОВ, ТРАНСФОРМИРУЮТСЯ МЕХАНИЗМЫ ТОРГОВЛИ. РОССИЯ В ЭТОМ ПРОЦЕССЕ ИГРАЕТ ОДНУ ИЗ КЛЮЧЕВЫХ РОЛЕЙ, ЯВЛЯЯСЬ КРУПНЕЙШИМ ЭКСПОРТЕРОМ ГАЗА В МИРЕ. ПРИ ЭТОМ ТЕНДЕНЦИИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РЫНКОВ ИЗМЕНЯЮТСЯ, А ПЕРСПЕКТИВЫ ГАЗОВОГО СЕКТОРА ВО МНОГИХ СТРАНАХ МИРА СВЯЗАНЫ С ЦЕЛЫМ РЯДОМ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ. В СТАТЬЕ РАССМОТРЕНЫ НАПРАВЛЕНИЯ ТРАНСФОРМАЦИИ МИРОВЫХ ГАЗОВЫХ РЫНКОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ РОССИИ КАК ОДНОГО ИЗ КЛЮЧЕВЫХ ЗВЕНЬЕВ СИСТЕМЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ ТОРГОВЛИ

THE GLOBAL GAS MARKET IS DEVELOPING RAPIDLY – THE VOLUMES OF INTERNATIONAL TRADE ARE GROWING, THE NUMBER OF IMPORTERS AND SUPPLIERS IS INCREASING, THE TRADING MECHANISMS ARE TRANSFORMING. RUSSIA PLAYS ONE OF THE KEY ROLES IN THIS PROCESS, BEING THE LEADING EXPORTER OF GAS IN THE WORLD. WHEREBY THE TENDENCIES OF MARKET'S FUNCTIONING ARE CHANGING, AND THE PROSPECTS OF GAS SECTOR IN MANY COUNTRIES OF THE WORLD ARE CONNECTED WITH THE WHOLE RANGE OF AMBIGUITIES. IN THE ARTICLE THE DIRECTIONS OF TRANSFORMATIONS OF GLOBAL GAS MARKETS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF RUSSIA'S GAS INDUSTRY AS ONE OF THE KEY PARTS OF FOREIGN TRADE SYSTEM ARE REVIEWED

Ключевые слова: газовая промышленность, экспорт газа, международная торговля, мировой рынок, поставки газа в Европу.

Кулагин Вячеслав Александрович,
заведующий отделом исследований энергетического комплекса России и мира
ИНЭИ РАН,
Директор Центра НИУ ВШЭ

Галкина Анна Александровна,
научный сотрудник
ИНЭИ РАН

Козина Елена Олеговна,
мл. научный сотрудник
ИНЭИ РАН,
эксперт
НИУ ВШЭ

Трансформация мировых газовых рынков

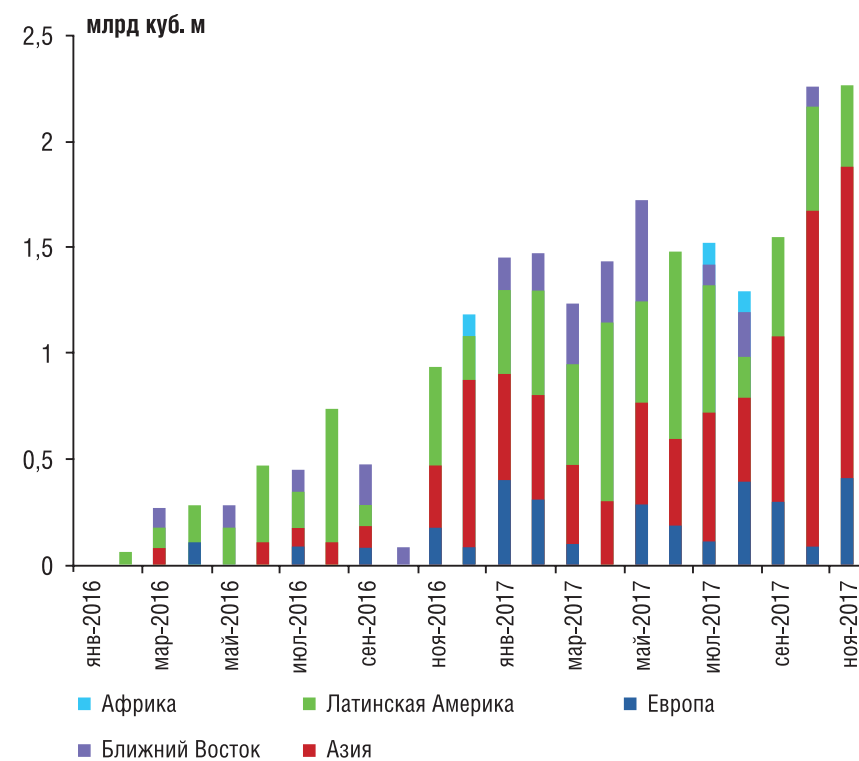
Ситуация на мировом рынке газа меняется. Северная Америка вместо планов по наращиванию импорта газа превращается в его экспортера. Это кардинально меняет расклад сил не только на рынке атлантического бассейна, но и во всей мировой торговле. Оценки по возможностям экспорта газа из Северной Америки сильно отличаются. Это связано с двумя основными причинами – расхождением в анализе ресурсной базы, потенциала добычи и её себестоимости, а также разными взглядами на конкурентоспособность этого газа на мировых рынках.

В 2016 г. большая часть СПГ из США была поставлена в Латинскую Америку, а в 2017 г. возросла доля Азии. Поставки в Европу в период янв. 2016 – нояб. 2017 гг. составили менее 14% (рисунок 1). Суммарный объем экспорта СПГ из США в 2017 г., по предварительным оценкам, превысил 20 млрд куб. м.

Проекты, которые уже ведены и находятся в стадии строительства, позволят уже в ближайшие годы США потенциально экспортировать

УДК 661

РИС. 1. Экспорт СПГ из США по регионам



Источник: EIA DOE, U.S. Natural Gas Exports and Re-Exports by Country

около 90 млрд куб. м газа. Всего же заявлено проектов более чем на 400 млрд куб. м. Однако будет ли этот газ востребован на рынке? Сравнительный анализ востребованности СПГ проектов при различном состоянии рынков, показывает, что только 16% из

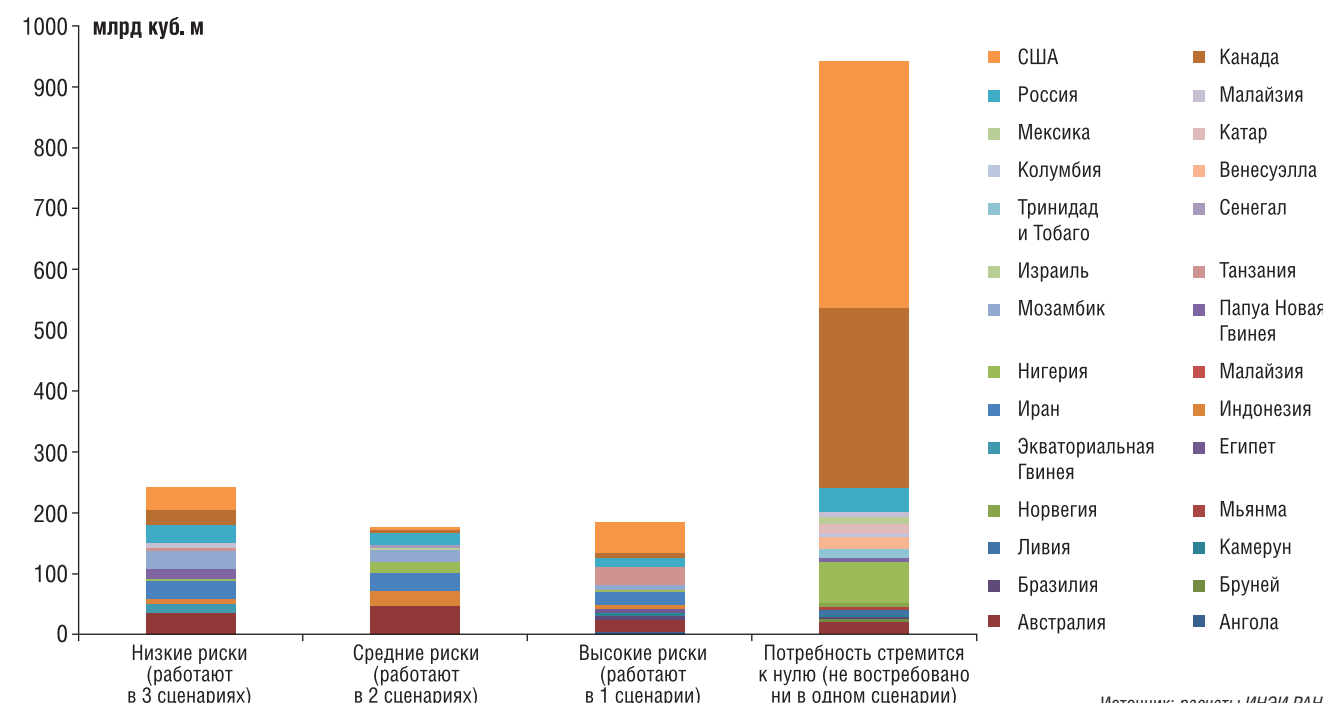
всех заявленных в мире СПГ проектов имеют низкие риски, т.е. будут востребованы во всех трех рассматриваемых сценариях (рисунок 2). А 61% предлагаемых новых мощностей не нужны рынку даже в благоприятных условиях до 2035 г.

Для бизнеса это стандартная ситуация, когда значительная часть анонсируемых планов не реализуется по различным причинам. Но, если проекты, входящие в правый столбец на рисунке (рисунок 2), скорее всего не будут реализованы, то проекты в первых трех столбцах имеют неплохие шансы на запуск в ближайшие двадцать лет. И от того насколько успешным будет развитие мировой экономики и высок спрос на газ, будет зависеть найдут ли они свою нишу. Расчеты показывают, что при высоком спросе ситуация для всех поставщиков достаточно устойчивая. Но замедление роста потребления повышает вероятность обострения борьбы за рыночные ниши, в том числе путем ценовых войн.

Оценка возможностей добычи в США показывает, что до 2025–2030 г. потенциал для прироста есть, но в последующем высока вероятность снижения производства по мере истощения наиболее привлекательных запасов и удорожания проектных затрат.

Конкурировать в ближайшие годы американскому СПГ на европейском рынке достаточно сложно с российским трубопроводным газом – сравнительный анализ средних затрат показывает, что даже

РИС. 2. Сравнительный анализ рисков для новых мощностей СПГ



Источник: расчеты ИНЭИ РАН

РИС. 3. Стоимость поставки газа в Европу (сетевой газ в Германию, СПГ – в Бельгию) на 2020 г., долл. 2016/тыс. куб. м

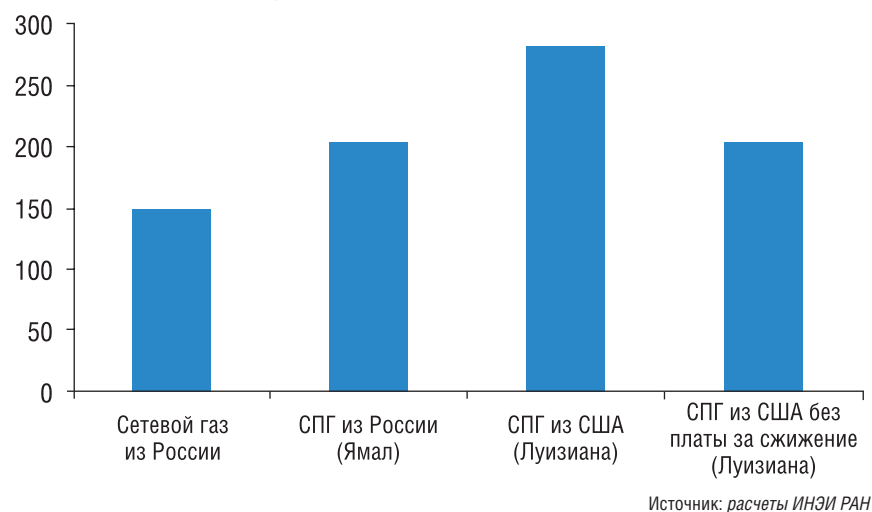


РИС. 4. Стоимость поставки газа в Азию (Северо-Восток Китая) на 2020 г., долл. 2016/тыс. куб. м

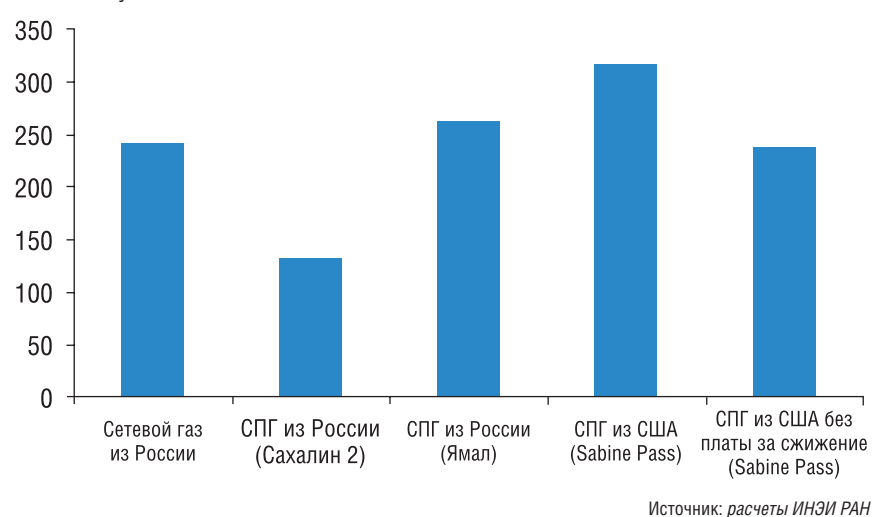
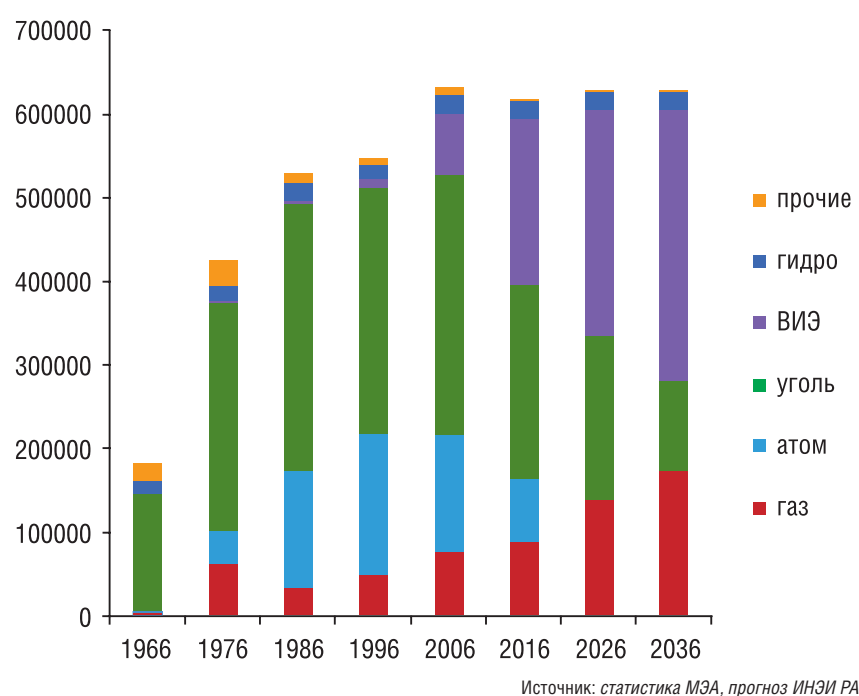


РИС. 5. Производство электроэнергии, Германия, ГВт-ч



без учета стоимости сжижения (толлинговые схемы) себестоимость поставок из США будет на 36% выше, а с полным циклом затрат разница достигнет 89% (рисунок 3). Более благоприятная для СПГ ситуация в юго-западной Европе, по мере увеличения трубопроводного плеча из России. При этом конкурировать с новыми поставками СПГ из некоторых стран мира американский СПГ без учета стоимости сжижения вполне может.

На азиатском направлении СПГ из США сильно уступает по затратам поставкам с Сахалина, как с толлинговыми схемами, так и без них. При этом экспорт российского трубопроводного газа в Китай и СПГ с Ямала более привлекательны только при полном учете затрат на американский СПГ. Если же вычесть стоимость сжижения, то СПГ из США становится вполне конкурентоспособным (рисунок 4). Конечно, корректно сравнивать полные затраты по всем проектам. Но на практике стоимость сжижения в рамках толлинговых схем будет именно тем диапазоном, в рамках которого возможны ценовые войны.

Во многом ситуация в мировой торговле газом будет определяться спросом, прежде всего в Азии и Европе, а также возможностями внутренней добычи в данных регионах.

Европа после резкого спада потребления газа с возвращением на уровень 20-летней давности к 2014 г. вновь начала его наращивать с 2015 г.. Предварительные оценки по 2017 г. показывают продолжение роста по сравнению с 2016 г. Для этого было несколько причин, в частности холодная зима, падение производства на ГЭС и АЭС, стремление потребителей закупить побольше газа в хранилища на фоне роста цен на него. Однако, основная часть этих причин носит не фундаментальный, а текущий конъюнктурный характер. У газа есть ещё потенциал для вытеснения угля в секторах конечного потребления Европы, но по мере снижения доли угля газу приходится конкурировать напрямую с электроэнергией, которая постепенно наращивает свою нишу. В производстве электроэнергии газ заменяет уголь и атом и его роль как балансирующего топлива

возрастает (рисунок 5). Но, на фоне развития ВИЭ и по мере исчерпания возможностей по замене угля в разных странах, а также из-за прохождения пиков энерго и электро потребления, газ также будет проходить свои страновые пики потребления. Во многом опережающую другие страны Европы картину по изменению энергобаланса демонстрирует Великобритания, которая за несколько лет смогла почти полностью отказаться от угля в электроэнергетике (рисунок 6). Расчеты показывают, что в ближайшие 20 лет у газа нет потенциала для существенного наращивания потребления в Европе, но есть возможности по сохранению объемов потребления на уровне вблизи текущих отметок. При этом именно газу придется резервировать основной объем мощностей солнечной и ветряной электроэнергетики.

В ОЭСР Азии заметного расширения импорта газа не ожидается. По мере возвращения в эксплуатацию АЭС в Японии и снижения энергопотребления в стране объемы закупок газа и угля будут уменьшаться. В Корее, напротив, ожидается рост импорта, прежде всего из-за принятых решений по постепенному отказу от атомной энергетики. Но этот процесс будет растянут во времени и увязан со сроками окончания эксплуатации действующих и строящихся реакторов, т.е. продлится ещё около 60 лет. На фоне падения доли атома и угля в энергобалансе планируется рост использования газа и ВИЭ.

Основные неопределенности в торговле газом связаны с не-ОЭСР Азией, прежде всего Китаем и Индией. Здесь ключевыми влияющими факторами будут:

- темпы роста экономик и изменение структуры ВВП;
- энергетическая политика, особенно в угольном секторе и в отношении структуры энергобаланса;
- объемы собственной добычи газа;
- экологическая политика.

По оценкам ИНЭИ РАН, импорт газа в Азию вырастет к 2040 г. в 2,5–3,5 раза (рисунок 7). При этом в отдельных рассчитываемых сценариях Китай в этот период проходит пик своего импорта.

РИС. 6. Производство электроэнергии, Великобритания, ГВт-ч

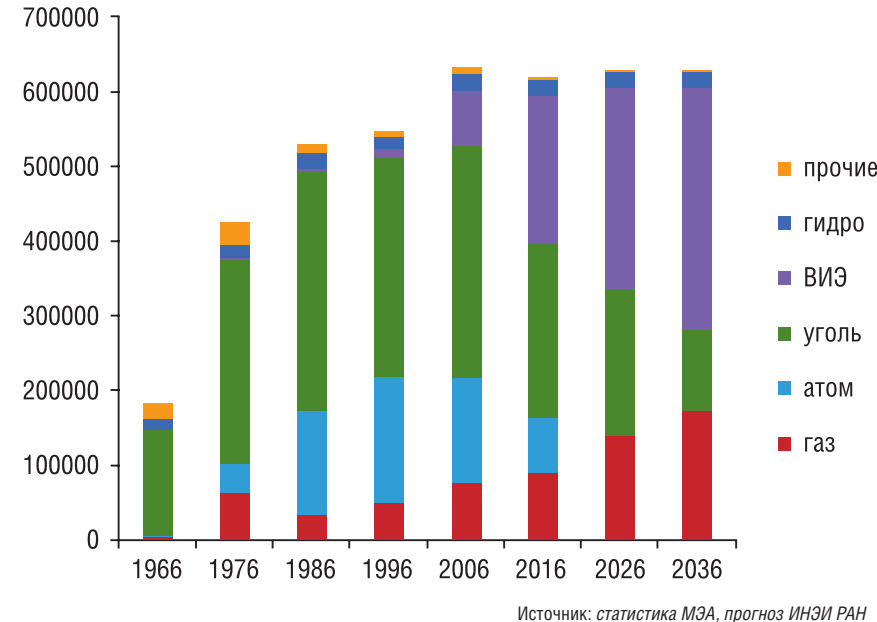
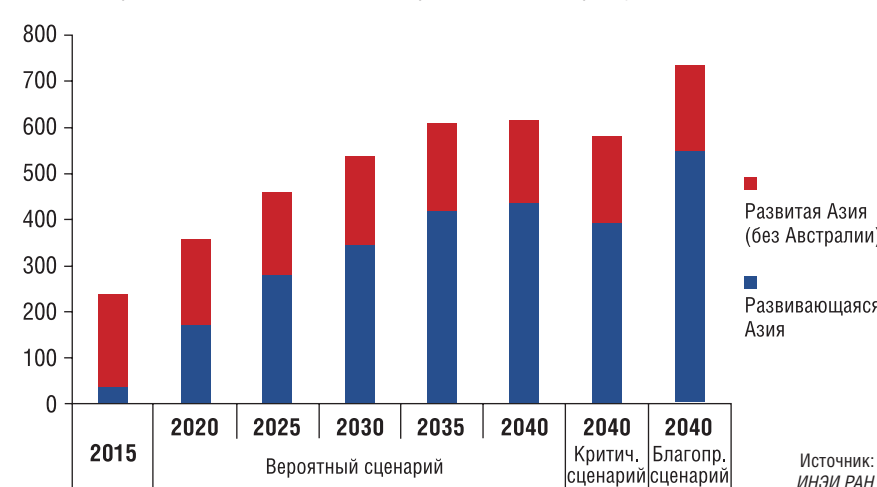


РИС. 7. Прогнозный диапазон нетто-импорта газа в АТР, млрд. куб. м



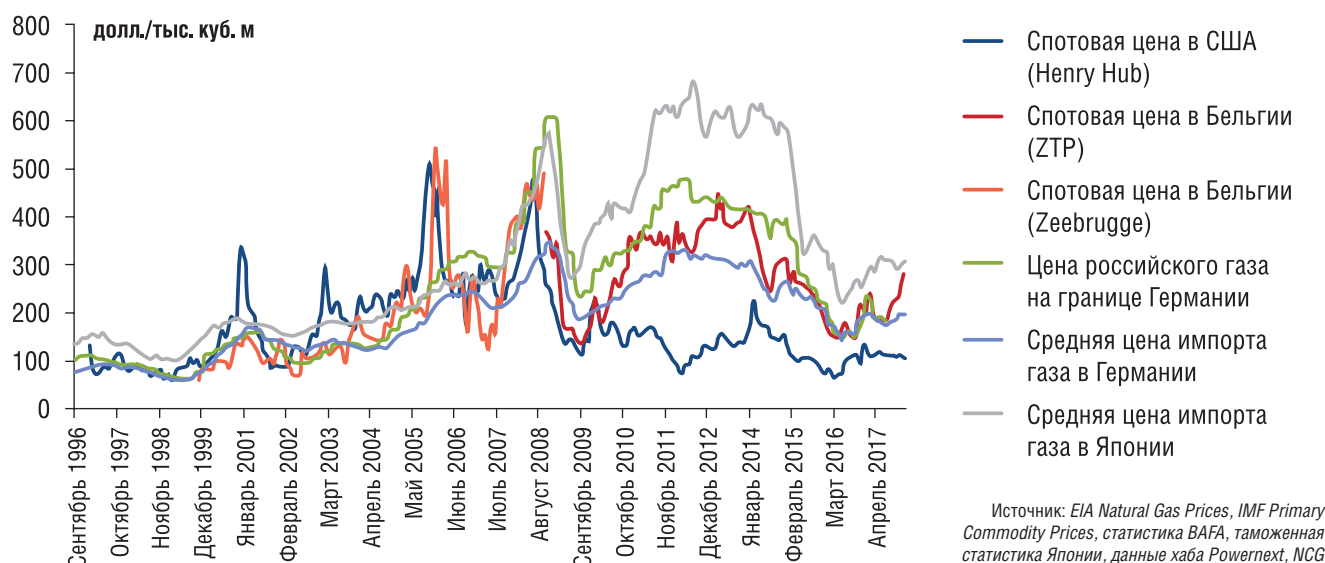
Поэтому необходимо очень внимательно отслеживать рыночные сигналы при планировании новых проектов, которые подвержены рискам недозагрузки.

Объемы торговли газом в значительной степени зависят от цен. С 2008 г. мы наблюдали явное расхождение цен газа между регионами. Американский рынок замкнулся на себя и фактически выпал из мировой торговли. Азия быстро наращивала импорт и демонстрировала самые высокие цены продаж. Европейский рынок был относительно устойчив и находился в процессе изменения подходов к ценообразованию. На фоне избытка предложения газа и усиления межтопливной конкуренции краткосрочная торговля демонстрировала уровень

цен ниже, чем долгосрочные контракты с нефтяной привязкой. К 2015 г. модернизация долгосрочных контрактов и снижение цен на нефть привели к сближению уровней цен в Европе, причем в отдельные месяцы цены импортируемого из России газа были ниже спотовых. Снижение цен на газ в Азии нивелировало большой разрыв с европейскими ценами (рисунок 8).

В перспективе, по мере расширения экспорта СПГ из США, следует ожидать, что Henry Hub будет находиться в большей корреляции с европейскими и азиатскими ценами, но сохранится вполне объяснимый отрыв. При этом наличие избыточных мощностей по производству СПГ позволит США стать своего рода переключателем на рынке, который будет

РИС. 8. Цены газа по регионам мира, 1996–2017 гг.



реагировать на конъюнктуру и, при необходимости, увеличивать поставки на дефицитном направлении, не позволяя ценам уходить высоко вверх. Однако американский СПГ не сможет обеспечить совсем оперативное реагирование на погодные и другие факторы, т.к. на доставку танкера потребуются не мало времени – на европейском направлении около месяца. Значительно более гибким на рынке Европы будет российский трубопроводный газ, который способен реагировать на спрос практически в реальном режиме времени.

Цены в Азии продолжают быть выше европейского и американского рынка, однако не стоит вновь ожидать больших разрывов, как собственно и самих цен на уровне 600-700 долл./тыс. куб. м.

Перспективы экспорта газа из России

Российский экспорт трубопроводного газа из зоны ЕСГ снижался в период 2007–2014 гг. Основными причинами стали падение потребления в Европе, а также сокращение, а потом и полное прекращение поставок в направлении Украины (рисунок 1). Но с 2015 г. трубопроводные поставки в Европу устойчиво росли и по итогам 2017 г. экспорт в дальнее зарубежье из зоны ЕСГ составил рекордные 194 млрд куб. м, увеличившись по сравнению с 2014 г. на треть. Дополнительно к поставкам в

Европу и ближнее зарубежье с 2009 г. ведется экспорт сжиженного газа с проекта Сахалин-2. Завод СПГ на протяжении нескольких лет работает выше проектной мощности, обеспечивая отгрузку почти 15 млрд куб. м ежегодно.

Падение собственной добычи газа в Европе на фоне относительной стабилизации потребления приведут к неизбежному росту импорта. Но, несмотря на высокую конкурентоспособность российского газа на европейском рынке, наращивать объемы продаж будет не просто. Ввод значительных мощностей СПГ на мировом рынке приведет к временному переизбытку предложения,

в условиях которого многие поставщики будут стремиться завоевывать ниши, в том числе с помощью ценовых войн и продаж дешевле себестоимости.

Параллельно на европейский рынок начинает поступать российский сжиженный природный газ. Поэтому следует ожидать сохранения достаточно высокого уровня продаж российского газа в Европу, но рекордные поставки трубопроводного газа 2017 г. повторить в ближайшие годы будет сложно. Во многом перспективы европейского экспорта будут зависеть от динамики спроса в регионе и готовности других поставщиков завоевывать нишу

РИС. 9. Объемы экспорта российского газа из европейской части страны 2007–2016 гг.

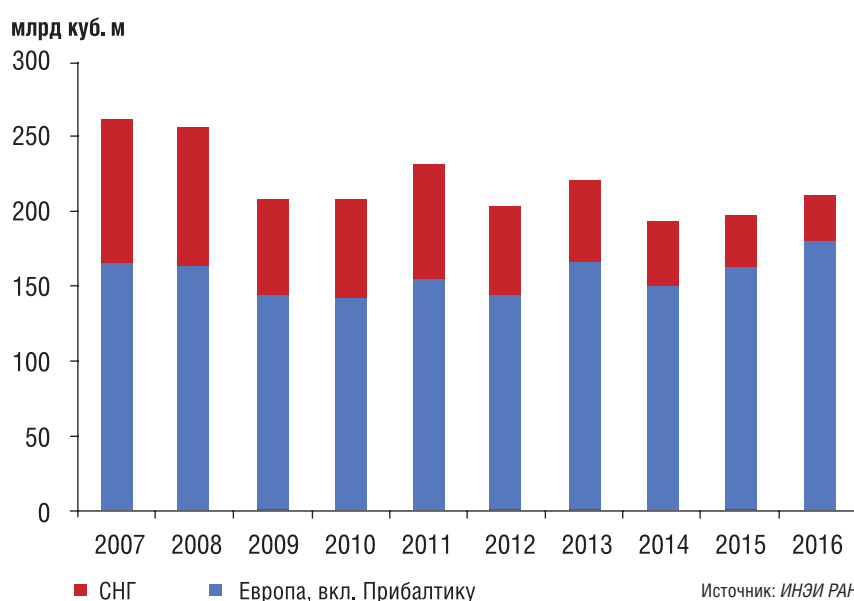
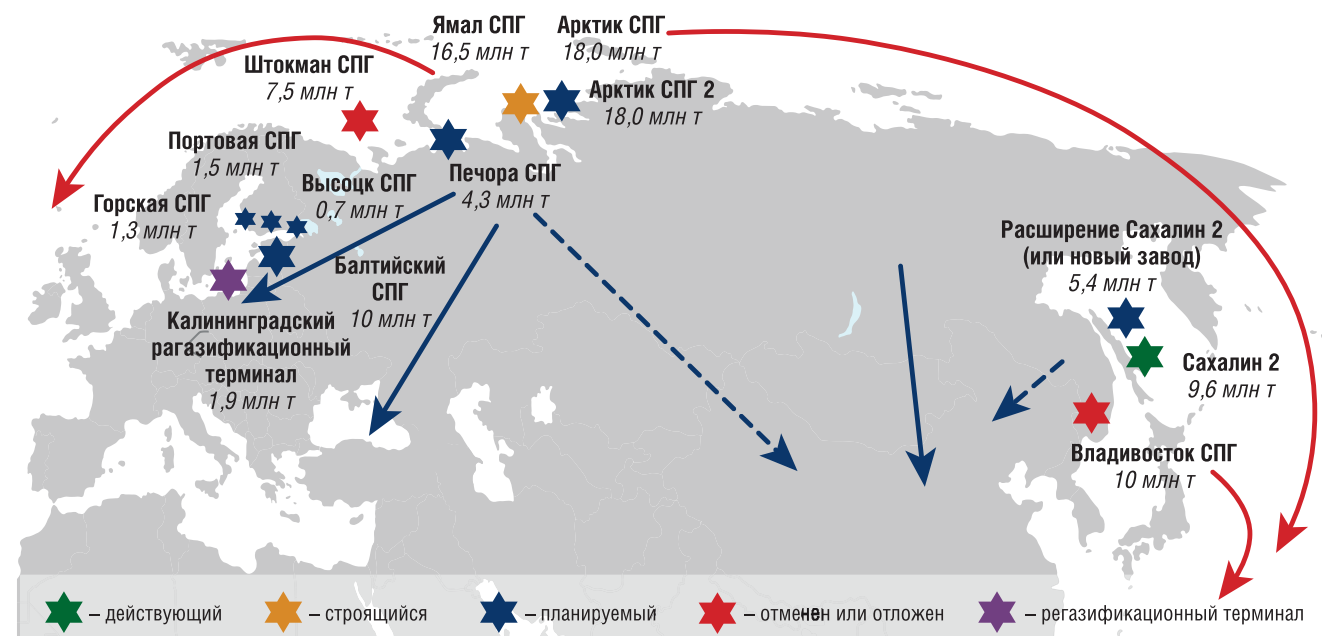


РИС. 2. Сравнительный анализ рисков для новых мощностей СПГ



Источник: расчеты ИНЭИ РАН

при не самых благоприятных экономических условиях поставок.

Поставки в страны Ближнего зарубежья (без Прибалтики), согласно расчетам ИНЭИ РАН, будут до 2035 г. в зависимости от сценария в коридоре 34–42 млрд куб. м. Основные неопределенности здесь связаны с Украиной, но это не сильно меняет планирование, так как замена закупки газа в России на закупку у западных компаний приведет к образованию соразмерной дополнительной ниши на европейском рынке.

На азиатском направлении есть хорошие возможности для наращивания экспорта в рамках расширения производства СПГ на Сахалине и здесь фактически ограничением служат только ресурсные возможности. Согласно подписанному контракту идет строительство трубопровода Сила Сибири в Китай, который позволит ежегодно экспортировать 38 млрд куб. м газа. В рамках проекта Ямал СПГ планируется транспортировка сжиженного газа в Азию, но, очевиден сезонный характер поставок, т.к. в зимний период времени это направление представляет меньший интерес из-за стоимости и расстояний транспортировки. Из перспективных проектов с поставками в АТР помимо расширения производства СПГ на Сахалине рассматриваются возможности строительства дополнительных трубопроводов

в Китай и реализация проектов Арктика СПГ 1 и 2 (рисунок 10).

Отдельное внимание следует уделить экспортным проектам малого СПГ. Благодаря введению экологических требований к судоходству на Балтийском море и части Северного моря (требования по содержанию серы в рамках приложения 6 конвенции MARPOL), сильно увеличилась привлекательность СПГ в качестве судового топлива. В результате сразу несколько компаний объявили об интересе к реализации проектов малого СПГ на Балтике. В перспективе, по мере расширения этих требований на другие акватории, можно ожидать схожих инициатив на Дальнем Востоке и в Черном море.

Перспективы потребления газа на внутреннем рынке

Газ является ключевым источником энергоснабжения России. Более 50% всего первичного энергопотребления и 50% генерации электроэнергии обеспечивается за счет газа. Потребление газа в России в 2007–2017 гг. держалось в среднем на уровне около 460 млрд куб. м с отклонением в пределах 7% от этого показателя. Таким образом, можно говорить о десятилетии стагнации спроса после бурного роста начала 2000-х годов, когда за 7 лет потребление

газа в стране выросло примерно на 60 млрд куб. м. Главной причиной прекращения роста спроса стали кризисные явления в экономике. Если в период 2000–2007 гг. средние темпы роста ВВП страны составили 7,2%, то в 2008–2017 гг. они снизились до 1,2%. Прогнозные оценки дальнейшего изменения спроса на газ также сильно зависят от сценариев развития экономики. Другими определяющими факторами являются стратегия по развитию электроэнергетики и темпы модернизации экономики России. Как показали расчеты, выполненные в ходе подготовки проекта Энергостратегии России до 2035 г., в стране отсутствуют экономически эффективные решения, позволяющие снизить долю газа в энергобалансе. Газ будет оставаться в ближайшие десятилетия самым привлекательным топливом в экономике страны. Однако ошибочно полагать, что низкие цены газа являются хорошим стимулом к развитию промышленности и повышению её конкурентоспособности. Скорее наоборот, дешевые энергоресурсы загоняют экономику в тупик, так как исчезают стимулы к её модернизации и в результате многие промышленные предприятия работают на сильно устаревшем оборудовании. Как показано в проекте Энергетической стратегии, энергоёмкость производства важнейших отечественных

промышленных продуктов превышает среднемировые показатели в 1,2–2 раза, а лучший мировой опыт в 1,5–4 раза. Поэтому во многом уровень потребления газа будет зависеть от хода модернизации основных средств во всех секторах экономики и ценовой политики государства.

Как показывают расчеты, к 2035 г. потребление газа в России может вырасти в пределах 8–18% в сравнении с 2016 г. Этому будет способствовать планируемый ввод новых объектов в электроэнергетике, энергоемких промышленных мощностей и развитие отрасли в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке.

Переработка газа в России

В ближайшие десятилетия, в соответствии со структурой запасов и планами по производству в России, характеристики добываемого газа будут меняться в сторону увеличения доли с многокомпонентным составом, включая ШФЛУ, этан и гелий. С одной стороны, это осложняет производственную деятельность, так как требует проведения дополнительных операций очистки, но, с другой стороны, открывает огромные возможности по получению продуктов с высокой добавленной стоимостью. В результате есть хорошая возможность не только сократить зависимость от импорта газохимической продукции, но и развивать её экспортные поставки. Для этого требуется создание новых

газоперерабатывающих и газохимических мощностей. Но реализация имеющегося потенциала без государственной поддержки будет затруднительна, так как связана с решением комплекса проблем в различных отраслях. Поэтому необходимо стимулировать проведение отечественных НИОКР в данном направлении, предоставлять налоговые преференции создаваемым предприятиям, разрабатывать планы комплексного освоения территорий в местах реализации проектов с государственным софинансированием, использовать возможности банковской кредитной поддержки.

Еще одним важным направлением переработки является производство сжиженного природного газа. Несмотря на большие планы по развитию крупнотоннажного производства СПГ, по состоянию на 2018 г. в России отсутствуют собственные технологии и мощности для производства соответствующего оборудования. Учитывая растущую роль сжиженного газа и санкционную нестабильность, крайне важно снизить зависимость от импорта в данном направлении как в части производства оборудования для заводов по сжижению, так и в части судостроения. Нефтегазовая отрасль России один из ключевых заказчиков промышленной продукции и чем больше этой продукции будет производиться внутри страны на уровне, не уступающем мировых аналогов, тем больше будет возможностей для ускорения развития отечественной экономики.

Заключение

В ближайшие десятилетия роль газа для мировой энергетики будет возрастать, как и его доля в энергобалансе. Россия имеет хорошие возможности как по удовлетворению собственного спроса на газ, так и по расширению экспортных поставок. Но мировая торговля быстро меняется и для некоторых новых проектов эти изменения в условиях рыночной неопределенности способны привести к не окупаемости. Поэтому крайне важно внимательно отслеживать происходящие изменения, включая трансформацию энергетических политик, регулирования, технологические прорывы, планы компаний, и своевременно адаптировать к рыночным условиям собственные стратегии развития. При этом необходимо в полной мере использовать и хороший потенциал по переходу на производство продукции с более высокой добавленной стоимостью, включая развитие газохимии. Газовая отрасль может быть не только надежным источником валютных поступлений от экспорта, но и одним из драйверов развития всей экономики страны. ●

KEYWORDS: *gas industry, gas export, international trade, global market, gas supplies to Europe.*



РМЭФ
Российский Международный
Энергетический Форум

**25–27
АПРЕЛЯ
2018**

XXV МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
**ЭНЕРГЕТИКА И
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**

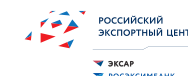
ufi
Approved
Event



ПРИ УЧАСТИИ



ПРИ ПОДДЕРЖКЕ



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПАРТНЕР
КОНГРЕССНОЙ ПРОГРАММЫ



RIEF.EXPOFORUM.RU

rief@expoforum.ru
+7 (812) 240 40 40, доб. 2160, 2168

EXPOFORUM

ENERGETIKA-RESTEC.RU

energo@restec.ru
+7 (812) 303 88 68



12+

КОНГРЕССНО-ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР
ЭКСПОФОРУМ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
ПЕТЕРБУРГСКОЕ ШОССЕ, 64/1

ВЕКТОР ДВИЖЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ГАЗОХИМИИ

ОБЩЕИЗВЕСТНО, ЧТО РОССИЯ ЗАНИМАЕТ ПЕРВОЕ МЕСТО ПО ЗАПАСАМ ПРИРОДНОГО ГАЗА И МЫ АКТИВНО ИСПОЛЬЗУЕМ ЭТОТ ПОТЕНЦИАЛ, ПОСТАВЛЯЯ ПРИРОДНЫЙ ГАЗ ЗА РУБЕЖ И ОБОГРЕВАЯ ИМ МНОГИЕ СТРАНЫ МИРА. В ТО ЖЕ ВРЕМЯ ПРИРОДНЫЙ ГАЗ – ЭТО ЭКОЛОГИЧЕСКИ НАИБОЛЕЕ БЛАГОПРИЯТНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ. ОСНОВНЫЕ ГАЗОДОБЫВАЮЩИЕ СТРАНЫ МИРА ЭТО ДАВНО ОСОЗНАЛИ И УСПЕШНО РАЗВИВАЮТ ГАЗОХИМИЮ, КОТОРАЯ ПРИШЛА НА СМЕНУ ТЕРЯЮЩЕЙ СВОЮ ЗНАЧИМОСТЬ НЕФТЕХИМИИ. В КАКОМ НАПРАВЛЕНИИ РАЗВИВАЕТСЯ РОССИЙСКАЯ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩАЯ ОТРАСЛЬ?

IT IS WELL KNOWN, THAT RUSSIA IS THE FIRST-LARGEST COUNTRY IN TERMS OF NATURAL GAS RESERVES, SO WE USE THIS POTENTIAL AS WELL, EXPORTING NATURAL GAS ABROAD AND WARMING A LOT OF COUNTRIES. AT THE SAME TIME, NATURAL GAS IS ECOLOGICALLY THE MOST FAVORABLE MATERIAL FOR PRODUCING CARBONIFEROUS COMPOUNDS. THE MAIN GAS-PRODUCING COUNTRIES HAVE REALIZED THIS FACT LONG TIME AGO AND DEVELOPED GAS-TO-CHEMICAL INDUSTRY, WHICH REPLACED PETRO-CHEMICAL LOSING ITS VALUE. IN WHICH WAY RUSSIAN PROCESSING INDUSTRY HAS BEEN DEVELOPING?

Ключевые слова: газохимия, нефтегазопереработка, природный газ, продукция с высокой добавленной стоимостью, метанол.



**Аминев Салават
Хурматович,**
к.э.н.
генеральный директор
ОАО «НИИТЭХИМ»

В нашей стране газохимия только набирает обороты, причем на химическую переработку поступает всего 2% добываемого газа, в то время как в США – до 70%, при этом используются все сопутствующие метану газы – этан, пропан и бутан, что привело к снижению цен на природный газ, добываемый методом разрыва сланцевых пород, и к так называемой «сланцевой революции».

Из основного компонента природного газа – метана – химики получают метанол, на базе которого можно выпускать целую гамму продукции с высокой добавленной стоимостью (схема 1).

Мировой метанольный рынок стремительно развивается, при этом меняется его конфигурация: основными потребителями становятся азиатские страны с доминирующим Китаем.

Происходят изменения и в структуре потребления. Так, в США и Европе метанол в основном используется для получения диметилового эфира, из которого получают высокооктановый бензин, синтетическую тяжелую нефть и даже газовый конденсат. Диметиловый эфир значительно проще, чем газ и продавать, и

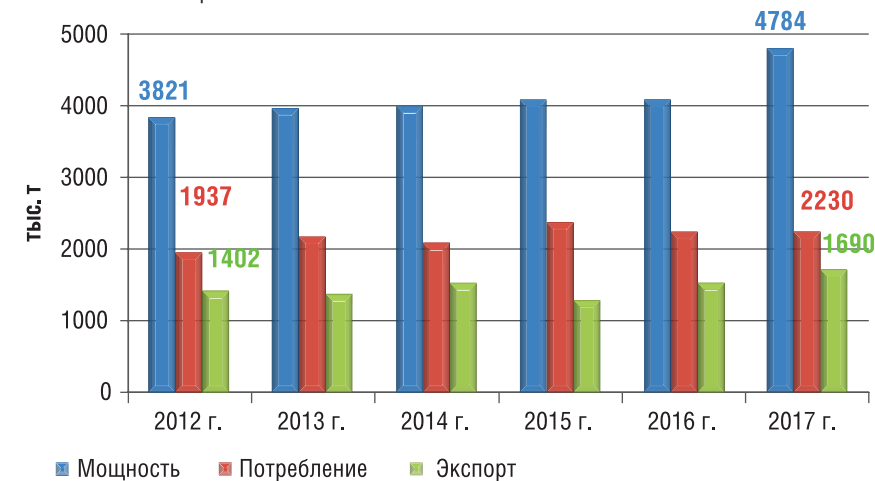
хранить, что придает продукту дополнительные дивиденды.

