

Технология паровой конверсии

Модульная энергоэффективная технология
для экологизации сжигания топлива в действующих угольных
котельных



уголь



дизель



мазут



газ



без перестройки
инфраструктуры

промышленная инженерная
школа КАВИТЕК



kavitek.ru



info@kavitek.ru

Глобальная проблема угля

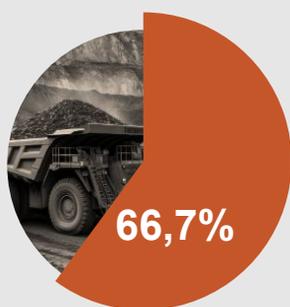
Рынок угля ограничивает экология сжигания и нормативы по выбросам. Во многих странах уголь остаётся базовым энергоносителем, но именно экологические требования к выбросам и качеству воздуха становятся главным фактором давления на отрасль.

Наиболее чувствительная зона — **бурый уголь**: выше риск **физического недожога**, дымности и смога, а значит — выше регуляторные и социальные издержки.

Сигнал рынка: угольная отрасль испытывает финансовое давление и ищет технологии, которые снимают экологические барьеры спроса.



Факты (РФ):



Доля убыточных организаций в январе-ноябре 2025, отраслевой разрез, отрасли с максимальными и минимальными значениями показателя

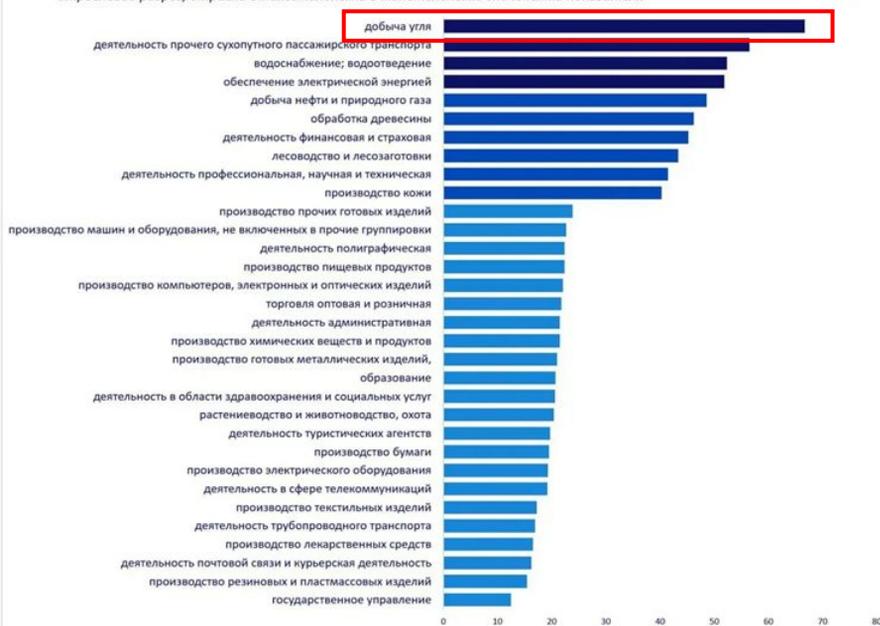


График по доле убыточных компаний (уголь на 1 месте). источник: StatSpace /www.statspace.io/

Почему растут ограничения на использование угля

Ограничения касаются не угля как сырья, а технологий его использования.

Там, где существующие схемы сжигания не обеспечивают требуемые показатели по выбросам или требуют дорогой модернизации, рынок и регулятор стимулируют замену решений.

Ключевые причины:

2

Технологические:
физический недожог, дымность/смог, высокая нагрузка на системы очистки.

1

Регуляторные:
переход к нормированию по НДТ и технологическим показателям выбросов.

3

Экономические:
рост стоимости владения угольной схемой (очистка, обслуживание, согласования, модернизация).



Экология — это фактор допуска технологии к рынку.

Экономический риск и нормативная база: НДТ

Экологические требования превращаются в экономический риск для генерации и угольных активов.

Решения, снижающие выбросы **внутри процесса горения**, — это инструмент защиты спроса и капитализации.