В Китае – крупнейшем производителе/потребителе метанола – до 40% произведенного продукта по технологии «метанол-в-олефин» (МТО/МТР) перерабатывается в этилен и пропилен. В конце 2016 года мощности по выпуску метанола в Китае составили 70,1 млн т, в 2017 году было реализовано еще несколько проектов общей мощностью 4,97 млн т. В результате доля Китая в мировом производстве метанола поднялась до 61%. При этом Китай остается нетто-импортером метанола: в 2017 г. импорт составил 8,8 млн т.

Столь значительное расширение китайского рынка метанола вызвано амбициозными планами в области производства этилена/пропилена по технологиям МТО/МТР. В Китае на базе метанола получают более дешевые, нежели из нефти, этилен и пропилен, что повышает конкурентоспособность полимерной продукции этой страны как на внутреннем, так и на внешних рынках.

По последней информации, имеются проекты по увеличению в Китае мощностей по выпуску

РИС. 1. Развитие рынка метанола в России в 2012–2017 гг.



Источник: Аналитика ОАО «НИИТЭХИМ» по данным Росстата и ФТС

этилена на 17 млн т, пропилена – на 6,4 млн т, т.е. производственный потенциал по выпуску этой продукции к 2025 году достигнет 40,9 и 36,9 млн т соответственно.

А что в России? В 2000-е годы индустрия метанола привлекла немало инвестиций: был запущен новый агрегат метанола с годовой мощностью 450 тыс. т в «ЩекиноАзоте», группа компаний Алвиго реализовала проект «Урал Метанол Групп» в Нижнем Тагиле мощностью 600 тыс. т/год, в г.Тольятти (Самарская обл.) введено производство метанола на площадке ООО «Томет» мощностью 750 тыс.т/год, в ООО «Сибметакхим» (дочернее предприятие ОАО «Востокгазпром», г. Томск) – мощностью 650 тыс. т/год.

Производительность современных агрегатов метанола составляет 1500–2000 т/сутки, но особый интерес представляют технологии

гибридного производства аммиака и метанола из синтез-газа, которые позволяют получать более востребованный на рынке в данный момент времени продукт и делают производство более гибким. Такой проект под названием «Аммоний» был реализован в г. Менделеевск мощностью 1382 т/сутки аммиака и 668 т/сутки метанола в 2016 г. (запуск производства в эксплуатацию произвел В.В. Путин). По такой же технологии (лицензиар – компания Haldor Topsoe) запланирован к реализации после 2018 г. проект ОАО «Щекиноазот» мощностью 1350 т/сутки аммиака и 415 т/сутки метанола. Инвестиции в данный проект оцениваются на уровне 1,5 млрд евро. Но нет ни одного проекта по технологии МТО/МТР. Проекты по производству олефинов по-прежнему основаны на нефтяном сырье – нефти.

В результате мощных инвестиционных вливаний в метанольное производство за период 2012–2017 гг. прирост мощностей по выпуску данного продукта составил 125,2% и достиг 4,78 млн т. Вместе с тем, емкость внутреннего рынка не отвечает возможностям производителей: в 2017 году – 2,23 млн т, то есть 1,69 млн т или 43% объема производства было реализовано за границей. (рис. 1).

В чем же причина недостаточной развитости внутреннего рынка метанола, представляющего ценное сырье для дальнейшего передела в высокотехнологичную продукцию? Ответ тривиально прост: с сырьевой продукцией гораздо проще проникнуть на внешние рынки, поэтому за рубеж поставляется самое первичное сырье – природный газ, в гораздо меньшей степени – продукция первичного передела, такая как метанол.

В настоящее время на экспорт поставляется 35–45% невостребованного на внутреннем рынке метанола и такая экспортная ориентация приветствуется в силу получения большей валютной выручки по сравнению с поставками природного газа. Основной страной-получателем является Финляндия (примерно половина объема экспорта). Связано это с тем, что Финляндия выступает в роли транзитного пункта, большая часть полученного продукта переправляется далее в страны ЕС. Относительно новым рынком сбыта российского метанола стала Румыния (за 4 года она увеличила закупки с 19 до 145 тыс. т).



Однако из экспортных объемов метанола можно было бы получить продукцию с более высокой добавленной стоимостью и в России уже есть мощности по переработке метанола. Например, на одном из крупнейших предприятий – ОАО «Метафракс» – производимый метанол перерабатывается в такие продукты как формалин, уротропин, пентаэритрит, концентрат карбамидоформальдегидный (КФК).

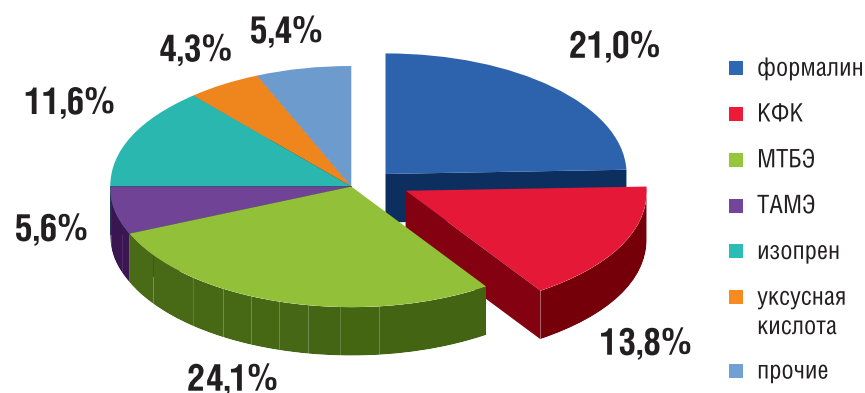
Товарная структура потребления метанола в России представлена на рис.2 и наглядно иллюстрирует основную сферу потребления – производство формалина и КФК, на базе которых выпускают полиформальдегидные смолы для производства деталей в машиностроении, электротехнике и приборостроении (в сумме – 34,8% потребления).

Крупным сектором потребления метанола (около 30%) является производство высокооктановых компонентов автомобильных бензинов – МТБЭ и ТАМЭ (метилтретбутилового и метилтретамиллового эфира).

Потребителем метанола является и газодобывающая отрасль, использующая метанол в качестве ингибитора, препятствующего образованию гидратных пробок при добыче и транспортировке газа (14,2%). Для таких целей прямо на местах добычи создаются малотоннажные производства метанола (например, для удовлетворения собственных нужд две установки мощностью 12 и 40 тыс. т работают на площадках компании «НОВАТЭК»).

В то же время в производство высокотехнологичной

РИС. 2. Структура потребления метанола



Источник: Аналитика ОАО «НИИТЭХИМ» по данным отраслевого потребления в 2016 г.

продукции поступает всего 5,4% потребляемого метанола (см. «прочие»). А ведь именно в высокотехнологичной продукции остро нуждается отечественный рынок и часть из них закупается по импорту, ставя страну в зависимость от зарубежных компаний. Среди таковых – пластификаторы, красители, кормовые добавки и др.

По мнению автора, именно в этом направлении должен развиваться метанольный рынок. В настоящее время не нужны мега-проекты по производству метанола, необходимо эффективно использовать имеющийся производственный потенциал, делая ставку на производство импортозамещающей продукции.

Возможно, экспортеры метанола озаботятся проблемой его переработки, поскольку с 1 января 2018 года вступило в силу постановление Правительства РФ от 27 декабря 2017 года № 1663 «О некоторых вопросах реализации газа в Российской

Федерации», в соответствии с которым разрешено ПАО «Газпром» и его аффилированным лицам реализовывать добытый ими природный газ по нерегулируемым оптовым ценам организациям для производства газа природного в сжиженном состоянии из газа природного в газообразном состоянии для последующего экспорта.

Важной составляющей эффективного развития любого товарного рынка являются технологии. В настоящее время в области химии и нефтехимии все проекты реализуются на основе зарубежных технологий и эту практику необходимо ломать. Государству нужно поддерживать отечественные научные и технологические разработки, увеличивая субсидирование и количество грандов на определенные научно-технологические работы.

Известно, что стоимость разработки при доведении до промышленного внедрения очень большая, поэтому во всем мире разработкой технологии и дальнейшего их тиражирования для продажи занимаются специальные так называемые «инжиниринговые» компании. России необходимо внедрять опыт развитых стран по созданию инжиниринговых структур как за счет собственных средств крупных газонефтехимических компаний, так и с привлечением банковских и иных источников финансирования.

От решения этих задач зависит будущее нашей страны. ●

KEYWORDS: gas chemistry, oil and gas processing, natural gas, products of high added value, methanol.

КЛЮЧЕВОЕ СОБЫТИЕ ОТРАСЛИ: в центре внимания, в центре Москвы

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ
НЕФТЕГАЗОВЫЙ
ФОРУМ**

16–18 апреля 2018
Москва, ЦВК «Экспоцентр»
www.oilandgasforum.ru

**18-я международная выставка
НЕФТЕГАЗ–2018**

16–19 апреля 2018
Москва, ЦВК «Экспоцентр»
www.neftegaz-expo.ru

12+
Реклама

ОТЕЧЕСТВЕННАЯ ПЕРЕРАБОТКА: в ногу с мировыми трендами?

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ НА ПРОТЯЖЕНИИ МНОГИХ ЛЕТ ЯВЛЯЕТСЯ ОДНИМ ИЗ ВАЖНЕЙШИХ ИГРОКОВ НА МИРОВЫХ РЫНКАХ ЖИДКИХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ, ВХОДЯ В ГРУППУ ЛИДЕРОВ ПО ДОБЫЧЕ, ПЕРЕРАБОТКЕ И ЭКСПОРТУ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ. СОСТОЯНИЕ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ В РОССИИ ЯВЛЯЕТСЯ ОДНОЙ ИЗ НАИБОЛЕЕ ОСТРЫХ ТЕМ ДЛЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ. КАК РАЗВИВАЕТСЯ ЭТОТ ВАЖНЕЙШИЙ СЕКТОР?

FOR MANY YEARS RUSSIAN FEDERATION HAS BEEN ONE OF THE MOST IMPORTANT PLAYERS ON GLOBAL MARKETS OF LIQUID ENERGY CARRIERS, BEING INCLUDED INTO THE GROUP OF LEADERS ON EXTRACTION, REFINING AND EXPORT OF OIL AND OIL PRODUCTS. THE STATE OF OIL REFINING INDUSTRY IN RUSSIA IS ONE OF THE MOST SENSITIVE THEMES FOR DOMESTIC OIL AND GAS INDUSTRY. HOW DOES THIS THE MOST IMPORTANT SECTION DEVELOP?

Ключевые слова: нефтеперерабатывающая промышленность, экспорт, реновация перерабатывающего сегмента, нефтепродукты, вторичные мощности.

Капустин Никита Олегович,
мл. научный сотрудник
ИНЭИ РАН,
ст. преподаватель
РГУ нефти и газа
им. И.М. Губкина

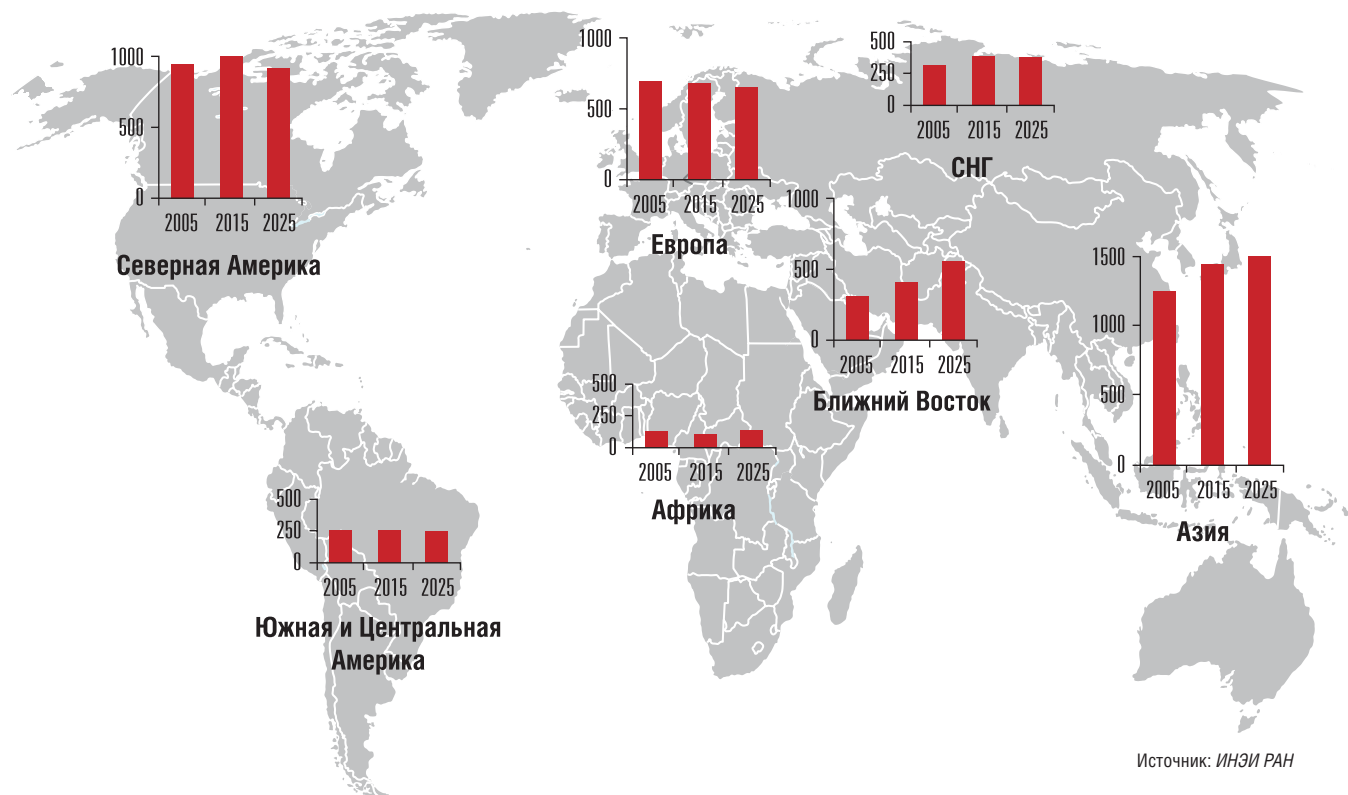
Грушевенко Дмитрий Александрович,
научный сотрудник ИНЭИ РАН,
ведущий эксперт НИУ ВШЭ
им. И.М. Губкина

Нефтепереработка России является экспортно-ориентированной отраслью, так более половины продукции переработки отправляется на экспорт: в страны Европы, Азии, СНГ и Америки¹. При этом долгое время российская нефтяная отрасль отличалась сырьевой направленностью, т.е. сегмент upstream развивался с 1990-х годов значительно быстрее, с точки зрения производственных и технологических показателей, нежели сектор переработки. При лидерстве в области добычи жидких углеводородов, уровень

развития нефтеперерабатывающей промышленности остается далек от мировых стандартов по важнейшим параметрам: технологическая вооруженность, доля продуктов низкого передела в структуре производства, выпуск высококачественных моторных топлив (в первую очередь, высокооктановых бензинов и низкосернистых дизельных топлив высоких экологических классов) на тонну переработанного сырья. Данные структурные проблемы обуславливают значительную, до 50 %, долю продуктов с низкой добавленной стоимостью в экспортной корзине: тяжелых остатков (вакуумный газойль, топочный мазут) и продуктов прямой перегонки нефти (прямогонный бензин, легкие газойли), что, естественно, негативно сказывается на выручке от экспорта. Лишь в 2010-х годах наметился значительный прогресс в части модернизации российских НПЗ. С 2011 по 2015 в нефтепереработку было инвестировано свыше 30 млрд долл., однако этот процесс все еще далек от завершения.

¹ Официальный сайт Центрального банка России, доступно по ссылке: http://www.cbr.ru/statistics/print.aspx?file=credit_statistics/oil_products.htm

РИС. 1. Мощности по первичной переработке по регионам мира, млн т



Источник: ИНЭИ РАН

Цель настоящей работы – оценить перспективность имеющихся планов государства и компаний по реновации перерабатывающего сегмента, с учетом ключевых тенденций развития мирового рынка нефтепродуктов, направлений технологического изменения мировой перерабатывающей отрасли, а также с применением системного инструментария сформировать прогноз ключевых показателей российской нефтепереработки.

Основные тенденции мировой нефтепереработки и потребления нефтепродуктов

По нашим оценкам, на период до 2025 года развитие первичной переработки нефти будут определять ярко выраженные разнонаправленные региональные тренды.

Слабые темпы роста спроса на жидкие топлива в развитых странах (а, во многих странах и заметное снижение) привели к образованию в них избыточных мощностей первичной переработки. В первую очередь под сокращение рискуют попасть низкомаржинальные перерабатывающие предприятия

Европы. Помимо этого ожидается оптимизация мощностей в США, а так же вывод из эксплуатации ряда малых и низкокомплексных заводов в Южной Америке и странах СНГ.

Наиболее значительный, почти двукратный, рост объемов первичной переработки к 2025 году ожидается непосредственно возле мест добычи на Ближнем Востоке в рамках изменения торговых стратегий Saudi Aramco и INOC, направленной на увеличение в пуле продаж продукции переработки взамен сырья. Рост спроса в АТР и Африке создаст предпосылки для строительства дополнительных мощностей в этих регионах для удовлетворения потребностей внутренних рынков и организации экспорта отдельных категорий продукции в соседние регионы (рисунок 1).

Одновременно с изменением структуры глобального распределения первичных мощностей происходят и качественные изменения в нефтепереработке. Традиционно, мерилем перерабатывающей промышленности служили мощности первичной перегонки – дистилляции. Однако в современном мире все большее значение приобретает качество производимой продукции и

технологичность производства. С одной стороны, постоянно растет число стран вводящих прогрессивно более строгие экологические стандарты для топлив². С другой стороны, технологическое развитие автопарка диктует свои жесткие требования к эксплуатационным характеристикам нефтепродуктов для стабильной, надежной и эффективной работы современных двигателей. Вместе с этим, доля тяжелых нефтяных топлив и темных нефтепродуктов в объеме мирового спроса стабильно уменьшается и по всем оценкам продолжит снижение^{3,4,5}.

В этих условиях важность вторичных процессов переработки нефти, конверсионных и облагораживающих процессов,

² Huiming Li. Global Fuel Quality Developments // 11th Global Partners Meeting of the Partnership for Clean Fuels and Vehicles (PCFV), London, UK, June 6-7, 2016.

³ Прогноз развития энергетики мира и России 2016 / под ред. А.А.Макарова, Л.М.Григорьева, Т.А.Митровой; ИНЭИ РАН–АЦ при Правительстве РФ – Москва, 2016. – 200 с. – ISBN 978-5-91438-023-3

⁴ Organization of the Petroleum Exporting Countries. 2017 OPEC World Oil Outlook. Октябрь 2017. Доступно по ссылке: <http://www.opec.org>.

⁵ International Energy Agency. World Energy Outlook 2017 / OECD/IEA, Paris, 2017.

ТАБЛИЦА 1. Совокупный прирост вторичных мощностей по регионам мира за период с 2017 по 2022 год, млн т

	Конверсионные	Гидрооблагораживающие	Октаноповышающие
США и Канада	0	15	0
Латинская Америка	5	25	5
Африка	10	20	10
Европа	15	5	0
Россия и Прикаспийский регион	25	35	5
Ближний Восток	30	119	30
Китай	44	54	20
Прочая Азия	25	49	10
Всего	158	326	84

Источник: Organization of the Petroleum Exporting Countries. 2017 OPEC World Oil Outlook

трудно переоценить. Способность производить продукцию нужного качества становится ключевым вопросом для существования перерабатывающего предприятия, а разработка и внедрение новых технологий переработки углеводородного сырья выходят на первый план в статусе важнейшего фактора конкуренции нефтеперерабатывающих предприятий.

Кроме всего прочего, важность конверсионных процессов дополнительно возрастает из-за того, что качество добываемой в мире нефти стабильно ухудшается на протяжении последних десятилетий, растут средняя плотность и сернистость сырья для переработки. Особенно явно эта тенденция прослеживается для рынков Западного полушария⁶. Процессинг такого сырья требует значительно более капиталоемких технологических схем и дорогостоящих материалов, а также повышает себестоимость. В таких условиях, крупные проекты с более низкими удельными капиталовложениями оказываются привлекательнее для инвестирования и обеспечивают более высокую маржинальность. Во многом именно данный фактор служит драйвером растущей централизации нефтепереработки – число крупных НПЗ в мире сокращается, в то время как их средняя мощность и загрузка растут. В этих условиях малым и средним перерабатывающим

предприятиям остается лишь обслуживать локальные рынки.

В своем ежегодном исследовании World Oil Outlook 2017⁷, ОПЕК так же подчеркивают значимость вторичной переработки и предоставляют среднесрочный прогноз ввода вторичных мощностей, составленный на основании официальных планов нефтеперерабатывающих предприятий, по основным категориям: конверсионные (крекинг, коксование, висбрекинг, etc.); гидрооблагораживающие; октаноповышающие (риформинг, изомеризация, алкилирование, etc.) (таблица 1).

Очевидно, что предпочтение отдается гидрооблагораживающим процессам, направленным,

в первую очередь, на производство низкосернистых среднедистиллятных топлив: дизельное топливо, авиакеросин, низкосернистое судовое топливо, что подтверждает ожидания в части увеличения спроса на эти виды нефтепродуктов. Примечательно, что перспективы расширения спроса на бензин достаточно ограничены. Нарастающая межтопливная конкуренция и стабильно улучшающаяся топливная эффективность современных автомобилей ограничивают увеличение спроса на легкое топливо, даже не смотря на расширяющийся глобальный автопарк (рисунок 2)⁸. Особенно актуальна тенденция на сокращение темпов прироста спроса для автомобильных бензинов. Они, помимо топливных альтернатив нефтепродуктам испытывают и давление со стороны дизельного топлива, потребление которого стимулируется во многих европейских и азиатских странах.

Именно эта тенденция приводит к тому, что октаноповышающих процессов планируется ввести значительно меньше,

⁶ Официальный сайт Департамента энергетики США, доступно по ссылке: <https://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=p&t=s&mcrs1us2&f=a>

⁷ Organization of the Petroleum Exporting Countries. 2017 OPEC World Oil Outlook. Октябрь 2017. Доступно по ссылке: <http://www.opec.org>

⁸ Прогноз развития энергетики мира и России 2016 / под ред. А.А.Макарова, Л.М.Григорьева, Т.А.Митровой; ИНЭИ РАН–АЦ при Правительстве РФ – Москва, 2016. – 200 с. – ISBN 978-5-91438-023-3.

РИС. 2. Мощности по первичной переработке по регионам мира, млн т

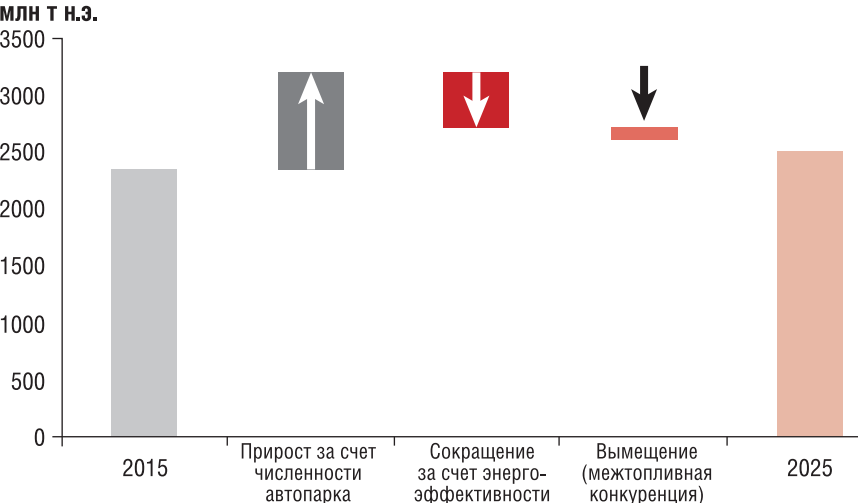


ТАБЛИЦА 2. Планы по модернизации НПЗ России (млн т/год) и их реализация

Процессы	Существующие мощности по данным на 2011 год	Запланированные новые мощности к 2020 году	Степень реализации планов к 2017 году
Конверсионные процессы	56,35	51,9	44 %
Каталитический Крекинг	22,4	11,5	49 %
Гидрокрекинг	8,3	40,4	23 %
Висбрекинг	18,13	Не фигурируют в Соглашениях	
Коксование	7,52	Не фигурируют в Соглашениях	
Гидрооблагораживающие и октаноповышающие процессы	94,75	70	26 %
Гидроочистка легких и тяжелых газойлевых фракций	55,0	44,8	26 %
Каталитический Риформинг	30,85	7,2	24 %
Изомеризация	6,1	7,1	35 %
Гидроочистка бензина каталитического крекинга	1,3	8,5	17 %
Алкилирование	1,3	1,9	24 %
Производство МТБЭ	0,2	0,5	0,70 %
Всего	151,1	121,9	34 %

Источник: Составлено авторами на основе: 4-х Сторонние соглашения, Данные компаний, Отчеты Минэнерго РФ; «Состав основных технологических установок и перспективы модернизации НПП РФ» КОРТЕС

нежели конверсионных, или гидрооблагораживающих. Особенно остро значимость гидрооблагораживающих процессов может встать в случае введения в 2020 году Международной Морской Организацией (IMO) MARPOL Annex VI⁹, ограничивающего все применяемое на морских судах топливо показателем сернистости в 0,5%. Данный стандарт уже имеет силу в ряде морских регионов¹⁰, однако решение о всемирном введении еще не принято. Оценка конкретных эффектов от глобального внедрения правил MARPOL Annex VI затруднена по ряду причин¹¹, но, несомненно, что спрос на низкосернистое судовое топливо неизбежно возрастет за счет вымещения высокосернистого.

Развитие НПП в России и его перспективы

Совокупные мощности первичной переработки нефтяного сырья в России оцениваются свыше 300 млн т/год и состоят из 32 крупных нефтеперерабатывающих предприятий, а так же свыше 50 малых НПЗ. По этому показателю, Россия занимает 3 место среди стран мира, уступая только США и Китаю. При этом, средний Индекс Нельсона, показатель, отражающий технологическую

вооружённость нефтепереработки¹², для перерабатывающей промышленности России в 2017 году составил лишь 5.5 пунктов. Для сравнения, по оценкам Oil & Gas Journal¹³, среднемировое значение Индекса составляет 6 пунктов, в то время для передовой нефтепереработки США достигает 11¹⁴.

Для сокращения технологического отставания, обеспечения стабильного функционирования и снабжения внутреннего рынка, а также сохранения традиционных и расширения новых экспортных ниш, отрасли требуется глубокая реновация и модернизация, в первую очередь, направленная на расширение вторичных мощностей переработки углеводородов. С 2011 года наиболее важным документом, определяющим строительство и реконструкцию установок нефтепереработки в России, являются Четырехсторонние соглашения, разработанные и подписанные совместно Нефтяными компаниями, ФАС, Росстандартом и Ростехнадзором. По данным Министерства энергетики, с 2011 по 2016 в рамках программ модернизации в нефтепереработку было инвестировано свыше 30 млрд долл.¹⁵. Однако негативные тенденции на рынках нефти и

нефтепродуктов и экономические санкции в виде ограничений на привлечение заемных средств для российских нефтяных компаний с 2014 года ставят под вопрос их дальнейшую реализуемость. В ходе анализа выполнения планов

⁹ IMO (International Maritime Organization). Annex VI to the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL) Limits, IMO, London, 2008.

¹⁰ Официальный сайт всемирной организации мореплавателей, доступно по ссылке: [http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Emission-Control-Areas-\(ECAs\)-designated-under-regulation-13-of-MARPOL-Annex-VI-\(NOx-emission-control\).aspx](http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Emission-Control-Areas-(ECAs)-designated-under-regulation-13-of-MARPOL-Annex-VI-(NOx-emission-control).aspx)

¹¹ Organization of the Petroleum Exporting Countries. 2017 OPEC World Oil Outlook. Октябрь 2017. Доступно по ссылке: <http://www.opec.org>

¹² Johnston D. Refining Report Complexity index indicates refinery capability, value // Oil and Gas Journal. Доступно по ссылке: <http://www.ogj.com/articles/print/volume-94/issue-12/in-this-issue/general-interest/refining-report-complexity-index-indicates-refinery-capability-value.html>

¹³ Oil and Gas journal. Worldwide Refinery Survey with Complexity Analysis – 2017. Январь, 2017. Доступно по ссылке: <http://www.opec.org>

¹⁴ EIA. US Refinery Yield. Доступно по ссылке: https://www.eia.gov/dnav/pet/pet_pnp_pct_dc_nus_pct_m.htm

¹⁵ Новак А.В. Итоги работы Минэнерго России и основные результаты функционирования ТЭК в 2016 году. Задачи на среднесрочную перспективу / Министерство энергетики Российской Федерации, 7 апреля 2017.

ТАБЛИЦА 3. Пересмотр планов ввода мощностей по 4-х сторонним соглашениям, млн т/год

Процессы	Четырехсторонние соглашения	Актуальные планы компаний до 2025 года
Гидрокрекинг вакуумного газойля	40,4	32,2
Гидроочистка	44,8	42,9
Изомеризация	7,1	4,2
Каталитический крекинг	11,5	14,3
Алкилирование	1,9	0,9
Производство МТБЭ	0,5	0,8
Риформинг	7,2	8,1
Замедленное коксование	н/д	25,7
Висбрекинг	н/д	9,5

Источники: составлено авторами на основании: 4-х Сторонние соглашения; анализа официальных планов компаний

РИС. 3. Прирост мощностей вторичных процессов нефтепереработки в 2015–2025 годы к 2015 году

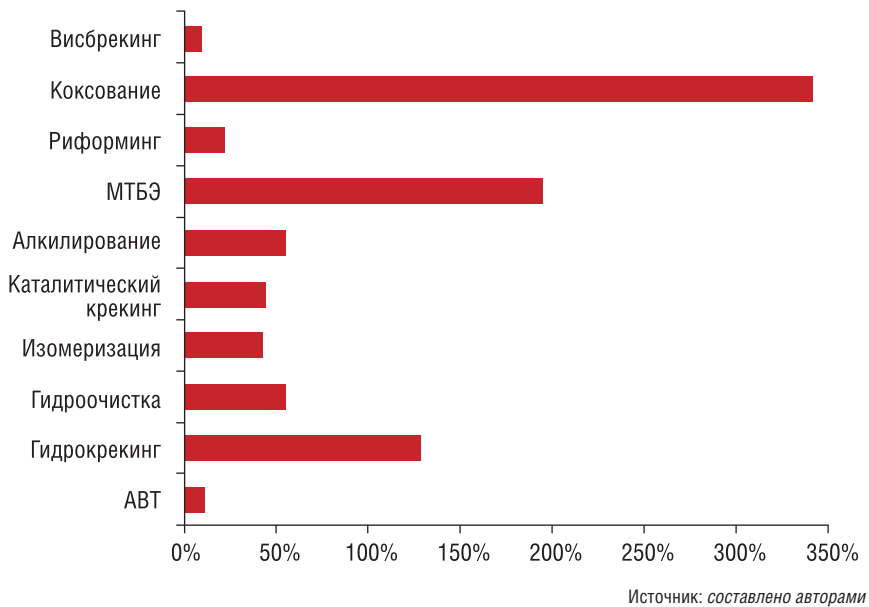
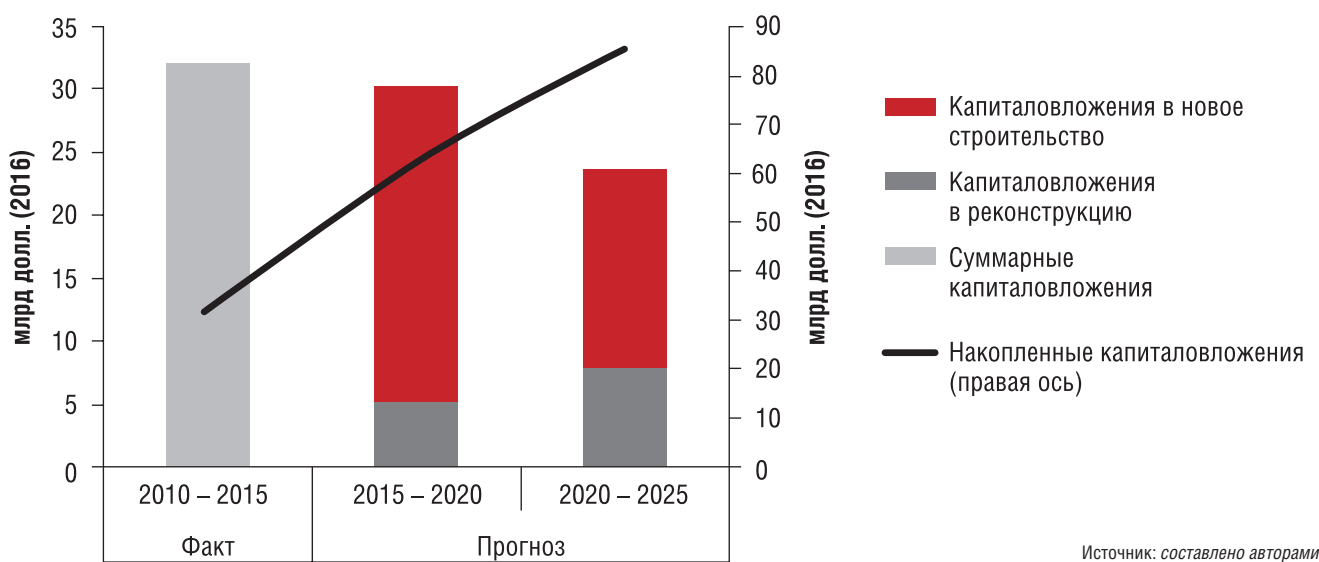


РИС. 4. Капиталовложения (левая ось) и накопленные капиталовложения (правая ось) в нефтепереработку в России

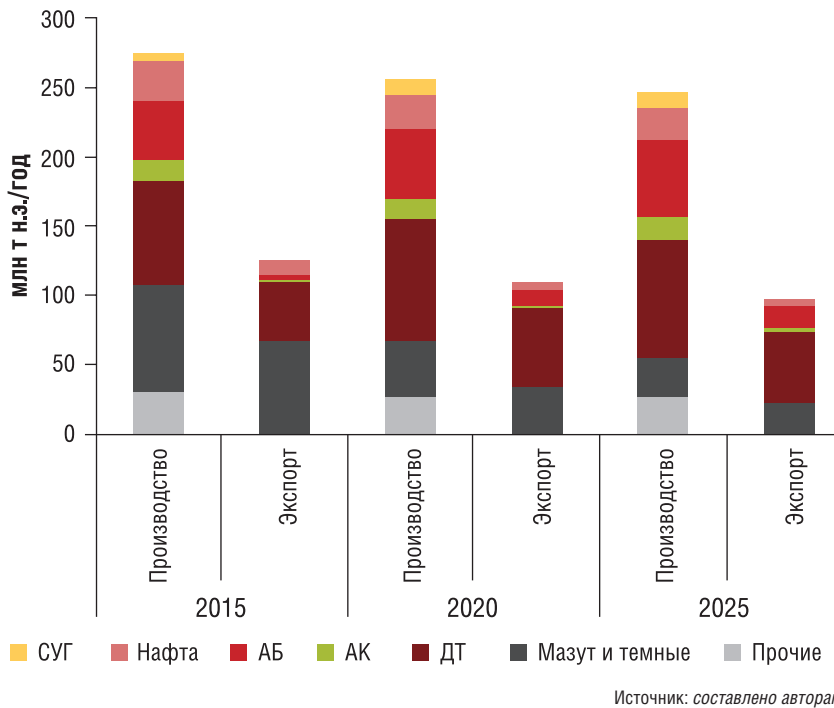


по модернизации авторами было определено, что к концу 2017 года, за три года до окончания сроков действия Соглашений, реализация заданий Четырехсторонних соглашений по строительству новых установок по переработке углеводородного сырья составила только треть от изначально заявленного (таблица 2).

Во многом низкую реализацию планов можно отнести на счет стратегического пересмотра приоритетов развития. Так, значительно сокращены планы по строительству установок гидрокрекинга и гидроочистки. Одновременно, необходимость углубления переработки и сокращения выпуска темных нефтепродуктов диктует повышенное внимание к процессам коксования и висбрекинга, не упомянутых в Четырехсторонних Соглашениях, что закономерно приводит к пересмотру планов компаний-владельцев НПЗ, несмотря на договоренности, закрепленные в нормативных документах (таблица 3).

При этом, не смотря на вышеупомянутые сложности, компании сохраняют весьма амбициозные планы. До 2025 года задекларировано строительство десятков новых установок первичной и вторичной переработки нефти совокупной мощностью свыше 100 млн т/год. В соответствии с мировыми трендами, быстрее всего будут расти мощности установок коксования и гидрокрекинга – ключевых технологий по вовлечению

РИС. 5. Прогноз производственного и экспортного потенциала нефтеперерабатывающей отрасли России



тяжелых остатков в переработку. Планируются значительные новые мощности гидроочистки и производства оксигентных присадок к бензинам для дальнейшего повышения качества моторных топлив (рисунок 3).

В результате модернизации к 2025 году среднее значение Индекса Нельсона по НПЗ должно возрасти с современных 5,5 пунктов до 7,0 и вплотную приблизиться к европейским показателям.

Накопленные капиталовложения с 2015 по 2025 год, необходимые для реализации планов модернизации, составят свыше 50 млрд \$ 2016. Стоит отметить, что эти капиталовложения включают не только непосредственно инвестиции в строительство новых мощностей, но и в глубокую реконструкцию и реновацию уже действующих установок (рисунок 4).

На основании данных по строительству новых мощностей авторами была произведена оценка изменений производственного и экспортного потенциала отрасли до 2025 года (рисунок 5).

Выполнение планов в значительной мере преобразит производственную структуру отечественной переработки в прогнозном периоде. Глубина переработки достигнет 89%, выход светлых нефтепродуктов

превысит 74%. Практически трехкратно сократится выпуск и экспорт темных нефтепродуктов. По нашим оценкам, объемы первичной переработки снизятся с 291 млн тонн в 2015 году до 256 млн тонн в 2025. Такое снижение обуславливается в первую очередь изменением налоговой системы на протяжении многих лет стимулировавшей рост загрузки первичных мощностей, не обеспеченных вторичными процессами¹⁶. Новая налоговая система, дифференцирующая

экспортные пошлины на темные и светлые нефтепродукты, фактически делает невыгодным производство мазута и темных нефтепродуктов, что стимулирует переработчиков вкладываться в углубляющие процессы и выводить неэффективную первичную переработку. Кроме того при подобной налоговой системе за грань рентабельности оказываются низкокомплексные мини-НПЗ.

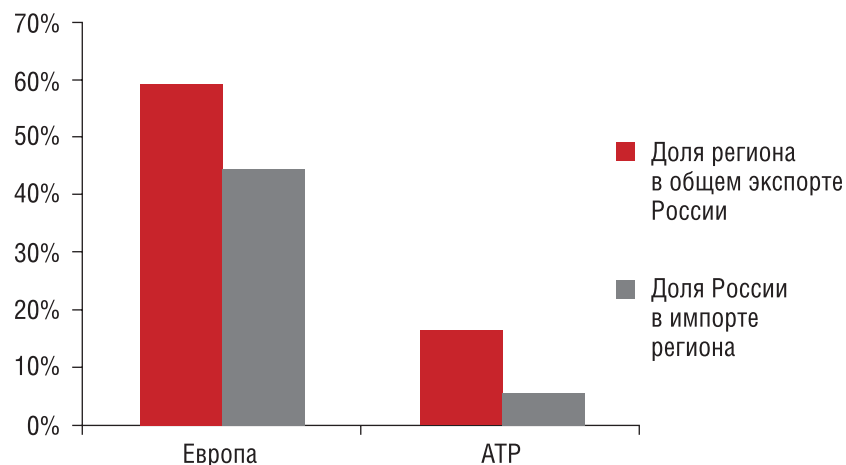
При этом, не смотря на сокращение объемов первичной переработки, до 2025 года не произойдет соответствующего уменьшения производства моторных топлив и ценных нефтепродуктов. Это достигается, в первую очередь, за счет повышения эффективности переработки на передовых НПЗ и оптимизации мощностей – сокращения загрузки низкомаржинальных перерабатывающих предприятий, в первую очередь мини-НПЗ и перераспределения сырья в пользу более технологически совершенных конкурентов. В экспортной корзине доминирующую роль приобретает низкосернистое дизельное топливо, однако появляются экспортные возможности и по другим востребованным на мировых рынках продуктам: бензину и нафте.

Отдельно стоит упомянуть перспективы экспорта Российских нефтепродуктов по ключевым

¹⁶ Грушевенко Д.А., Капустин Н.О. Russia refines on // Energy Focus, 2016, № 26, стр. 89-94.



РИС. 6. Доли ключевых направлений экспорта Российских нефтепродуктов и рыночные ниши России в 2016



Источник: British Petroleum Company. BP Statistical Review of World Energy 2017. London: British Petroleum Co., 2017

направлениям. Основным направлением экспорта для продуктов переработки нефти из России традиционно является Европейский регион. В 2016 году в этом направлении было поставлено около 60% вывезенных из страны нефтепродуктов. Подобная зависимость является обоюдно, поскольку Россия поставляет лишь немногим менее половины импортируемых странами Европы нефтепродуктов. Экспорт в АТР демонстрирует совершенно иную картину. Несмотря на агрессивный и успешный выход России на рынки сырой нефти стран региона, в первую очередь, крупнейшего потребителя – Китая¹⁷, поставки нефтепродуктов остаются весьма скромными, особенно в масштабах этого крупнейшего рынка (рисунок 6).

В прогнозном периоде важность Европейского рынка нефтепродуктов для России останется крайне высокой. Выпадение собственной низкомаржинальной Европейской переработки, географическая близость и развитая инфраструктура создают благоприятные перспективы для Российского экспорта высококачественных нефтепродуктов, в первую очередь, – дизельных топлив, даже не смотря на слабую динамику спроса в регионе. Рынок АТР, в свою очередь, мы оцениваем как сравнительно бесперспективный с точки зрения организации продуктового экспорта в среднесрочной перспективе. Здесь придется активно конкурировать

с развивающейся собственной дешевой переработкой стран региона, а так же с новыми НПЗ на Ближнем Востоке. Даже сохранение текущих объемов экспортных ниш российских нефтепродуктов на этом рынке будет крайне затруднительно, именно поэтому в наших сценариях мы не рассматриваем как экономически обоснованную инициативу строительство ВНКХ, или организацию других крупных перерабатывающих производств на Дальнем Востоке.

Заключение

Условия функционирования мировой нефтеперерабатывающей промышленности меняются. Ужесточающиеся требования к нефтепродуктам, падающий спрос на тяжелые топлива и ухудшающееся качество сырья ограничивают экстенсивное развитие мировой переработки и выводят на первый план глубокую конверсию углеводородного сырья при помощи вторичных процессов переработки. Технологическая оснащенность становится ключевым фактором глобальной конкурентоспособности в отрасли, в то время как низкокомплексные мощности неизбежно будут сокращаться или обслуживать локальные рынки.

Одновременно, нарастающая межтопливная конкуренция в дорожном транспорте и новые экологические стандарты создают предпосылки к потере бензином статуса важнейшего жидкого топлива и выходу на первый план низкосернистых среднедистиллятных топлив:

керосина, дизельного топлива, маловязкого судового топлива.

Основные тенденции в Российской нефтепереработке: сокращение избыточных мощностей; фокус модернизации на современных конверсионных и гидрооблагораживающих установках; сокращение выпуска мазута и темных нефтепродуктов. Стартовавшая в 2011 году масштабная программа модернизации Четырехсторонних Соглашений дала отрасли крайне необходимый импульс к развитию. И, хотя, программы Четырехсторонних Соглашений к настоящему моменту уже во многом утратили актуальность, нефтепереработчики сохраняют амбициозные инвестиционные планы. В случае полного выполнения этих планов компаниями, к 2025 году нефтеперерабатывающая промышленность России имеет потенциал к выходу на передовой мировой уровень, а значит, возможность сохранить и расширить способность успешно конкурировать на мировых рынках нефтепродуктов, в первую очередь на традиционном Европейском рынке.