НДТ (наилучшие доступные технологии) — это подход, при котором для объектов с существенным воздействием на окружающую среду нормирование строится на:



достижимых
технологических
показателях выбросов



доказанной
применимости
технологий



балансе экологии и
экономической
целесообразности

Нормативное
требование



Риск



Технологический
ответ

Регуляторная рамка РФ:



- ✓ **ФЗ №7-ФЗ** «Об охране окружающей среды» (в т.ч. НДТ, ст. 28.1)



- ✓ **ФЗ №219-ФЗ** от 21.07.2014 (внедрение механизма НДТ и модели нормирования)



- ✓ **ПП РФ №1458** от 23.12.2014 (критерии отнесения технологий к НДТ)



- ✓ **Приказ Минприроды №248** от 25.04.2023 (технологические показатели НДТ для крупных установок сжигания топлива)

Решение — ПКТ от команды с **20+** летним опытом

Паровая конверсия топлива (ПКТ) — часть инженерного портфеля КАВИТЕК.

Команда работает с процессами горения, подготовкой среды и водопаровыми контурами — от практики до промышленного внедрения.

20+ лет

эксплуатации



отсутствие
расслоения ГСТ



Россия + зарубежные
объекты



стабильность
характеристик



Портфель направлений

ГСТ
(гидростабилизированное топливо):
практический опыт работы с водотопливными процессами и полнотой сгорания.

Доказано

КАВИТЕК-АКВА:
обеззараживание воды — текущий MVP и продуктовая линейка в развитии.

Внедряется

ПКТ
(паровая конверсия топлива):
экологизация сжигания угля и других углеводородов за счёт подготовленного водяного пара.

Масштабируется

Команда умеет превращать “физику процесса” в прикладной модуль, который можно ставить на объект.

Как работает технология ПКТ

ПКТ добавляет в топку управляемую паро-окислительную среду — для более полного дожига и снижения выбросов.

Базовая проблема угольного горения:

окислитель — воздух; в нём около **79% азота**, который ухудшает условия горения и при высоких температурах способствует образованию **NOx**.

Что делает ПКТ:



- отбор малой доли пара от котла (<1%)
- подготовка пара в модуле ПКТ (реактор/кавитационная обработка/каталитический контур)
- ввод подготовленного пара в зону горения и настройка режима по данным измерений



Модуль-надстройка, без перестройки котла

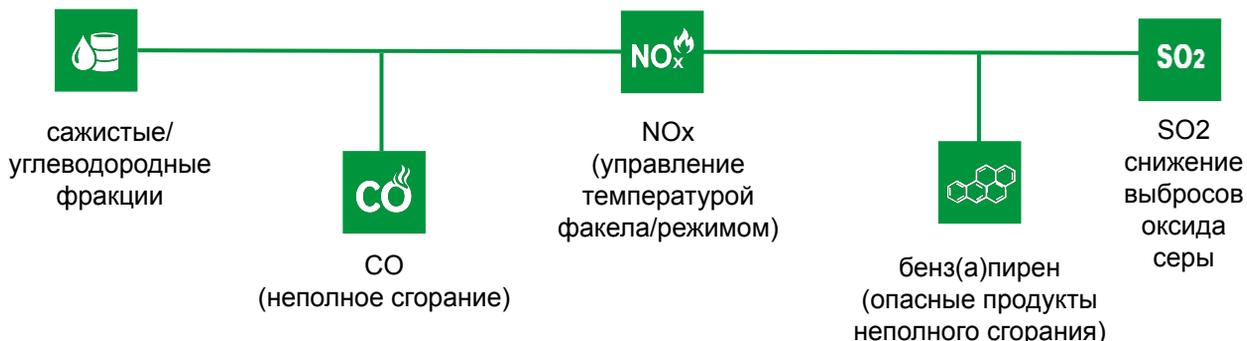


Безопасность: в контур подаётся **пар**, а не “гремучий газ”; при нештатных режимах пар работает как балластирующая среда.

Экологический эффект

Экологический эффект ПКТ достигается за счёт улучшения дожига и управления режимом горения.

Снижаются:



Дополнительно как направление развития:

Работа с сернистыми соединениями через отдельный контур/добавки

ТЕХНОЛОГИЯ ЗАПАТЕНТОВАНА:

- патент на изобретение № 2826488 от 14.07.2020г. «Гидростабилизированное топливо, способ его получения и теплоэнергообменный реактор»;
- патент на полезную модель № 206204 от 31.08.2021 г. «Устройство для получения гидростабилизированного топлива».

Имеется опыт создания гидростабилизированных топлив, прямо подтверждающий эффективность новой технологии.