Вместе с тем, полное выполнение планов потребует значительных инвестиций в нефтепереработку, более 50 млрд. \$ до 2025 года. Безусловно, привлечение таких крупных средств в условиях экономической и внешнеполитической напряженности в России и волатильности мировых цен на углеводороды может оказаться затруднительным. При этом растущая конкуренция на рынках нефтепродуктов, в первую очередь со стороны активно развивающихся Ближневосточных нефтеперерабатывающих предприятий делают своевременную модернизацию критически необходимой для сохранения экспортных ниш и поддержания статуса лидирующего экспортера нефтепродуктов. ●

KEYWORDS: oil processing industry, export, renovation of the processing segment, petroleum products, secondary facilities.

¹⁷ Арсений Погосян. Китай ставит на российскую нефть // ИЗВЕСТИЯ, 18 октября 2017. Доступно по ссылке: <https://iz.ru/656899/arsenii-pogosyan/kитай-stavit-na-rossijskuiu-neft>

КАЛЕНДАРЬ СОБЫТИЙ

15 марта

13-я ежегодная конференция
«Снабжение в нефтегазовом комплексе»
(Нефтегазснаб-2018)

Москва

20 марта

Конференция
Нефтяные и нефтехимические отходы 2018

Москва

23 марта

Конференция
Транспортировка и хранение сжиженных газов 2018

Москва

28 марта

Российский Энергетический Саммит – 2018
«Энергоснабжение и энергоэффективность»

Москва

МАРТ

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

28–29 марта

Двенадцатая межрегиональная специализированная выставка

Газ. Нефть. Новые технологии – Крайнему Северу

г. Новый Уренгой

28–30 марта

XV специализированная выставка

«Нефть. Газ. Энерго – 2018»

г. Оренбург

ПЕРВЫЙ РОССИЙСКИЙ КРИОБЛОК

Елена Алифирова

РЕШАЯ ЗАДАЧИ РАЗВИТИЯ РЫНКА ГАЗОМОТОРНОГО ТОПЛИВА, КОМПАНИЯ «ГАЗПРОМ ГАЗОМОТОРНОЕ ТОПЛИВО» ВНЕДРЯЕТ ПЕРВЫЙ РОССИЙСКИЙ МОБИЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ПРОИЗВОДСТВА И РЕАЛИЗАЦИИ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА. КРИОБЛОК БЫЛ РАЗРАБОТАН НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ КОМПАНИЕЙ НТЛ ПО ЗАКАЗУ «ГАЗПРОМ ГАЗОМОТОРНОЕ ТОПЛИВО». ОСНОВНАЯ ДОЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ, ПРИМЕНЕННОГО В СОСТАВЕ КРИОБЛОКА, ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА. КАКОВЫ ОСОБЕННОСТИ ЭТОГО 45-ФУТОВОГО КОНТЕЙНЕРА, ОБЪЕДИНИВШЕГО В СЕБЕ УСТАНОВКУ СЖИЖЕНИЯ ГАЗА И МОДУЛЬ ДЛЯ ЗАПРАВКИ АВТОМОБИЛЕЙ?

WHILE DEALING WITH THE ISSUES OF DEVELOPMENT OF GAS ENGINE FUEL, THE COMPANY "GAZPROM GAS ENGINE FUEL" IMPLEMENTS THE FIRST RUSSIAN MOBILE COMPLEX OF PRODUCTION AND IMPLEMENTATION OF LIQUEFIED NATURAL GAS. CRIOBLOCK WAS DEVELOPED BY RESEARCH AND PRODUCTION COMPANY NTL COMMISSIONED BY GAZPROM GAS ENGINE FUEL. THE MAJOR PART OF THE EQUIPMENT, APPLIED IN ASSEMBLY WITH THE CRYOBLOCK IS RUSSIAN-MADE. WHICH ARE THE FEATURES OF THIS 45-FOOT CONTAINER, WHICH COMBINED IN ITSELF GAS LIQUEFACTION UNIT AND MODULE FOR FUELING OF VEHICLES?

Ключевые слова: криоблок, сжижение газа, российское оборудование, газомоторное топливо, автомобильная газонаполнительная компрессорная станция.

В настоящий момент в России практически отсутствует инфраструктура для заправки автотранспортных средств сжиженным природным газом. Создание такой инфраструктуры – мероприятие дорогостоящее и длительное по времени. При этом в России существует сеть автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС) которые неравномерно загружены как по регионам, так и по времени суток. ООО «Газпром газомоторное топливо» как владелец основной сети АГНКС вынужден решать задачу повышения загрузки существующих объектов. Один из путей решения – создание на базе существующих АГНКС инфраструктуры получения СПГ. Это позволит обеспечить загрузку АГНКС в ночное время, загрузить малоиспользуемые станции, а также создать многотопливные АГНКС, обеспечивающие топливом как автомобили, работающие на

ФАКТЫ

20-25

Мпа – давление, до которого компримируется газ в АГНКС

компримированном природном газе (КПГ), так и на СПГ. Поиск путей решения этой задачи путем создания оборудования, позволяющего одновременно получать СПГ и заправлять им автомобили, был поручен ООО «Научно-производственной компании «НТЛ» (ООО НПК «НТЛ»).

Анализ существующих схем сжижения природного газа показывает, что для малотоннажного производства СПГ на АГНКС лучше всего подходит схема сжижения природного газа по дроссельно-эжекторному циклу с применением источника внешнего холода.

Преимущества этой схемы сжижения заключаются в простоте конструкции, отсутствии изнашиваемых узлов и агрегатов, в удобстве обслуживания и эксплуатации. Немаловажную роль играет и относительно невысокая стоимость первоначальных затрат.

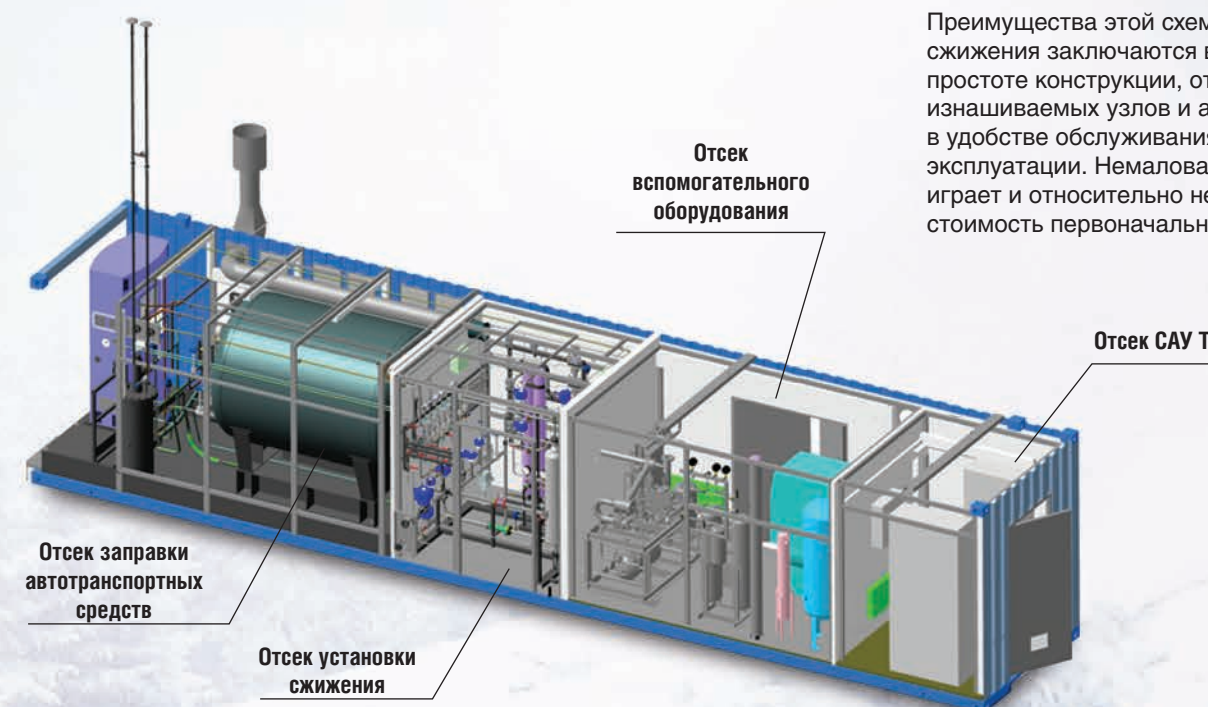
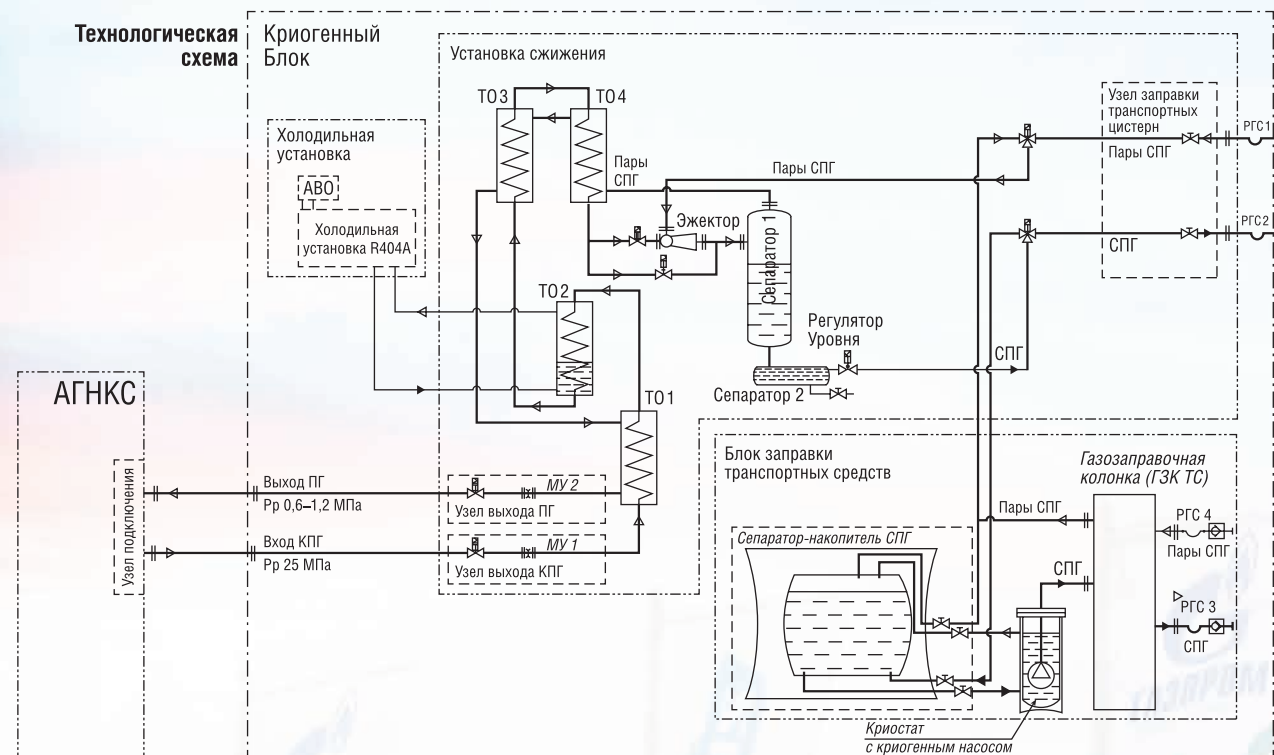


РИС. 1. Криоблок, схема размещения оборудования

РИС. 2. Криоблок, блок схема



Существующий в ООО НПК «НТЛ» опыт проектирования и изготовления подобного оборудования позволил спроектировать и изготовить малогабаритную установку сжижения природного газа с одноконтурной холодильной установкой, как источника внешнего холода, и объединить оборудование производства СПГ в едином блоке с отсеком заправки автотранспортных средств. Технология сжижения природного газа, а также основное оборудование для сжижения (а это теплообменники, эжекторы, сепараторы, элементы КИПиА, холодильная установка, установка получения газообразного азота, система автоматического управления)

ФАКТЫ

600

кг
СПГ в час составляет
производительность
Криоблока

являются отечественной разработкой и изготавливаются в России. Оборудование для отсека заправки автотранспортных средств на данный момент в России не выпускается, поэтому этот отсек оснащен импортным оборудованием.

Мобильный комплекс производства и реализации СПГ (Криоблок) выполнен по моноблочной схеме, на базе стандартного 45-футового контейнера. Такой формат реализации позволяет перемещать его с одной АГНКС на другую с минимальным объемом подготовительных работ, как самой АГНКС, так и Криоблока.

Криоблок имеет собственную систему автоматизированного управления технологическим процессом и собственную платежную систему отгрузки топлива, позволяющую вести коммерческий отпуск топлива в автомобили. Платежная система может работать как автономно, так и в составе платежной системы АГНКС.

Описание работы Криоблока в составе АГНКС, представлено на основании укрупненной блок-схемы.

Для работы Криоблока необходим расход компримированного газа в количестве 1200 2500 нм3/час. В этом случае производительность Криоблока по СПГ будет составлять 300 600 кг СПГ в час.

Газ в АГНКС компримируется до давления 21 25 МПа, проходит через систему осушки и поступает на вход в Криоблок. Далее газ поступает в блок входа-выхода установки сжижения (прямой поток) и в теплообменник ТО1. В этом теплообменнике газ прямого потока охлаждается газом обратного потока до температуры близкой к 0 ОС и поступает в теплообменник-испаритель ТО2 холодильной установки. Холодильная установка это одноконтурная фреоновая холодильная машина, которая в теплообменнике-испарителе ТО2 охлаждает газ прямого потока до температуры порядка минус 30 ОС.

В теплообменниках ТО3 и ТО4 происходит дополнительное охлаждение газа прямого потока газом обратного потока.

Дальнейшее понижение температуры газа прямого потока происходит в эжекторе за счет понижения давления с 21 25 МПа до давления, равного давлению на входе в компрессорные установки АГНКС. На этом этапе газ охлаждаясь переходит в парожидкостное состояние и попадает в сепаратор С1. В сепараторе С1 паровая фаза отделяется от жидкой фазы и формирует «обратный поток», который, пройдя межтрубное пространство теплообменников ТО4, ТО3, ТО1, отдает в процессе рекуперации свой «холод» прямому потоку и возвращается на вход компрессорных установок АГНКС. Жидкая фаза, т.е. непосредственно СПГ, из сепаратора С1 попадает в сепаратор-накопитель С3. Из сепаратора-накопителя СПГ через газозаправочную колонку подается на заправку автомобилей.

Параллельно сепаратору-накопителю в Криоблоке предусмотрена линия подачи СПГ в транспортные емкости. Это позволяет не только заправлять автомобили, но и отгружать СПГ для решения других задач.

Отсек заправки транспортных средств имеет в своем составе сепаратор-накопитель, криогенный насос, установленный в криостате, и газозаправочную колонку.

Режим заправки, а именно: заправка определенного количества СПГ, заправка на определенную сумму или до «полного бака», выбирается на дисплее колонки. На нем же подается команда на заправку. Дальнейшие операции осуществляются в автоматическом режиме. Сначала система управления включает криогенный насос и происходит «захолаживание» агрегатов колонки, по получении сигнала о готовности к заправке происходит открытие выходного клапана и начинается заправка автомобиля. По окончании заправки газонаполнительная колонка отключается, а мини-принтер колонки выдает чек с указанием количества заправленного СПГ и суммы.

**ФАКТЫ**

0

°C
составляет температура,
до которой охлаждается
газ прямого потока в
теплообменнике ТО1

СПГ

в транспортные
емкости подается
по линии подачи,
предусмотренной в
Криоблоке параллельно
сепаратору-накопителю

Проведенные испытания Криоблока полностью подтвердили заявленные в техническом задании требования. Производительность Криоблока составила более 600 кг СПГ в час. Заправка автомобиля КАМАЗ до «полного бака» занимает 5–7 минут.

В настоящий момент Криоблок находится в опытно промышленной эксплуатации на одной из АГНКС в ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург».

Помимо Московского ГПЗ, где будет установлено это оборудование, мобильные комплексы СПГ появятся в Набережных Челнах, Багратионовске, Кемерове, Краснодаре.

Разработка и внедрение криоблоков будут способствовать расширению применения сжиженного природного газа в качестве моторного топлива. Мобильный формат оборудования позволит ускоренными темпами развивать сеть КриоАЗС. ●

Материалы предоставлены
компанией ООО НПК «НТЛ»

KEYWORDS: the cryogenic unit,
liquefied gas, Russian equipment,
gas motor fuel, automotive gas filling
compressor station.

АО «ЭНА»: СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ В ИНТЕРЕСАХ ЗАКАЗЧИКОВ

Оптимизация подбора насосного оборудования на базе Sprax 4 Pumps

В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ В РОССИИ КРУПНЕЙШИЕ НЕФТЯНЫЕ КОМПАНИИ АКТИВНО ПРОВОДЯТ МОДЕРНИЗАЦИЮ СУЩЕСТВУЮЩИХ И СТРОИТЕЛЬСТВО НОВЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ. КАКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДЛАГАЮТ РОССИЙСКИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ДЛЯ ОБНОВЛЕНИЯ И СОЗДАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ И КАК ОПТИМИЗИРОВАТЬ ПОДБОР НАИБОЛЕЕ ПОДХОДЯЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ?

CURRENTLY, IN RUSSIA THE LEADING OIL COMPANIES ARE ACTIVELY CONDUCTING MODERNIZATION OF EXISTING PLANTS AND CONSTRUCTION OF NEW PLANTS FOR DEEP OIL REFINING. WHAT EQUIPMENT IS PROPOSED BY RUSSIAN ENTERPRISES FOR RENOVATION AND DEVELOPMENT OF UP-TO-DATE PRODUCTION AND HOW TO OPTIMIZE SELECTION OF THE MOST APPROPRIATE EQUIPMENT?

Ключевые слова: нефтеперерабатывающие предприятия, модернизация, насосное оборудование, автоматизация, процессинговые насосы.



Мешков Дмитрий Викторович,
Главный конструктор
ОАО «ЭНА»

В рамках проектов применяется широкая номенклатура нового насосного оборудования, изготавливаемого в соответствии с требованиями API 610. В связи с этим перед ОАО «ЭНА», как перед одним из российских лидеров по производству процессинговых насосов для нефтеперерабатывающей

промышленности, встала задача оптимального подбора насосных агрегатов под конкретные требования опросных листов с минимальными затратами трудовых и временных ресурсов и уменьшения влияния человеческого фактора, приводящего к ошибкам при подборе насосного оборудования.



Электронасосные агрегаты НКА



РЕКЛАМА

РИС. 1. Диалоговое окно с результатом выбора насоса

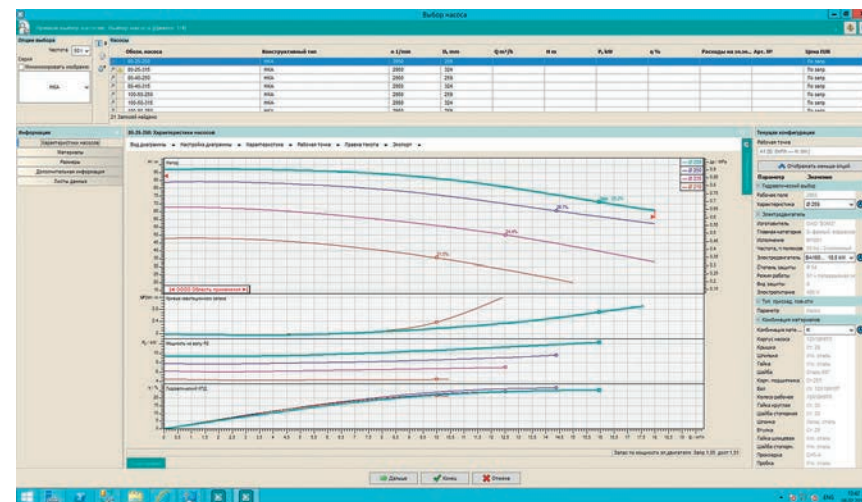
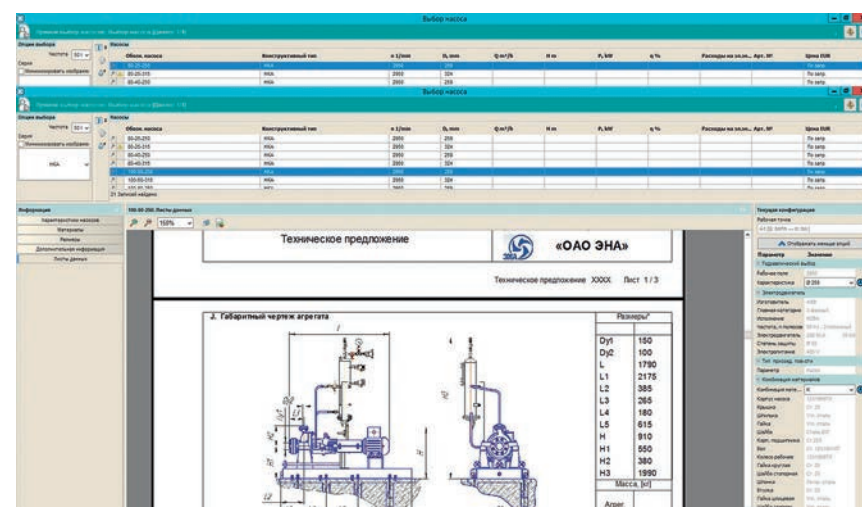
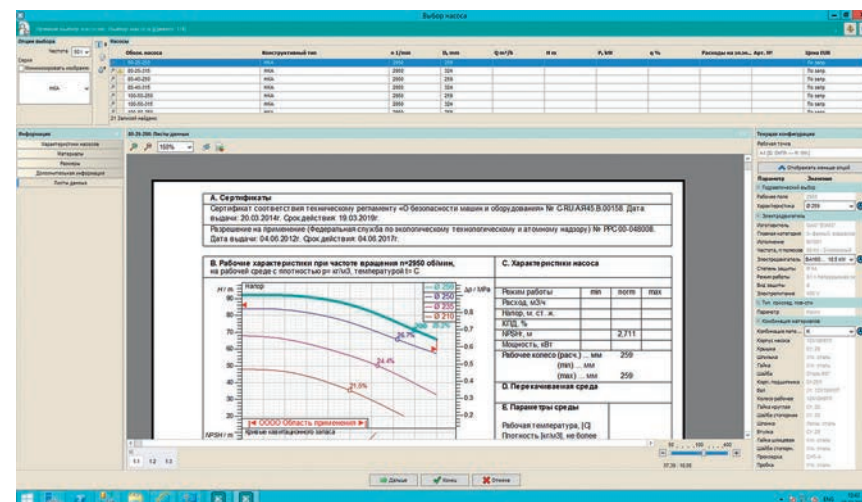


РИС. 2. Сформированное техническое предложение



Для решения этой задачи руководством ОАО «ЭНА» было принято решение о внедрении на предприятии системы Sprax 4 Pumps немецкой фирмы VSX – VOGEL SOFTWARE GmbH, распространяемой и

поддерживаемой в России компанией ООО «НТП Трубопровод». Широкие возможности системы по ведению баз данных (БД) центробежных насосов, оптимальному выбору насосов

(включая подрезку рабочих колес, частотное регулирование и т.д.), подбору электродвигателей и других элементов насосного агрегата и автоматический выпуск необходимых документов при заказе насосов сделали ее востребованной среди проектных организаций и производителей оборудования. Данная система уже более 5 лет успешно используется в России. Дополнительным преимуществом является интеграция Sprax 4 Pumps с программой теплового и гидравлического расчета трубопроводов «Гидросистема».

Выбор системы Sprax 4 Pumps основан на результатах тщательной проверки соответствия возможностей системы требованиям и специфике ОАО «ЭНА», проведенной с привлечением ООО «НТП Трубопровод».

Система значительно ускоряет и облегчает процесс подбора насосного оборудования: введя в систему требуемые значения подачи и напора, заказчик получает оптимальное предложение по рабочей точке (рис. 1) и сформированное техническое предложение (рис. 2), содержащее геометрические параметры, комбинации материалов деталей, графики рабочих характеристик, сведения о торцевом уплотнении, характеристики комплектующих электродвигателей.

На сегодняшний день вся линейка электронасосных агрегатов НКА полностью введена в БД, проводится тестирование системы, в ближайшее время в БД будут добавлены полупогружные электронасосные агрегаты ХП-Е (тип VS4 API 610), многосекционные двухкорпусные насосы НДМ (тип BB5 API 610) и двухопорные радиальные насосы НДР (тип BB2 API 610).

Достигнута договоренность, что БД насосов производства ОАО «ЭНА» будет включена в версию системы Sprax 4 Pumps, распространяемую совместно с программой «Гидросистема», доступ к которой будет у широкого круга проектных организаций. ●

KEYWORDS: oil refineries, modernization, pumping equipment, automation, process pumps.

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ ЭНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТА на предприятиях нефтегазохимической отрасли



Денис Рыжов,
Директор
Центра Решений
ООО «Иокогава
Электрик СНГ»,
к.т.н.



Булат Низамеев,
руководитель
направления
«Энергоменеджмент»,
Центр Решений
ООО «Иокогава
Электрик СНГ»

ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТАБИЛЬНОЙ ПРИБЫЛИ ПРОИЗВОДСТВО ДОЛЖНО БЫТЬ ЭКОНОМИЧНЫМ, ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫМ И БЕЗОПАСНЫМ. ВАЖНЫМ ФАКТОРОМ СОКРАЩЕНИЯ ИЗДЕРЖЕК НА ПРЕДПРИЯТИИ И ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА В ЦЕЛОМ ЯВЛЯЕТСЯ СИСТЕМНАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬЮ С ОДНОВРЕМЕННЫМ ОСУЩЕСТВЛЕНИЕМ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ И ПРИМЕНЕНИЕМ ЛУЧШИХ ПРАКТИК, ОСНОВАННЫХ НА РАСЧЕТАХ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ОПЫТЕ ПРОФЕССИОНАЛОВ ОТРАСЛИ. КАКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В НЕФТЕГАЗОВОЙ И НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛЯХ ПРЕДЛАГАЮТ ВЕДУЩИЕ МИРОВЫЕ КОМПАНИИ?

TO ENSURE STABLE PROFITS PRODUCTION MUST BE ECONOMICAL, HIGH-TECH AND SAFE. AN IMPORTANT FACTOR IN REDUCING COSTS AND INCREASING PRODUCTION EFFICIENCY IN GENERAL IS THE SYSTEMATIC MODERNIZATION OF THE ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT PROCESS WITH SIMULTANEOUS IMPLEMENTATION OF ENERGY CONSERVATION MEASURES AND BEST PRACTICES, BASED ON CALCULATIONS OF THE SPECIALIZED SOFTWARE AND EXPERIENCE OF INDUSTRY PROFESSIONALS. WHAT ARE THE TOOLS THAT THE WORLD'S LEADING COMPANIES OFFER TO OPTIMIZE PRODUCTION PROCESSES IN THE OIL-&-GAS AND PETROCHEMICAL INDUSTRIES?

Ключевые слова: оптимизация производственных процессов, энергопотребление, энергоменеджмент, предприятия нефтегазовой отрасли, производственная эффективность.

Одним из мировых лидеров в области энергоменеджмента и энерготехнологической оптимизации нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий является компания KBC Advanced Technologies (KBC). KBC обладает уникальной комбинацией знаний в области технологических процессов и энергоэффективности, а также передовыми программными продуктами для решения различных задач. Решения KBC охватывают не только технические, но и организационные аспекты, которые были успешно применены на сотнях предприятий по всему миру. В 2016 году произошло слияние KBC и Yokogawa Electric Corporation, что позволило совместно применять

апробированные решения по повышению производственной эффективности путем внедрения передовых операционных моделей, лучших мировых практик, систем управления производством (MES) и современных технологий автоматизации.

Комплекс консалтинговых услуг KBC состоит из двух основных модулей – CapX (Совершенствование Капиталовложений) и OpX (Совершенствование Эксплуатации), предназначенных для оптимизации производственной деятельности и использования основных фондов предприятий.

CapX (Совершенствование Капиталовложений):

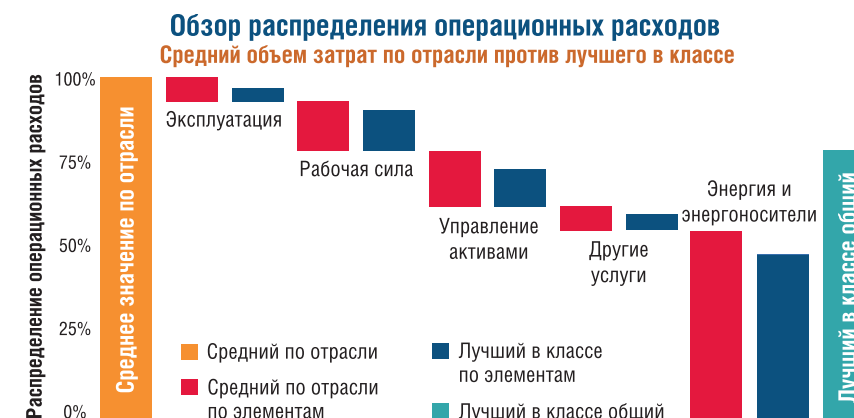
- Рынки сбыта (исследование и прогнозирование конъюнктуры рынка);
- Стратегия (разработка стратегии развития);
- M&A (слияния, поглощения и интеграция);
- Обоснованность (технико-экономическое обоснование проекта);
- Программа капиталовложений (поддержка инвестиционного проекта).

OpX (Совершенствование Эксплуатации):

- Планирование (производственный план);
- Технологический процесс (оптимизация технологического процесса);
- Энергопотребление;
- Охрана труда, окружающей среды и соблюдение техники безопасности (HSE);
- Повышение эксплуатационной надежности активов (надежность, работоспособность и ремонтпригодность – RAM);
- Повышение качества работы персонала;
- Программные продукты;
- Техническое обслуживание;
- Непрерывное совершенствование технологических процессов.

Для оценки уровня энергоэффективности предприятий компания KBC разработала собственную методологию анализа с применением индекса BT (Best Technology), представляющего собой отношение текущего энергопотребления к минимально возможному для данной

РИС. 1. Распределение операционных затрат нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств



конфигурации предприятия уровню энергопотребления. Методология BT разрабатывалась на протяжении всего срока работы на основе проведенных энергоаудитов более 200 НПЗ и нефтехимических предприятий по всему миру (рис. 1).

На рис. 2 представлено изменение индекса BT. Все заказчики, по которым KBC проводила анализ и энергоаудит, разбиты на 4 квартили. К сожалению, российские производства значительно отстают от аналогичных предприятий по всему миру.

Серым показан показатель до оптимизации, красным – при реализации дорожной карты, предложенной KBC. Как мы видим, снижение энергопотребления может составлять от 5 до 15%.

KBC обладает лучшей методологией, программным обеспечением и практикой выполнения работ по энергоаудиту и оптимизации, и

применяет систематизированный поэтапный подход к сокращению энергопотребления. При проведении анализов энергоэффективности специалисты KBC всегда выявляют проекты, позволяющие достичь быстрого экономического эффекта («быстрых побед»). Для этого применяются следующие методы:

- Проведение анализов технологических схем с персоналом заказчика с целью обсуждения режима эксплуатации технологических установок НПЗ;
- Привлечение к проведению анализа технологических схем консультантов-технологов KBC, обладающих глубокими знаниями по каждой технологической установке.

Типичные «быстрые победы» включают в себя:

- Снижение кратности орошения в дистилляционных колоннах;
- Оптимизация кратности циркуляции водородсодержащего

РИС. 2. Распределение индекса BT до и после оптимизации

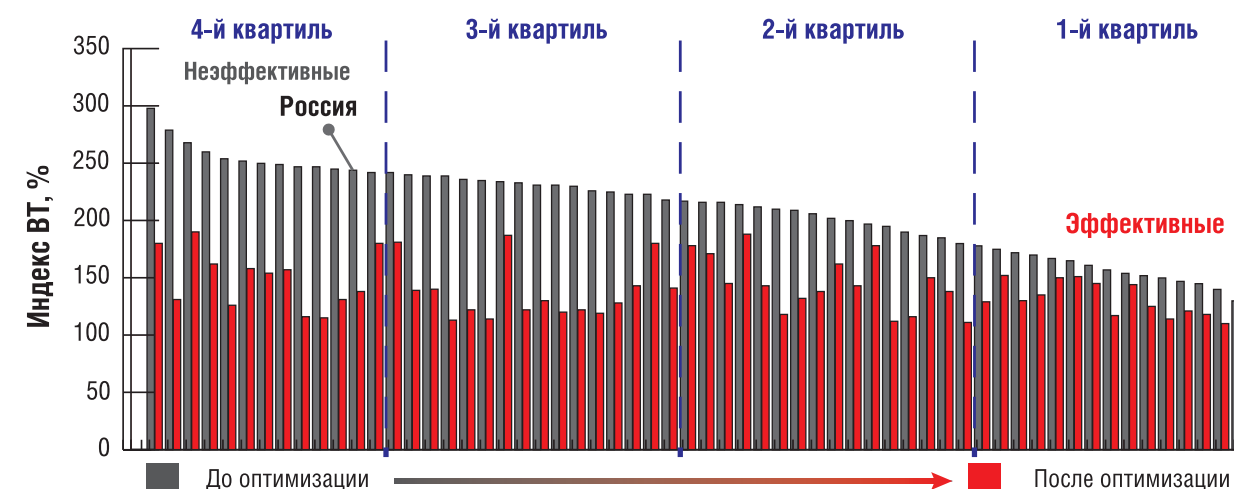


РИС. 3. Этапы программы ENgage



газа и сырья на установках гидроочистки и риформинга;

- Закрытие открытых байпасов на теплообменниках;
- Чистка теплообменников;
- Настройка печей;
- Оптимизация расхода пара на отпарку и пара, используемого для других технологических целей;
- Повышение производительности за счет увеличения использования более энергоэффективных установок, если параллельно эксплуатируется несколько технологических установок;
- Оптимизация температуры обмена потоками между установками.

В качестве основного решения по повышению энергоэффективности KBC предлагает комплексную программу ENgage (рис. 3), ориентированную на нужды конкретного заказчика, которая предполагает не только определение необходимых мер, но и реализацию с дальнейшим поддержанием эффекта.

Для каждого предприятия программа индивидуальна, но можно выделить следующие основные шаги:

Определение:

На данном этапе определяется видение и стратегия предприятия, политики в области энергоэффективности.

Открытие:

Далее производится определение существующих отставаний, т.е. оценка того, насколько установка или предприятие отстает от наиболее энергоэффективных аналогов, какие есть потенциальные возможности по снижению энергопотребления. При этом разрабатывается предварительный план ликвидации отставаний.

Разработка:

На основании детального анализа происходит разработка мероприятий по ликвидации отставаний путем моделирования технологического процесса и энергосистем, тепловой интеграции с применением пинч-анализа и инструментального обследования оборудования.

Данные шаги выполняются с вовлечением как технологов, так и энергетиков KBC. Специалисты совместно анализируют технологические схемы для понимания, как работает установка, какие есть проблемы, основные показатели процесса, узкие места процесса. Идеи, признанные технически реализуемыми и экономически целесообразными, включаются в дорожную карту, которая формируется по итогам работы. Далее мероприятия прорабатываются более детально, с точки зрения капитальных затрат. По результатам этой работы формируются альтернативные инвестиционные программы, с разными наборами

и последовательностями мероприятий.

Реализация:

При выполнении дорожной карты, KBC оказывает содействие по внедрению и реализации предложенных мероприятий.

Закрепление:

После реализации мероприятий по ликвидации отставаний необходимо закрепить достигнутые результаты, а именно создать систему энергоменеджмента с выстраиванием бизнес-процессов, необходимых для того, чтобы предприятие и в дальнейшем достигало снижения энергопотребления, не ограничиваясь реализацией дорожной инвестиционной карты и поддерживая эффект от внедрения. При этом предлагается использование специализированных программных продуктов (рис. 4) по комплексному энергомониторингу и оптимизации распределения энергетических потоков, таких как Visual MESA и панель визуализации КПЭ – Production Supervisor VP.

Важной составляющей при выполнении программы ENgage является моделирование технологических процессов, которое является отправной точкой выявления всех последующих оптимизационных мероприятий для того, чтобы количественно выявить потенциал энергосбережения и прогнозировать эффекты. Для этого

РИС. 4. Инструменты программы ENgage



используются специализированные программные комплексы, такие как Petro-SIM и Super-Target.

Petro-SIM представляет собой полнофункциональную графическую среду моделирования технологических процессов, использующихся в области переработки углеводородов от добычи и трубопроводного транспорта до процессов глубокой переработки на нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятиях.

Petro-SIM также обладает функционалом моделирования энергосистем на установках, включая генерирующее и потребляющее оборудование, в том числе: котлы-утилизаторы, печи, горелочные устройства, газотурбинные установки, паровые и пароконденсатные коллекторы, деаэраторы, РОУ и ОУ.

Для проведения пинч-анализа специалисты KBC используют разработанную компанией программу SuperTarget™, которая

используется совместно с Petro-SIM. Использование пинч-технологии, применяемой в пакете SuperTarget™, имеет следующие преимущества:

- возможность определить оптимальную точку между затратами, связанными с энергопотреблением, и капитальными затратами, которая может быть достигнута для существующего набора технологических потоков и потоков энергоносителей;
- определение практически достижимых целевых значений энергопотребления как существующей, так и новой схемы теплообмена;
- всесторонний и широкий анализ проблем, связанных с тепловой интеграцией потоков, помогает определить взаимодействия между потоками, которые бывает сложно увидеть на технологической схеме установки или на схеме энергоресурсов предприятия.

Учитывая глобальный тренд на снижение энергопотребления и требования рынка к сокращению издержек, для поддержания конкурентоспособности, оптимизация в данной сфере является необходимостью. Применение подходов KBC и Yokogawa позволит снизить затраты на энергию на 15–20% и вывести предприятие в лидеры отрасли по энергоэффективности. ●

KEYWORDS: optimization of production processes, energy consumption, energy management, oil and gas industry, production efficiency.

РИС. 5. Комплексный подход KBC к повышению эффективности



СТАВКА НА СПГ

Анастасия Никитина

НЕ СЕКРЕТ, ЧТО В ПОСЛЕДНИЕ ГОДЫ СПГ МЕДЛЕННО, НО ВЕРНО ПРЕВРАЩАЕТСЯ В ОДИН ИЗ ВАЖНЕЙШИХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ, ПОСКОЛЬКУ ЗАПАСЫ ЕГО ОГРОМНЫ. ЭТО ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТАЯ ПРОДУКЦИЯ ПО СРАВНЕНИЮ С НЕФТЕПРОДУКТАМИ, А ВЫБОР СПГ В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА РЕШАЕТ СРАЗУ ДВЕ ОСТРЕЙШИЕ ПРОБЛЕМЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ – ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ И ПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ. НЕСМОТРИ НА ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ, ДОСТИЖЕНИЯ РОССИИ В ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПГ ВЫГЛЯДЯТ ДОВОЛЬНО СКРОМНО – ДОЛЯ НАШЕЙ СТРАНЫ СЕГОДНЯ НЕ ПРЕВЫШАЕТ 5 %. С ДРУГОЙ СТОРОНЫ, ОТКРЫВАЕТСЯ ШИРОКОЕ ПОЛЕ ДЛЯ АКТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ. ЧЕМ СЕГОДНЯ ИНТЕРЕСНЫ И НАСКОЛЬКО ЗНАЧИТЕЛЬНЫ РОССИЙСКИЕ СПГ-ПРОЕКТЫ?

IT IS NO SECRET, THAT IN THE LAST YEARS LNG SLOWLY, BUT STEADILY BECOMES ONE OF THE MOST IMPORTANT ENERGY SOURCES, AS ITS STOCKPILES ARE IMMENSE, THIS IS ECOLOGICALLY CLEAN PRODUCTION IN COMPARISON WITH OIL PRODUCTS, AND THE CHOICE OF LNG AS A FUEL SOLVES TWO SHARPEST PROBLEMS- CONTAMINATION OF ATMOSPHERE AND GREENHOUSE EFFECT. DESPITE THE PERSPECTIVE, RUSSIA'S ACHIEVEMENTS IN THE FIELD OF MAKING USE OF LNG LOOKS QUITE PLAINLY- RATE OF OUR COUNTRY DOESN'T EXCEED 5%. ON THE OTHER SIDE, OPENS A GOOD SCOPE FOR ACTIVE WORK. BY WHAT MEANS ARE INTERESTING TODAY AND HOW SUBSTANTIATE RUSSIAN LNG-PROJECTS?

Ключевые слова: сжиженный природный газ, СПГ, российский рынок СПГ, завод по производству СПГ, газомоторное топливо, EcoGas, метанол, газификация регионов, использование СПГ.

На сегодняшний день мировой рынок СПГ стал наиболее динамично развивающимся рынком углеводородов, ведь по мнению специалистов, развитие малой энергетики в ближайшие годы будет связано именно с более широким использованием сжиженного природного газа. Успехи России на этом поприще, правда, довольно скромны – ее доля от мирового рынка СПГ сегодня не превышает 5 %, но государство и ведущие нефтегазовые компании полны решимости изменить ситуацию.

Так, энергетическая Стратегия России предусматривает наращивание доли рынка к 2035 г. до 12 % от общего объема. Это станет возможным за счет увеличения масштабов производства СПГ в 5 и более раз и расширения сфер его применения.

В первую очередь СПГ целесообразно использовать в качестве топлива в удаленных на значительные расстояния от магистральных трубопроводов уголках России, что, например, позволит вовлекать эти глубинные территории в сельскохозяйственный оборот.

Данное направление активно развивает «Газпром», с 2005 г. реализующий программу по газификации регионов, в том числе отдаленных от газопроводов населенных пунктов. В последнем случае – используя альтернативные энергоносители, включая СПГ и КПГ, а также СУГ. Но, по оценкам специалистов, около 50 % населенных пунктов, нуждающихся в газификации, экономически целесообразно обеспечивать именно привозным СПГ.

Кроме того, для популяризации применения природного газа в качестве моторного топлива «Газпромом» был зарегистрирован товарный знак EcoGas и реализуется ряд стимулирующих программ.

Почему выгодно переходить на СПГ-топливо? Во-первых, запасы газа в России огромны. Во-вторых, СПГ как топливо экологично, безопасно и эффективно. В-третьих, конечно, цена, которая составляет около 13-14 руб. за 1 м3 в противовес цене за 1 литр бензина в районе 40 руб.

ФАКТЫ

Не более **5** %

доля России от мирового рынка СПГ на сегодняшний день

На **8-11** %

ежегодно составляет рыночный прирост реализации СПГ в качестве топлива на территории РФ

150

моделей включает в себя линейка техники, работающей на природном газе

Активно внедрение СПГ в качестве моторного топлива начала Республика Татарстан. В 2017 г. началось строительство СПГ-завода в рамках госпрограммы «Развитие рынка газомоторного топлива в Республике Татарстан на 2013–2023 годы».

Татарстан станет первым регионом России, где будет реализован проект по выделению государственных субсидий и частных инвестиций для переоборудования автотранспорта на природный газ. Предполагается, что реализация программы даст положительный эффект как для коммерческих автопарков, так и для частных автовладельцев.

СПГ-завод в Чистополе планируется построить к 2030 г. Сегодня проводятся работы по выработке основных технических решений. Мощность СПГ-производства составит 200 тыс. т/год. В татарстанский проект также входит строительство сети из 13 автозаправочных станций сжиженным метаном. Динамика позитивная – потребление газомоторного топлива в Татарстане постоянно растет, и республика уверенно держит лидерство среди регионов РФ.

Есть ли недостатки у газомоторного топлива? Возможно, пока к таковым можно отнести слабо развитую инфраструктуру, а также не слишком большой выбор автомобилей, готовых перейти на газомоторное топливо. Тем не

менее на сегодняшний день это наиболее реальная альтернатива традиционным видам топлива.

Еще одна веская причина активнее использовать СПГ – местонахождение крупнейших российских газовых месторождений. Почти все они находятся в удаленных районах, неблагоприятных для строительства газопроводов, и наиболее целесообразным здесь представляется транспортировка газа в жидком состоянии. Это в свою очередь рождает необходимость строительства здесь крупных СПГ-заводов. И российские компании активно работают в этом направлении.