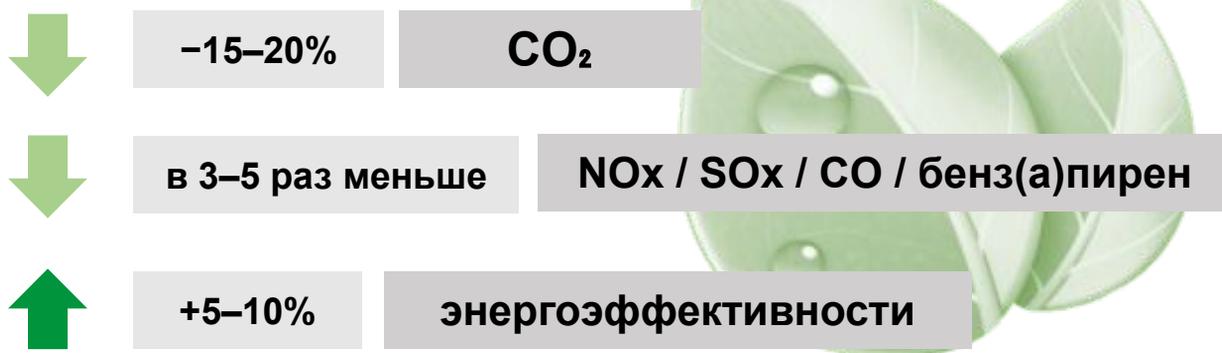


Эффект и экономика внедрения

Технология ПКТ — модульная надстройка к существующей котельной инфраструктуре.

Не требует капитальной перестройки котла и опирается на существующий паровой контур.

Ожидаемые эффекты



модульность



без реконструкции



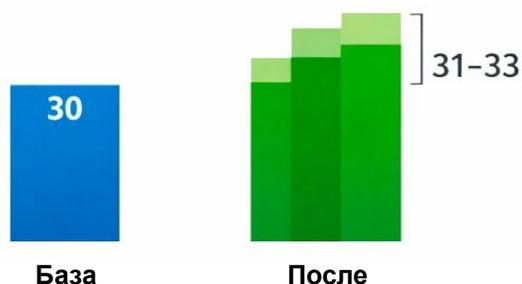
безопасно



Снижение выбросов достигается “внутри процесса горения”, а не только за счёт дорогих концевых систем очистки.

Энергетическая эффективность проекта: рост **EROI** при внедрении ПКТ

EROI (Energy Return on Energy Invested) — энергетическая рентабельность: сколько энергии система даёт на 1 единицу энергии, затраченной на добычу/подготовку топлива, генерацию и инфраструктуру. Чем выше EROI, тем устойчивее энергетика и тем ниже скрытая «энергоцен» каждого рубля CAPEX/OPEX.



Как ПКТ влияет на EROI



Упрощённая модель:
$$EROI_{new} = EROI_{base} \times \frac{1 + \eta}{1 + \Delta}$$

где:

EROI_{base} — базовый EROI угольной генерации (≈ 30)

η — прирост энергоэффективности котла от ПКТ (+5...10%)

Δ — добавочные «паразитные» затраты/потери на модуль (консервативно +0,5...2%)

Расчётный эффект:

при η = +5% и Δ = 0,5...2%: EROI ≈ 30,9–31,3

при η = +10% и Δ = 0,5...2%: EROI ≈ 32,35–32,84

Вывод: даже при консервативной оценке затрат модуля до 2% рост энергоэффективности 5–10% даёт повышение EROI угля примерно до ~31–33.

Технология ПКТ повышает EROI угольной генерации за счёт роста полезной отдачи при минимальном добавочном энергопотреблении модуля.

ПКТ — это не «зелёный» маркетинг, а инструмент удержания/роста энергетической рентабельности (EROI) традиционной генерации на горизонте времени.

Крупнейшие рынки: Китай / Индия / Россия

Рынок ПКТ — регионы с высокой долей угля и растущими экологическими требованиями. Технология паровой конверсии топлива одновременно:



закрывает
потребность
в энергоустойчивости



снижает
давление
по выбросам



обеспечивает
рост спроса
на уголь



Россия: угольные регионы (Сибирь, Дальний Восток), высокая чувствительность к экологии и экономике модернизации.



Китай: высокая доля угля + жёсткая экологическая политика и закрытие несоответствующих требованиям котельных.



Индия: рост энергопотребления и высокая роль угля → запрос на масштабируемые решения экологизации.

Пилотный проект — РФ

Следующий шаг — пилот на реальном угольном котле в РФ с инструментальным подтверждением эффекта.