В декабре «НОВАТЭК» запустил первый интегрированный проект по добыче, сжижению и поставкам природного газа «Ямал СПГ» мощностью 16,5 млн т на ресурсной базе Южно-Тамбейского месторождения. Интересно отметить, что этот проект оказался весьма выгоден и с экономической точки зрения: по оценкам экспертов, стоимость поставки газа с проекта «НОВАТЭКА» летним маршрутом по Северному морскому пути до порта прибытия в Японии составляет примерно 174 долл США за 1 тыс. м³, а доставить туда же американский СПГ, например, с завода Sabine Pass, обойдется дороже на 50 %.

Также в стадии реализации находится совместный проект «Роснефти» и ExxonMobil (США) «Дальневосточный СПГ» по строительству завода СПГ на юге Сахалина. Проектная мощность завода – 5 млн т/год, а запуск планируется после 2023 г.

Не отстает и «Газпром». В июне 2017 г стало известно, что компания возобновляет работу над проектом по созданию завода «Владивосток СПГ».

Не менее интересен проект «Печора СПГ» (детище «Роснефти» и компании Alltech), предусматривающий разработку Кумжинского и Коровинского газовых месторождений в Ненецком автономном округе, прокладку газопровода, строительство СПГ-завода, а также установки комплексной подготовки газа и отгрузочного морского терминала. В июле 2017 г. проектом заинтересовалась BP, но пока без какой-либо конкретики. Оно и понятно, ведь поводы для раздумий у BP есть – это и сложная логистика проекта, и проблемы с ресурсной базой и получением права на экспорт газа, которые в теории могут возникнуть. Справедливости ради напомним, что история этого СПГ-проекта тянется с 2008 г., но реализовать его своими силами пока так и не получилось ни у Alltech, ни у «Роснефти». Последняя, кстати, снизила мощность предполагаемого СПГ-завода с 8–10 млн до 4,3 млн т/год, но в качестве альтернативы рассматривает вариант со строительством газохимического комплекса, который будет производить метанол и удобрение карбамид. В общем, несмотря на неопределенность проекта, надежды на его реализацию в будущем все же есть.

Гораздо более реальным выглядит «Балтийский СПГ» (проект «Газпрома» и Shell), предусматривающий строительство в районе порта

ФАКТЫ

В 10 раз

снижается выброс токсичных веществ в окружающую среду при использовании природного газа

В 1,5-2

раза увеличивается срок службы двигателя за счет чистого состава газового топлива

В 2030 г.

будет запущен в эксплуатацию СПГ-завод в Татарстане

16,5 млн

т/год проектная мощность «Ямала СПГ», на которую планируется вывести завод к 2019 году

В 2023 г.

будет запущен «Балтийский СПГ» (проект «Газпрома» и Shell), предусматривающий строительство в районе порта Усть-Луга Ленинградской области завода по сжижению природного газа

Усть-Луга Ленинградской области завода по сжижению природного газа мощностью до 10 млн т/год с возможностью расширения до 15 млн т/год. Газ на СПГ-завод будет поступать из ЕСГ РФ.

Изначально предполагалось ввести завод в эксплуатацию в 2018 г., затем в 2021-м, но в марте 2017 года «Газпром» сдвинул срок еще на два года, до 2023-го. Тем не менее после того как к проекту подключилась Shell, дело сдвинулось с мертвой точки – ведется активная работа по подготовке pre-FEED проекта.

Такое количество СПГ-проектов, говорит о том, что государство и российские компании уже четко осознают перспективность этого направления и острую необходимость переработки того огромного количества газа, который залегают в недрах нашей страны.

Особенно учитывая тот факт, что помимо экологичного топлива (метана), природный газ можно использовать при производстве удобрений, химикатов, пластика и т.д.

Тем не менее пока действующих и готовых к запуску мощностей в РФ недостаточно для того, чтобы в среднесрочной перспективе занять значимую долю мирового рынка СПГ. Пока их хватает только примерно на 6,7 % рынка к 2022 году. Наиболее перспективные российские «клиенты» – это страны АТР. При этом выход российского СПГ за пределы Восточной Азии будет осложнен более высокими транспортными издержками, что снизит его конкурентоспособность, например, в сравнении с американской продукцией. Отчасти российский СПГ может заинтересовать и европейские страны, однако там он будет конкурировать с российским же трубопроводным газом. Иначе говоря, вариантов развития множество, главное, чтобы Россия поторопилась и смогла занять собственную нишу на мировом рынке СПГ. ●

KEYWORDS: liquefied natural gas, LNG, Russian LNG market, LNG plant, gas motor fuel, EcoGas, methanol, gasification of regions, LNG use.



ОРГАНИЗАТОР :



ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПАРТНЕР:



СПГ НА ТОПЛИВО

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ МАЛОТОННАЖНОГО СПГ С ДВУМЯ КОНТУРАМИ ОХЛАЖДЕНИЯ

Карпов Алексей Борисович,
ассистент кафедры Газохимии
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

Козлов Андрей Михайлович,
к.т.н., доцент кафедры Оборудования
нефтегазопереработки
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

Кондратенко Андрей Дмитриевич,
инженер кафедры Газохимии
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

КАЧЕСТВО СПГ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ НЕ ТОЛЬКО НОРМАТИВНЫМИ ДОКУМЕНТАМИ НА ПОСТАВКУ ГАЗА, ОПРЕДЕЛЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ НАКЛАДЫВАЕТ САМ ПРОЦЕСС СЖИЖЕНИЯ. В ДАННОЙ СТАТЬЕ В КАЧЕСТВЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ХОЛОДИЛЬНОГО ЦИКЛА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СПГ ВЫСОКОГО КАЧЕСТВА РАССМОТРЕНА ТЕХНОЛОГИЯ МАЛОТОННАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА, С МЕТАНОВЫМ И АЗОТНЫМ КОНТУРАМИ ОХЛАЖДЕНИЯ

THE QUALITY OF LNG (LIQUEFIED NATURAL GAS) IS DETERMINED NOT ONLY BY NORMATIVE DOCUMENTS ON GAS SUPPLY, SPECIFIED REQUIREMENTS ARE SET BY THE LIQUEFACTION PROCESS ITSELF. IN THIS ARTICLE IN THE CAPACITY OF ENERGY EFFECTIVE REFRIGERATION CYCLE FOR RECOVERY OF LGN OF HIGH QUALITY, THE TECHNOLOGY OF LOW-TONNAGE PRODUCTION, WITH METHANE AND NITROGEN COOLING CIRCUIT IS REVIEWED

Ключевые слова: сжиженный природный газ, технологии, качество СПГ, энергоэффективность.

Наиболее перспективным сектором применения СПГ является его использование в качестве моторного топлива на автомобильном, морском и железнодорожном транспорте, а также на объектах тепло- и электрогенерации.

Производство СПГ является ключевым звеном в построении инфраструктуры производства, хранения, распределения и потребления сжиженного природного газа.

Источниками газа для малотоннажного СПГ могут служить как традиционные магистральные и распределительные газопроводы, так и низконапорные месторождения природного газа, а также шахтный метан, метан угольных пластов и биогаз.

Определяющими параметрами при проектировании установок по получению СПГ является не только производительность, но и состав газа, поскольку требования к его очистке очень жесткие и связаны с тем, что при криогенных температурах примеси выпадают в твердом виде и забивают арматуру. Еще большее значение имеет качество получаемого СПГ и, как следствие, свойства газа, полученного после регазификации СПГ.

Оптимизация технологий является одним из способов совершенствования эффективности в СПГ-индустрии [1]. Внедрение инноваций на установках предварительной обработки газа, обеспечивают преимущества того или иного проекта по сжижению газа. При производстве СПГ, основное внимание должно уделяться мероприятиям по подготовке газа к ожижению, т.е. по доведению природного газа до параметров, позволяющих конденсацией получить СПГ требуемого качества [2], при этом данная стадия составляет значительную часть капитальных вложений и эксплуатационных расходов завода по производству СПГ.

Наличие в газе паров воды и углекислого газа вызывает серьезные проблемы при ожижении газа. При охлаждении газа в системе происходит конденсация водяных паров и, следовательно, образование в ней водного конденсата. Последний с компонентами природного газа образует гидраты или лед. Выпадение твердой углекислоты – «сухого льда»

ФАКТЫ

Производство

СПГ

является ключевым звеном в построении инфраструктуры производства, хранения, распределения и потребления сжиженного природного газа

Наличие в газе паров воды и углекислого газа вызывает серьезные проблемы при его ожижении

– также нежелательно. Такие отложения уменьшают сечение трубопроводов, ухудшают теплообмен, а при отложении на дросселях или попадании в детандер приводят к аварийным остановкам. Кроме того, наличие воды в системе усиливает коррозию оборудования, особенно при содержании в сырьевом газе кислотных компонентов. Следовательно, природный газ перед подачей на ожижение необходимо подвергать глубокой осушке и очистке.

Традиционные методы обработки бедного газа для удаления тяжелых углеводородов, такие как абсорбция, низкотемпературная сепарация и конденсация, могут иметь более высокие экономические издержки, уменьшать мощность установки и усложнять процесс [3].

В таблице 1 приведено качественное сравнение методов подготовки газа к сжижению – очистки от тяжелых



ТАБЛИЦА 1

Процесс подготовки газа	Параметры			
	Возможность глубокой очистки и осушки	Применение высоких/ низких температур	Наличие сбросных газов	Изменение углеводородного состава
Нагревная адсорбция	+	+	+	-
КЦА	+	-	+	-
Абсорбция	-	+	-	-
Низкотемпературные методы	+ // -	+	+	+
Мембранное разделение	± // ±	-	+	+

углеводородов (коррекция состава), кислых примесей и осушки.

Как видно из таблицы, несмотря на наличие газов регенерации, для глубокой очистки и осушки газа наиболее перспективно выглядит последовательное соединение блоков мембранного разделения и КЦА.

Помимо способа подготовки, на качество СПГ значительно влияет процесс сжижения. В настоящее время при малотоннажном производстве СПГ используются дроссельные, детандерные и комбинированные криогенные циклы – такое деление опирается на способ получения холода.

Дроссельные циклы характеризуются относительной простотой и надежностью, однако эффективность их мала, коэффициент ожигения сравнительно низок, давление рабочего тела должно быть высоким 15,0–25,0 МПа. В РФ такая установка работает на ГРС «Никольская» Тосненского района Ленинградской области [4].

При производстве СПГ высокого качества нецелесообразно использовать холодильные циклы, использующие только дросселирование, из-за малой степени ожигения и, как следствие, большой концентрации тяжелых примесей в жидкой фазе, поэтому для производства СПГ высокого качества применимы только процессы с внешней холодильной машиной.

В России установки с дроссельным циклом высокого давления с предварительным фреоновым охлаждением на АГНКС и ГРС работают в г. Первоуральске, г. Калининграде и г. Пскове.

Недостатки дроссельного цикла создали предпосылки для перехода к созданию установок сжижения, специально оптимизированных для работы в условиях ГРС в широком диапазоне их технических характеристик и технологических параметров.

К таким установкам можно отнести установку дроссельного цикла с вихревой трубой (ГРС «Выборг») и установку с дроссельно-эжекторным циклом высокого давления и предварительным фреоновым охлаждением (АГНКС-500 «Развилка») [4].

ФАКТЫ

-132 °C

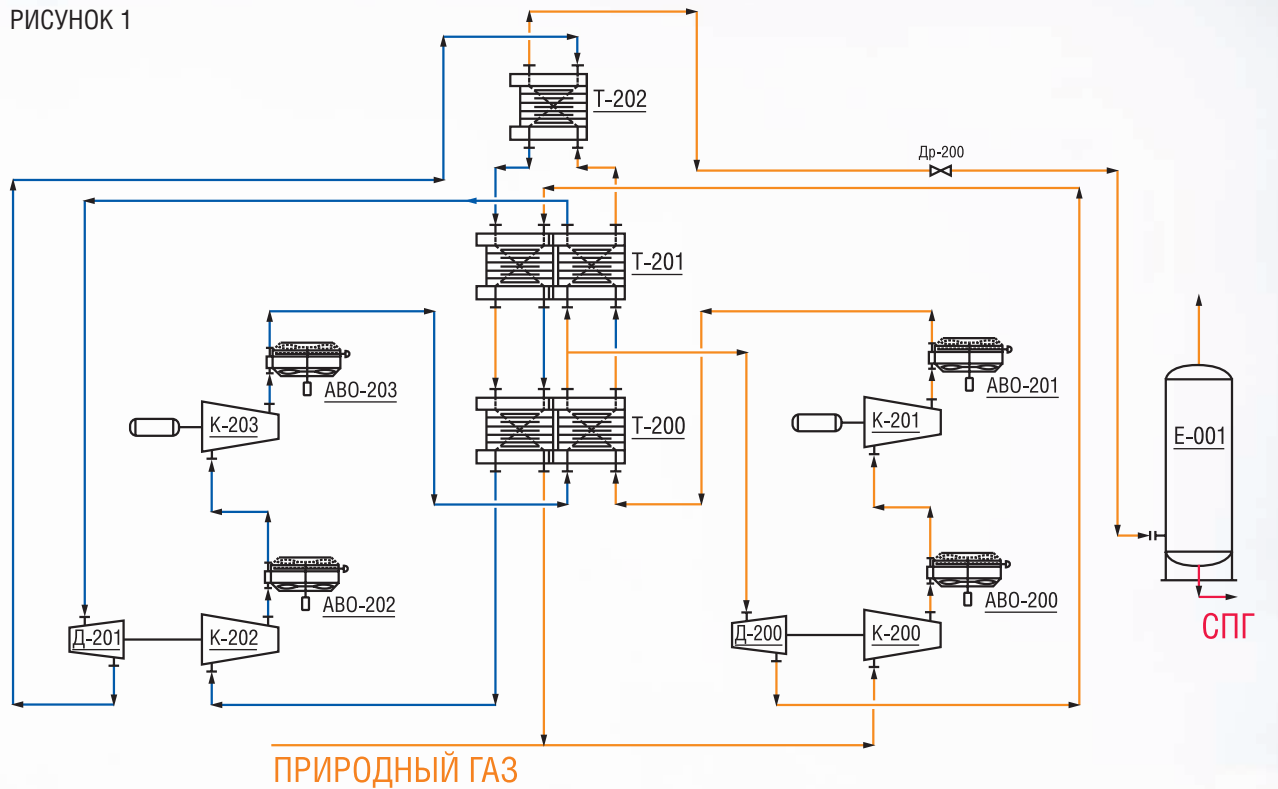
– температура охлаждения природного газа, направляемого на сжижение в третью часть Т-202 основного теплообменника

Также в малотоннажном производстве СПГ используются детандерные циклы различных модификаций. Следует выделить два случая использования детандеров. Первый, когда детандер применяется в цикле, где рабочим телом является сам природный газ (установка сжижения на ГРС-4 в г. Екатеринбург). Второй, когда детандер устанавливается во внешнем контуре, где рабочим телом может быть чистое рабочее тело (азот) или смесь (азот-углеводороды), в России реализована установка сжижения с азотным циклом в Пермском крае.

В некоторых случаях применение двух детандеров, установленных на разных температурных уровнях, позволяет создать ожигитель с низким удельным энергопотреблением.

В качестве энергоэффективного холодильного цикла с долей ожигения не менее 90% от объема направляемого на ожигение природного газа для получения СПГ высокого качества с учетом минимальных эксплуатационных затрат и отсутствия необходимости использования привозных хладоагентов (фреонов или индивидуальных углеводородов) предлагается применять установку малотоннажного производства, использующую холодильный цикл с двумя детандерами (азот и метан). При этом необходимо обеспечивать как глубокую очистку от углекислоты, осушку природного газа, так и коррекцию его состава.

РИСУНОК 1



Технологическая схема блока сжижения такой установки приведена на рисунке 1.

Природный газ из газопровода высокого давления после очистки от механических примесей направляется на комбинированную установку предварительной подготовки природного газа перед сжижением с применением полупроницаемых мембран и короткоциклового адсорбции по технологии [5, 6] (на схеме не показана).

Далее подготовленный природный газ после блока подготовки газа смешивается с природным газом открытого холодильного цикла и поступает на всас компрессора К-200. Здесь газ сжимается до 40–45 атм., после чего поток направляется на охлаждение в АВО АВО-200 и затем на вторую ступень компримирования в компрессор К-201. Давление газа в компрессоре К-201 повышается до 70 атм. Далее газ поступает на охлаждение в АВО-201.

После компримирования природный газ направляется в теплообменник Т-200, где газ охлаждается за счет работы азотного и метанового холодильных циклов. После этого от основного потока природного газа отделяется часть газа на сжижение направляется во вторую секцию основного теплообменника (Т-200), где его температура снижается до еще более низких значений.

Природный газ открытого холодильного цикла расширяется в детандерном агрегате (Д-200), при этом его температура снижается. Работа, вырабатываемая на детандере, снимается компрессором первой ступени сжатия К-200. Далее природный газ холодильного цикла обратным

ФАКТЫ

Для глубокой очистки и осушки газа наиболее перспективна технология последовательного соединения блоков мембранного разделения и КЦА

потоком проходит через секции теплообменников Т-201 и Т-200, забирая при этом тепло у охлаждаемых потоков.

Природный газ на сжижение направляется в третью часть Т-202 основного теплообменника, где охлаждается до температуры минус 132°C. Затем, проходя через дроссель Др-200, давление потока снижается до давления хранения СПГ – 6 атм, при этом происходит переохлаждение жидкости до температуры минус 135°C. Парожидкостная смесь разделяется в сепараторе Е-001: внизу сепаратора отводится СПГ, из верха сепаратора отводится поток отпарного газа, который после подогрева используется в качестве топлива газопоршневыми приводами компрессоров К-201 и К-203.

Охлаждение природного газа обеспечивается за счет работы азотного холодильного цикла. Поток азота (контур показан синим цветом) сжимается сначала в компрессоре К-202, затем в компрессоре К-203. Тепло от сжатия снимается аппаратами воздушного охлаждения АВО-202 и АВО-203. Далее поток азота предварительно охлаждается в секциях теплообменника Т-200

ТАБЛИЦА 2

Тип схемы	Объекты реализации	Коэффициент ожижения, %	Удельные энергозатраты, кВт.ч/т СПГ
Дроссельный цикл	ГРС «Никольская»	2	10
Дроссельный цикл высокого давления	АГНКС г. Первоуральск	47	590*
	АГНКС г. Кингисепп, ГРС-1 г. Калининград, КСПГ Псков	40	870
Цикл с вихревой трубой	ГРС «Выборг»	4	10
Дроссельно-эжекторный цикл	АГНКС-8 «Петродворец», АГНКС-500 «Развилка»	48	360*
Дроссельно-детандерным цикл	ГРС-4 г. Екатеринбург	11	10
Азотный цикл	УСПГ Пермский край	99	840
Цикл с двумя контурами охлаждения	проект	99	637

* Удельные энергозатраты установок, рассчитаны с учетом затрат энергии на сжатие газа на АГНКС

и Т-201 и направляется на детандер Д-201, где расширяется, температура при этом снижается до минус 143°С. Высвободившаяся при этом энергия обеспечивает работу компрессора К-202.

Далее поток азота проходит последовательно теплообменники Т-202, Т-201 и Т-200, забирая тепло у охлаждаемых потоков, и возвращается на рецикл.

Сравнение расчетных показателей работы описанной установки сжижения с показателями существующих производств (по данным [4]) приведено в таблице 2.

Как видно, цикл с двумя контурами охлаждения (метановый и азотный) отличает высокий коэффициент сжижения при сравнительно невысоком удельном энергопотреблении.

Несмотря на большое количество разработанных и внедренных в промышленность процессов производства СПГ, большинство из них не предназначены для получения СПГ высокого качества на малотоннажных установках, и состав производимого на них СПГ определяется составом природного газа, подаваемого на установку.

В настоящее время энергоэффективных малотоннажных установок получения СПГ высокого качества, находящихся в эксплуатации в России, не существует. Для получения требуемого по углеводородному составу СПГ высокого качества на малотоннажных установках необходима разработка новых схемно-технологических решений.

При этом при производстве СПГ высокого качества нецелесообразно использовать холодильные циклы, использующие только дросселирование, из-за малой степени ожижения и, как следствие, концентрации тяжелых примесей в жидкой фазе.

В качестве энергоэффективного холодильного цикла с долей ожижения не менее 90% от объема

ФАКТЫ

90%

– доля ожижения, которую можно получить применяя малотоннажный процесс с использованием холодильного цикла с двумя детандерами

природного газа, направляемого на ожижение, для получения СПГ высокого качества с учетом минимальных эксплуатационных затрат рекомендуется применять малотоннажный процесс, с использованием холодильного цикла с двумя детандерами (азот и метан). ●

Литература

1. Мещерин И.В. Оптимизация технологий сжижения природного газа с целью повышения экономической эффективности процесса // Территория «НЕФТЕГАЗ», № 3, 2016. С. 146–152.

2. Кондратенко А.Д., Жагфаров Ф.Г. Разработка технологии подготовки природного газа для малотоннажного производства СПГ // Сборник трудов 71-й Международной молодежной научной конференции «Нефть и газ – 2017». Москва. 2017. Т. 2. С. 176–181.

3. Жагфаров Ф.Г., Карпов А.Б., Григорьева Н.А. Инновационные технологии при подготовке природного газа в проектах производства сжиженного природного газа // Технологии нефти и газа. 2017. № 6 (113). С. 14–19.

4. Кондратенко А.Д., Карпов А.Б., Козлов А.М., Мещерин И.В. Российские малотоннажные производства по сжижению природного газа // Нефтегазохимия, № 4, 2016. С. 31–36.

5. Кондратенко А.Д., Карпов А.Б., Козлов А.М. Разработка комбинированного способа предварительной подготовки природного газа перед сжижением // Материалы конференции «Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке». Санкт-Петербург. 2017. С. 132–134.

6. Кондратенко А.Д., Карпов А.Б., Мещерин И.В. Разработка технологии подготовки природного газа к сжижению для получения СПГ высокого качества // Материалы Всероссийской молодежной научно-технической конференции нефтегазовой отрасли «Молодая нефть». Красноярск. 2017. С. 239–242.

KEYWORDS: oil and gas deposits, deposits of the East European platform, Scythian plate.

РАСТУЩИЕ ЦЕНЫ НА НЕФТЬ ОЖИВЛЯЮТ РОССИЙСКУЮ ЭКОНОМИКУ, НЕСМОТЯ НА САНКЦИИ

The New York Times

Эндрю Крамер

Goldman Sachs предсказал рост экономики на 3,3% в 2018 г., потребительские расходы увеличиваются, инфляция упала до 2 %.

Безусловно, никто не предсказывает возвращение времен нефтяного бума, а санкции, введенные Евросоюзом, США и другими странами, создали



препятствия для немаловажных государственных компаний и банков. Тем не менее, если рост цен на нефть, наблюдавшийся в начале года, сохранится, он может изменить для России экономический ландшафт и перевесить негативные последствия санкций.

В прошлом году российская экономика росла, несмотря на соглашение с ОПЕК о сокращении добычи.

Исторические периоды низких цен на нефть ассоциировались с рыночной либерализацией в России, в то время как высокие цены соотносились с политическими репрессиями и напористыми внешнеполитическими действиями. В пример автор статьи приводит вторжение в Афганистан, войну в Грузии и вмешательство на Украине.

К сожалению, с точки зрения Запада эта корреляция в последнее время, похоже, перестала работать.



ШРЕДЕР, СЕЧИН И ПУТИНСКАЯ НЕФТЬ

Frankfurter Allgemeine

Андреас Мим

В ходе рабочего визита на НПЗ «Шведт» И. Сечин дал интервью изданию FAZ.

На вопрос, как И. Сечин оценивает себя, как политика или как менеджера? Он ответил, «скорее, как менеджера». Звучит скромно для главы концерна, который осуществляет свою деятельность в десятке стран мира и доходы которого являются важнейшими источниками финансирования для Москвы. И, тем не менее, он не считает нефтяной бизнес «политическим».



«Нам кое-что удастся. Когда мы начинали 18 лет назад, мы производили 4 млн тонн нефти в год. Сегодня мы производим 281 млн тонн в год в жидком эквиваленте», – подчеркивает он.

«Роснефть» была построена на обломках других частных концернов. Нельзя сказать, что к политике это не имело никакого отношения. За одну только компанию ТНК «Роснефть» заплатила 55 млрд долларов – практически столько же, сколько сегодня стоит весь концерн.

«Причины последующей потери стоимости концерна носят не экономический, а политический характер, – уверен Сечин. – Истинная стоимость «Роснефти» гораздо выше. Мы исходим из того, что объективно она составляет 130 млрд долларов, к тому же следует учитывать качество и объемы наших резервов и ресурсов».

ЧТО ЗАСТАВИЛО РОССИЮ ПОСТАВЛЯТЬ ГАЗ В АМЕРИКУ?



Американские компании стремятся вытеснить Россию с европейского газового рынка. Однако сегодня российский СПГ напрямую поставляется в Америку. Как это стало возможно?

На деле все не так противоречиво. Цены на энергоресурсы в Америке временно подскочили из-за холодов. Стране внезапно понадобился природный газ, чтобы пережить непогоду, поэтому она обратилась к международному рынку.

Вполне возможно, что в будущем Америка примет еще один танкер с СПГ из России. Но эксперты в Москве полагают, что речь идет об относительно малых объемах.

Сотрудничество Америки и России позволяет судить о том, как изменился рынок энергоресурсов во всем мире. Использование газопроводов подразумевает, что торговля ведется в пределах региона. Теперь же с помощью танкеров и СПГ этот бизнес становится все более глобальным. Конкуренция обостряется. Потребителям это выгодно, так как цены остаются на низком уровне. ●

ОЧИСТКА ГАЗОВ ОТ ОКСИДОВ АЗОТА

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОЗДУШНОГО БАСЕЙНА ПРОМЫШЛЕННЫМИ ОТХОДАМИ И НЕБЛАГОПРИЯТНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЭТОГО СТАВЯТ ПРОБЛЕМУ СОХРАНЕНИЯ ЧИСТОТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ЧИСЛО ОДНОЙ ИЗ ВАЖНЕЙШИХ. КАКИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ ГАЗОВ ОТ ОКСИДОВ АЗОТА СУЩЕСТВУЮТ СЕГОДНЯ?

AIRBORNE POLLUTION WITH INDUSTRIAL WASTES AND ADVERSE CONSEQUENCES OF THIS PUT FORWARD A PROBLEM OF MAINTAINING NATURAL ENVIRONMENT OF HIGH QUALITY AS ONE THE MOST IMPORTANT. WHAT TECHNICAL SOLUTIONS TO CLEAN GAS OF NITROGEN OXIDE EXIST TODAY?

Ключевые слова: очистка газов, загрязнение атмосферы, газохимические производства, агрегаты производства азотной кислоты, катализаторы.

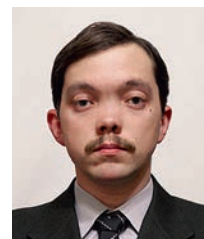
УДК 66.07



Афанасьев Сергей Васильевич,
кандидат химических наук,
доктор технических наук,
профессор Тольяттинского
государственного университета



Садовников Андрей Александрович,
генеральный директор
ООО «НИАП-Катализатор»



Дульнев Алексей Викторович,
кандидат технических наук,
технический директор
ООО «НИАП-Катализатор»



Обысов Анатолий Васильевич,
ведущий специалист
ООО «НИАП-Катализатор»



Гартман Владимир Леонидович,
кандидат технических наук,
ведущий научный сотрудник
ООО «НИАП-Катализатор»

Одними из наиболее опасных загрязнителей атмосферы являются оксиды азота (NO_x). Наибольшая их концентрация в газовых выбросах наблюдается в отходящих газах производств слабой азотной кислоты и печей риформинга агрегатов аммиака. Применительно к агрегатам производства азотной кислоты типа УКЛ-7 и АК-72 реализована высокотемпературная очистка с использованием палладийсодержащего катализатора АПК-2 и природного газа в качестве восстановителя. Известно, что катализаторы на основе благородных металлов, таких как палладий и платина, обладают уникальными каталитическими свойствами и, прежде всего, высокой активностью и полифункциональностью, однако имеют чрезвычайно высокую стоимость, а при их эксплуатации происходит безвозвратная потеря благородных металлов.

По мнению специалистов, весьма перспективны технические решения, базирующиеся на использовании Ni-Cu и Ni-Cu-Co систем для процесса восстановления NO_x природным газом, отличающиеся фазовым составом, способом приготовления и геометрической формой.

Катализаторы готовят методом пропитки пористых носителей водными растворами нитратов Ni, Cu, Co, Mn и Al [1, 2].

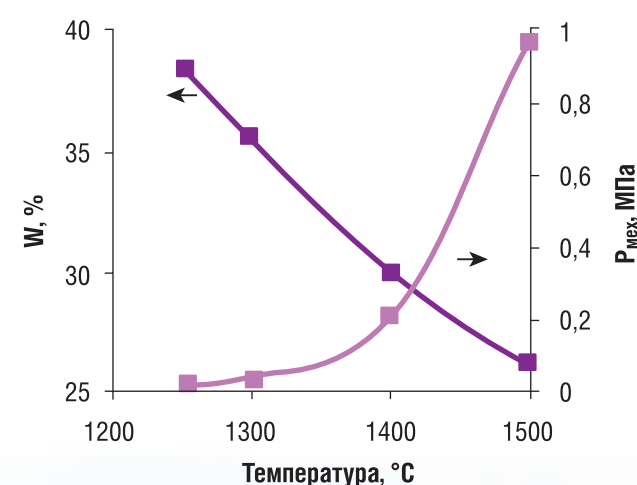
Блочные носители ячеистой структуры получают методом дублирования структуры пенополиуретана (ППУ) со средним диаметром ячейки ($d_{\text{я}}$) 3,9; 3,0; 2,1; 1,2; 0,7 мм. В соответствии с данным методом на поверхность ППУ наносят керамический шликер (суспензию) и полученную заготовку подвергают термообработке. В качестве дисперсионной среды шликера используют 5%-ный водный раствор поливинилового спирта (ПВС). Для обеспечения устойчивости шликера и хорошего спекания носителей при обжиге предпочтительны порошки со средним диаметром частиц 2,5–3,0 мкм. Оптимальное соотношение твердое/жидкое (т/ж) в шликере составляет 2,4/1.

Данные, полученные методом комплексного термического анализа исходного ППУ, раствора ПВС, а также ППУ, пропитанного шликером, показали, что процесс разложения органических компонентов практически полностью завершается при 640°C.

Для увеличения механической прочности ($P_{\text{мех}}$) носителя, получаемого обжигом глинозема при 1500°C, широко используют сложную спекающую добавку на основе системы оксидов Si, Mn и Cr в суммарном количестве 5,6 % от общей массы керамического порошка.

Пропитку блоков ППУ шликером в большинстве случаев осуществляют до плотности заготовки 0,40–0,42 г/см³. Данная величина подобрана экспериментально, поскольку она позволяет получать носители с четкой структурой, без закупоривания ячеек. После обжига при 1500°C фазовый состав носителя представлен $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, а также незначительными количествами $\alpha\text{-SiO}_2$, $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$, $\text{MnO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$. При изменении температуры прокаливания от 1200 до 1500°C усадка заготовок на ППУ с $d_{\text{я}} = 3,0$ мм увеличивается с 11,7 до 18,5%. Плотность всех образцов после обжига при 1500°C варьирует в интервале $0,43 \pm 0,06$ г/см³. С увеличением $d_{\text{я}}$ ППУ от 0,7 до 3,9 мм $P_{\text{мех}}$ носителя уменьшается с 2,1–2,3 МПа до 0,7–0,9 МПа, а водопоглощение (W) падает с 40–44 до 23–25 %.

РИС. 1. Зависимость водопоглощения и механической прочности блочных ячеистых носителей от температуры ($d_{\text{я}}$ ППУ – 3,0 мм)



Резкое возрастание значений $P_{\text{мех}}$ (рис. 1) наблюдается в интервале температур 1400–1500°C. При этом W ячеистых носителей находится на достаточно высоком уровне 26–30 %.

Удельная геометрическая поверхность ($S_{\text{геом}}$) носителей (табл. 1), рассчитанная с учетом усадки образцов в соответствии с методикой, в которой используется кубическая модель ячеистых материалов, резко убывает с увеличением $d_{\text{я}}$, а значения их порозности находятся в пределах 0,80–0,83 %, что хорошо согласуется с экспериментальными данными.

ТАБЛИЦА 1. Расчетные значения $S_{\text{геом}}$ образцов блочных ячеистых носителей

$d_{\text{я}}$ исходного ППУ, мм	$d_{\text{я}}$ готового блочного носителя, мм	$S_{\text{геом}}$, м ² /м ³
0,7	0,5	3970
1,2	1,0	1920
2,1	1,8	1290
3,0	2,6	920
3,9	3,5	640

Уменьшение $d_{\text{я}}$ готового носителя приводит к резкому возрастанию газодинамического сопротивления. Так, с изменением $d_{\text{я}}$ от 3,5 до 0,5 мм при скорости течения газа 0,5 м/с перепад давления увеличивается с 520 до 3360 Па/м.

В силу изложенного для изготовления носителей выбран ППУ со средним диаметром ячейки 3,0 мм.

Для приготовления катализаторов очистки отходящих газов были использованы носители катализаторов конверсии природного газа водяным паром марок НИАП-18* и НИАП-03-01**. Носители НИАП-18 и НИАП-03-01 изготавливают методом таблетирования и шликерного литья соответственно, с последующим обжигом при 1450–1500°C. Фазовый состав носителя НИАП-18 представлен $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ и алюминатами кальция ($\text{CaO} \cdot 6\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$), а носителя НИАП-03-01 – только $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$. Результаты исследований основных свойств всех использованных носителей представлены в табл. 2.

* далее – носитель НИАП-18;

** далее – носитель НИАП-03-01.



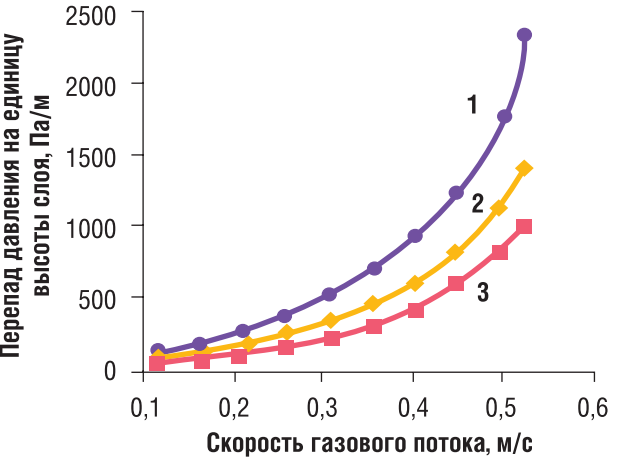
ТАБЛИЦА 2. Основные характеристики используемых носителей

Носитель	НИАП-18	НИАП-03-01	Блочный ячеистый
Форма гранул	кольцо	цилиндр с 7 отверстиями и выпуклыми торцами	блок
Размеры (D×d×h), мм	15,0×6,5×12,5	16,5×(7)3,0×14,0	25,0×25,0×25,0*
Насыпная плотность, кг/л	0,93	0,83	0,40**
Водопоглощение, %	27,3	24,9	25,8
Удельная геометрическая поверхность слоя, м²/м³	295	405	920
Порозность слоя, м³/м³	0,50	0,54	0,81***
Механическая прочность, Н/гран.	300	490	140
* средний диаметр ячейки 2,6 мм; ** кажущаяся плотность блока; *** порозность блока			

Более низкие значения прочности блочных ячеистых носителей обусловлены их макроструктурой, когда вся нагрузка на грань блока приходится на тонкие перемычки между ячейками. В то же время по показателям порозности и насыпной плотности блочный носитель значительно превосходит остальные исследованные образцы.

Наибольший перепад давления на единицу высоты слоя (рис. 2) имеет носитель НИАП-18, наименьший – блочный ячеистый.

РИС. 2. Зависимость перепада давления на единицу высоты слоя носителей от скорости газового потока: 1 – НИАП-18; 2 – НИАП-03-01; 3 – блочный ячеистый



С целью получения катализаторов с массовым соотношением NiO/CuO = 2,3–3,0, при котором достигается максимум активности, были проведены исследования и определены содержания Ni и Cu, вводимых в носители при одинаковых условиях пропитки растворами нитратов Ni и Cu равной концентрации.

Обнаружено, что при равном количестве пропиток содержание Ni в катализаторах выше концентрации Cu в 1,1–1,2 раза независимо от типа носителя. Повышение суммарной концентрации активных компонентов (C_{NiO+CuO}) в пропиточном растворе способствует росту их содержания в готовых

катализаторах. Наибольшее содержание активных компонентов достигается в образцах полученных пропиткой в растворе с C_{NiO+CuO} = 250 г/л. Используемый пропиточный раствор дополнительно содержал нитрат алюминия в соотношении (NiO+CuO)/Al₂O₃ = 7. Дальнейшее увеличение концентрации активных компонентов нежелательно в связи с возможностью кристаллизации солей и выпадения осадка при пониженных температурах.

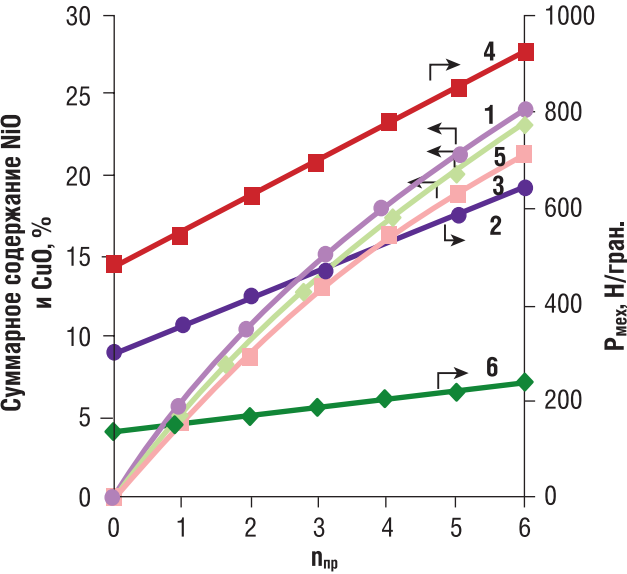
Увеличение температуры (t_{пр}) и времени (τ_{пр}) пропитки приводит к некоторому росту концентрации NiO и CuO и снижению значений Р_{мех} катализаторов. Так, например, с ростом t_{пр} с 20 до 80°С суммарное содержание NiO и CuO в носителе НИАП-18 увеличивается с 5,7 до 6,1 %, а увеличение τ_{пр} с одной до 120 минут приводит к повышению концентрации с 4,5 до 6,2 %. Несколько меньшее влияние t_{пр} и τ_{пр} наблюдается для блочного ячеистого носителя и носителя НИАП-03-01, что обуславливается геометрической формой данных носителей.

При увеличении t_{пр} с 20 до 80°С прочность образцов на носителе НИАП-18 падает с 380 до 350 Н/гран., на носителе НИАП-03-01 с 580 до 540 Н/гран., а для образцов на ячеистом носителе с 185 до 155 Н/гран. Подобный характер наблюдается и для зависимости Р_{мех} от τ_{пр}. Такое изменение Р_{мех} происходит, по-видимому, вследствие воздействия агрессивной среды, которой является пропиточный раствор.

Полученные данные позволили установить оптимальные условия пропитки (t_{пр} = 50°С, τ_{пр} = 1 час), позволяющие получать катализаторы с достаточным содержанием активных компонентов и Р_{мех}. Продолжительность процесса выбрана также из соображения необходимости обеспечения максимальной однородности распределения активных компонентов при пропитке больших объемов носителей в промышленных условиях.

Температура прокаливания пропитанных носителей (400°С) была выбрана путем анализа дериватограмм исходных гидратов нитратов Ni, Cu и Al, а также одно- и двухкомпонентных композиций этих солей, нанесенных на носители. Характер разложения нитратов Ni и Cu в двухкомпонентных каталитических системах практически не отличается от разложения этих нитратов в однокомпонентных системах.

РИС. 3. Зависимость суммарного содержания активных компонентов в катализаторе и его механической прочности от числа пропиток ппр (температура 50°С, продолжительность 60 мин) носителей: 1, 2 – НИАП-18; 3, 4 – НИАП-03-01; 5, 6 – блочный ячеистый



С увеличением числа пропиток (n_{пр}) возрастает суммарная концентрация NiO и CuO и Р_{мех} (рис. 3).

Суммарное содержание NiO и CuO после шести пропиток достигает 23,0 % в блочном ячеистом носителе, 21,5 % в НИАП-03-01 и 24,0 % в НИАП-18. Подобная разница обусловлена различием значений W носителей. Рост Р_{мех} с увеличением n_{пр} можно объяснить с точки зрения физико-химической теории дисперсных пористых тел П.А. Ребиндера,

согласно которой каркас носителя выполняет роль кристаллической фазы, а оксиды Cu и Ni, находящиеся в порах носителя, – дисперсной фазы, противостоящей упругим деформациям. В соответствии с этим, чем больше активного компонента будет введено в носитель, тем большей величины может достигнуть Р_{мех} катализатора.

Для выявления сущности процессов, протекающих при формировании катализаторов, были исследованы образцы № 1–6 (табл. 3).

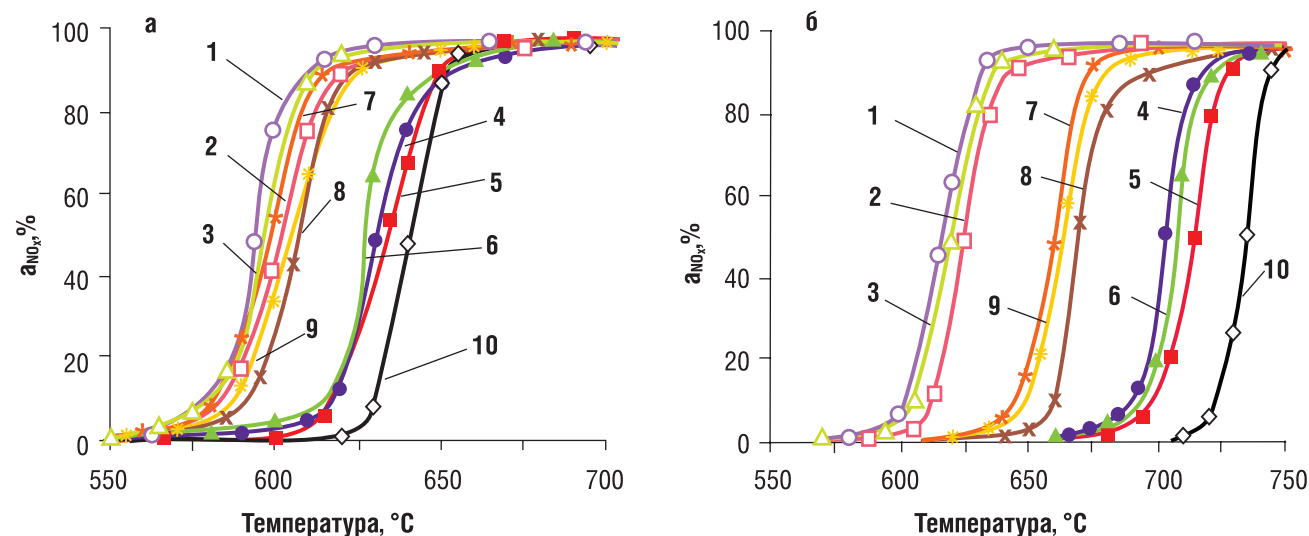
Образцы № 5 получали последовательной пропиткой носителей в растворах нитратов Al, Ni и Cu с промежуточным прокаливанием. В качестве объекта сравнения была исследована механическая смесь носителя НИАП-03-01 и оксидов Ni, Cu и Al (№ 6).

Проведенные исследования позволили установить, что изменение условий приготовления катализаторов (t_{пр}, τ_{пр}, n_{пр}, C_{NiO+CuO}) не оказывает влияния на рентгенографические характеристики активной фазы катализаторов. Размер кристаллитов NiO и CuO в образцах № 1 и 2 находится на уровне 260–310 Å. Размер кристаллитов NiO в образцах № 3 и 5 несколько ниже, чем в образце № 4, не содержащем Al. На дифрактограммах систем № 3 и 4 дифракционные линии CuO отсутствуют. В образцах № 1 и 5 значение параметра кристаллической решетки (a₀) NiO близко к табличному значению (a_{0NiO} = 4,177 Å). Такие же показатели наблюдались и для никелевых систем с добавкой алюминия. В то же время для образцов № 3 и 4 значение параметра a₀ (4,188–4,194 Å) сильно отличается от табличного параметра кристаллической решетки NiO. Искажение a₀ свидетельствует о внедрении CuO в кристаллическую решетку NiO, в результате чего образуется оксидный NiO-CuO твердый раствор.

ТАБЛИЦА 3. Основные характеристики разработанных катализаторов

№ образца	Пропитка	Носитель	Концентрация, %		Суд, м²/г	Насыпная плотность, г/см³
			NiO	CuO		
1	Ni(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	НИАП-18	15,0	–	20	1,07
		НИАП-03-01	13,2	–	12	0,94
		блочный ячеистый	13,8	–	7	0,46
2	Cu(NO ₃) ₂ ·3H ₂ O	НИАП-18	–	14,8	19	1,06
		НИАП-03-01	–	13,0	13	0,94
		блочный ячеистый	–	13,7	6	0,45
3	Ni(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O, Cu(NO ₃) ₂ ·3H ₂ O, Al(NO ₃) ₃ ·9H ₂ O	НИАП-18	11,3	4,0	36	1,07
		НИАП-03-01	9,8	3,3	20	0,95
		блочный ячеистый	10,2	3,6	14	0,47
4	Ni(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O, Cu(NO ₃) ₂ ·3H ₂ O	НИАП-18	13,5	4,8	19	1,10
		НИАП-03-01	11,7	3,9	12	0,98
		блочный ячеистый	12,3	4,3	7	0,50
5	Последовательная: Al(NO ₃) ₃ ·9H ₂ O, Ni(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O, Cu(NO ₃) ₂ ·3H ₂ O	НИАП-18	11,1	3,9	35	1,06
		НИАП-03-01	9,6	3,3	19	0,96
		блочный ячеистый	10,1	3,6	12	0,47
6	Механическая смесь		12,0	4,1	–	–

РИС. 4. Зависимость степени превращения NO_x от температуры на исходных образцах катализаторов (а) и образцах, подвергнутых выдержке в реакционной смеси при 800°C в течение 2 часов (б)



Образцы № 3 на носителях: 1 – NiAlP-18 , 2 – NiAlP-03-01 , 3 – блочный ячеистый.
Образцы № 4 на носителях: 4 – NiAlP-18 , 5 – NiAlP-03-01 , 6 – блочный ячеистый.
Образцы № 5 на носителях: 7 – NiAlP-18 , 8 – NiAlP-03-01 , 9 – блочный ячеистый; 10 – механическая смесь

Процесс восстановления никелевых систем начинается при температуре $280\text{--}300^\circ\text{C}$ и достигает максимальной скорости при температуре $340\text{--}390^\circ\text{C}$. В случае нанесенного оксида меди он протекает в более низкотемпературной области ($180\text{--}300^\circ\text{C}$). Температуры максимумов эффектов восстановления NiO и CuO уменьшаются в ряду систем на носителях $\text{NiAlP-18} > \text{NiAlP-03-01} > \text{блочный носитель}$.

Восстановление систем № 3 и 4 характеризуется наличием одного ярко выраженного максимума на кривых ТПВ, для Ni-Cu-Al систем при $180\text{--}210^\circ\text{C}$, а для Ni-Cu $210\text{--}240^\circ\text{C}$. В то же время кривые восстановления образцов № 5 и 6 имеют два ярко выраженных максимума в интервале температур $170\text{--}210^\circ\text{C}$ и $300\text{--}340^\circ\text{C}$. Первый температурный интервал характерен для восстановления CuO , второй – NiO . Такое различие в характере восстановления систем подтверждает наличие оксидного NiO-CuO твердого раствора в образцах № 3 и 4, в которых после восстановления зафиксирована фаза Ni с сильно искаженным параметром кристаллической решетки ($a_0 = 3,541\text{--}3,546 \text{ \AA}$), который занимает промежуточное положение между $a_0\text{Ni} = 3,524 \text{ \AA}$ и $a_0\text{Cu} = 3,615 \text{ \AA}$. Эти данные свидетельствуют о переходе оксидного NiO-CuO твердого раствора в процессе восстановления в Ni-Cu твердый раствор. Размер кристаллитов для систем № 3, полученных с введением в пропиточный раствор нитрата Al , составляет $170\text{--}210 \text{ \AA}$, а для систем № 4 – $230\text{--}330 \text{ \AA}$.

Исследования каталитической активности систем № 1 показали, что даже при 800°C степень превращения NO_x не превышает $20\text{--}30\%$. Температура достижения 50%-ной степени превращения NO_x (t_{50}) на образцах № 2 очень высока и находится на уровне $730\text{--}750^\circ\text{C}$. В интервале температур $660\text{--}750^\circ\text{C}$ активность образцов № 3–6 практически одинакова (рис. 4).

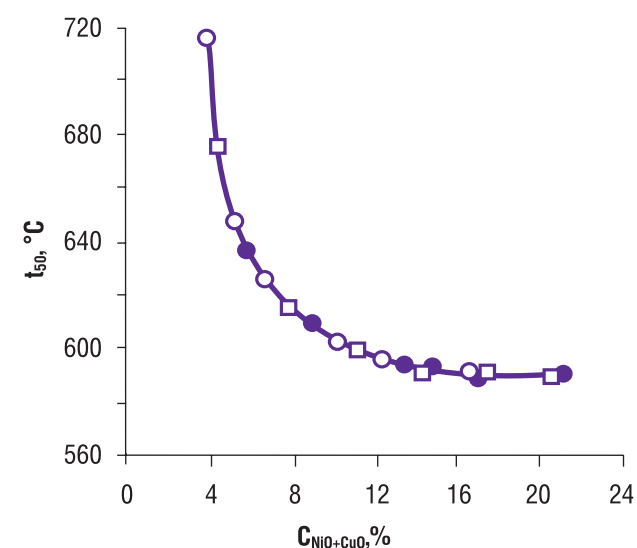
Остаточное содержание NO_x в очищенном газе составляет $0,002\text{--}0,003\%$. Данные показатели находятся примерно на одном уровне с показателями,

достигаемыми на катализаторе АПК-2. Введение никеля в медную систему привело к тому, что t_{50} для систем № 4 (рис. 4а, кривые 4–6) снизилась до $620\text{--}630^\circ\text{C}$. Этот факт свидетельствует о синергетическом эффекте при совместном присутствии Ni и Cu в катализаторах. Для образцов № 3 (рис. 4а, кривые 1–3) и № 5 (рис. 4а, кривые 7–9), t_{50} находится примерно на одном уровне и составляет $595\text{--}610^\circ\text{C}$, что несколько выше этой величины для АПК-2, определенной в аналогичных условиях (510°C).

Термообработка в токе реакционной смеси при 800°C с выдержкой при данной температуре в течение 2 часов (рис. 4б) приводит к тому, что t_{50} для образцов № 4 повысилась на $75\text{--}85^\circ\text{C}$, для № 5 – на $60\text{--}70^\circ\text{C}$, а для механической смеси на 100°C . Наименьшее повышение t_{50} ($15\text{--}20^\circ\text{C}$) наблюдается для систем № 3. Термостабильность данных катализаторов объясняется как стабилизирующим действием оксида Al , так и устойчивостью Ni-Cu твердого раствора к рекристаллизации, о чем свидетельствует величина дисперсности активных компонентов ($L_{\text{NiO-CuO}} = 270\text{--}290 \text{ \AA}$). В образцах № 5 не происходит образование Ni-Cu твердого раствора, что приводит к большему снижению активности после перегрева. Повторение циклов нагрева катализаторов в реакционной смеси при 800°C , а также увеличение времени их выдержки в данных условиях не приводит к дальнейшему падению активности. В дальнейших исследованиях использовали метод приготвления катализаторов, заключающийся в пропитке носителей по водопоглощению водным раствором смеси нитратных солей Ni , Cu и Al .

Влияние суммарной концентрации NiO и CuO в катализаторах на их каталитическую активность (рис. 5) позволяют рекомендовать для практического использования катализаторы с содержанием активных компонентов в пределах $12\text{--}16\%$. В условиях лабораторных испытаний активность катализаторов практически не зависит от свойств носителей.

РИС. 5. Зависимость t_{50} от суммарного содержания активных компонентов в носителях: ● – NiAlP-18 ; ○ – NiAlP-03-01 ; □ – блочный ячеистый



Увеличение объемной скорости газового потока и исходной концентрации NO_x приводит к смещению температур осуществления процесса в более высокотемпературную область (рис. 6). Кажущаяся энергия активации восстановления NO_x , рассчитанная по экспериментальным данным, для катализаторов на всех носителях находится примерно на одном уровне и составляет $155 \pm 5 \text{ кДж/моль}$.

Экспериментальные данные, полученные в ходе исследований, были использованы для отработки промышленной технологии производства катализаторов, получивших наименования NiAlP-15-12 (носитель NiAlP-03-01), NiAlP-15-13 (NiAlP-18), и разработки технических условий (ТУ 113-03-00209510-98-2003).

На оборудовании катализаторного производства Новомосковского института азотной промышленности изготовлены опытно-промышленные, а также

промышленные партии катализаторов NiAlP-15-12 и NiAlP-15-13 в количестве двух и четырех тонн соответственно, которые в январе 2004 г. были загружены в реакторы каталитической очистки двух агрегатов УКЛ-7-76 производства слабой азотной кислоты ООО «Менделеевсказот». В качестве лобового слоя, снижающего температуру «зажигания» процесса, использовали отработанный катализатор АПК-2 в количестве $15\text{--}18\%$ от общей массы загрузки реактора каталитической очистки. При нагрузках агрегатов по аммиаку $4900\text{--}6000 \text{ нм}^3/\text{ч}$, исходной концентрации NO_x в отходящих газах $0,08\text{--}0,11\%$ об. и соотношении CH_4/O_2 $0,5\text{--}0,6$ обеспечивалась очистка от NO_x до остаточной концентрации $0,002\text{--}0,003\%$ об. при регламентной норме не более $0,005\%$ об. Содержание CO в очищенных газах не превышало $0,04\%$ об. при норме не более $0,15\%$ об. После нескольких лет эксплуатации разработанных катализаторов изменений в показателях очистки не наблюдалось.

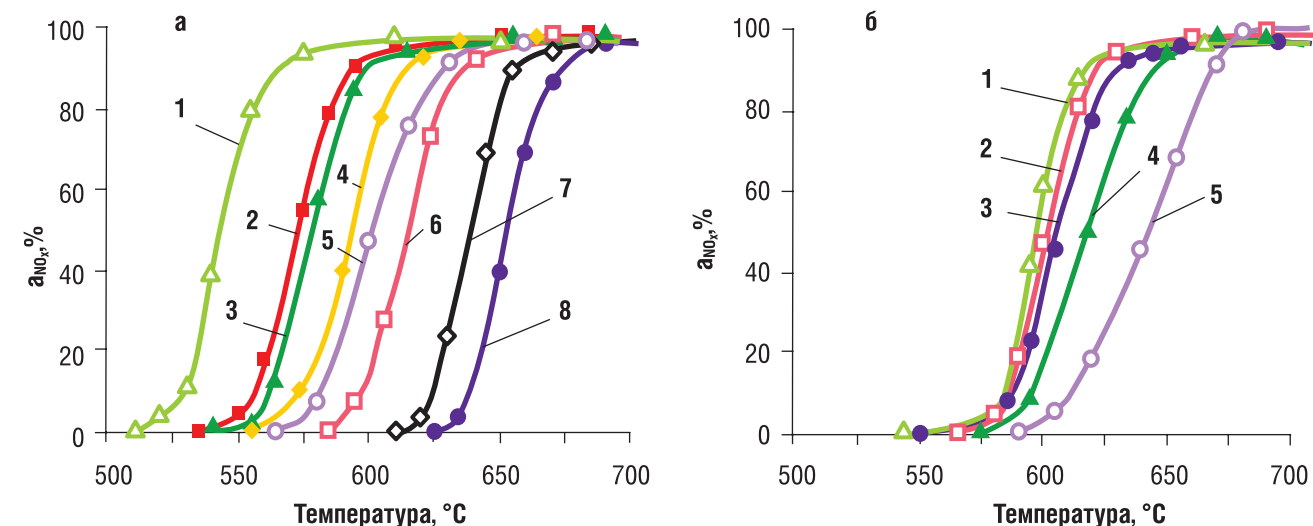
Добавки Co и Mn в Ni-Cu каталитическую систему осуществляются с целью снижения температуры процесса восстановления NO_x .

При выборе концентраций компонентов, входящих в состав пропиточного раствора, установлено, что при идентичных условиях пропитки ($t_{\text{пр}}$, $\tau_{\text{пр}}$, C) однокомпонентными растворами нитратов никеля, меди, кобальта и марганца содержание в носителях активных компонентов убывает в ряду $\text{Co} > \text{Mn} > \text{Ni} > \text{Cu}$.

Исследования фазового состава Mn- и Co- содержащих Ni-Cu катализаторов показали, что в отличие от Ni-Cu и Ni-Cu-Mn систем, в которых активные компоненты присутствуют только в виде фазы NiO с искаженным параметром решетки, на дифрактограммах Ni-Cu-Co катализаторов зафиксирована фаза NiO с искаженным параметром решетки, а также линии CuO небольшой интенсивности.

Максимумы на кривых ТПВ для Ni-Cu-Mn систем лежат в интервале температур $190\text{--}240^\circ\text{C}$, который

РИС. 6. Зависимость степени превращения оксидов азота на никельмедь-алюминиевом катализаторе на носителе NiAlP-03-01 от температуры процесса



а) при различных объемных скоростях (ч⁻¹): 1 Δ – 3000; 2 \blacksquare – 5000; 3 \blacktriangle – 7000; 4 \blacklozenge – 10000; 5 \circ – 15000; 6 \square – 20000; 7 \blacklozenge – 30000; 8 \bullet – 50000
 б) при различных начальных концентрациях NO_x (% об.): 1 Δ – 0,05; 2 \square – 0,11; 3 \bullet – 0,20; 4 \blacktriangle – 0,38; 5 \circ – 0,82

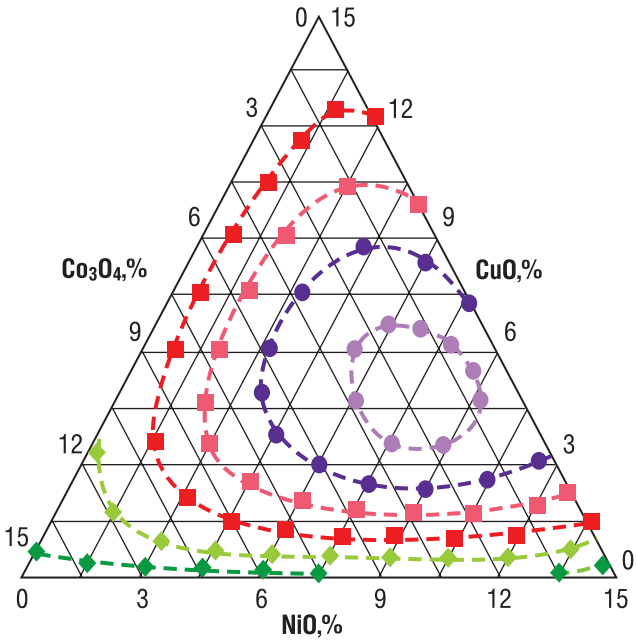
также характерен и для Ni-Cu систем. Несколько более сложный характер восстановления Ni-Cu-Co систем обусловлен, по-видимому, тем, что Co_3O_4 частично вытесняет CuO из твердого раствора NiO-CuO и восстановление свободного CuO до Cu и твердого раствора NiO-CuO-CoO до твердого раствора Ni-Cu-Co протекает раздельно. В Ni-Cu-Mn системах продуктом восстановления является твердый раствор Ni-Cu, а MnO_2 восстанавливается до MnO. Дисперсность твердых растворов в многокомпонентных системах находится практически на одном уровне 150–190°.

При температурах более 640°C активность Ni-Cu-Co и Ni-Cu-Mn катализаторов находится практически на одном уровне. Остаточное содержание NO_x в очищенном газе при этом составляет 0,002–0,003 % об. Максимальную активность при пониженных температурах имеют Ni-Cu-Co образцы. Для данных катализаторов t_{50} составляет 580–585°C. Активность Ni-Cu и Ni-Cu-Mn систем практически одинакова ($t_{50} = 595\text{--}605^\circ\text{C}$). Таким образом, добавка Co позволяет увеличить активность исследуемых Ni-Cu катализаторов. В то же время Mn в данных условиях не оказывает влияния на каталитическую активность.

Оптимизацию химического состава Ni-Cu-Co катализаторов проводят по показателю t_{50} с использованием симплекс-решетчатого метода математического планирования эксперимента.

В качестве аппроксимирующей модели был выбран полином третьего порядка, адекватность которой проверялась по критерию Стьюдента t . Для всех контрольных точек и точек матрицы планирования значения t -критерия для уровня значимости $p = 0,025$ не превышает 2,26, что не превосходит соответствующего критического значения $t_{0,025; 16} = 2,52$.

РИС. 7. Диаграмма состав- t_{50} для каталитической системы NiO-CuO- Co_3O_4 на носителе НИАП-03-01



Изолинии значений температур достижения 50 %-ной степени превращения оксидов азота: $t_{50} = 580^\circ\text{C}$; $t_{50} = 620^\circ\text{C}$; $t_{50} = 660^\circ\text{C}$; $t_{50} = 700^\circ\text{C}$; $t_{50} = 740^\circ\text{C}$; $t_{50} = 780^\circ\text{C}$

По полученным данным была построена диаграмма «состав- t_{50} » (рис. 7), которая свидетельствует о том, что зависимость t_{50} от состава каталитической системы носит экстремальный характер.

Наименьшая активность характерна для однокомпонентных Ni и Co систем. Увеличение активности катализаторов наблюдается при перемещении в область уменьшения концентрации Co_3O_4 до 1,0–4,0 % и соотношении NiO/CuO от 0,6 до 1,5 %. Высокую активность ($t_{50} = 595\text{--}600^\circ\text{C}$) имеют также двухкомпонентные Ni-Cu системы с соотношением компонентов NiO/CuO = 2,0–2,8. Область оптимальных составов каталитической системы, для которой t_{50} имеет минимальное значение (570–580°C), характеризуется следующими концентрациями компонентов (% мас.): NiO – 6,0–9,0; CuO – 3,5–6,5; Co_3O_4 – 1,5–4,0.

Таким образом, введение оксида Co в Ni-Cu систему в соответствии с оптимальным соотношением компонентов позволило снизить t_{50} на 25–30°C по сравнению с Ni-Cu катализаторами.

Ni-Cu-Co катализаторы на носителях НИАП-03-01 и НИАП-18 получили наименования НИАП-15-12К и НИАП-15-13К соответственно (извещение №1 к ТУ 113-03-00209510-98-2003). Их высокая активность была подтверждена экспериментально в лабораторных и промышленных условиях.

С целью очистки дымовых газов аммиачного производства от оксидов азота авторами [3–6] разработан оригинальный способ, схема которого представлена на рис. 8.

Поток очищаемых газов смешивается с воздухом и аммиакосодержащим восстановительным компонентом (АСВК), в качестве которого используют танковые газы производства аммиака, а селективное каталитическое восстановление осуществляют в реакторе при температуре 250–450°C на катализаторе блочного типа.

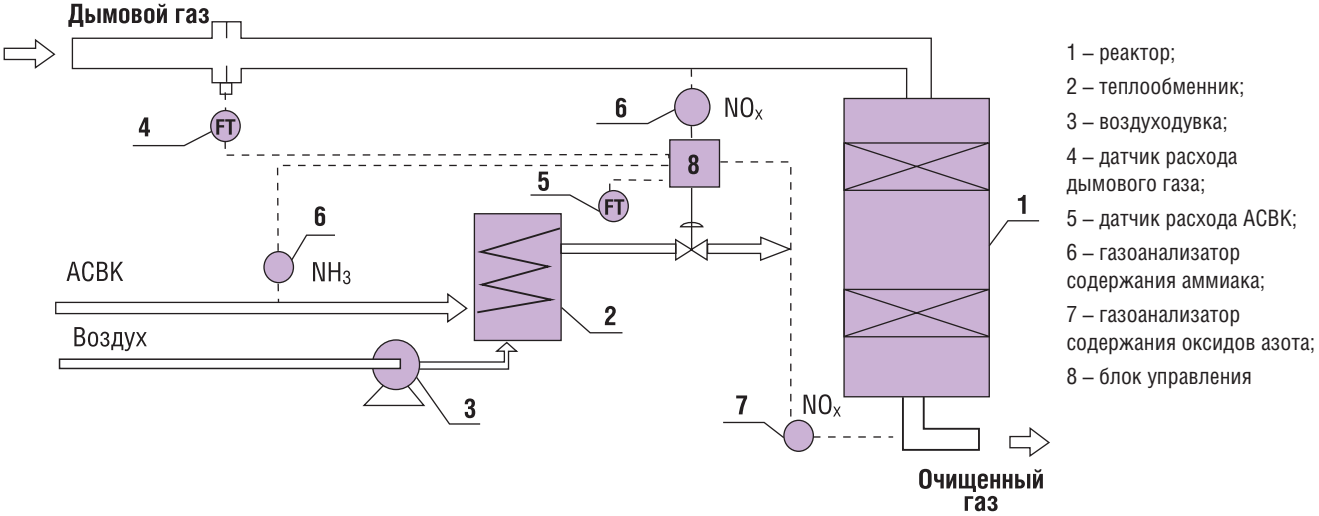
В отличие от известных методов очистки дымовых газов от оксидов азота предусмотрено их смешения с воздухом и аммиакосодержащим восстановительным компонентом, в качестве которого взяты танковые газы производства аммиака состава, % об.:

аммиак	20 – 30
метан	18 – 24
водород	25 – 35
аргон	3,8 – 4,8
азот	остальное

а селективное каталитическое восстановление оксидов азота дымовых газов проводят в реакторе при температуре 250–350°C на вольфрам-ванадиевом оксидном катализаторе.

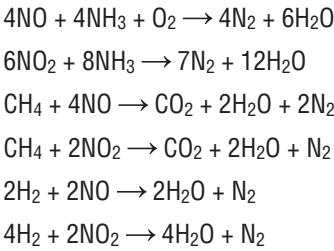
Эффективность удаления NO_x на данном катализаторе может достигать 90 % и более с проскоком аммиака ниже 50 ppm, в то время как некаталитические методы обеспечивают гораздо меньшую степень очистки, а проскок аммиака с трудом может быть отрегулирован на приемлемом уровне.

РИС. 8. Принципиальная схема очистки дымовых газов от оксидов азота



Важно отметить, что в случае предлагаемого способа очистки наряду с аммиаком оксиды азота взаимодействуют и с другими компонентами восстановительной системы, в частности с водородом и метаном.

При этом протекают каталитические химические реакции, конечными продуктами которых являются азот, вода и двуокись углерода.



Также найдено, что при полном окислении аммиака, метана и водорода потенциальный рост температуры в зоне реакции составляет 5–10°C.

В соответствии с приведенной схемой дымовые газы с трубчатых печей, содержащие

O_2	6,2–8,2 % об.
H_2O	10,0–13,0 % об.
NO_x	200–700 мг/м³
CO_2	4,9–6,9 % об.
CO	70–150 мг/м³
SO_2	4,9–11,3 мг/м³
N_2	остальное

и имеющие температуру 290–300°C, смешиваются с воздухом и подогретым до этой же температуры АСВК вышеуказанного состава и направляются в реактор селективного каталитического восстановления. Выбранная температура является оптимальной, так как при ее снижении возможно

образование смеси нитрита и нитрата аммония, а в случае более высокой – снизится селективность работы катализатора.

Необходимое массовое соотношение между оксидами азота в дымовых газах и аммиаком в аммиакосодержащем восстановительном компоненте регулируется датчиками расхода, а также газоанализаторами содержания аммиака и оксидов азота, выведенными на блок управления установки. Объем реакторного блока и масса катализатора рассчитываются, исходя из количества очищаемых дымовых газов. Расход воздуха преимущественно зависит от содержания монооксида азота в дымовых газах и достигается с помощью воздуходувки.

К достоинствам предлагаемого способа следует отнести тот факт, что степень очистки нитрозных газов регулируется скоростью их подачи в зону реакции и объемным соотношением дымовые газы: аммиакосодержащий восстановительный компонент. ●

Литература

- Дульнев А.В., Ефремов В.Н., Обысов М.А. и др. Исследование Ni-Cu катализаторов нанесенного типа, полученных с применением керамических носителей // Журнал прикладной химии. – 2004. – Т. 77, № 9. – С. 1501–1509.
- Дульнев А.В., Ефремов В.Н., Обысов М.А. и др. Нанесенные никель-медные катализаторы очистки газовых выбросов производств азотной кислоты от оксидов азота // Катализ в промышленности. – 2005. № 3. – С. 26–32.
- Пат. РФ № 2296000, МПК В 01 D 53/56, В 01 D 53/86, В 01 J 23/16. Способ очистки дымовых газов от оксидов азота. /Афанасьев С.В., Махлай В.Н., Буданов Ю.Н. и др.
- Афанасьев С.В., Трифионов К.И. Физико-химические процессы в техносфере. Учебник. / Самара. Изд-во Сам. научн. центра РАН. – 2014. – 195 с.
- Афанасьев С.В., Шевченко Ю.Н. Аппараты для нейтрализации газовых выбросов, содержащих формальдегид и оксиды азота / Материалы межд. научно-практ. конф. «Нефтегазопереработка-2017». Уфа, 23 мая 2017 г. ГУП Институт нефтепереработки РБ – 2017. – С. 93–94.
- Афанасьев С.В., Сергеев С.П. Катализаторы и аппараты для нейтрализации формальдегидсодержащих газовых выбросов. Тезисы докл. Всеросс. научн. конф. «Переработка углеводородного сырья. Комплексные решения (Левинтерские чтения). 03–05 ноября 2016 г. / Самара. СамГТУ. – 2016. – С. 19–20.

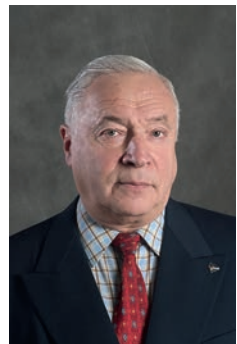
KEYWORDS: purification of gases, air pollution, chemical production, machinery production of nitric acid, catalysts.

МИРОВОЕ И ОТЕЧЕСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО И ПОТРЕБЛЕНИЕ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В СТАТЬЕ ДАЕТСЯ ОБЗОР ПРОИЗВОДСТВА НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ, АВТОР ДЕЛАЕТ ПОПЫТКУ УБЕДИТЬ ЧИТАТЕЛЯ В ПРЕВАЛИРУЮЩЕЙ СЕГОДНЯ РОЛИ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА РЫНКЕ МИРОВОГО ТЕКСТИЛЬНОГО СООБЩЕСТВА

IN THE ARTICLE THE REVIEW OF MANUFACTURE OF NONWOVEN FABRIC IS PRESENTED, THE AUTHOR MAKES AN ATTEMPT TO PERSUADE A READER IN CURRENTLY PREDOMINANT ROLE OF NONWOVEN FABRIC ON THE MARKET OF GLOBAL TEXTILE COMMUNITY

Ключевые слова: нетканые материалы, штапельные волокна, полиэтилен, полипропилен, геотекстиль.



Э.М. Айзенштейн,
доктор технических наук,
профессор,
заслуженный деятель науки
и техники России

Можно без каких-либо допущений утверждать, что НМ по темпам роста производства, как в мире, так и в России (что будет показано ниже), не знают равных себе видов продукции бытового и технического назначения. НМ – решающий шаг в будущее текстильной индустрии, ибо обладают значительно более короткой (вплоть до одного перехода, например от исходного полимера до готового спанбонда) схемой получения, нежели в многостадийном ткацком или трикотажном производстве. Не далёк тот день, когда НМ смогут конкурировать по качеству с тканями и трикотажными полотнами и полностью займут их место в сфере техники и быта, в т.ч. и одежды. Благодаря своему многообразию НМ уже стали неременным атрибутом нашей повседневной жизни. Несмотря на множество различных технологий изготовления НМ, позволяющих выпускать широчайший спектр продукции, постоянно возникает потребность в дополнительном изменении и улучшении свойств материалов в соответствии с появляющимися новыми областями их применения и растущими требованиями к качеству конечных изделий [1].

Чтобы оценить прогресс в развитии НМ, достаточно вспомнить, что еще в 1991 г. вся мировая промышленность НМ – во главе с

Северной Америкой и Европой – производила в общей сложности менее 2 млн т продукции.

Согласно [2], мировой спрос на НМ возрастает ежегодно на 5,3% и в 2018 г. достигнет 9,8 млн т, к 2020 г. – до 12,4 млн т. Только в Европе за период с 2005 по 2015 гг. объёмы производства НМ увеличились почти на 50% – с 1,6 до 2,3 млн т. Сектор НМ является сейчас и будет оставаться в дальнейшем наиболее быстро развивающейся волоконперерабатывающей подотраслью текстильной промышленности. К 2020 г. её доля в глобальном текстиле вырастет до 13% (против 8,8% в 2014 г.). При этом развивающиеся рынки будут расти в два с лишним раза быстрее, чем развитые: до 2019 г. в США и Западной Европе – ок. 3% в год, в Японии – менее 2%, а на Китай к этому времени будет приходиться почти половина мирового прироста.

Лидирующей технологией производства НМ остается холстообразование из расплава полимеров (спанбонд, мелтблаун), мировое потребление которых в 2015 г. достигло 4,4 млн т, составив чуть менее 50% от объема всех видов НМ, до 2020 г. темпы роста потребления «расплавных» НМ ожидается в среднем ок. 7,3%, достигнув 6,3 млн т. Вторая по размеру технология – текстильного холстоформирования (чесального в сочетании с аэродинамическим



УДК 677.46

ТАБЛИЦА 1. Производство нетканых материалов в странах Азии в 2010–2015 гг. (тыс. тонн)

Страны	Годы						
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2014/2015, %
Япония	313,4	313,0	320,9	331,5	336,3	342,0	+1,7
Южная Корея	224,9	233,2	226,2	217,2	221,3	216,2	-2,3
Тайвань	150,0	164,8	130,5	153,1	181,5	183,7	+1,2
Китай	1879,0	2054,7	2163,0	2387,0	2635,0	2941,0	+11,6
Индия	175,0	186,3	222,6	252,5	277,1	312,0	+12,6
Остальные	140,0	145,0	152,3	168,0	182,8	214,4	+17,3
Итого	2882,3	3097,0	3215,5	3509,3	3834,0	4278,0	+11,6

или гидроструйным): 3,4 млн т в 2015 г. [3]. Доля НМ, полученного по кардинговому способу, постепенно снижается, уступая вышеназванным – более производительным и экономически эффективным.

Источники сырья для производства НМ, согласно [4], распределены в мире следующим образом (доля в %): полимеры и их производные (в виде гранулята, крошки, рециклинга и т.п.) – 44, синтетические волокна (12,6% от всего объема выпуска) – 47, целлюлоза (древесная пульпа) – 7, остальное – 2. Из химических волокон наиболее часто используемые (см. также табл. 4 ниже) для получения НМ (доля в %): полиэфирные – 37, полипропиленовые – 36, вискозные/лиоцелл – 20, бикомпонентные – 6, остальные – 1.

Наиболее значимые области применения НМ промышленного назначения в 2016 г. в мире (тыс. т): строительство зданий и сооружений (1150), гео/агротекстиль (565), автомобили (550), фильтрация (505) и др. Из области бытового

назначения НМ крупнейшим по объему, например в Европе, остается рынок гигиены, который в 2014 г. вырос на 6,1%. Заметный рост показали также НМ для персонального ухода (12,1%), напольные покрытия (12,3%), в сфере производства пищевых продуктов и напитков.

На период 2015–2020 гг. среднегодовой темп прироста мирового потребления НМ, исчисляемого в тоннах, прогнозируется в размере 6,2%, в м² – 7,2%, в долларах США – 6,3% при сохранении тенденции к снижению средней поверхностной плотности (развеса) и стабилизации цен [5]. По другому прогнозу [6], производство НМ в мире до 2020 г. будет расти в среднем на 5,7% в год. В региональном плане лидером, продолжая наращивать мощности, остается Азия, на втором месте – Европа, на третьем – Северная Америка. Для отдельных стран самые высокие темпы роста в этот период планируются в Китае – ок. 7%. Среди технологий получения

НМ наиболее быстро будет расти чесально/гидроструйный способ, увеличиваясь в среднем на 7,6% в год [6], продолжая уступать по абсолютным объемам «расплавному» (фильерному).

За прошедший год крупные капвложения израсходованы на создание 33 новых мощностей производства НМ в мире, в т.ч. 6 фильерно-раздувных линий из расплава полимеров (спанбонд и мелтблаун), 5 – фильерных (спанбонд), 2 – раздувных (мелтблаун), 10 – гидроструйных (спанлейс), 4 – с термкреплением прососом горячего воздуха (термобондинг), а также по одной линии для иглопробивания, аэродинамической переработки целлюлозной массы, вязально-прошивной системы «мультинит», т.н. «гибридной» технологии и стекловолкнистых НМ.

Географическое распределение производств НМ складывается, как и все полимерно-текстильные направления в последнее время, в пользу Азии/Пасифик (42%), далее

ТАБЛИЦА 2. Способы производства нетканых материалов в странах Азии в 2015 году (тыс. тонн)

Способы	Страны						Всего
	Япония	Ю.Корея	Тайвань	Китай	Индия	Индонезия	
Химическое соединение	18,3	18,4	12,3	120,0	–	–	169,0
Термобондинг	41,0	19,6	11,0	135,0	–	4,2	206,6
Иглопробивной	71,1	60,0	38,4	642,0	90,3	55,5	900,0
Спанлейс (гидроструйный)	42,3	8,4	69,1	504,0	25,5	5,0	649,3
Спанбонд/мелтблаун	110,2	86,0	72,7	1370	175,0	35,9	1783,9
Сухой (остальные)	26,9	3,2	8,9	100,0	15,0	0,4	154,0
Мокрый (бумагоделательный)	32,2	0,0	1,4	30,0	–	–	63,6
Итого	342,0	216,2	183,7	2941,0	312,0	68,7	4063,6

ТАБЛИЦА 3. Рынок нетканых материалов в США (млн долларов)

Периодичность применения	Годы			Прирост, +/- в год	
	2006	2011	2016	2006-2011	2011-2016
Одноразовое	3151	3810	4850	3,9	4,9
Коммерческий потребитель	1046	1265	1510	3,9	3,6
Фильтрация	751	930	1335	4,4	7,5
Медицина	720	905	1080	4,7	3,6
Другие					
Неодноразовое	1509	1580	2250	0,9	7,3
Электроэнергия и электроника	254	345	450	6,3	5,5
Конструкции	353	325	545	1,6	10,9
Другие	902	910	1255	0,2	6,6
Всего	4660	5390	7100	3,0	5,7

Европа (23%), Северная Америка (21%), остальные регионы – 14%.

Общий выпуск НМ в азиатском регионе в 2015 г. вырос на 11,6%, достигнув 4,3 млн т (табл.1). Наиболее высокий темп прироста среди пяти ведущих стран региона показала Индия (12,6%), опередив Китай (11,6%) и вплотную приблизившись ко второму месту по объему производства, занятому пока Японией, чей прирост составил лишь 1,7%. Годовой объем выпуска НМ в Китае в 2015 г. приблизился к 3 млн т, а его доля в Азии – ок. 69%.

Способы получения НМ во многом идентичны в разных азиатских странах. В Китае отдают предпочтение «расплавному» (фильерно/раздувному – спанбонд, мелтблаун), на долю которого приходится 47%, на иглопробивной и гидроструйный – соответственно 23 и 17%. Последний превалирует, например, на Тайване (38%), иглопробивной – в Южной Корее (37%), «расплавный» – в Индии (56%) и т.д. В Японии, начавшей раньше всех в регионе производить НМ, распределение более сглаженное (в %): «расплавный» – 32, иглопробивной – 21, гидроструйный – 12, термоскрепление – 11, клеевой – ок. 6 (табл. 2).

По данным [7], мощности североамериканской промышленности НМ с 1990 по 2015 гг. прирастали в среднем на 5,4% в год, тогда как в этот же период ежегодное повышение реального ВВП США составляло 2,4%/год, т.е. за указанное время выпуск НМ в регионе вырос более чем в 4 раза с увеличением мощностей на 2 млн т. А в 2015 г. объем производства

достиг 3 млн т, показав годовой прирост на 2,7% в сравнении с 1,2% в 2014 г. [8].

Потребление НМ краткосрочного пользования (гигиенические впитывающие прокладки, подгузники, обтирочные материалы и т.п.) на рынках Северной Америки в 2013 г. составило 1,6 млн т или 41,2 млрд м², в т.ч. с долей гигиенических впитывающих НМ, равной 65,3%, обтирочных – 14,0%.

Наиболее подробные сведения о рынке НМ в США дает табл. 3, которая убедительно повествует о финансовых предпочтениях рынка одноразового применения НМ и о растущих тенденциях рынка многократного использования, особенно в конструкционных изделиях. Среди первых обращает внимание заметный прирост в последние годы НМ для фильтрации различных жидкостей и газов [9].

Американская компания «Prise Hanna Consultants LLC», специализирующаяся в области гигиенических абсорбирующих НМ и родственных им продуктов, прогнозирует мировой рост спандбонда и мелтблаун из полипропилена в период 2013–2018 гг. на 365 тыс. т с созданием новых производств в Северной Африке, Китае, Азии/Пасифик и Индонезии на базе высокопроизводительного оборудования и уникальной гигиенической продукции [10].

Европейский рынок НМ нам интересен не только с точки зрения географической близости или благодаря давно налаженным деловым и коммерческим контактам с рядом фирм, например, «Oerlikon»

(Швейцария), «Dilo» (Германия), «Truetschler Nonwovens» (Германия) и др., но и объединением научно-технических, проектно-инженерных и экономических инноваций в рамках проводимых Европейской ассоциацией промышленности (ЭДАНА) совместных выставок, симпозиумов, форумов и др. мероприятий, активными участниками которых постоянно являются многие российские предприятия и учреждения.

Выпуск НМ в Европе за 2015 г. вырос на 3,6% до 2,3 млн т. В то время как в странах ЕС отмечен низкий рост, некоторые другие страны более активны, в частности Турция, где достигнут двузначный прирост. По способам получения нет таких очевидных различий, как в выше цитируемых регионах: технологии производства на базе штапельных волокон требуемой длины (текстильной, аэродинамической, гидроструйной, бумагоделательной и т.п.) выросли в целом на 3,1%, в то время как выпуск НМ из расплава полимеров (фильерно-раздувной) – на 4,3%. Однако, если рассматривать автономно перечисленные здесь способы, наиболее высокий прирост – 7,0% – отмечен для гидроструйных (т.н. «спанлейс») НМ с текстильным (кардочесальным) формированием холста. Наиболее крупной областью применения НМ в Европе остается рынок гигиенических материалов с долей поставок 31% (ок. 72 тыс. т), но наибольшие приросты продаж в 2015 г. были отмечены на рынках фильтров для воздуха и газов (17%), пищевых продуктов и напитков (12%), агротекстиля (11%), автомобилей (9%). С другой

стороны, наибольшее снижение отмечено в производстве подкладочных НМ, главным образом для одежды, основ под покрытия и некоторых типов НМ для строительства [11].

Более развернутое представление об изготовителях химических волокон в Западной Европе в 2017 г., торговых марках и эксплуатационных характеристиках волокон, предназначенных для выполнения широкой программы изготовления НМ с заданными свойствами и областями их применения, дает табл. 4, позволяющая системно и целенаправленно подойти к выбору исходного текстильного сырья (штапельных волокон и жгута) в производстве НМ [12]. Хотя эта таблица далеко не исчерпывающая (отсутствуют известные производители из Турции, России, Чехии, Белоруссии и др. ведущие компании), в ней представлены более 60-ти фирм-производителей химических штапельных волокон из 15-ти стран Западной Европы. Наибольшее представительство от Германии – 15 фирм, далее идут Бельгия и Италия – по 7, Швейцария и Великобритания – по 5, Австрия – 4, Франция и Дания/Греция – по 3, Голландия – 2 и др. Диапазон применяемых химических волокон охватывает 19 их видов, отличных по физико-химическим

и механическим свойствам, во многом определяющим уникальный набор важных эксплуатационных характеристик получаемых из них НМ: высокопрочные и термостойкие, низкоплавкие и огнестойкие, антибактерицидные и гидрофобные, сорбционные и с повышенной адгезией и мн. др.

Еще более информативной представляется табл. 4 при рассмотрении ассортимента выпускаемых этими фирмами волокон: по линейной плотности – от 0,3 до 500 дтекс (т.е. от сверхтонкого до супергрубого титра) и по длине резки от 3-х до 180 мм, позволяющие широко варьировать поверхностную плотность НМ и его структуру, особенно при изготовлении препрегов и полимерных композиционных материалов (ПКМ) на их основе. Здесь же следует подчеркнуть первостепенное значение химических волокон, исходя из их вида, физико-химического строения, титра, длины резки, специальных свойств и т.п., для прогнозирования метода производства и комплекса эксплуатационных и качественных показателей НМ. Это тем более необходимо знать, поскольку НМ, судя по приведенным выше темпам и объемам их роста, постепенно становятся текстильным материалом будущего, призванным без потери комфорта и моды

заменить трудоемкие процессы изготовления тканей, трикотажа и др. продукции, в первую очередь, технического назначения.

Показательным в этом отношении является волокно типа лиоцелл (п.п. 1.2 и 1.4 табл. 4), являющееся серьезной альтернативой вискозному волокну и получаемое в отличие от последнего по экологически чистому безсероуглеродному способу прямым формованием волокна из раствора целлюлозы в N-метил-морфолинноксиде. Имея ряд преимуществ перед вискозным (выше прочность, особенно в мокром состоянии; проще процесс изготовления пряжи и ткани как из 100%-го волокна, так и в смеси с другими; уникальный внешний вид благодаря тонким элементарным нитям – диаметром от 200 до 2000 нм; очень стабильно при стирке и сушке; термически стойко; способно окрашиваться в глубокие яркие тона; обеспечивает хорошую драпируемость при отделке и др.), лиоцелл перерабатывают в НМ одним из известных способов – иглопробивным, склеиванием латексом или термобондингом, эффективно используя готовый продукт для изготовления сепараторов батарей, специальной бумаги, ковровых покрытий, в автомобильном секторе, медицине и т.д. [13].

ТАБЛИЦА 4. Химические штапельные волокна для производства нетканых материалов в Западной Европе в 2017 году

№ п/п	Компания-производитель	Торговая марка	Диапазон линейной плотности, дтекс	Длина штапельного волокна, мм	Метод получения и области применения продукта (НМ)
1	2	3	4	5	6
1	Вискозные волокна				
1.1	Kelhelm Fibers GmbH (Германия)	Belfini, Bramante, Danufil, Leonardo, Galaxy, Olea, Poseidon, Verdi, Viloft, Viseta	0,5–28,0	4–70, жгут	Сухой, мокрый, аэродинамический и иглопробивной способы, гидроструйный, флокирование: НМ для протирки, бумаги, гигиены, медицины, ионнообменные для фильтров, гидрофобные, сепарационные и др.
1.2	Lenzig AG (Австрия)	Lenzig FR, Lenzig Viscose, Vistostar	1,7–17,0	30–120	Иглопробивной, сухой и мокрый способы, флокирование: Огнестойкие, окрашенные в массу, пакеты для мусора, тампоны, фетр, барьерные ткани, промышленное и бытовое применение.
1.3	Svenska Rayon AB (Швеция)	Swelan, в т.ч. в виде жгута и коротко резанного волокна	0,6–20,0	5–60	Сухой, флокирование и гидроструйный. Тампоны, гигиена, медицина, протирочные материалы и т.п.
1.4	Liocel fibers Grimsby (Великобритания)	Tencel, в т.ч. в виде жгута и коротко резанного волокна	1,7–2,8	3–51	Сухой, мокрый и аэродинамический способы, гидроструйный. Специальная бумага, технический текстиль, автомобилестроение.