Что фиксируем в пилоте:



режимы подачи
и настройки



протоколы измерений и
верификация показателей



регламент внедрения и
типовая конфигурация
модуля

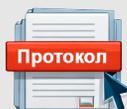
Срок (ориентир):



~ 3 месяца

после
развёртывания
полигона — на
отработку до
готовности
переноса на объект.

Результат:



пакет
протоколов



режимные
карты



ТЭО типовых
внедрений



данные для
дальнейшей
защиты IP

подготовка

монтаж

испытания

анализ

отчёт

тиражирование

Инвестиционная модель

Инвестиционный запрос:

пилот + подготовка к промышленному внедрению.

Партнёр / инвестор получает:



приоритетный доступ к технологии и пилотным результатам



модель масштабирования на типовые объекты



понятный пакет измерений и регламента внедрения



защищаемый контур IP и условия партнёрства

Формат партнёрства:



инвестиции



пилот в РФ



тиражирование



коммерциализация на рынках РФ/ дружественных стран

ГОТОВЫ ОБСУДИТЬ ПИЛОТНЫЙ ПРОЕКТ НА ПЛОЩАДКЕ В РФ?

- ✓ подбор объекта,
- ✓ программу испытаний,
- ✓ состав инвестиций,
- ✓ формат партнерства



kavitek.ru



info@kavitek.ru



Паровая конверсия ископаемых топлив

В мире, где энергетическая безопасность становится ключевым фактором развития государств, особое значение приобретает задача экологизации традиционных источников энергии.

Уголь остаётся одним из самых доступных и распространённых энергоресурсов на планете. Однако его использование сопровождается экологическими проблемами — образованием смога, токсичных выбросов и неполным сгоранием топлива.

Инженерная команда КАВИТЕК более двадцати лет занимается разработкой технологий, основанных на управлении физико-химическими процессами в углеводородных системах.

Результатом этих исследований стала технология **паровой конверсии топлива (ПКТ)**.

Технология использует контролируемое воздействие водяного пара на процесс горения, что позволяет:

- обеспечить более полное сгорание угля
- снизить образование токсичных выбросов
- повысить экологическую эффективность угольной генерации
- сохранить существующую инфраструктуру энергетических объектов.

В отличие от многих альтернативных решений, технология не требует радикальной модернизации котельного оборудования и не предполагает увеличения расхода топлива.

Особое значение технология имеет для бурых углей, где проблема недожога и образования смога стоит наиболее остро.

Фактически технология позволяет решить одну из ключевых задач современной энергетики — **сделать использование угля экологически приемлемым в условиях ужесточения экологических стандартов.**

Таким образом, ПКТ становится инструментом сохранения и развития угольной энергетики в новых экологических условиях.

Вопросы и ответы по технологии паровой конверсии

1. Что делает технология ПКТ?

Технология паровой конверсии топлива управляет процессом сжигания угля с использованием водяного пара, обеспечивая более полное окисление топлива и снижение образования токсичных продуктов горения.

2. В чём главное преимущество ПКТ?

Экологический эффект достигается **без замены топлива и без серьёзной модернизации станции.**

3. Для каких типов топлива подходит технология?

Основной эффект ПКТ достигается при использовании:

- ✓ бурого угля
 - ✓ низкосортных углей
 - ✓ углеводородных топлив
-

4. Повышает ли технология КПД?

Технология может повысить полноту сгорания топлива, что потенциально улучшает энергетическую эффективность процесса. Точный эффект определяется параметрами конкретной установки.

5. Требуется ли больше топлива?

Нет.
Технология не требует увеличения расхода угля.

6. Насколько технология безопасна?

Система использует **водяной пар**, а не водород или гремучие смеси, что снижает риск взрывоопасных ситуаций.

7. Для кого предназначена технология?

Основные бенефициары:

- ✓ угледобывающие компании - они предлагают технологию покупателям их сырья
 - ✓ владельцы угольных электростанций
 - ✓ промышленные котельные
-

8. Почему технология важна для угольной отрасли?

Во многих странах происходит отказ от угля из-за экологических требований.

Технология позволяет:

- ✓ сохранить использование угля
 - ✓ снизить экологические риски
 - ✓ повысить конкурентоспособность отрасли.
-

9. Можно ли внедрить технологию на действующих станциях?

Да.

Технология ориентирована на ретрофит существующих котельных.

10. Почему используется вода?

Водяной пар участвует в химических реакциях конверсии углерода и изменяет режим горения, что влияет на состав продуктов сгорания.