1	2	3	4	5	6
2	Полизфирные волокна				
2.1	Advansa GmbH (Германия)	WSD, NSD, 808SD, B26, NBT	0,3–17,0	5–60	Используется неизвитое гладкое волокно, гидрофильное и гидрофобное и др. Фильтры, изоляция, гигиена, медицина, склеивание и т.п.
2.2	DS Fibers NV (Бельгия)	PES-DS	3,3–17,0	40–150	Высокоэффективное применение в автомобилестроении
2.3	Ems-Chemie AG, Ems-Griltech (Швейцария)	Grilon KE	5,5	60	Низкоплавкое волокно для термобондинга при температурах 150 и 170°С
2.4	Epitropic Fibers Ltd (Великобритания)	Epitropic		75	Антистатические свойства, фильтры, безопасная обувь, ковровая обивка.
2.5	Fidion S.r.l. (Италия)	Terital	3,6–17,0	38–80	Интерьер автомобилей, в т.ч. из окрашенного в массе волокна, прошивной и иглопробивной войлок, набивочный и кровельный материал.
2.6	Frana Polifibre SpA (Италия)		3,3–21,0	30–150	Автомобилестроение, войлок, вата, фильтры, гигиена
2.7	Markische Faser GmbH (Германия)	Гризутен	0,9–17,0	38–150	Наполнитель, окрашенный в массе, огнестойкий, малоусадочный на горячем воздухе, аморфизированный на основе микроволокон и мн.др.
2.8	Trevira GmbH (Германия)	Тревира	1,3–13,0	38–80	Очень низкая усадка волокна, матированное и окрашенное в массе (преимущественно в черный цвет), огнестойкое для кардочесального полотна, силиконизированное, профилированное, с улучшенной мягкостью и т.д.
2.9	Vellman Intern.Ltd. (Ирландия)	Fillwell Fillwell-Hollow, Wellene			Одежда, геотекстиль, постельные принадлежности, фильтры, автомобилестроение
3	Полиамидные волокна				
3.1	Ems Chemie AG Ems Critech (Швейцария)	Grilon CM, KA, M, TM, TN, TS	1,7–200,0	38–80	Термобондинг при 115 и 140°С, сухая укладка волокна, в т.ч. окрашенного в массе. Абразивоустойчивое, многофункциональное, гладкое для бумагоделательных машин
3.2	Ems Chemie, Neumunster GmbH (Германия)	Nexylon PA6, PA66, PA 610	1,0–100,0	40–80, жгут	Сухой и мокрый методы, термобондинг, спанлейс, иглопробивной. Сепараторы для батареек, обувные прокладки, высокопрочная бумага
3.3	IFG Asota GmbH (Германия)	Asota PA	20-135	60-90	Грубые волокна для иглопробивного способа. Использование НМ для технического сектора
3.4	Radici Yarn SpA (Италия)	Radilon PA6	1,9–30,0	40–150	Технический текстиль, одежда, иглопробивные покрытия.
3.5	Radici Chemiefaser GmbH (Германия)	Dorix PA6	16,7–230	30–90	Промышленное применение, иглопробивной фетр
3.6	R.Stat SAS (Франция)	Silver STAT	1,7–50,0	38–80	Волокна, покрытые слоем серебра: электропроводные, антистатические, антибактерицидные
4	Арамидные волокна				
4.1	Du Pont de Nemours International SA (Швейцария)	Nomex, Kevlar	1,7–11,0	38–75	Многоразовая стирка, термообработка, защитные покрытия
4.2	Kermel SAS (Франция)	Kermel	1,7–3,9	40–120	Защитная одежда
4.3	Teijin Aramid BV (Нидерланды)	Twaron, Twaron-Mikrofiber, Teijinconex	1,7 1,9 1,7–14,4	40–60 50 38–76	Защитная одежда, покрытия, фильтры
5	Полиимидные волокна				
5.1	Evonik Fibres GmbH (Германия)	P84	0,6–8,0	40–120	Фильтрация горячих газов, фрикционная подкладка, композиты

1	2	3	4	5	6
6	Полиакрилонитрильные волокна				
6.1	Dolan GmbH (Германия)	Dolan, Dolanit	2,2–3,0 0,7-8,2	50–60 40-80	Пигментное крашение, фильтрация горячих газов
6.2	Evropa NCT Sp (Польша)	Evro-statik	3,3–17,0	60–150	Иглопробивной способ. Волокна с антистатическими и электропроводящими свойствами. Ковры, фетр, фильтры
6.3	Montefibre (Италия)	Ricem FLAT, FL, FUS	1,5–2,5	40–100	Фетр, войлок, фильтры
7	Полиакрилатные волокна				
7.1	Tecfibres Sarl	Tecstar			Огнезащитное
7.2	Technical Absorbents (Великобритания)	SAF			Гигиена, медицина, канаты троса, фильтрация, одежда, агро-, геотекстиль
8	Полипропиленовые волокна				
8.1	Beanlieu Fibres International nv (Бельгия)	BFI	2,8–500	30–180	Этажный настил, автомобилестроение, геотекстиль, обивка, фильтрация, санитария и др.
8.2	Beanlieu Fibres International Terni Spa (Бельгия)	S2000, SL, SL W, PHIL, Ultrasoft, Soft, Gerien, Coloured, TOP, FDA, CS2, Meraflex			Гидрофильные и гидрофобные материалы, простыни, узорчатые полотна, подкладки, нижнее белье, протирочные мягкие ткани, перфорированные НМ, иглопробивной геотекстиль (окрашенный в массе волокон и высокопрочный), армирование цемента и т.д.
8.3	Beaulieu Real NV (Бельгия)	Real	2,8–240	30–150	Ковры, геотекстиль
8.4	Belgian Fibres NV (Бельгия)		4,0–15,0	30–150	Фильтры, иглопробивной материал, автомобилестроение
8.5	Carvalhos Lda (Португалия)	Policar	3,3–17,0	50–100	Ковры, прошивной войлок
8.6	DS Fibres NV (Бельгия)	PP-DS	3,3–17,0	40–150	Прошивной войлок, геотекстиль, интерьер автомобилей
8.7	Fiber Visions A/S (Дания, Греция)	Greate WL Fine Fibers, HY-Comfort, HY-Entagle, HY-Soft, HY-Speed, HY-Strength	0,9–10,0	3–60	Мокрый способ для получения фильтров, высокопрочной бумаги, теплозащита, сепаратор батарей, геотекстиль, агротекстиль, строительство, гигиена и медицина, очень мягкие и легкие НМ, антимикробные и т.д.
8.8	Frana Polifibre SpA (Италия)		3,3–17,0	40–150	Геотекстиль, фильтры, автомобилестроение
8.9	Ideal Fibres a. Fabries Wielsbeke NV (Бельгия)	Polyfil	1,7–330	30–180	Гео-, агротекстиль, ковры для внутренней и внешней торговли, фильтры для воздуха и жидкостей. Строительство, гигиена и медицина, автомобилестроение
8.10	IFG Asota GmbH (Австрия)	Asota D, F, G, L, LV/GV, 11	2,2–400	17–90	Прошивной войлок, антимикробные, огнезащитные, фильтры, иглопробивные НМ, гигиеническая продукция
8.11	IFG Drake LTD (Великобритания)	Duron, Tenacet	2,2-20	5-160	Этажный настил, геотекстиль, армирование бетона, автомобилестроение
8.12	Radici Chemifasern GmbH (Германия)	Reilen	70–295	24–120	Иглопробивные НМ, этажные настилы
8.13	Xentrys Barcelona (Испания)	Propilan	3,3–220	40–50	Интерьер автомобилей, технический текстиль, прошивной войлок
9	Полиэтиленовые волокна				
9.1	Belgian Fibres SA (Бельгия)		6–15	30–150	Иглопробивные НМ
9.2	Fiber /Visions A/S (Дания, Греция)	Mbond	2,2	6–90	Волокна для термобондинга и композитов
9.3	IFG Asota GmbH (Австрия)	Asota H, N	7,0–17,0	60–90	Замена латекса, прошивной войлок, геотекстиль
10	Полиолефиновые волокна (сополимеры)				
10.1	Ecofil Kapell GmbH (Германия)	Trol	2,2	60	НМ для фильтрации и фетра

1	2	3	4	5	6
11	Полилактидные волокна				
11.1	Trevira GmbH (Германия)	Trevira 400	1,7–6,7	4–60	Гидроструйный метод, кардочесание неизвитого волокна. Силиконизированное полое волокно для прокладок
12	Бикомпонентные волокна				
12.1	Ems Chemie AG Ems Griltech (Швейцария)	Grilon BA, EP	1,7–6,7	4–60	Термобондинг при 115 и 140°С, сухой и мокрый способы получения НМ
12.2	ES Fiber Visions A/S (Дания, Греция)	AL-Adhesion, Lowmelt, Special, ES-Cure, Delta, Tendon-C	1,7–10,0	3–60	Аэродинамический и сухой способы получения НМ, термобондинг ок. 100°С, грубые (высокой плотности) НМ, волокна для соединения при каландрировании для получения мягких НМ
12.3	Fil. Va Srl (Италия)	Trilon	1,2–30,0	40–60	Техническая бумага
12.4	Fidlon S.r.l. (Италия)	Terital TBM, NTBM	4,4	50	Термобондинг
12.5	Trevira GmbH (Германия)	Trevira	1,3–6,7	3–60	Аэродинамический и сухой способы, неизвитое волокно для мокрого метода, кардочесальное полотно (прочес) и т.д.
12.6	Wellman Int. Ltd (Ирландия)	Wellbond	4,8–10,0	55–100	Термобондинг
13	Хлорсодержащие волокна				
13.1	Rhovyl SAS (Франция)	Termovyl LXS, ZCS	1,7–5,6	32–110	Огнестойкие, термобондинг, фильтровальный материал, внутренняя подкладка, термоизоляция, строительный настил, высокоусадочные волокна.
14	Окисленные полиакрилонитрильные волокна				
14.1	Toho Tenax Europe GmbH (Германия)	Pyromex	2,2	51-65	Защитные НМ, аэрокосмическая отрасль
15	Политетрафторэтиленовые волокна				
15.1	Du Pont de Nemours Internationale SA (Швейцария)	Tefaire, Teflon, Teflon/Glas	3,5-7,4	12-115	Транспортные НМ (сетки и т.п.), фильтрация агрессивных сред, медицина
15.2	Lenzing Plastics GmbH (Австрия)	Lenzimg Protilen	1,0-10,0	5-120	Мокрый способ получения НМ. Фильтры, транспортные ленты, покрытия, медицина и т.п.
16	Полиэтиленсульфидные волокна				
16.1	Evonik Plastics GmbH (Германия)	Procon	1,7-8,0	51-80	Фильтрация высокотемпературных сред, медицинские фильтры
16.2	Ems Chemie (Neumunster) GmbH (Германия)	Nexylene PPS	1,3-14,0	50-80	Фильтрация горячего газа и многократная стирка
17	Пековые волокна				
17.1	Zyex Ltd. (Великобритания)	Zyex			Технические НМ
18	Стальные волокна				
18.1	Bekaert Bekintex NV (Бельгия)	Bekinex	8,0-22,0 мкм	По заказу	Антистатичные, электропроводимые, жаропрочные, теплопроводные.
18.2	R. Stat SAS (Франция)	R Stat/S	8,0-22,2 мкм	38-190	Улучшенная электропроводимость, защитная одежда, антистатическая среда, термические свойства
19	Серебряные волокна				
19.1	Noble Blomaterials Europe Srl (Италия)	X-static	22,0-78,0	38	Спортивная и защитная одежда, медицина, фильтрация, металлизированные серебром волокна
19.2	R. Stat SAS (Франция)	Silver. Stat	1,7-480,0	38-80	«Умный» текстиль, защитная и спортивная одежда, антистатичность, термические свойства и др.

Сложившуюся удачную ситуацию на мировом рынке НМ, к счастью, понимают и в России, даже не заглядывая в табл.4. В последнее время ежегодные темпы производства и потребления НМ в нашей стране характеризуется двузначными цифрами [14]. Не менее отрадная картина и сегодня, хотя в абсолютном объеме пока еще отстаем от ведущих стран-производителей в этой области (Китай, Германия, США, Япония, Турция и др.).

Производство НМ в России в 2016 г., по данным Союзлегпрома, выросло на 26,6% и составило ок. 4 млн кв. м, а в I квартале 2017 года по сравнению с предыдущим периодом – на 16,3%. Наилучшие показатели по росту объема выпуска НМ показывают предприятия Центрального (ООО «Нипромтекс», Курская обл.; ООО «Гекса-НМ», Тверская обл. и др.), Южного (Ростовская обл.), Приволжского (ООО «Геомак», Башкортостан; ООО «Завод Эластик», Татарстан; ООО «Фройденберг-Политекс», Нижегородская обл.; ООО «Номатекс», Ульяновская обл. и др.), Сибирского (ООО «Сибур Геосинт», Кемеровская обл.; ООО «Сибирский синтепон», Новосибирская обл. и др.) федеральных округов РФ, при этом доля крупных и средних предприятий составляет ок. 96%, малых – 4%.

Оглядываясь на табл. 4, особенно на ее ассортиментную и функциональную базу, невольно кажется, что российская промышленность НМ могла работать еще лучше, если бы была обеспечена в достаточных объемах разнообразным и качественным сырьем – в первую очередь, химическими волокнами. Но эта проблема, о которой мы неоднократно сообщали в различных публичных источниках, например [15], до сих пор практически не решается, вызывая лишь рецидив пустословия в виде выступлений, лекций, докладов и т.п. на многочисленных форумах, семинарах, симпозиумах, совещаниях и т.д. При этом удельное производство и потребление химических волокон России остается до сих пор одним из самых низких, уступая среднемировым показателям в 6–7 раз по производству и в 3–4 раза по потреблению [16]. А ведь еще

сравнительно недавно, в конце 80-х – начале 90-х годов, страна занимала 3-е место (впереди Китая вслед за США и Японией) по выпуску этой важной продукции. И ныне сохраняет лидирующий нефтегазовый потенциал развития исходного сырья, в частности для получения столь необходимых, в т.ч. и для выпуска НМ, синтетических волокон. Однако, это лишь предмет для бесконечных дискуссий, но не магистральный раздел вновь изобретенной «Стратегии развития химической промышленности России до 2030 г.».

Тем не менее российский рынок НМ продолжает развиваться, выискивая все новые источники сырья, в т.ч. из отходов полимерной продукции. Так значительная часть полиэфирного волокна, получаемого из флексов (хлопьев) отработанных ПЭТ (полиэтилентерефталатных) бутылок, идет на изготовление НМ различной поверхностной плотности и назначения, например, в ОАО «Комитекс» (г. Сыктывкар), ООО «Селена-Химволокно» (Карачаево-Черкессия) и др. С другой стороны, НМ на основе формируемых фильерно-раздувным способом холстов (спанбонд и мелтблаун) и получивших наибольшее развитие [17] продуктов в г.г. Щекино, Кемерово, Новой Майне, Подольске и др. в основном получают из полипропилена, пожалуй, наиболее доступного благодаря ООО «Сибур» отечественного сырья. Другие виды сырья ныне у нас крайне ограничены.

Зато отходов, как полимерных, так и текстильных, в избытке. И эту нишу надо использовать, помня напутствие великого Д.И. Менделеева о том, что «в химии нет отходов, есть неиспользованное сырье». Поэтому получение НМ из вторичного полимерного (спанбонд, мелтблаун) или текстильного (иглопробивной, гидроструйный, аэродинамический, клеевой, термобондинг) сырья задача крайне актуальная. Тем более, что способы получения, свойства и области применения НМ в силу своей простоты, доступности и отсутствия, как правило, граничных требований, этому вполне способствуют. Данная тема заслуживает специального обзора и частично освещена в недавней статье А.П. Сергиенко

под довольно остроумным и дальновидным названием «Новые нетканые материалы из старых волокон», где рассмотрены основные технологические и аппаратурные особенности подготовки вторичного сырья для производства НМ разнообразного ассортимента и назначения [18].

По вопросу применения НМ в современных условиях достаточно много журнальных и патентных публикаций, некоторые из них успешно реализуются во многих отраслях, а другие ждут своего часа на бытовых и индустриальных просторах России [19]. Безусловно, интерес представляют обогреваемые НМ, сделанные подобно тканям с электропроводящими волокнами; ПКМ на основе угле- и стеклопластика, комплектующие для самолетов и автомобилей, материалы санитарно-гигиенического и медицинского назначения, геотекстиль и мн. др. О последнем, учитывая неудовлетворительное состояние наших дорог, хочется сказать несколько подробнее, упомянув богатый опыт Германии в этой области, где 95% транспортной инфраструктуры под местным самоуправлением содержит в своем составе асфальт, который применяют в более чем 70% федеральных автомагистралей и автобанов [20].

В данном случае увеличение срока службы дорожного покрытия осуществляется путем применения геотекстиля на основе НМ в качестве внутреннего слоя асфальтового покрытия взамен традиционных методов ремонта дорог (залечивание трещин и щелей в дорожной конструкции, покрытие новым слоем верхней поверхности асфальта и т.п.). Использование слоя геотекстиля внутри асфальтового покрытия при правильном подборе НМ и профессиональной укладке может обеспечить увеличение интервалов между проведением ремонтных работ, повышение срока службы дорожного покрытия и сокращение расходов на техобслуживание, поскольку трещины и щели будут появляться значительно реже. Внутренние прослойки из геотекстиля в асфальтовом покрытии могут использоваться как на отдельных участках, так и на протяжении всего дорожного покрытия.

В принципе асфальтовая прослойка (в зависимости от ее конструкции) выполняет три функции: армирующую (распределение нагрузок по более широкой поверхности), снятия напряжения (способствует устранению трещинообразования) и герметизирующую (предотвращает проникновение воды в нижние слои асфальта, исключая тем самым их необратимое разрушение). Существует три типа внутренних слоев асфальтового покрытия, выполняющие в разной степени те или иные вышеперечисленные функции:

1. НМ. Насыщаются битумной эмульсией и действуют далее в качестве «битумного резервуара», благодаря чему обеспечивается высокая герметичность;
2. Георешетки. Прекрасно подходят для поглощения напряжения, благодаря чему увеличивается прочность на растяжение асфальто-битумной конструкции;
3. Решетки с НМ. При наличии композиционных материалов конечной целью является увеличение вдвое эффективности действия за счет сочетания НМ и решеток, поскольку они объединяют в себе характеристики герметизации, снижения напряжения и армирования, свойственные им обоим.

Другой важный вывод из опыта строительства дорого в Германии – уже более 30-ти лет там не выбрасывают асфальт, а повторно на 100% перерабатывают: из 14 млн т, вынимаемого при ремонте дорог ежегодно, 84% перерабатывается в аналогичный продукт (смешанный асфальт, содержащий внутреннюю прослойку НМ); оставшиеся 2,3 млн т также используются в качестве строительного материала. Применение асфальто-бетонной смеси из вторичного сырья, представляющего собой перемолотый «старый» асфальт с внутренней прослойкой, сохранившей свои эксплуатационные функции, не влечет, по мнению немецких специалистов, абсолютно никаких проблем, а лишь дополняет общее заключение о технико-экономической целесообразности широкого использования данного метода в России.

В области геотекстильных НМ продолжают успешно работать

немецкие компании «Oerlikon Barmag» (г. Хемниц) и «Oerlikon Neumag» (г. Нойнюнстр), о достижениях которых мы частично сообщали ранее[15]. Первая из них, продолжая развивать концепцию «Evo Tare», разработала и внесла на европейский рынок технологию и оборудование для изготовления пленочных нитей, получаемых путем фибриллизации пленок или мононитей геотекстильного назначения. Прекрасные механические свойства последних обуславливают требуемое качество изготавливаемых из них тканей все более широко применяемых для укладки автомобильных дорог. Исходное сырье – полипропилен (ПП) или полиэтилен высокой плотности (ПЭВП), прозрачные или окрашенные в черный цвет методом «мастер-батч» при экструзии полимеров. Для геотестилия используют преимущественно гладкие фибриллированные нити с линейной плотностью от 500 до 10000 дтекс. Поверхностная плотность получаемых из них тканей – от 70 до 200 г/м² для легких, от 200 до 800 г/м² для тяжелых. Геотекстильная ткань может быть также изготовлена из мононити в основе и плочной нити в утке, либо полностью из мононитей [21]. При этом исходные нити обладают высокими механическими свойствами (прочность 6,0–6,7 сН/текс, модуль упругости на 20–25% выше стандартного), что превосходно влияет на эксплуатационные характеристики дорожного покрытия.

Компания «Oerlikon Neumag», имеющая богатый опыт в конструировании и изготовлении оборудования для производства синтетических волокон из расплава полимеров – ПП, ПЭТ, ПА и др. (4,3 млн т штапельных волокон в мире ежегодно изготавливаются на оборудовании этой фирмы), постепенно расширяет сферу своего влияния на прогрессивные разработки в области технологии производства современных геотекстильных НМ как в виде штапельного волокна для кардочесальных машин, так и – спанбонда [21]. Для достижения наибольшей механической прочности и долговечности в качестве сырья применяют ПП или ПЭТ. Первый используется в том случае, когда важна долговечность продукта, – геотекстиль может находиться в контакте с почвой более 50 лет и на протяжении

всего срока эксплуатации должен сохранять свои свойства. В таких условиях благодаря устойчивости к химическому воздействию и гидролизу ПП предпочтительнее, чем ПЭТ. В то же время последний, как правило, дешевле и является более подходящим решением, если не требуется длительного пребывания в почве или когда нетканый геоматериал уложен над поверхностью почвы и, следовательно, подвержен УФ излучению. Помимо этого, ПЭТ предпочтительнее ПП по ряду важных термомеханических свойств, необходимых для НМ: высокая прочность и низкая усадка. Для достижения однородности спанбонд в потоке дополнительно подвергают иглопробиванию, обеспечивая конечному продукту – нетканому геотекстилю – превосходные свойства и соотношение цена – производительность. Таковы ориентиры на будущее, которое не за горами, памятью о безусловном приоритете НМ в текстильной отрасли. ●

Литература

1. Сергеевков А.П. // Полимерные материалы., № 8 (219), август 2017, с. 33–41.
2. Nonwovens Industry, 2016, № 12, p.40–45.
3. Nonwovens Industry, 2016, № 5, p. 28–30.
4. Chem. Fibers Int., 2012, № 4, S. 194.
5. (www.smithersapex.com/products/market-reports/the-future-of-global-nonwoven-markets-to-2020).
6. (www.edana.org/newsroom/news-announcements/news-article/2015/12/09/new-report-forecasts-excellent-worldwide-outlook-for-nonwovens-through-2020).
7. Nonwovens Industry, 2016, № 2, p.9.
8. Allgemeiner Vliesstoff Report, 2016, № 1, p. 10–11.
9. Chem. Fibers Int., 2013, № 1, S.14.
10. Chem. Fibers Int. 2014, № 1, S. 48.
11. www.innovationin-textiles.com/nonwovens/european-nonwovens-production-grows-amid-slow-economic-growth/.
12. Chem. Fibers Int., 2017, № 1, S. 42–45.
13. Chem. Fibers Int., 2013, № 2, S. 104.
14. Производство основных видов текстильных изделий и одежды в России/Союзлегпром., М., 2017, 33 с.
15. Айзенштейн Э.М.//Neftegaz.RU., 2016, № 7–8, С. 102.
16. Айзенштейн Э.М., Клепиков Д.Н.//Вестник химической промышленности, июнь, 2017, № 3 (96), С. 14.
17. Сергеевков А.П. // Полимерные материалы, 2015, № 10, С.48.
18. Сергеевков А.П. // Полимерные материалы, 2016, № 11, С.22.
19. Сергеевков А.П. // Полимерные материалы, 2015, № 8, С. 26.
20. B.Hinrix//Fiber and Filament, februar 2017, № 26, p. 8.
21. Chem. Fibers Int., 2016, № 3, S.112.

KEYWORDS: net materials, steel bologna, polyethylene, polypropylene, geotextile.

О ЧЕМ ПИСАЛ Neftegaz.RU 10 ЛЕТ НАЗАД...

«Газпром» отсекает лишнее

8 февраля 2008 г. стало известно, что «Газпром» отказался от двух крупных проектов – строительства газового хранилища в Бельгии и завода по сжижению газа в Ленинградской области (проект «Балтийский СПГ»).

По словам А. Миллера, проведенный анализ проекта «Балтийский СПГ» показал, что строительство



газопровода «Северный поток» и освоение Штокмановского месторождения, в рамках которого также планируется производство СПГ, являются более конкурентоспособными проектами. Решение не реализовывать проект ПХГ в Бельгии, было продиктовано его нерентабельностью.

• Комментарий Neftegaz.RU

Сосредоточившись на «Северном потоке» и освоении Штокмановского месторождения «Газпром» почти не прогадал. Но если первый проект не только оправдал себя, но и создал предпосылки для запуска «Северного Потока-2», то со Штокмановским месторождением все оказалось не так просто. В 2011 г. «Газпром» отложил разработку до конца года. Дважды. В 2012-м – договорился с партнерами о временном прекращении реализации проекта из-за слишком больших расходов и поиска решений для повышения эффективности проекта. Лишь в октябре 2017 г. появились хорошие новости: в рамках программы по освоению углеводородов на



российском шельфе до 2040 г. «Газпром» актуализировал разработку месторождения – добыча запланирована уже на 2018 год.

Иран добавляет газу

8 февраля 2008 г. Иран продолжал активно накапливать нефтегазовые богатства, рапортуя об успехах в нефтегазовой сфере. Если к росту добычи нефти все уже привыкли, то увеличение добычи газа тогда стало очередным сюрпризом.

В 2008 г. в Иране ежедневно производилось около 470 млн м³ газа. Такие показатели делали Иран одним из самых крупных экспортеров газа в мире.



• Комментарий Neftegaz.RU

В 2018 г. «газовая машина» Ирана только набирает обороты: страна начала добывать больше газа, чем Катар на совместном гигантском НГКМ Северное/Южный Парс в Персидском заливе. В январе 2018 г. добыча топлива только на этом месторождении со стороны Ирана, составила 553 млн м³/сутки. Это означает, что доля Катара в общем объеме добытого на месторождении газа станет меньше половины, хотя его квота составляет 2/3. Интересно отметить, что ранее различные эксперты предполагали, что Иран превзойдет Катар по добыче газа

на месторождении Южный Парс только в 2020 году, но... Иран всегда преподносит сюрпризы.

Цены на ПНГ выпускают на волю

5 февраля 2008 г. стало известно, что правительство утвердило проект постановления о либерализации цен на ПНГ, т.е. отсутствия минимума и максимума цены его продажи. До этого многие нефтяные компании справедливо утверждали, что им проще сжигать газ, чем продавать его СИБУРу. Государство это учло и пообещало резко увеличить штрафы на сжигание. В результате над СИБУРом, крупнейшим потребителем ПНГ в России, нависла угроза необеспечения сырьем его строящихся перерабатывающих мощностей.

• Комментарий Neftegaz.RU

В 2017–2018 гг. У СИБУРа таких проблем не наблюдается: в феврале 2017 г. компания пошла на собственный рекорд - глубина извлечения целевых фракций при переработке ПНГ на мощностях компании составила 96,6%, что является наилучшим показателем за всю историю предприятия. Добиться таких результатов позволила долгосрочная программа по углублению переработки ПНГ, а также оптимизация технологического режима производств. В августе 2017 г. СИБУР завершил реконструкцию Южно-Балхского ГПЗ, а в ноябре компания отчиталась об итогах операционной деятельности: за 9 месяцев 2017 г. выручка СИБУРа выросла на 8,7% и составила 326,3 млрд руб. за счет увеличения выручки во всех сегментах. Одним словом, кризис прошел мимо. ●

УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ОБОРУДОВАНИЯ

Снижение стоимости эксплуатации и повышение надежности компрессорных станций

ПАРАДИГМА ЧЕТВЕРТОЙ ИНДУСТРИАЛЬНОЙ РЕВОЛЮЦИИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К НАЦИОНАЛЬНЫМ СИСТЕМООБРАЗУЮЩИМ ОТРАСЛЯМ ПРЕДПОЛАГАЕТ ВНЕДРЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ВСЕХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПРОДУКЦИИ И УСЛУГ. В СТАТЬЕ РАССМАТРИВАЮТСЯ ПОДХОДЫ К СНИЖЕНИЮ ЗАТРАТ И ПОВЫШЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ ГПА В РАМКАХ ВНЕДРЕНИЯ МЕЖФИРМЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ СЛОЖНОГО ОБОРУДОВАНИЯ: «ПРОИЗВОДИТЕЛИ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ – ГАЗОТРАНСПОРТНЫЕ ОБЩЕСТВА»

THE PARADIGM OF THE 4TH INDUSTRIAL REVOLUTION, BEING APPLIED TO NATIONAL BACKBONE INDUSTRIES, PRESUPPOSES THE INTRODUCTION OF MODERN DIGITAL TECHNOLOGIES AT ALL STAGES OF PRODUCT AND SERVICES LIFE CYCLE. THE ARTICLE CONTAINS APPROACHES ON COST REDUCTION AND RELIABILITY INCREASE OF GAS-COMPRESSOR UNIT WHEN IMPLEMENTING INTERCOMPANY LIFE CYCLE MANAGEMENT OF COMPLEX EQUIPMENT BETWEEN PRODUCERS OF GAS PUMPING EQUIPMENT AND GAS TRANSPORTING COMPANIES

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *транспортировка газа, энергоэффективное оборудование, компрессорные станции, промышленная безопасность, управление жизненным циклом.*

**Теплов Валерий
Сергеевич,**
руководитель департамента
технологического
переворужения
и ОТР АО «ОДК»

**Михеев Юрий
Викентьевич,**
к.т.н.,
генеральный директор
ООО «Поволжская
инженерная академия»

**Морев Артем
Сергеевич,**
начальник отдела
управления проектами
ООО «Поволжская
инженерная академия»

**Алистарова Нина
Владимировна,**
ведущий специалист отдела
управления проектами
ООО «Поволжская
инженерная академия»

Комплексное инновационное развитие предполагает внедрение инновационных решений на всех этапах газоснабжения потребителей – добыча, транспортировка и переработка газа. Ключевыми целями ПИР среди прочих являются снижение удельного расхода ресурсов на собственные технологические нужды и потери, а также снижение частоты аварий и инцидентов на производстве.

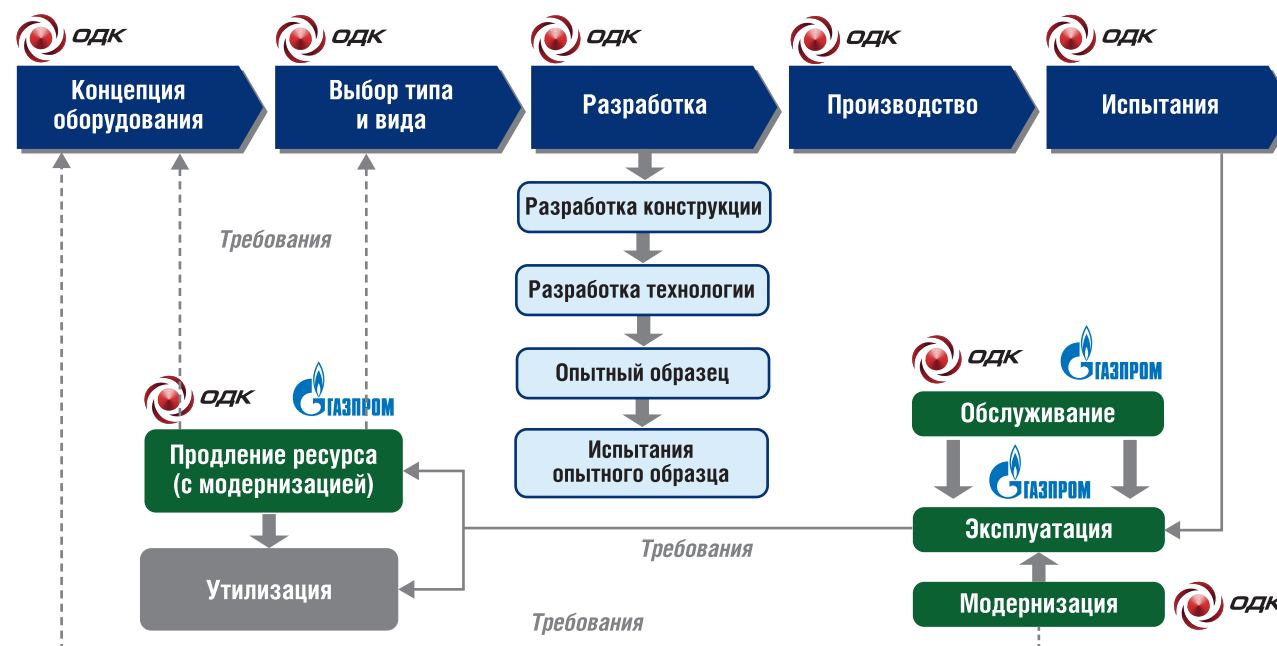
Среди технологических приоритетов наибольшее внимание уделяется повышению эффективности магистрального транспорта газа, а среди основных направлений НИОКР – технологии повышения эффективности применения оборудования КС (компрессорных станций), развития и реконструкции газотранспортных систем, управления эксплуатацией объектов Единой системы газоснабжения (ЕСГ), повышения эксплуатационной надежности оборудования.

Стоит отметить, что инновационное развитие крупных компаний и холдингов в современных условиях происходит в парадигме нового индустриального уклада – «Industry 4.0», предполагающего широкомасштабную цифровую трансформацию бизнес-процессов и продуктов компаний, налаживание и оптимизацию информационного обмена между элементами бизнес-среды (основным бизнесом и смежными, а также основным производством и поставщиками) в рамках концепции «расширенного предприятия будущего». В России в настоящее время реализуется широкомасштабная программа «Цифровая экономика» в рамках общего мирового тренда развития информационно-коммуникационных технологий.

Еще одним современным трендом является развитие цепей поставок, которое включает не только оптимизацию логистики, но и развитие поставщиков различных уровней с целью оптимизации единого процесса производства или

УДК 621.5

РИС. 1. Жизненный цикл газотурбинного двигателя на примере взаимодействия ПАО «Газпром» и АО «ОДК»



оказания услуг. Особенно ярко это выражено в машиностроительной отрасли, где крупные концерны устанавливают дополнительные требования к поставщикам в части улучшения производственных систем для оптимизации производственного цикла в части себестоимости (ценообразования), сроков и качества, также подобными проектами занимаются авиационное предприятие и другие отрасли промышленности.

Другим значимым трендом развития крупных компаний является их переход к управлению продукцией, производством и инфраструктурой на основе концепции управления жизненным циклом как продукта, так и производства, в том числе оборудования и вспомогательных средств производства. Это позволяет управлять как затратами (с точки зрения стоимости жизненного цикла), так и техническими и эксплуатационными параметрами продукции и производств.

Крупные вертикально интегрированные холдинги обеспечивают функционирование отрасли сервисных компаний, занимающихся аутсорсингом непрофильных бизнес-процессов компании. Одним из крупных и емких направлений аутсорсинга является обслуживание и ремонт оборудования ЕСГ.

в частности обеспечение надежной и эффективной работы оборудования компрессорной станции (КС). Развитие системы управления жизненным циклом оборудования и стоимостью жизненного цикла оборудования является современным трендом, направленным на создание устойчивых кооперационных связей производителей и эксплуатантов технических систем. Целью внедрения и развития системы управления жизненным циклом оборудования является оптимизация конструкции, технологии производства, способов и режимов эксплуатации, в том числе систем планово-предупредительного обслуживания и ремонта (ППО, ППР), технического обслуживания и текущего ремонта (ТО, ТР) и технологий и методов продления ресурса за счет выстраивания системы требований к оборудованию компрессорных цехов на основании требований потребителя ко всем этапам жизненного цикла оборудования.

Стоимость эксплуатации оборудования компрессорных станций напрямую влияет на эффективность одного из основных бизнес-процессов ПАО «Газпром» – транспортировку газа по магистральным газопроводам, и является одним из важных факторов затрат на транспортировку газа. Сокращение

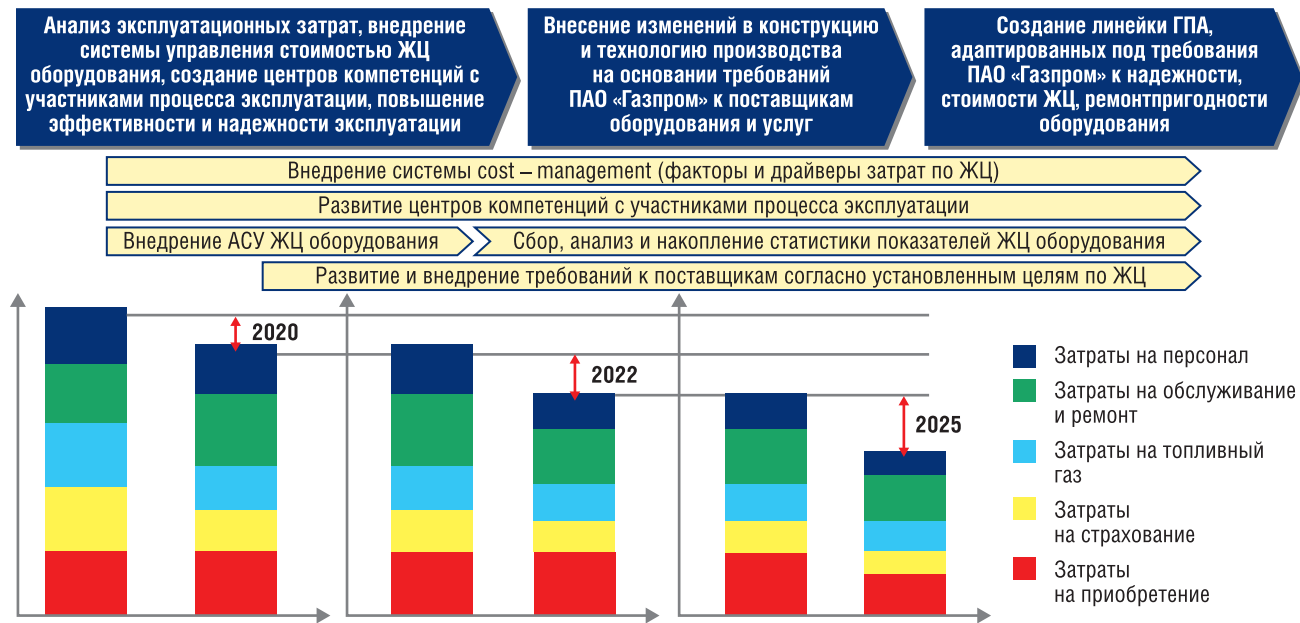
затрат на транспортировку газа, включающее снижение эксплуатационных затрат, предполагает внедрение системы управления стоимостью жизненного цикла оборудования, развитие кооперационных взаимовыгодных отношений эксплуатантов с производителями оборудования и налаживание эффективного процесса эксплуатации оборудования.

Управление стоимостью жизненного цикла оборудования предполагает взаимовыгодное сокращение затрат участников процесса эксплуатации оборудования, предполагающее внесение изменений в конструкцию, технологию производства и ремонтов (восстановления), режимы эксплуатации и способы утилизации или продления ресурса.

Управление стоимостью жизненного цикла предполагает управление затратами (cost-management) с учетом всех факторов и драйверов затрат по жизненному циклу оборудования, участниками которого помимо эксплуатанта являются производители оборудования (например АО «ОДК»), сервисные и вспомогательные службы (для проведения ТО, ТР, СР, диагностики и т.д.).

Сокращение стоимости
жизненного цикла оборудования
в общем случае предполагает

РИС. 2. Трехэтапная модель снижения стоимости ЖЦ оборудования КС



реализацию следующего комплекса мероприятий:

- проведение анализа процесса и стоимости эксплуатации оборудования и реализация организационно-технических мероприятий в рамках полномочий эксплуатанта, включая внедрение систем мониторинга и анализа технического состояния и режима функционирования оборудования, определение потерь (в том числе скрытых), оптимизацию системы обслуживания и ремонта в целях поддержания наибольшей эффективности оборудования;
- налаживание кооперационного взаимодействия со всеми участниками процесса

эксплуатации оборудования для внедрения новых оптимальных методов и инструментов проведения обслуживания и ремонтов, повышения надежности как за счет организационно-технических, так и конструктивных изменений в оборудовании, позволяющих обеспечить более эффективную и надежную работу оборудования;

- оптимизация стоимости оборудования на основании кооперационного взаимодействия с участниками проекта эксплуатации за счет разработки / модернизации конструкции и технологии производства оборудования с учетом целей по стоимости жизненного цикла

оборудования на основании требований эксплуатанта к стоимости жизненного цикла оборудования, его конструкции, технологии производства и режимам эксплуатации.

Потенциально востребованным является подход, заключающийся в изменении системы обеспечения транспорта газа посредством перехода от системы владения и обслуживания оборудования КС к схеме покупки у производителей оборудования машинного времени (времени работы оборудования).

Управление жизненным циклом оборудования КС включает в себя:

- управление эффективностью функционирования оборудования

РИС. 3. Потери КПД и снижение эффективности функционирования оборудования КС на регламентном сроке эксплуатации

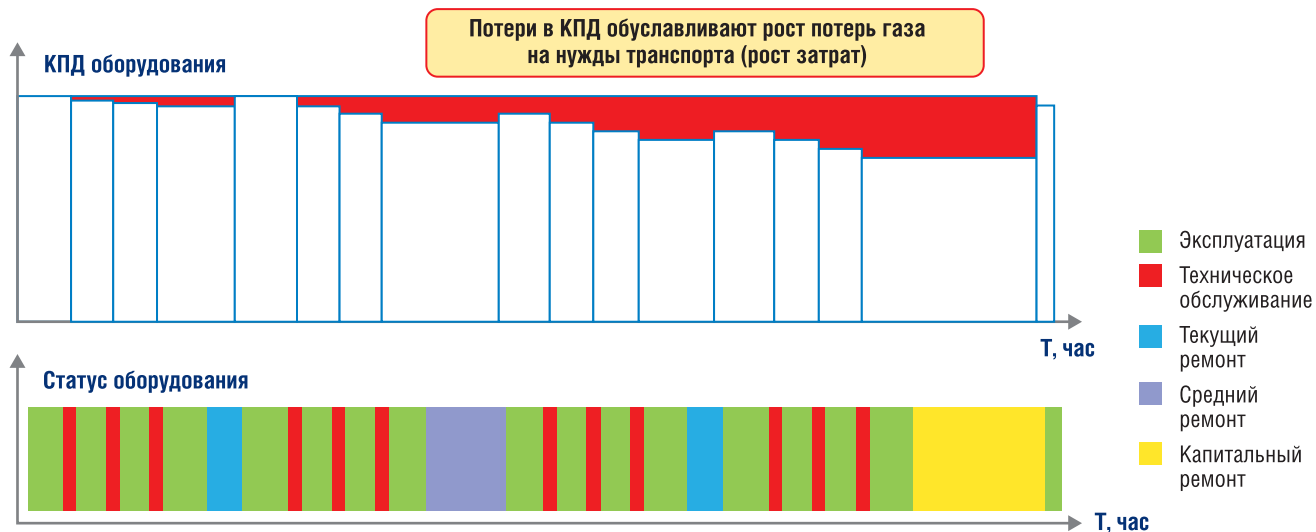


РИС. 4. Эволюция подходов к эксплуатации оборудования КС



(поддержание КПД оборудования на максимально высоком уровне);

- управление рисками эксплуатации оборудования как в техническом аспекте (готовность оборудования, идентификация предаварийных режимов работы), так и в организационном аспекте (снижение сроков ремонта и обслуживания, повышение прозрачности цепей создания ценности, повышение качества ремонтов и обслуживания);
- управление затратами на этапах жизненного цикла эксплуатации;
- управление и координация взаимодействия с поставщиками на этапах жизненного цикла, операторами которых являются сторонние организации.

В настоящее время согласно требованиям нормативных актов в сфере промышленной безопасности применяется система ППО / ППР, но при этом наблюдаются следующие негативные факторы, усложняющие процесс эксплуатации и приводящие к удорожанию жизненного цикла эксплуатации оборудования:

- непрозрачность некоторых этапов жизненного цикла ввиду несовершенства системы управления поставщиками и отсутствия системы идентификации состояния оборудования в реальном времени;
- отсутствие заинтересованности поставщиков оборудования и услуг в своевременном и качественном выполнении работ;
- несовершенство системы идентификации предаварийных ситуаций для своевременного вывода оборудования в ремонт / обслуживание;

существование потерь за счет работы оборудования с пониженным КПД при приближении к предельной наработке на отказ (до капитального ремонта).

Цель, состоящая в повышении эффективности и снижении рисков эксплуатации оборудования КС, может быть достигнута решением следующих задач:

- создание механизмов и инструментов кооперации участников процесса эксплуатации оборудования КС, объединенных общими регламентами (реализация концепции «расширенного предприятия»), в рамках обмена опытом и компетенциями – центров компетенций;
- создание информационных инструментов идентификации состояния и технико-экономических показателей функционирования оборудования КС в реальном времени;
- создание аналитических инструментов (на основании квалифицированных имитационных моделей оборудования и компетенций персонала участников процесса эксплуатации) для идентификации предотказных состояний и принятий управленческих решений в сфере эксплуатации (выбор режима и параметров функционирования, планирование обслуживания и ремонта, решения о продлении срока эксплуатации).

РИС. 5. Предлагаемая структура Центра компетенций развития газоперекачивающего оборудования в Самарской области

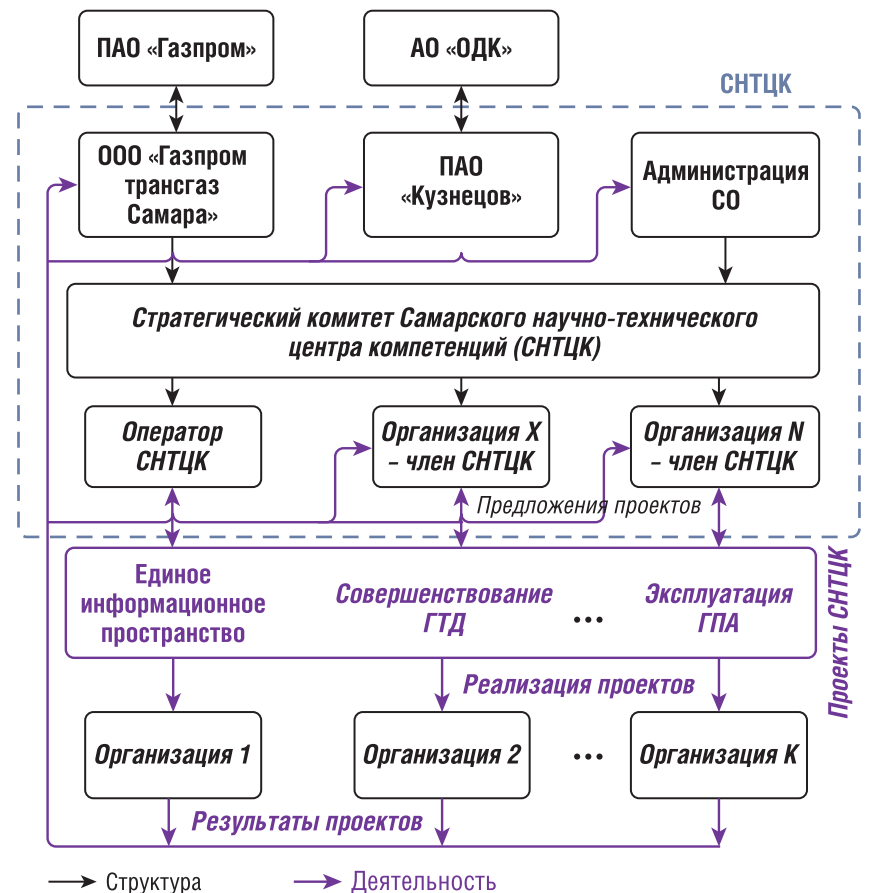
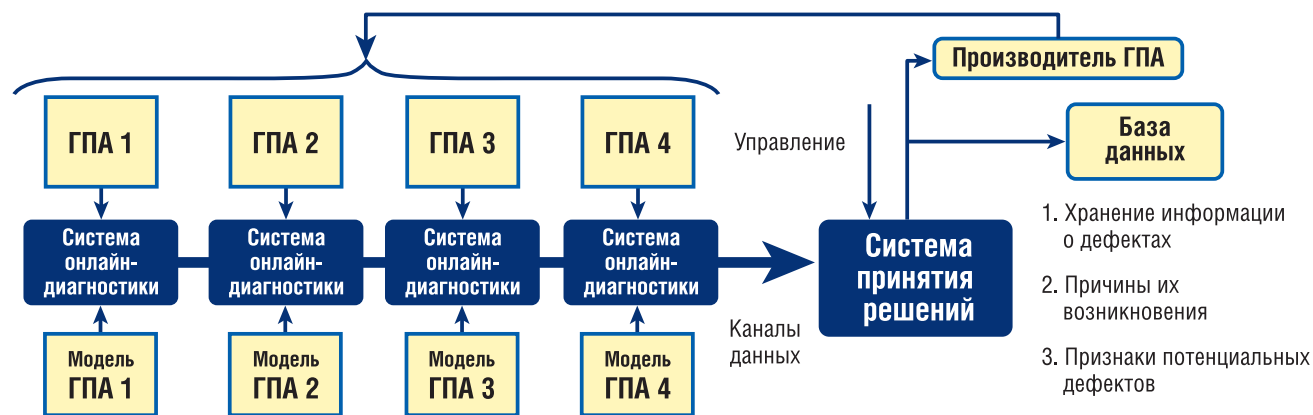


РИС. 6. Схема системы онлайн-диагностики на основе моделиориентированного подхода



Основной целью функционирования компетенц-центра является оптимизация взаимодействия ПАО «Газпром» и ДЗО с поставщиками оборудования и услуг на основе статистической информации о характеристиках и режимах работы оборудования КС, затратах на эксплуатацию оборудования и потребностях в развитии головного потребителя – ПАО «Газпром».

Можно выделить следующие основные задачи компетенц-центра:

- принятие обоснованных решений по режимам работы, техническим и эксплуатационным характеристикам и повышению эффективности функционирования оборудования КС;
- разработка предложений по корректированию конструкции и технологиям производства, обслуживания и ремонта оборудования КС;
- оптимизация совместных сетевых планов по эксплуатации оборудования;
- оптимизация бизнес-процессов ремонта и обслуживания оборудования;
- внедрение инструментов проектного менеджмента и интегрированных систем менеджмента в процессах взаимоотношений участников процесса эксплуатации оборудования КС;
- определение текущих и стратегических задач в области развития газотранспортного оборудования;
- формулирование и представление участникам процесса эксплуатации проектов по развитию поставщиков оборудования и услуг;
- представление интересов участников процесса

эксплуатации в органах власти, поиск финансирования на реализацию инновационных проектов участников процесса эксплуатации.

Целью комплексной системы управления жизненным циклом является повышение эффективности (по КПД) и надежности функционирования оборудования КС за счет использования участниками процесса эксплуатации актуальных показателей функционирования оборудования, оценки стоимости жизненного цикла эксплуатации оборудования, построения системы взаимоотношений с поставщиками оборудования и услуг, в который включены следующие модули:

Модуль автоматизированной системы учета данных предполагает создание системы хранения и обработки параметров функционирования оборудования КС для сбора статистики и

осуществления управления оборудованием на основании актуальных измеряемых и расчетных показателей. Данный модуль служит информационной инфраструктурой для построения системы управления жизненным циклом, и должен обрабатывать и хранить следующие данные:

- данные о конструкции каждой единицы оборудования («как изготовлено»);
- данные о технологии сборки и обслуживания / ремонта каждой единицы оборудования;
- данные о параметрах эксплуатации оборудования с автоматизированных систем управления / регулирования на оборудовании;
- данные о наработке оборудования;
- документы, связанные с эксплуатацией оборудования, в привязке к этапам жизненного цикла.

РИС. 7. Реализация управления и диагностики на основе наблюдателя состояния (модели в реальном времени)

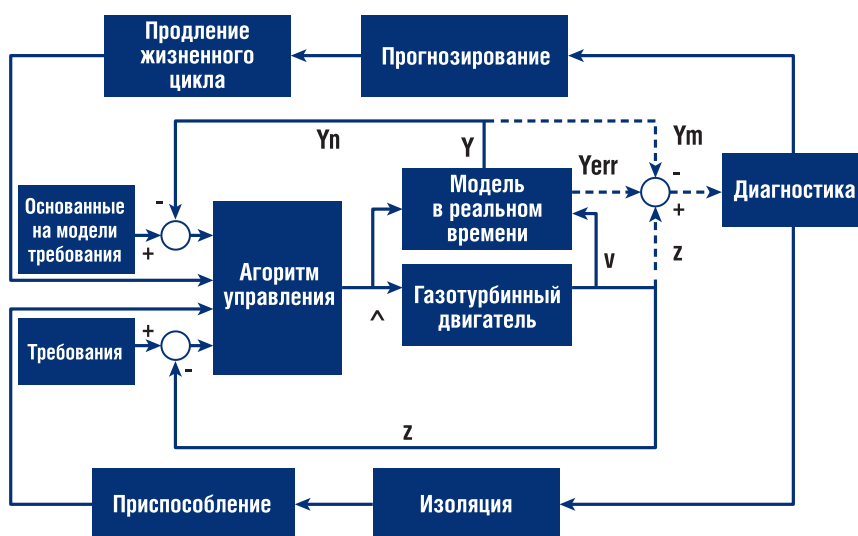


РИС. 8. Модуль управления развитием поставщиков оборудования и услуг



Доступ к данным об эксплуатации должен быть обеспечен всем участникам процесса эксплуатации оборудования для проведения анализа и оценки состояния оборудования, принятия корректных управленческих решений и перспективного планирования работ.

Интеллектуальный аналитический модуль предполагает наличие алгоритмов обработки и анализа данных для расчета и прогнозирования стоимости жизненного цикла и оценки потенциальных рисков за счет создания системы онлайн-диагностики.

Алгоритм диагностики в дальнейшем строится на основании общепринятого в кибернетике подхода с использованием наблюдателей состояния (адекватных и квалифицированных моделей оборудования).

Описанная выше модель системы онлайн-диагностики позволяет не только анализировать текущее состояние оборудования КС, но и прогнозировать параметры работы на основании как статистических данных, так и непрерывного моделирования поведения оборудования.

Помимо прогнозирования и управления рисками и надежностью предлагаемая комплексная система позволяет реализовывать оценку и прогнозирование стоимости жизненного цикла эксплуатации

оборудования КС в зависимости от эффективности функционирования и рисков управления парком оборудования.

Модуль нормативной документации и документации бизнес-процессов предполагает внедрение в ПАО «Газпром» и ДЗО системы управления жизненным циклом эксплуатации оборудования КС, формирование системы показателей для управления жизненным циклом, определение «узких мест» и решение проблем в цепочках создания ценности в ходе управления жизненным циклом эксплуатации оборудования.

Модуль управления взаимоотношения с поставщиками оборудования и услуг предполагает организацию системы работы с поставщиками, включающую разработку требований к поставщикам, механизмам и инструментам аудита поставщиков, требований к производственным системам поставщиков, требованиям по проектному менеджменту, качеству, ценообразованию и прозрачности цепей создания ценности для непрерывного мониторинга и управления этапами жизненного цикла эксплуатации оборудования, ответственными за которые являются сторонние организации.

Описанная выше система управления реализует следующие основные функции:

- мониторинг, сбор и хранение информации (с возможным

созданием электронного паспорта единицы оборудования) о режимах функционирования и параметрах работы оборудования КС;

- анализ информации и реализация оперативных и долгосрочных корректирующих технических мероприятий в целях повышения эффективности функционирования оборудования;
- реализация организационных мероприятий в области оптимизации взаимодействия участников процесса эксплуатации оборудования КС (создание «расширенного предприятия»);
- создание единой прозрачной информационной среды для участников процесса эксплуатации оборудования КС в целях оптимизации процессов планирования работ по обслуживанию и ремонту оборудования;
- осуществление предиктивной диагностики состояния оборудования КС в целях создания единой базы решений по применению эксплуатационных режимов оборудования;
- создание основ для перехода к ремонтам и обслуживанию оборудования КС «по состоянию» с учетом требований нормативных актов в сфере промышленной безопасности. ●

KEYWORDS: gas transportation, energy efficient equipment, compressor stations, industrial safety, life cycle management.

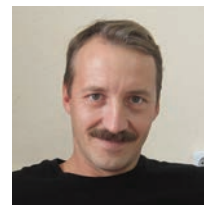
СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ КОМПРЕССОРОВ



Соколовский Михаил Иванович,
генеральный конструктор,
член-корреспондент РАН,
профессор, д.т.н.



Ерышкин Юрий Павлович,
главный конструктор



Касьянов Сергей Владимирович,
Начальник проектного
отдела



Селянская Елена Леонидовна,
главный специалист
ПАО НПО «Искра»

В СТАТЬЕ РАССМОТРЕНО ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКТАЦИИ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ КОМПРЕССОРОВ РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ОПОРНО-УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ УЗЛОВ НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ. ПОКАЗАНО, ПРИ КАКИХ УСЛОВИЯХ ПРИМЕНЕНИЕ СУХИХ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ УПЛОТНЕНИЙ И МАГНИТНЫХ ПОДВЕСОВ МОЖЕТ ПРИВЕСТИ К ЭКОНОМИИ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТИ И ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОМПРЕССОРА. ОТМЕЧЕНО ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ, ПРОДИКТОВАННЫХ ТРЕБОВАНИЯМИ ЗАКАЗЧИКА, НА НАДЕЖНОСТЬ КОМПРЕССОРА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

IN THE ARTICLE THE IMPACT ON ENERGY EFFECTIVENESS OF GAS-COMPRESSOR UNITS OF ASSEMBLY OF CENTRIFUGAL COMPRESSORS BY VARIOUS TYPES OF MOUNTING AND PACKING UNITS IS REVIEWED. IT IS SHOWN, IN WHAT CONDITIONS THE APPLIANCE OF MOISTURE-FREE GAS SEALS AND MAGNET SUSPENSION MAY RESULT IN ECONOMY OF POWER CONSUMPTION AND ELECTRICAL ENERGY CONSUMPTION OF COMPRESSORS' SUPPORTING SYSTEMS. THE IMPACT OF SOME ENGINEERING SOLUTIONS, WHICH ARE DETERMINED BY THE CUSTOMER'S REQUIREMENTS, ON RELIABILITY OF COMPRESSOR DURING EXPLOITATION IS NOTED

Ключевые слова: газоперекачивающий агрегат, компрессор, энергоэффективность, потеря электроэнергии, системы подготовки газа.

Принимая во внимание динамику изменения газового рынка, при разработке нового оборудования значительное внимание уделяется показателям надежности, энергоэффективности и экономичности.

При оценке энергоэффективности компримирования газа большое значение имеет экономичность использования центробежных компрессоров, которая определяется:

- качеством и надежностью оборудования;
- затратами мощности привода на сжатие газа и механическими потерями в опорно-уплотнительных узлах, которые можно оценить по расходу топливного газа в газотурбинных ГПА или электроэнергии в электроприводных ГПА;
- затратами электроэнергии в системах обеспечения подшипников и уплотнений;

- эксплуатационными затратами (в том числе в рамках планово-предупредительных ремонтов), связанными с ремонтопригодностью, ресурсами и стоимостью заменяемых деталей и узлов, возможностью приобретения их в РФ;
- необходимостью модернизации оборудования (например, замены СПЧ) в течение жизненного цикла объекта эксплуатации.

С точки зрения значимости, для обеспечения энергоэффективности на первое место выступают задачи по снижению электропотребления систем обеспечения компрессора. Второе и третье место можно поделить между задачами повышения газодинамической эффективности и задачами снижения механических и дополнительных объемных потерь «по вине» системы СГУ [1].

УДК 621.5

РИС. 1. Составляющие затрат на компримирование газа



Потребление электроэнергии в системах обеспечения компрессора и механические потери мощности определяются типом подшипников и уплотнений, применяемых в компрессоре. На рисунке 2 приведены среднестатистические затраты мощности в опорно-уплотнительных узлах и затраты мощности, вызванные вдувом буферного газа из системы сухих газодинамических уплотнений (СГУ) в проточную часть компрессора на примере компрессоров различной мощности в двухступенчатом исполнении со степенью сжатия 1,44.

В зависимости от способа регулирования подачи буферного газа в систему СГУ («по давлению» или «по расходу»), расход в системе СГУ может отличаться в 2–4 раза, что приводит к увеличению потерь на преодоление закрутки и сжатие дополнительного объема газа. На рисунке 2 для каждого типа компрессоров с СГУ с масляными и магнитными подшипниками приведены две линии зависимостей. Нижняя линия (сплошная) для каждого из типов компрессоров соответствует регулированию подачи буферного газа по расходу, верхняя (пунктирная) – регулированию по перепаду давления.

За последние 20 лет для нефтегазового комплекса России поставлено более 500 газоперекачивающих агрегатов серии «Урал». Большая часть ГПА серии укомплектована центробежными компрессорами собственного изготовления.

На рисунке 3 приведены зависимости суточной экономии

электроэнергии при применении магнитных подвесов ротора по сравнению с масляными подшипниками и СГУ по сравнению с масляными уплотнениями по усредненным параметрам электропотребителей в ГПА серии «Урал» мощностью 4–25 МВт (1998–2017 гг.). Для компрессоров с масляными подшипниками и уплотнениями рассматривался вариант наличия маслосистем высокого и низкого давления. Вариант использования единой малорасходной маслосистемы высокого давления не

рассматривался, так как не применялся в ГПА серии «Урал».

В таблице 1 приведена раскладка анализируемых на рисунках 2 и 3 составляющих затрат мощности.

Из представленных на рисунках 2 и 3 данных следует, что менее экономичными являются компрессоры, оснащенные подшипниками на масляной смазке и системами СГУ. Причем для компрессоров мощностью до 6 МВт применение СГУ, по сравнению с масляными уплотнениями, по расходу электроэнергии и потерям мощности не имеет преимуществ.

РИС. 2. Затраты мощности на преодоление механических и дополнительных объемных потерь

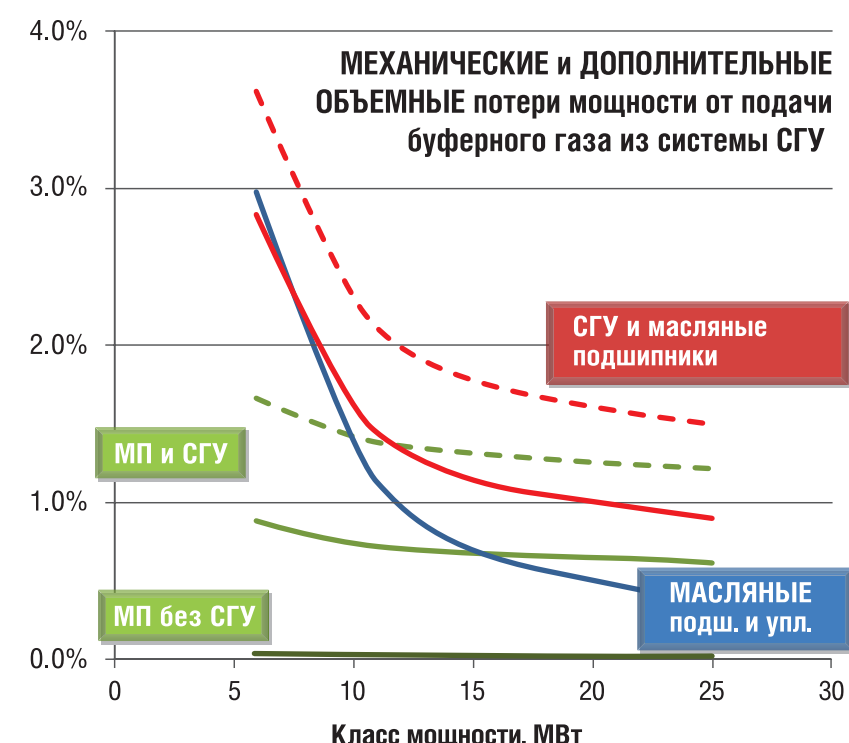


РИС. 3. Сравнение разных типов опорно-уплотнительных узлов

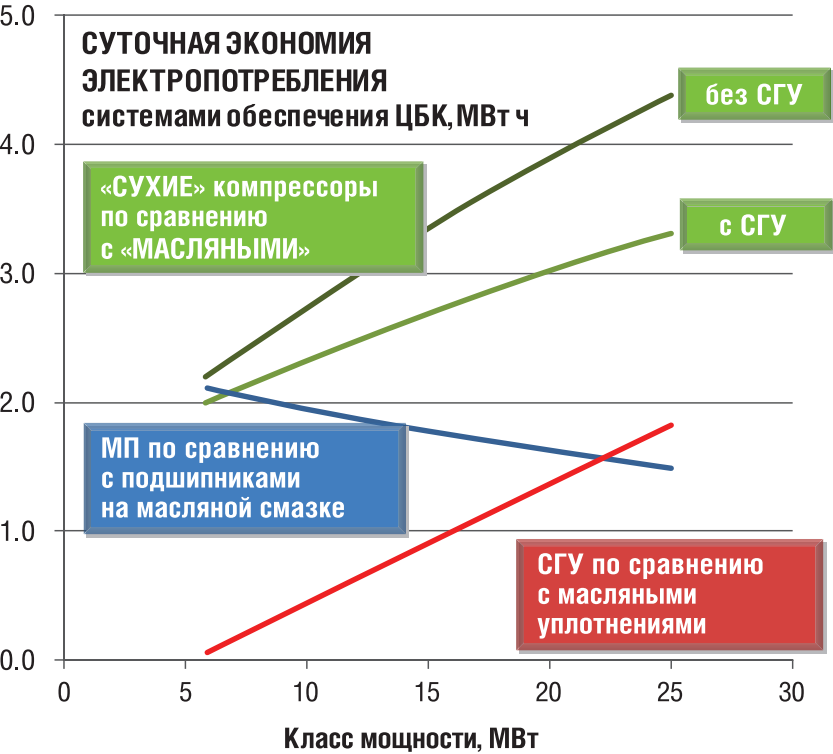


ТАБЛИЦА 1. Основные составляющие затрат мощности в ГПА серии «Урал»

Подшипники	масляные	масляные	МП	МП
Концевые уплотнения	масляные	СГУ	СГУ	без СГУ
МЕХАНИЧЕСКИЕ ПОТЕРИ				
Опорные подшипники	10...20 кВт		1 кВт	
Упорный подшипник	40...100 кВт		1 кВт	
Концевые уплотнения	40...60 кВт	3...5 кВт		
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ОБЪЕМНЫЕ ПОТЕРИ				
На дополнительный расход газа		30...50 кВт		
На дополнительную закрутку		60...250 кВт		
ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЕ				
АВОМ с вентиляторами	30...55 кВт			
Маслобак с насосами и подогревателями	30...60 кВт			
Маслонасос (подшипники)	7,5...60 кВт			
Маслонасос (уплотнения)	7,5...110 кВт			
Греющие кабели	1...8,5 кВт			
Воздуходувка МП			7,5...30 кВт	
Ресивер воздуха (СГУ)		1,2...5,5 кВт		
Воздуходувка СГУ (+авар.)		3,5...22 кВт		
Шкаф управления МП			2,5...7,5 кВт	
Панель управления СГУ		0,1 кВт		
Подогреватель буф. газа		6...27 кВт		
Подогреватель барьер. газа		3...9 кВт		
Бустерный компрессор буфурного газа		5...8 кВт		

Как показано в таблице 1 и [1] при применении сухих газодинамических уплотнений значительные затраты мощности связаны с понижением газодинамической эффективности компрессора из-за вдува буферного газа через концевое уплотнение в проточную часть. Это может привести к увеличению закрутки на входе в первое рабочее колесо и увеличивает объем перекачиваемого газа по сравнению с зафиксированной на входе в компрессор величиной. При косвенном способе определения потребляемой мощности компрессора возникают дополнительные неточности, в большей степени для малорасходных компрессоров особенно малой мощности.

Минимизация затрат мощности в компрессорах с магнитным подвесом ротора может быть достигнута при исключении из состава газоперекачивающих агрегатов самостоятельных систем подготовки буферного и барьерного газа СГУ. Это может быть реализовано в герметичных компрессорах с магнитным подвесом, работающим в среде перекачиваемого газа, без патронов сухих газодинамических уплотнений (ГДУ). Но в герметичных компрессорах возникает другой вид потерь мощности, связанных с вращением ротора электродвигателя в газовой среде с высоким давлением.

«Избавиться» от системы подготовки буферного газа для «сухого» компрессора можно при перекачивании осушенного и очищенного неагрессивного газа. В этом случае исключается проблема попадания неочищенного газа с выпадением конденсата воды и/или углеводородов на пары трения уплотнения, исчезают проблемы, связанные с контролем параметров буферного газа на входе в патроны, управлением регуляторами перепада газа, подогревателями газа и прочим оборудованием системы подготовки буферного газа. Но перекачиваемый газ на входе в компрессор при этом должен быть осушен до точки росы (по воде и углеводородам) ниже, минимум на 20°С относительно температуры на входе в компрессор, и содержать примеси размером не более 5 мкм с концентрацией до 1 мг/м³.

Выбор в пользу системы подготовки газа для системы сухих

ТАБЛИЦА 2. Количество контролируемых параметров для различных вариантов

Способ регулирования подачи буферного газа	ТТТ СГУ [2]	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 1 + Вариант 2
Перед панелью СГУ					
Температура буферного газа после электроподогревателя		1	1	1	1
Давление буферного газа		1	1	1	1
Перепад давления буферного газа на фильтрах грубой очистки		1	1	1	1
Перепад давления буферного газа на фильтрах тонкой очистки	1 (п.6.5)	1	1	1	1
Температура барьерного газа	1	1	1	1	
Давление барьерного газа	1 (п.6.5)	1	1	1	1
(Расход барьерного газа		(1)	(1)	(1)	(1)
Для бустерного компрессора					
Сила тока, напряжение		2	2	2	2
Перепад давления буферного газа		1	1	1	1
В панели СГУ					
Перепад давления буферного газа за регулятором «газ-газ»	1 (п.6.2)		1	1	1
Перепад давления буферного газа на концевом лабиринте				2	1
Расход буферного газа для каждого патрона		2			2
(Импульс давления из задуммисной области)		(1)			(1)
(Перепад давления барьерного газа на барьерном уплотнении при подаче барьерного газа из полостей магнитного подшипника)		(2)	(2)	(2)	(2)
Линия утечки после первой ступени ГДУ					
Давление	2 (п.6.3)	2	2	2	2
Расход		2	2	2	2
Разрывная мембрана	2 (п.6.6, 6.7)	2	2	2	2
Линия утечки после второй ступени ГДУ					
Датчик загазованности		2	2	2	2
Итого	7	19 (+4)	18 (+3)	20 (+3)	21 (+4)

газодинамических уплотнений или газа на входе в компрессор должен быть экономически обоснован для каждого объекта эксплуатации. При этом кроме стоимости оборудования должны быть учтены затраты эксплуатирующей организации на обслуживание и поддержание в рабочем состоянии оборудования.

Например, для варианта отсутствия очистки и осушки газа на входе необходимо учитывать затраты на обслуживание систем подготовки газа и затраты на восстановление проточного тракта компрессора из-за износа деталей и узлов по причине попадания механических примесей.

Применение более глубокой подготовки газа непосредственно на входе в компрессор позволяет повысить ресурс компрессора и его надежность в том числе и из-за упрощения системы управления и сокращения количества контролируемых параметров при

исключении системы подготовки буферного газа вместе с панелью управления СГУ. В случае негерметичного компрессора подача барьерного газа на СГУ может быть организована из системы охлаждения магнитных подшипников.

При отсутствии возможности организации качественной подготовки газа на входе в компрессор ответственность за работоспособность компрессора с СГУ переносится на САУ ГПА и системы подготовки буферного и барьерного газа, которые в последнее время имеют тенденции к усложнению и удорожанию.

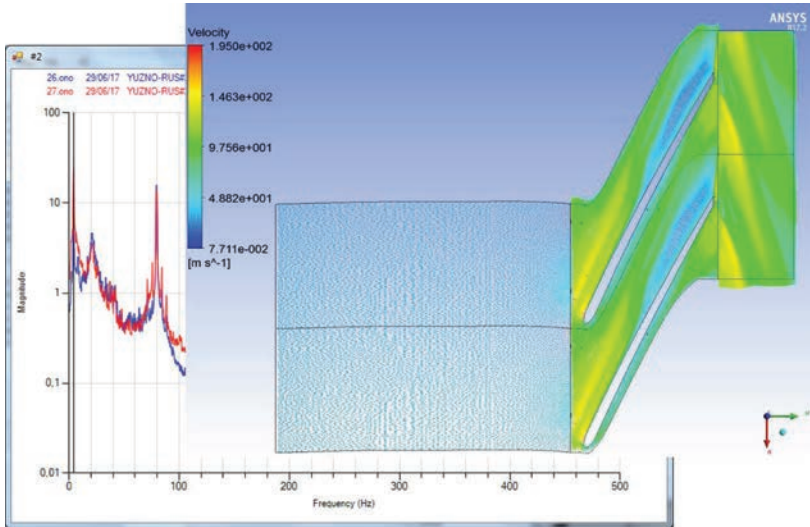
Главная проблема связана относительной «новизной» технологии герметизации компрессора с использованием газодинамических уплотнений. Дороговизна комплектующих СГУ и отсутствие четких критериев выхода из строя пар трения ГДУ

приводит к возникновению сильного беспокойства со стороны эксплуатации при любом минимальном отклонении от нормы (даже временного и не приводящего к нарушению работоспособности) любого параметра системы.

Критериями работоспособности патрона ГДУ являются расход и давление газа в линии утечки после первой (основной) ступени уплотнения и допустимая концентрация газа в линии утечки после второй (резервной) ступени уплотнения.

Опасение эксплуатирующей организации вывести из строя дорогостоящие патроны ГДУ и оказаться в простое из-за длительного ожидания оказания сервисных услуг поставщиком СГУ приводят к увеличению контролируемых параметров, что в свою очередь снижает надежность системы.

РИС. 4. Срывные вихри на задней стороне лопаток рабочего колеса



В таблице 2 приведен перечень контролируемых параметров в системах подготовки газа СГУ для нескольких способов регулирования подачи буферного газа:

Вариант 1 – Регулирование по величине расхода в линии подачи буферного газа в патрон ГДУ;

Вариант 2 – Регулирование по величине перепада давления между давлением за регулятором давления и отбором импульса давления из полостей компрессора (трубопровод уравнительной линии, задуммисная полость и др.);

Вариант 3 – Регулирование по величине перепада давления на концевом лабиринте проточной части;

Вариант 4 – Комбинация Варианта 1 и Варианта 2.

Касательно применения в составе компрессоров магнитных подвесов ротора следует отметить, что проточные части компрессоров,

особенно многоступенчатые, спроектированные для применения с подшипниками на масляной смазке, не всегда могут быть использованы в компрессорах с магнитным подвесом ротора.

Это связано с двумя причинами. Во-первых, конструктивное исполнение магнитных машин требует наличия в конструкции установочных подшипников для защиты ротора от разрушения при аварийных остановках с отключением электроэнергии. Подшипники имеют радиальный зазор с ротором компрессора 0,2 мм, что для исключения касания роторных и статорных частей компрессора приводит к увеличению радиальных зазоров в проточной части в 1,5...2 раза. Во-вторых, жесткость магнитных подшипников примерно в 100 раз

меньше, чем у подшипников на масляной смазке.

Эти два фактора (увеличенные радиальные зазоры и пониженная жесткость подшипников) делают ротор компрессора более чувствительным к воздействию осевых и радиальных усилий со стороны газодинамических сил (не говоря уже о воздействии конденсата и механических примесей в перекачиваемом газе). Речь идет о возникновении автоколебаний в уплотнениях ротора (покрывных дисков, вала, думмиса) и срывных явлений в рабочих колесах и диффузорах, особенно последних ступеней многоступенчатых компрессоров.

Все поставщики компрессоров и эксплуатирующие организации столкнулись с явлением возникновения границы устойчивой работы магнитного подвеса ротора, образующейся задолго до границы помпажа, иногда в середине рабочего диапазона, и характеризующейся резким повышением виброперемещений ротора. Явление характерно как для линейных машин с жесткими роторами, так и для многоступенчатых машин с гибкими роторами. При испытаниях компрессоров на заводских воздушных стендах и на стендах замкнутого контура с давлениями не более 20 кг/см² граница устойчивости не проявляется ввиду

ТАБЛИЦА 3. Максимальный уровень политропного КПД компрессора для линейных компрессоров

Конструктивная схема компрессора	Подвод газа	Радиальный	Осевой	
	Количество ступеней	2		1
	Расположение рабочих колес	Между опорами		Консольно
	Тип рабочего колеса	Радиальные (2D)	Осерадимальные (3D)	
	Диффузор	Безлопаточный		
	Отвод газа	Тангенсальный		
Ступень со всасывающей камерой (ВК + РК + диффузор + ОНА)	Политропный КПД рабочего колеса	94%	96%	
	Политропный КПД ступени	87...88%	88...89%	
	Объемные потери и потери трения	1...2,5%		
	Потери во всасывающей камере	1...2,5%		
	КПД ступени	82...86%	83...87%	
Ступень концевая (РК + диффузор + нагнетательная камера)	Политропный КПД рабочего колеса	94%	96%	
	Политропный КПД ступени	87...88%	88...89%	90%
	Объемные потери и потери трения	1...2,5%		
	Потери в нагнетательной камере	5...7%		1...3%
	КПД ступени	84,5...88%	86,5...89%	88...89%
КПД компрессора	КПД проточной части компрессора	82...85%	84,8...88,5%	87...89%
	Объемные потери при установленных трубопроводах уравнильных линий	1...3%		
	КПД компрессора (в условиях КС)	80,3...86%	81,8...87,5%	87...88%

низкой плотности модельного газа. На границе устойчивой работы магнитного подвеса на объекте эксплуатации помпажные явления, связанные с колебание расхода на входе в компрессор, отсутствуют. Как правило, в спектре частот при вибродиагностике присутствуют субгармонические составляющие в спектре вибраций в нижнем диапазоне частот до 25 Гц (рисунок 4).

Настройки системы управления магнитного подвеса в этом диапазоне частот, проводимые всеми производителями магнитного подвеса, к положительному эффекту не приводят, иногда позволяют сдвинуть границу устойчивости к границе помпажа на 2–5%.

Установка втулок антициркуляционных уплотнений с различными типами рассекателей потока к кардинальному решению проблемы тоже не приводит, позволяет сдвинуться к границе помпажа на 5–10%.

Предположительно причина заключается в конструктивном исполнении рабочих колес, спроектированных с целью получения широкой по расходу и пологой по напору

газодинамической характеристики компрессора и безлопаточных диффузоров, в которых при снижении расхода газа через ступень начинается образование срывных зон на стенках.

В результате при нормальной устойчивой работе первых «широких» ступеней при увеличении отношения давлений в компрессоре задолго до приближения к границе помпажа в рабочем колесе и за ним возникают вихревые зоны (вращающийся срыв), вызванные срывом потока с задней стороны лопаток рабочего колеса и стенок диффузора. Эти вихревые зоны являются источником низкочастотных импульсных колебаний, связанных с пульсацией (3...5 Гц) и срывом потока (0,15–0,2 от частоты вращения), и приводят к незатухающим колебаниям ротора на его собственных частотах (1 и 2 жесткая или 1 гибкая моды) [7].

Возникающие аэродинамические силы при совместном действии с циркуляционными неконсервативными силами в лабиринтном уплотнении думмиса оказывают значительное дестабилизирующее воздействие на ротор компрессора. В случае

с гибким ротором и магнитный подвесом они приводят к динамической неустойчивости ротора, которая не может быть устранена настройкой магнитного подвеса, поскольку низкочастотные пульсации в спектре вибрации попадают в зону «нечувствительности» системы управления магнитным подвесом.

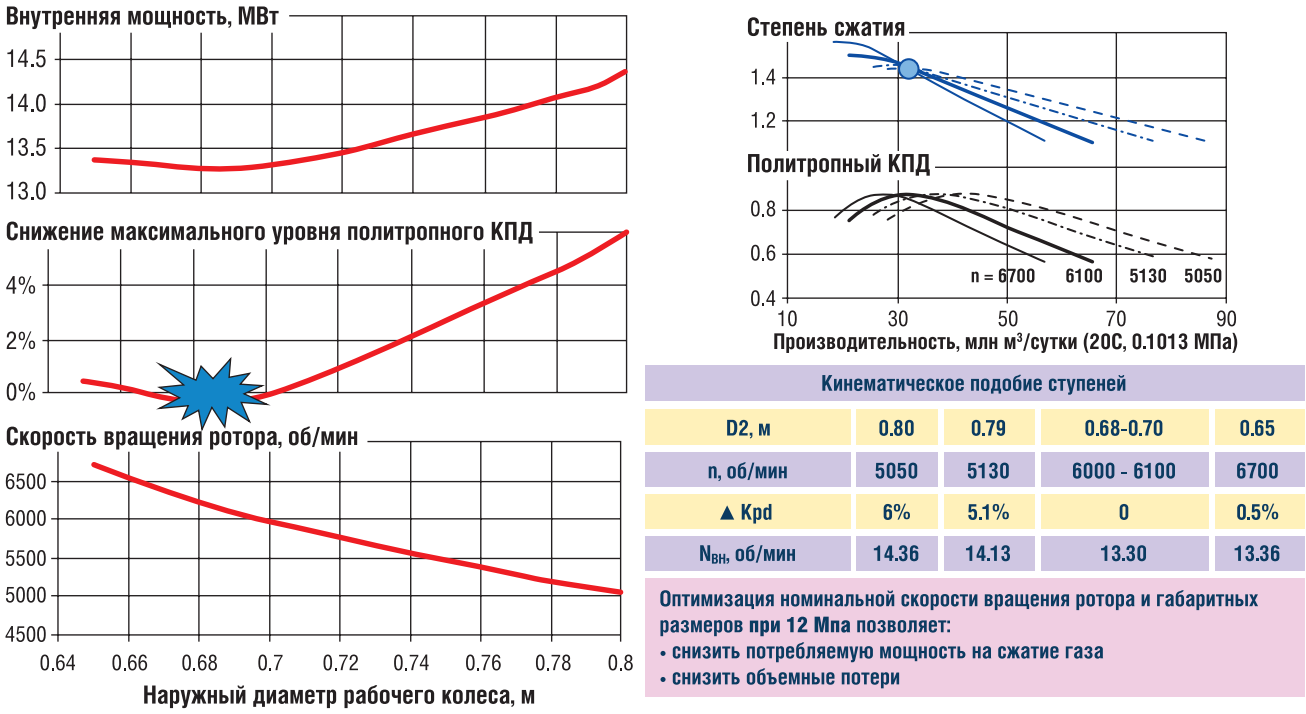
Повышения газодинамической эффективности компрессора можно достичь за счет:

- изменения конструктивной схемы компрессора;
- применения высокоэффективных элементов конструкции (рабочих колес, всасывающих и нагнетательных камер, уплотнений);
- применения композиционных материалов в проточной части компрессора;
- оптимизация скорости вращения компрессора

Каждый из этих способов может привести к повышению КПД компрессора на 1–5 %.

В таблице 3 приведен максимальный уровень политропного КПД, который можно обеспечить проточными

РИС. 5. Оптимизации проточной части от частоты вращения ротора



частями линейных компрессоров. Следует учитывать, что при износе уплотнений ротора может произойти снижение КПД и напора на 3...5% и более.

Последнее время часто обсуждается повышение частоты вращения ротора компрессора как способ повышения его эффективности. Это некорректная постановка задачи, потому что для каждого типа компрессора существует своя оптимальная скорость вращения. Иногда она близка к номинальной (по ТУ) скорости вращения привода,

иногда не совпадает значительно. Применительно к линейным компрессорам мощностью 16–25 МВт со степенью сжатия 1,44–1,5 повышение скорости вращения на 20–30% приводит к аналогичному уменьшению металлоемкости, но эффективность их не повышает. Дальнейшее повышение скорости вращения может привести к снижению эффективности до 6%.

На рисунке 5 представлен пример оптимизации частоты вращения двухступенчатой проточной части мощностью 16 МВт с рабочим давлением 12 МПа на базе одной

модельной ступени (Фо = 0,048, Ψ = 0,48) в диапазоне частот вращения 4650–6700 об/мин при обеспечении кинематического подобия. Повышение номинальной частоты вращения привода на 16–19% (от 5130 до 6000–6100 об/мин) за счет смещения интегральной характеристики в оптимум ступени позволяет повысить КПД проточной части на 2% при снижении потребляемой мощности на 1 МВт, уменьшении габаритов на 20% и снижении массы на 30%.

Нужно отметить, что некоторые требования заказчиков, возникшие

ТАБЛИЦА 4. Максимальный уровень политропного КПД компрессора для линейных компрессоров

	требования API 617 п. 2.6.2.10		требования СТО ГАЗПРОМ 2-3.5-138-2007 пп. 5.14, 6.14	
	% номинальной скорости вращения			
Требования к величине отстройки первой изгибной критической скорости отг минимальной рабочей скорости	$\text{Min} \left(16.17 \cdot \left(1 - \frac{1}{AF - 1.5} \right) \right)$		≥ 25%	
Первая изгибная скорость	58,8...70%	>58,2% (AF≤2.0)	≤52,5%	≤37,5%
Диапазон скоростей	70...105%	50...105%	70...105%	50...105%
Максимальная скорость (разгонная проба)	110%			
Скорость, двухкратная первой изгибной скорости	117,6...140%	>116,4%	≤105%	≤75%
В рабочем диапазоне	нет		есть	

в последнее время, сводят на нет положительный эффект, полученный при оптимизации проточной части. Например, речь идет об увеличении радиальных зазоров в проточной части компрессора для исключения касаний роторных и статорных деталей при испытаниях на воздухе на заводских стендах (ПСИ). При ПСИ температура воздуха в проточной части выше, чем при эксплуатации. Это приводит к повышенным деформациям деталей по сравнению с условиями эксплуатации [3]. При увеличении радиальных зазоров до величин, исключающих потенциальное касание роторных деталей втулок уплотнения на ПСИ, мы гарантированно исключаем касание при эксплуатации за счет переразмеренной величины зазоров. Это приводит к снижению КПД компрессора на 3–5%. Кроме того, увеличение зазоров влияет на динамическую устойчивость ротора.

На динамическую устойчивость ротора может повлиять выполнение и других требований заказчика. Например [3–5], обеспечение отстройки критической скорости от рабочего диапазона на 25 % (п. 5.14 СТО Газпром 2-3.5-138-2007) при обеспечении диапазона работы 50...105% от номинала (п. 6.14 СТО Газпром 2-3.5-138-2007) для компрессоров для ДКС и ПХГ гарантированно приводит к попаданию скоростей, кратных критическим скоростям, в рабочий диапазон и высокой виброактивности ротора (таблица 4).

Резюмируя изложенное можно прийти к следующим выводам:

1. С точки зрения электропотребления наименее экономичны и наименее надежны компрессоры с комбинированным типом опорно-уплотнительных узлов – подшипниками на масляной смазке и СГУ.
2. Исключение СГУ из состава компрессора с магнитным подвесом ротора позволит сэкономить 0,2...1 МВт электроэнергии в системах обеспечения плюс 0,6...1,6% мощности привода на сжатие газа в зависимости от единичной мощности компрессора.
3. При выборе типа опорно-уплотнительных узлов необходимо руководствоваться тем, что одни и те же проточные части компрессоров с подшипниками на масляной смазке по сравнению с магнитными подвесами ротора позволяют работать в более широком диапазоне характеристик по расходу.
4. Увеличение радиальных зазоров в уплотнениях ротора для исключения касания при испытаниях на воздухе при работе на газе приводит к снижению КПД проточной части до 3...5% и напора на 5...10%.
5. Повышение скорости вращения может привести к снижению габаритно-массовых характеристик компрессора на 20...30%. Если повышенная скорость приблизится к оптимальной скорости проточной части, можно будет снизить затраты мощности до 1 МВт, в противном случае ожидается снижение эффективности компрессора.

6. Для исключения требований к компрессору, снижающих его надежность, необходимо привести в соответствие требований СТО Газпром с требованиями API617 в части отстройки критических скоростей ротора от рабочего диапазона компрессора. ●

Литература

1. Селянская Е.Л., Касьянов С.В., Карпин М.Ю., Голдобин А.С. Влияние системы СГУ на работу центробежного компрессора // Компрессорная техника и пневматика», 2013, № 6, с. 25–33.
2. Типовые технические требования к газодинамическим уплотнениям центробежных нагнетателей природного газа и системам, обеспечивающим их работоспособность // ООО «Газпром ВНИИГАЗ», 2006, Москва.
3. Селянская Е.Л., Касьянов С.В., Чусов А.М., Голдобин А.С. Карпин М.Ю. Проблемные вопросы испытаний центробежных компрессоров // Сборник Трудов V МНТК «Газотранспортные системы: настоящее и будущее ГТС-2013», 2013 г.
4. Типовые технические требования к газотурбинным ГПА и их системам. СТО Газпром 2.3.5 138-2007. ООО «Информационно-рекламный центр газовой промышленности», Москва, 2007.
5. Международный стандарт API STANDARD 617. Axial and Centrifugal Compressors and Expander-compressors for Petroleum, Chemical and Gas Industry Services (Осевые, центробежные компрессоры и детандер-компрессоры для нефтяной, химической и газовой промышленности», 7 издание, 2002 г.
6. Соколовский М.И., Ерышкин Ю.П., Селянская Е.Л., Касьянов С.В., Макаров А.А. Компрессорное оборудование НПО «Искра» для предприятий дожимного комплекса // Газотурбинные технологии, 2015, № 5, с. 10–14.
7. Donald E. Beently, Paul Goldman Вибрационная диагностика срыва вращающегося потока газа в центробежных компрессорах.; Bently Nevada. Журнал «Orbit». V21. № 1. 2000. Перевод Кулинич С.И., главный специалист Центра технической диагностики ОАО «Концерн Стирол», г. Горловка, Украина.

KEYWORDS: gas compressor unit, the compressor, energy efficiency, loss of electricity, the system of training gas.

ПОДМОСКОВНАЯ АВСТРИЯ

ЗАБОТА О ЗДОРОВЬЕ ПОДРАЗУМЕВАЕТ НЕ ТОЛЬКО СВОЕВРЕМЕННОЕ ЛЕЧЕНИЕ, НО И ПРЕВЕНТИВНЫЕ МЕРЫ. ВСЕ БОЛЬШЕ ЛЮДЕЙ НАЧИНАЮТ ЗАДУМЫВАТЬСЯ О ТОМ, КАК ПОЛУЧАТЬ БОЛЬШЕ УДОВОЛЬСТВИЯ ОТ ЖИЗНИ, СТАТЬ АКТИВНЕЕ, ЭНЕРГИЧНЕЕ, ПРИВЛЕКАТЕЛЬНЕЕ, А ЗНАЧИТ – БЫТЬ БОЛЕЕ ЗДОРОВЫМ. ДЛЯ ТЕХ, КТО СЕРЬЕЗНО ЗАДУМАЛСЯ О СВОЕМ ЗДОРОВЬЕ, ЕСТЬ ПРОВЕРЕННЫЙ МЕТОД ДЛЯ СТАРТА ЗАБОТЫ О СЕБЕ. ЭТО ПРОЦЕДУРА ДЕТОКСА

CONCERN FOR THE HEALTH IMPLIES NOT ONLY TIMELY TREATMENT, BUT ALSO PREVENTIVE MEASURES. INCREASING NUMBER OF PEOPLE ARE STARTING TO THINK HOW TO GET MORE SATISFACTION FROM LIFE, TO BECOME MORE ACTIVE, MORE ENERGETIC, MORE ATTRACTIVE, WHICH MEANS BEING HEALTHIER. FOR THOSE, WHO BECAME THOUGHTFUL OF THEIR HEALTH, THERE IS A PROVEN TECHNIQUE FOR START OF CARE ABOUT YOURSELF. THIS IS A DETOX PROCEDURE

Ключевые слова: детоксикация, SPA-отель, майер-терапия, эстетическая медицина, антистресс-терапия.

Елена Алифирова

Вредные запасы: почему детокс – не мода, а необходимость

К сожалению, быстрый технический прогресс приносит нам не только благо, но и проблемы в виде загрязненной окружающей среды, переработанной пищи, модифицированных и «улучшенных» ради урожайности продуктов. Прибавьте к этому

замедление обмена веществ с возрастом, а также высокую стрессовую нагрузку, вызванную быстрыми изменениями, и наши не всегда здоровые методы борьбы с перенапряжением. Мы слишком много и неправильно едим, слишком мало спим, недостаточно гуляем и нагружаем свои мышцы, и как результат – мы становимся рыхлыми, неспособными радоваться простым удовольствиям, выгораем эмоционально. Внешние последствия этого – избыточный вес, плохая кожа, проблемы с кишечником, нарушения сна, аллергия.

РЕКЛАМА

Европейская медицина уже более 100 лет рекомендует программу детоксикации в качестве первой ступени восстановления и омоложения организма. Некоторые симптомы детоксикации позволяют снять полностью, а для решения других проблем является необходимым дополнением. Обновленный, очищенный организм с хорошим обменом веществ гораздо лучше откликается на традиционную терапию.

Детокс: на стыке медицины и wellness

Одной из ведущих методик в области детоксикации специалисты считают майер-терапию. Это австрийская система оздоровления, которую основал врач-гастроэнтеролог Ф.К. Майер, работавший на европейских курортах в конце XIX в. Сегодня майер-терапия развилась в стройную систему целостного оздоровления организма, построенную на самых современных методах диагностики и лечения. Международное сообщество врачей майер-терапевтов со штаб-квартирой в Австрии курирует оздоровительные методики в известнейших европейских центрах в Германии, Австрии, Испании, Италии и пр.

Первым и единственным в России центром майер-терапии является Verba Mayr – австрийская клиника и первоклассный SPA-отель под одной крышей. Центр удачно расположен среди хвойного леса в ближайшем Подмоскowie.

Врачи клиники – опытные специалисты, прошедшие необходимую подготовку у австрийских коллег и получившие в дополнение к российским дипломам сертификаты майер-терапевтов. Пять основных направлений деятельности центра это:

- 1) майер-терапия и специальные лечебные программы;
- 2) детокс и очищение организма;
- 3) антистресс-терапия;
- 4) диагностика организма (check up);
- 5) эстетическая медицина.

В основе подхода Verba Mayr к оздоровлению – индивидуальный подход и точная диагностика. Всестороннее обследование необходимо для установления точной картины происходящего со здоровьем. Например, причиной лишнего веса далеко не всегда является избыточное питание и низкая физическая активность. Проблема может лежать в сфере гормонов и не решаться без соответствующей терапии.

Детокс в Verba Mayr – это приятный процесс. Очищение организма происходит за счет приема английской горькой соли – полезного минерала, способствующего выводу остатков продуктов пищеварения из кишечника. Врачи майер-терапевты выполняют особый вид терапии – мануальный массаж живота, задача которого – восстановить нормальную работу органов пищеварения, устранить застойные явления и снять спазмы.

Программа детокса насыщена медицинскими и SPA-процедурами и включает мануальные и аппаратные процедуры. Массаж, пилинг, лимфодренажная терапия, сеансы гипо- и гиперокситерапии, нормобарическая оксигенация, обертывания – все, что

стимулирует обмен веществ и помогает избавляться от излишних жировых запасов, в которых накапливаются токсины и соли тяжелых металлов. В арсенале центра есть и новейшие аппаратные методики, а также полный спектр «процедур красоты», которые помогут восстановить заторможенные процессы в соединительной и мышечной ткани.

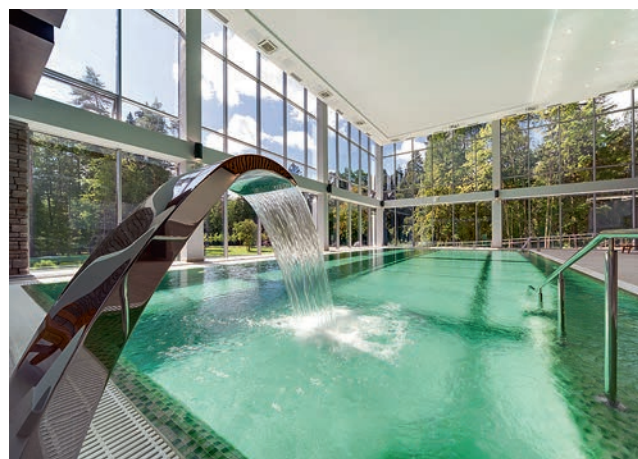


Очищение невозможно без нормализации работы почек и печени. Помочь этим жизненно-важным органам можно поддерживая водно-солевой баланс организма. Привычка пить чистую и минеральную воду помогает эффективнее выводить все то лишнее, что накапливается в организме горожанина. В центре в свободном доступе травяные чаи, овощной бульон и чистая, мягкая питьевая вода. Когда почки и печень начинают работать эффективнее, значительно улучшается внешний вид кожи, уходит лишний вес.



Правильное питание – важная составляющая майер-терапии. Все блюда в Verba Mayr разработаны в строгом соответствии с принципами здорового питания по Майеру. Многие продукты уникальны и не имеют аналогов в мире – например, удивительный хлеб, не содержащий глютена, без рафинированных сахара и масел и вкусовых добавок. Замечательные молочные продукты (йогурты, сыры, масло) без лактозы и консервантов.

Вкусные, легкие блюда из здоровых и полезных продуктов гарантируют, что очищение организма и коррекция веса будут сопровождаться удовольствием от правильного питания.



Питание в ходе детокса подбирается терапевтом индивидуально, с учетом индивидуального пищевого поведения гостя. Богатые диагностические возможности центра позволяют провести необходимые анализы на выявление пищевой непереносимости. Часто человек может и не догадываться, что какие-либо продукты ему прямо противопоказаны и вызывают аллергическую реакцию организма. Работа с диетологом также помогает исправить нездоровые пищевые привычки.

Говорить о том, что через неделю правильного питания все проблемы уйдут – неверно. Для сохранения эффекта детокса важно унести с собой полезные привычки домой, поэтому часть работы центра заключается в обучении принципам поддержания здоровой формы. Врач-терапевт контактирует с гостем и после выезда из центра, помогая ему придерживаться правильного образа жизни.

Verba Mayr предлагает несколько программ продолжительностью от 8 до 21 дня с фокусом на очищение и детокс, на омоложение организма, на восстановление здорового веса или улучшение функции внутренних органов.

Для детокса тела – здоровый дух

Детоксикация включает в себя не только медицинские процедуры и диету, но и серьезную работу над поиском душевного равновесия. Чтобы организм работал исправно, необходимо снизить влияние стресса. Только в тишине и спокойствии,

дистанцировавшись от привычного контекста, человек может прислушаться к себе и вырваться из круговорота нездоровых привычек. Verba Mayr спроектирован как уединенное, укрытое от городской суеты место. Кроме того, гостям доступны консультации врача-психотерапевта и обучение методам управления стрессом.



Эффективность методики уже опробовали на себе и оценили многие звезды. Ирина Безрукова, Валерий Меладзе, Рената Литвинова, Анна Семенович – вот далеко неполный список звезд, которые оставили свои отзывы на сайте клиники. «Надеюсь, еще не раз встретимся», – пишет певица Земфира. ●

RU-CAT

ДОСТИЖЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОГО УСПЕХА С ПОМОЩЬЮ ИННОВАЦИОННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ

Ключевые темы конференции:

- Катализаторы для каталитического риформинга (с НРК и со стационарным слоем катализатора) и изомеризации
- Катализаторы гидропроцессов (гидроочистка, гидрокрекинг ВГО)
- Катализаторы ФКК для максимального получения нефти и олефинов
- Катализаторы селективной гидрогенизации
- Гидрокрекинг остатков (в кипящем слое и суспензионные процессы)

- Каталитическая депарафинизация
- Катализаторы твердокислотного алкилирования
- Катализаторы для производства ароматических углеводородов, олефинов и ПАВ
- Управление катализаторами - защитные слои, регенерация, отработанные катализаторы, извлечение металлов, предсульфидирование, инструменты мониторинга и КИП
- Испытания современных катализаторов, методы и процедуры оценки

www.europetro.com

moscow@europetro.ru

+7 495 517 77 09

РЕКЛАМА

Russia & CIS BBTC 2018

ЕДИНСТВЕННОЕ МЕРОПРИЯТИЕ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ НЕФТЯНЫХ ОСТАТКОВ В РОССИИ И СТРАНАХ СНГ

Ключевые темы конференции:

- Катализаторы для каталитического риформинга (с НРК и со стационарным слоем катализатора) и изомеризации
- Катализаторы гидропроцессов (гидроочистка, гидрокрекинг ВГО)
- Катализаторы ФКК для максимального получения нефти и олефинов
- Катализаторы селективной гидрогенизации
- Гидрокрекинг остатков (в кипящем слое и суспензионные процессы)

- Каталитическая депарафинизация
- Катализаторы твердокислотного алкилирования
- Катализаторы для производства ароматических углеводородов, олефинов и ПАВ
- Управление катализаторами - защитные слои, регенерация, отработанные катализаторы, извлечение металлов, предсульфидирование, инструменты мониторинга и КИП
- Испытания современных катализаторов, методы и процедуры оценки

www.europetro.com

moscow@europetro.ru

+7 495 517 77 09

ТИКСОТРОПИЯ

Изучение явления на примере нефти Восточно-Бирлинского месторождения



А.К. Николаев,
д.т.н.,
профессор кафедры
транспорта и хранения
нефти и газа,
Санкт-Петербургский
горный университет



Н.А. Зарипова,
аспирант кафедры
транспорта и хранения
нефти и газа,
Санкт-Петербургский
горный университет



Е.С. Деменин,
магистрант кафедры
транспорта и хранения
нефти и газа,
Санкт-Петербургский
горный университет

В ДАННОЙ СТАТЬЕ ПРИВЕДЕН АНАЛИЗ ТИКСОТРОПНЫХ СИСТЕМ, ИХ КЛАССИФИКАЦИИ. ПРЕДСТАВЛЕНЫ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕННЫХ АВТОРАМИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТИКСОТРОПНЫХ СВОЙСТВ НЕФТИ ВОСТОЧНО-БИРЛИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ. НА ОСНОВЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОВЕДЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПОЛУЧЕНЫ ЗАВИСИМОСТИ ВЯЗКОСТИ ОТ СКОРОСТИ И НАПРЯЖЕНИЯ СДВИГА И СКОРОСТИ СДВИГА ОТ НАПРЯЖЕНИЯ СДВИГА, А ТАКЖЕ КРИВЫЕ ТЕЧЕНИЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ. С УЧЕТОМ ПОЛУЧЕННЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ БЫЛИ СДЕЛАНЫ ВЫВОДЫ О НАЛИЧИИ ТИКСОТРОПНЫХ СВОЙСТВ У НЕФТИ ВОСТОЧНО-БИРЛИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

THIS ARTICLE ANALYZES THIXOTROPIC SYSTEMS AND THEIR CLASSIFICATION. THE RESULTS OF EXPERIMENTS CARRIED OUT BY THE AUTHORS ON THE STUDY OF THE THIXOTROPIC PROPERTIES OF THE VOSTOCHNO-BIRLINSKOYE OIL ARE PRESENTED. BASED ON THE RESULTS OF THE EXPERIMENTS, THE DEPENDENCES OF VISCOSITY ON SHEAR RATE AND SHEAR STRESS AND SHEAR RATE ON SHEAR STRESS WERE OBTAINED, AS WELL AS FLOW CURVES AT DIFFERENT TEMPERATURES. TAKING INTO ACCOUNT THE DEPENDENCIES OBTAINED, CONCLUSIONS WERE DRAWN ABOUT THE PRESENCE OF THIXOTROPIC PROPERTIES IN THE OIL OF THE VOSTOCHNO-BIRLINSKOYE FIELD

Ключевые слова: тиксотропия, реологические свойства, высоковязкая нефть, битуминозная нефть.

Для правильного выбора технологических режимов различных процессов добычи, транспорта и переработки нефти необходимо знание реологических свойств самой нефти, а также нефтепродуктов и рабочих жидкостей, участвующих в этих процессах [1].

Несомненно, одним из важнейших этапов при реализации того или иного технологического процесса является проведение специальных реологических испытаний этих жидкостей. По полученным данным можно будет не только прогнозировать реологические свойства нефтяных систем, но и подобрать самые эффективные методы регулирования этих свойств.

Тиксотропные свойства, как правило, проявляются в высоковязких и битуминозных нефтях. Это обусловлено тем, что такие нефти имеют сложные высокомолекулярные соединения, склонные к структурообразованию.

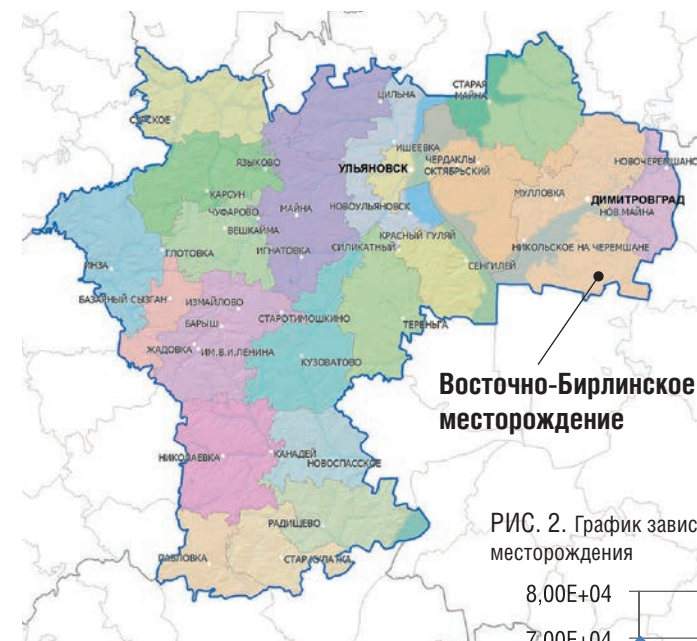
Таковыми соединениями в нефти являются парафины, смолы и асфальтены [2].

Термин тиксотропия был впервые введен Фрейндлихом с сотрудниками для определения изотермического обратимого перехода геля в золь при механическом воздействии. Позднее он получил более широкое толкование как «свойство тела, при котором отношение касательного напряжения к скорости сдвига временно понижается в результате предшествующей деформации» [3].

Помимо высоковязких и битуминозных нефтей тиксотропными свойствами обладают и многие другие дисперсионные системы, которые отличаются между собой широким спектром характеристик (природа, характер строения, дисперсность, вид дисперсной среды...). Исходя из этого, выделяют ряд классов тиксотропных систем. Широкое распространение получила

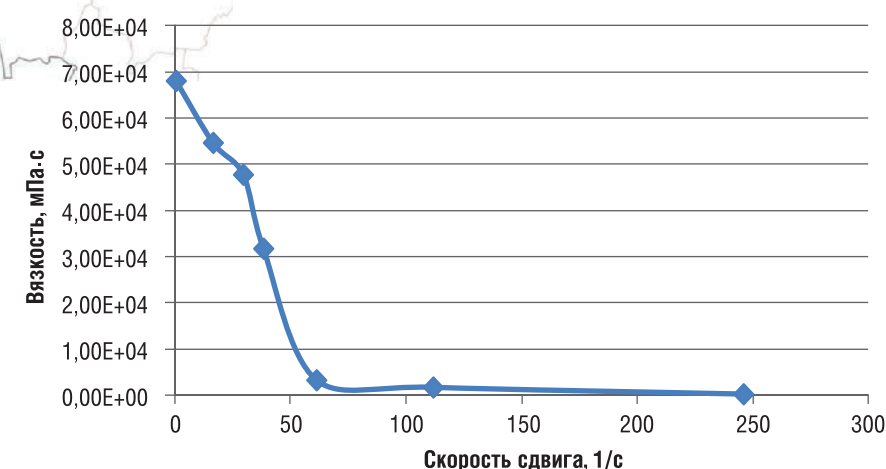
УДК 622.692.4.053

РИС. 1. Схема расположения Восточно-Бирлинского месторождения в Ульяновской области



Восточно-Бирлинское месторождение

РИС. 2. График зависимости вязкости от скорости сдвига при $t = 30^\circ\text{C}$ Восточно-Бирлинского месторождения

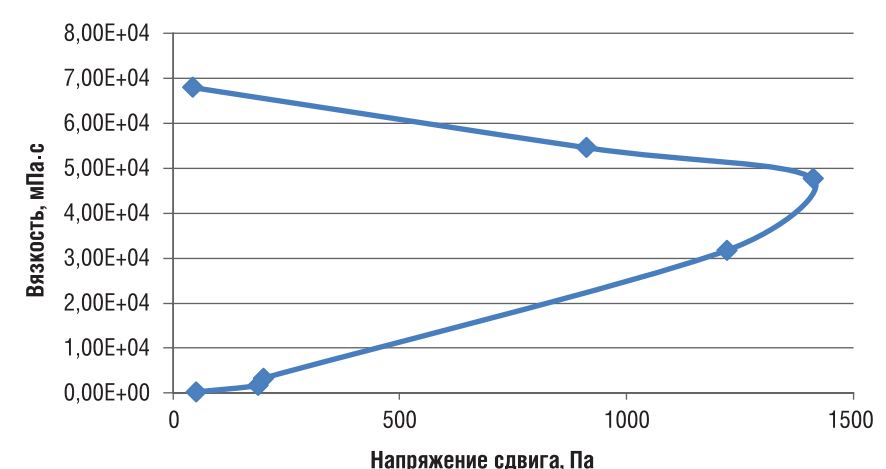


классификация Н.В Михайлова и П.А. Ребиндера [4]. В основе этой классификации заложена зависимость периода релаксации системы в зависимости от действующего напряжения сдвига. Системы по такой классификации делятся на жидкообразные и твердообразные. Однако, для некоторых тиксотропных систем, соответствующих твердообразным по классификации Н.В Михайлова и П.А. Ребиндера, наблюдается более сложная зависимость вязкости от напряжения сдвига [5]. В результате этого было введено понятие о двух типах кривых течения тиксотропных систем: первый тип – кривые с однозначной зависимостью вязкости и скорости сдвига от напряжения сдвига, второй тип – кривые с неоднозначной зависимостью вязкости и скорости сдвига от напряжения сдвига.

Восточно-Бирлинское нефтяное месторождение расположено в Ульяновской области Российской Федерации. В геологическом отношении месторождение приурочено к Волго-Уральской НГП.

Экспериментальные исследования по изучению тиксотропных свойств нефти Восточно-Бирлинского месторождения проводились в лаборатории «Повышения нефтеотдачи пластов» Санкт-Петербургского горного университета с помощью ротационного вискозиметра Rheotest RN 4.1.

РИС. 3. График зависимости вязкости от напряжения сдвига при $t = 30^\circ\text{C}$ Восточно-Бирлинского месторождения



Нефть Восточно-Бирлинского месторождения обладает физико-химическими свойствами, представленными в таблице 1.

В результате экспериментальных исследований были построены и проанализированы графики

зависимостей вязкости от скорости и напряжения сдвига и скорости сдвига от напряжения сдвига при различных температурах.

Анализируя данные графики, можно сделать вывод, что нефть Восточно-Бирлинского

ТАБЛИЦА 1. Физико-химические свойства нефти Восточно-Бирлинского месторождения

Плотность при 20°C, кг/м³	989,8–1008
Смолы, %	10,35
Асфальтены, %	14,45
Вязкость при 20°C, мПа·с	68135
Сера, %	3,32
Обводненность, %	32,66
Парафин, %	3,85
Температура застывания, °C	12

РИС. 4. Кривая течения нефти Восточно-Бирлинского месторождения при $t = 30^\circ\text{C}$

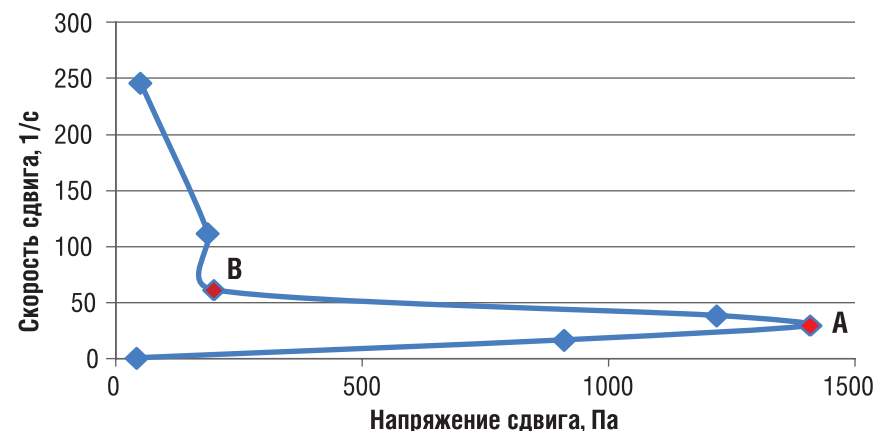


РИС. 5. Кривая течения нефти Восточно-Бирлинского месторождения при $t = 70^\circ\text{C}$

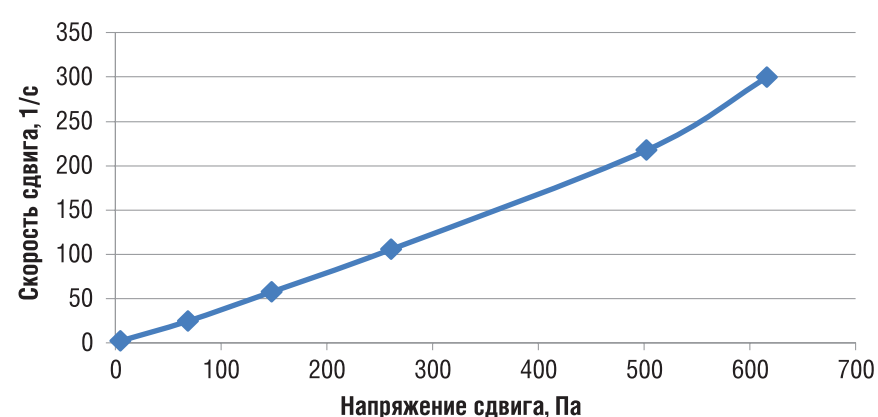


РИС. 6. Кривая течения нефти Восточно-Бирлинского месторождения при $t = 60^\circ\text{C}$

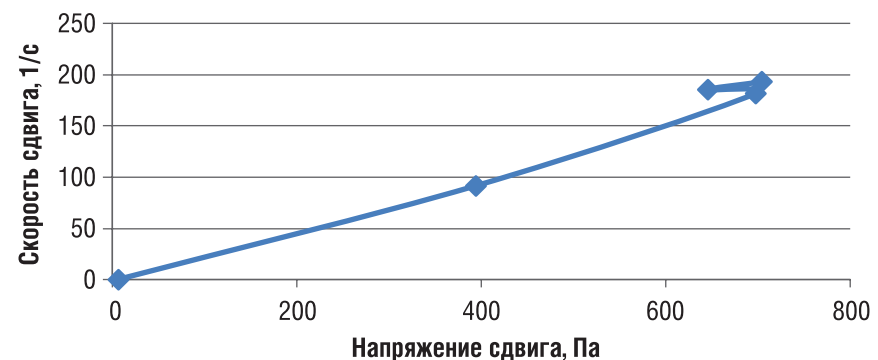
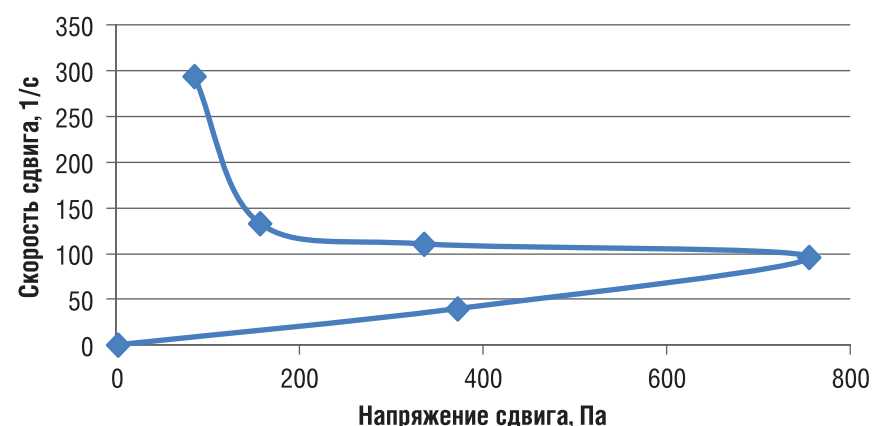


РИС. 7. Кривая течения нефти Восточно-Бирлинского месторождения при $t = 50^\circ\text{C}$



месторождения обладает тиксотропными свойствами. Согласно классификации, ее можно отнести к II типу, который характеризуется кривыми с неоднородными зависимостями. В свою очередь, по классификации Н.В Михайлова и П.А. Ребиндера, нефть относится к твердообразной системе. Кривые на рисунках 2 и 3 показывают, что при увеличении скорости сдвига для нефти характерны области падения напряжения сдвига. Подобный характер течения можно увидеть также и у водных суспензий бентонита [5]. Проводя анализ кривой течения нефти, можно сказать, что главной особенностью систем данного типа является нелинейность зависимости скорости сдвига от напряжения сдвига. Точка А отвечает пределу текучести, поэтому аномалия вязкости может проявляться при напряжении сдвига меньшем, чем напряжение сдвига в точке А. На ветви АВ наблюдается явление сверханомалии, при котором напряжение сдвига значительно снижается при возрастании скорости сдвига.

Далее будут представлены кривые течения при температурах: $t = 70^\circ\text{C}$, $t = 60^\circ\text{C}$, $t = 50^\circ\text{C}$, $t = 20^\circ\text{C}$.

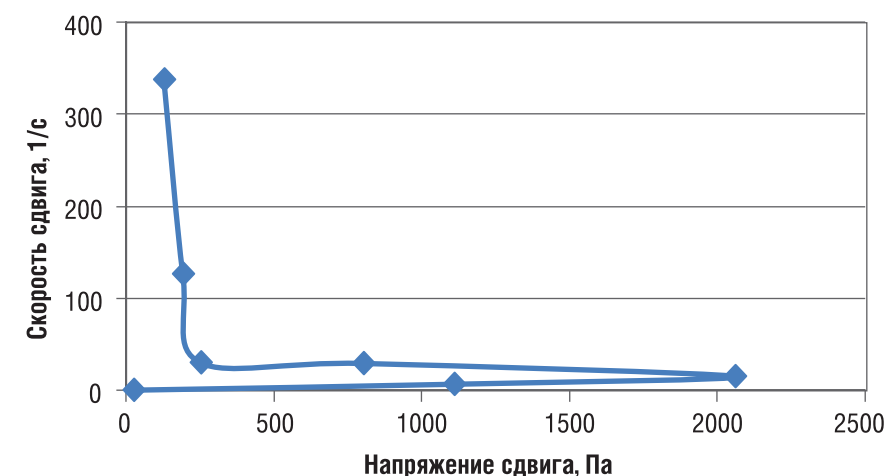
Из рисунков 5–7 видно, что при температуре $t = 70^\circ\text{C}$ нефть не обладает тиксотропными свойствами, однако при снижении температуры нефти тиксотропные свойства проявляются сильнее, образуются жесткие пространственные структуры из-за большого наличия в пробе воды, парафина и смол.

Тиксотропные нефти обычно описывают уравнением Гершеля-Балкли, а при высоких скоростях сдвига – уравнением Бингама, которое остается основным уравнением, используемым для описания аномальных нефтей [6].

На основании экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

Во-первых, исходя из измеренной динамической вязкости при $t = 20^\circ\text{C}$ равной 68135 мПа·с и полученных

РИС. 8. Кривая течения нефти Восточно-Бирлинского месторождения при $t = 20^\circ\text{C}$



кривых течения, нефть Восточно-Бирлинского месторождения можно отнести к разряду битуминозных, обладающих тиксотропными свойствами.

Во-вторых, при $t = 70^\circ\text{C}$ нефть Восточно-Бирлинского месторождения не обладает тиксотропными свойствами, являясь типичной ньютоновской жидкостью, однако при

уменьшении температуры начинают проявляться тиксотропные свойства, обусловленные постепенным затвердеванием парафина и смол в нефти.

В дальнейших исследованиях планируется изучить свойства данной нефти в обезвоженном состоянии, подобрать оптимальные модели течения,

а также изучить влияние маловязкого разбавителя на реологические свойства уже обезвоженной нефти.

Литература

1. Рогачев М.К., Кондрашева Н.К. Реология нефти и нефтепродуктов: Учебное пособие. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2000. – 89 с.
2. Рошин П.В., Петухов А.В., Васкес Карденас Л.К. Исследование реологических свойств высоковязких и высокопарафинистых нефтей месторождений Самарской области. – Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2013. – Т. 8. – № 1.
3. Рейнер М. Реология. – Издательство «Наука». – 1965. – 197 с.
4. Михайлов Н.В., Ребиндер П.А. О структурно-механических свойствах дисперсных и высокомолекулярных систем. – Коллоидный журнал. – 1955 – т. 17. – № 2. – 107–119 с.
5. Пивинский Ю.Е. Реология дилатантных и тиксотропных дисперсных систем. – РИО СПбГИ (ТУ). – 2001. – 174 с.
6. Матвеев В.Н., Кирсанов Е.А. Вязкость и структура дисперсных систем. – УДК 541.182. – Вест. Моск. Ун-та. – Сер. 2 Химия. – 2011. – Т. 52. № 4. – 254 с.

KEYWORDS: *thixotropy, rheological properties, high viscosity oil, bituminous oil.*

ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ВИНТОВКИ
АКСЕССУАРЫ

НОВИНКИ

ООО «МЗВО»
+7 (495) 9847629



Участники РЭН-2017



С. Бондарева,
Н. Овчинникова



Участники выставки
Химия-2017



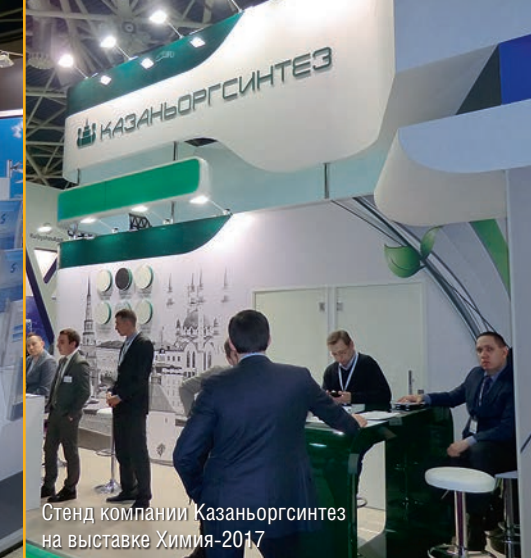
Р. Салдеев



Стенд компании SBK
на выставке Химия-2017



Стенд
компании
SOLVAY на
выставке
Химия-2017



Стенд компании Казаньоргсинтез
на выставке Химия-2017



Стенд компании SHIMADZU
на выставке Химия-2017



A. Maisels



Р. Салдеев



Стенд компании
Неохим на выставке
Химия-2017



Р. Еникеев



Стенд компании
AkzoNobel на выставке
Химия-2017



В. Ярославцев



Стенд ГК Норкем на
выставке Химия-2017



Стенд компании
DOW на
выставке
Химия-2017



Стенд ОМК, Благовещенский
арматурный завод на выставке
Химия-2017



Стенд группы
компаний ETC
на выставке
Химия-2017



Стенд компании
КуйбышевАзот
на выставке
Химия-2017



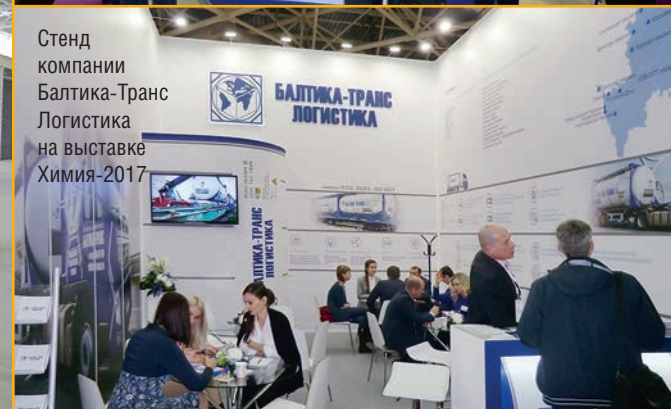
Я. Никулина



Стенд компании
TOTAL на выставке
Химия-2017



Открытие производства гибких
насосных компрессорных труб
«Энгельсспецтрубмаш»



Стенд
компании
Балтика-Транс
Логистика
на выставке
Химия-2017

БЛОК-КОНТЕЙНЕР КОМПРЕССОРНЫЙ (БКК, МКС)

1. Оборудование и инструмент в НГК

1.6. Общее и сопутствующее оборудование для нефтегазового комплекса

1.6.11. Прочее



Установки представляют собой компрессорные станции, рассчитанные на обеспечение сжатым воздухом или азотом технологических процессов с расходом сжатого воздуха до 400 м³/мин., при рабочем давлении 15–55,0 МПа.

Блок-контейнер компрессорный выполнен из бескаркасных трехслойных панелей с арочной кровлей и в базовой комплектации оснащен:

- передвижной (на монорельсе) ручной талью грузоподъемностью до 2 т;
- системой автоматического пожаротушения;
- внутренней и наружной системами освещения;
- приточно-вытяжной вентиляцией и системой отопления.

Для организации эксплуатации БКК необходима ровная площадка и подключение к электросети. Встроенная система автоматики позволяет исключить нахождение обслуживающего персонала в непосредственном месте эксплуатации оборудования.

Контейнерные модули БКК (МКС) рассчитаны на температуры от -60 до +50°C. ●

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ БКК (МКС)	
Всесезонность	Электродогрев и система вентиляции позволяет работать в широком диапазоне температур: от -40 °С до +40 °С – стандартное исполнение от -60 °С до +40 °С – исполнение «Север» от -40 °С до +50 °С – исполнение «Тропик»
Автономность	Всё, что необходимо для организации работы БКК это горизонтальная площадка и подключение к сети на 380 В. Каждая компрессорная станция оборудована автоматической системой отопления и пожаротушения.
Мобильность	БКК не требует специального фундамента, поэтому может перемещаться в любое максимально приближенное к потребителю место, помимо этого БКК может быть установлен на шасси или сани.
Значительное снижение стоимости сооружения	Не требуется проектирование здания, капитальное строительство, землеотвод.
Несравнимо меньшие сроки возведения	Стандартная компрессорная станция проектируется и строится минимум год, БКК поставляется в полной заводской готовности и вводится в эксплуатацию за несколько дней.
Стабильное давление и низкие потери сжатого воздуха	Отсутствуют протяженные трубопроводы, тем самым исключаются утечки и отсутствует перепад давления.
Энергосбережение	Отсутствуют потери в трубопроводах, вследствие их незначительной длины, система отопления станции позволяет экономить энергоресурсы, т.к. электрические обогреватели используются только при запуске станции, а при дальнейшей работе обогрев станции производится за счёт горячего воздуха выходящего из компрессорных установок.
Простота управления и контроля состояния оборудования	Управление группой компрессоров осуществляется дистанционно с одного операторского места - с диспетчерского пункта управления.
Высокое качество сжатого воздуха	Система очистки и осушки, установленная в блок-контейнере, обеспечивает высокое качество сжатого воздуха, что снижает износ оборудования, исключает замерзание влаги в пневмопроводах, пневмоклапанах и значительно уменьшает их коррозию.

УСТАНОВКА ПО СЖИЖЕНИЮ ПРИРОДНОГО ГАЗА

4. Нефтепродукты, нефть и газ

4.2. Газ

4.2.2. Сжиженный газ

Модульные установки сжижения природного газа базовой производительностью 500, 1000, 2000 и 4000 кг/час позволяют осуществить производство СПГ как в местах разработки месторождений, так и с использованием трубопроводного газа.

Принцип работы

Природный газ после очистки от кислых компонентов, осушки и отделения тяжелых фракций (на схеме ниже данные технологические ступени не показаны) поступает под минимальным давлением 3–5 бар в низкотемпературный теплообменник-конденсатор (НТ), где он последовательно охлаждается до температуры -160°C и ожижается с минимальными потерями давления. Далее СПГ под собственным давлением направляется в емкость для хранения. Для обеспечения охлаждения и ожижения метана используется азотный детандерно-компрессорный агрегат.

Комплектация установки

Основной компрессор

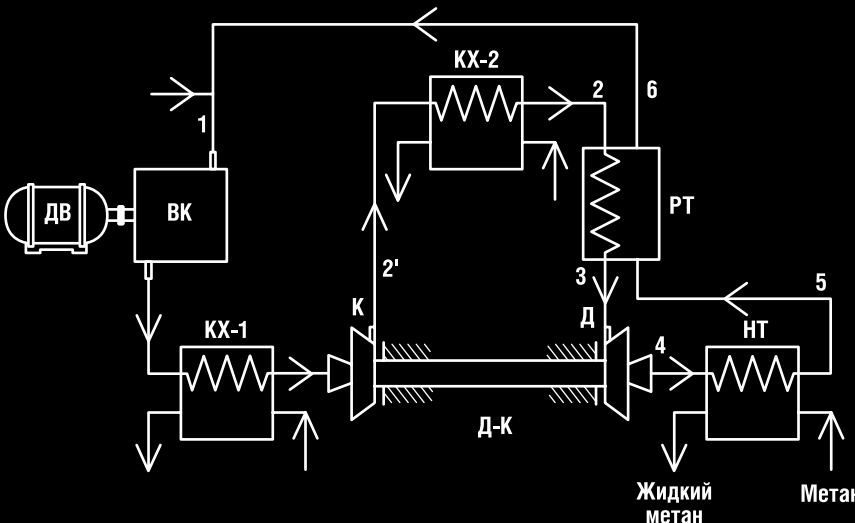
- мощность компрессора 400 до 2500 кВт,
- центробежный,
- безмасляный,
- частотное регулирование.

Детандер

- турбодетандер-компрессорный агрегат в сборе с электромагнитными или газодинамическими подшипниками;

Схема процесса ожижения метана

Д – детандерная ступень детандер-компрессора, К – компрессорная ступень детандер-компрессора, ВК – основной компрессор, ДВ – двигатель основного компрессора, КХ-1 – концевой холодильник основного компрессора, КХ-2 – концевой холодильник компрессора детандер-компрессора, РТ – рекуперативный (детандерный) теплообменник, НТ – низкотемпературный теплообменник



- система контроля вибрации и частоты вращения

Блок ожижения

- теплообменник основной;
- комплект арматуры с ручным и пневмо-приводом;
- комплект обратных и предохранительных клапанов;
- трубопроводы;
- металлоконструкции;
- тепловая изоляция.

Область применения

Установка может применяться как на месте добычи природного газа (малодебитные газовые скважины),

так и на нефтепромыслах, где есть выход попутного газа с небольшим содержанием тяжелых фракций. Установка может работать в непосредственной близости от газопровода высокого и среднего давления, вырабатывая СПГ, который может быть доставлен транспортными средствами (автомобильными или железнодорожными цистернами) к месту его потребления. Возможна работа данной установки на свалочном газе и шахтном метане, а также и для ожижения природного газа среднего давления в условиях городов и поселков с целью его доставки на автозаправочные станции. ●

«Настроение должно быть хорошее, но оно не должно нас расслаблять» (о российской экономике)
В. Путин



«Конечно, я буду говорить о «Северном потоке-2»... Это приведет к тому, что транзит газа через Украину будет не нужен. Важно, чтобы Тиллерсон был полностью осведомлен о связанных с этим рисках»
М. Моравецкий



«Если мы (Новатэк) найдем в мире еще проекты, где нас возьмут, с такой же себестоимостью как на Ямале и на Гыдане, мы рассмотрим. Но я сомневаюсь, что такие проекты появятся»
М. Джетвей



«Честной конкуренции пока они (США) не потянут, они переходят к тому, чтобы заставить европейские страны получать более дорогой газ»
С. Лавров



«Истинная стоимость «Роснефти» гораздо выше. Мы исходим из того, что объективно она составляет 130 млрд долл»
И. Сечин



«Мы видим позитивный тренд в прямых иностранных инвестициях»
М. Орешкин



«Зависимость российской экономики от нефти сохраняется, но наша экономика стала менее уязвимой к колебаниям цен на нефть»
Э. Набиуллина

«Эйфории, от того что российский газ сегодня должен быть поставлен в Бостон, нет... Это же не российский газ, российский газ был продан»
А. Новак



«Я обсуждал, будет ли возможность восстановить дискуссии о будущем украинского транзита газа после решения суда в Стокгольме. Мы, как Евросоюз и Еврокомиссия, были бы очень довольны»
М. Шефчович



Тендерный КОНСАЛТИНГ

ПОДДЕРЖКА УЧАСТНИКОВ ЗАКУПОК НА ВСЕХ ЭТАПАХ (ПО ФЗ №44 И ПО ФЗ №223)



Действуя строго в рамках законодательства,
мы обеспечиваем вам честную победу в нужном тендере

+7 495 987 18 50 (многоканальный)

Москва, ул. Крымский вал,
д.3, стр.2, офис №7 (м. Октябрьская)

ПРОЕКТЫ ГРУППЫ ПСН

В СЕГМЕНТЕ ЭЛИТ-КЛАССА

И'М КВАРТАЛ НА САДОВОМ



И'М элитный квартал
на Садовом

Выдаются ключи
+7 (495) 825 5858
im-moscow.ru

«ПОЛЯНКА/44» КОМПЛЕКС ЭЛИТНЫХ ОСОБНЯКОВ



ПОЛЯНКА/44
Комплекс элитных
особняков

Реализация: 2014–2018
+7 (495) 644 4344
polyanka44.com



Группа ПСН более 17 лет работает на рынке недвижимости и является одной из самых крупных частных компаний в России. В 2016 году компания вошла в ТОП-5 девелоперов Москвы по объемам строительства. В 2017 году Группа ПСН стала девелопером года по версии Urban Awards, а также вошла в тройку лидеров по количеству проданных квартир в комфорт-классе.

В портфеле девелоперских проектов компании — 7 проектов общей площадью более 3 млн кв. м жилой и коммерческой недвижимости. В каждом из объектов мы создаем качественное, комфортное и красивое пространство для жизни, отдыха и работы. Проекты компании высоко оцениваются как клиентами, так и профессиональными игроками рынка и удостоиваются наград ведущих российских премий рынка недвижимости. Нашими партнерами являются такие крупные российские банки, как Сбербанк, ВТБ, Московский кредитный банк, и другие.