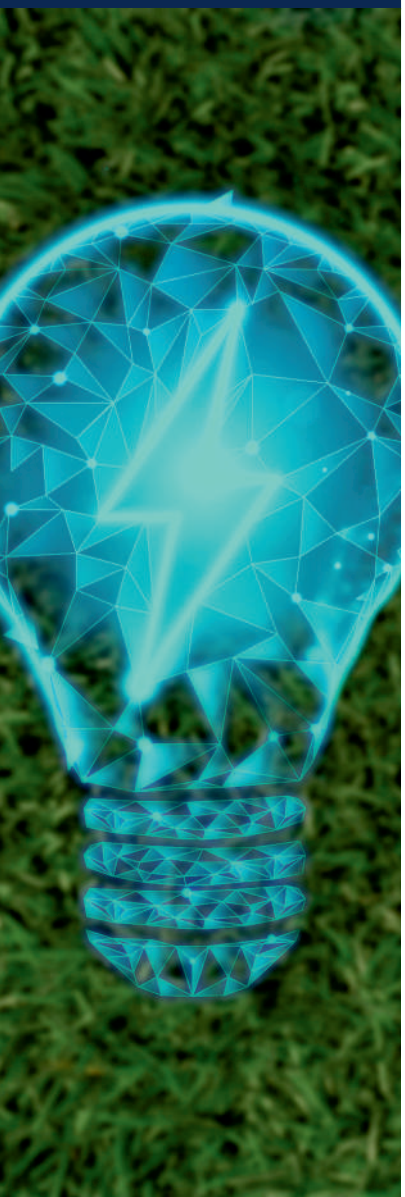
КАВИТЕК.
Технология промышленного производства ГСТ и повышения КПД мазутных энергетических систем

Снижение расхода мазута и выбросов
на энергогенерирующих объектах



Энергосбережение как энергетический ресурс



Энергоресурсосбережение — одна из ключевых задач XXI века, связанная с ограниченностью энергетических ресурсов как в России, так и в мире.
В России значительный объём тепловой энергии вырабатывается на мазутных котельных и других объектах, использующих мазут в качестве базового топлива.
Ежегодное потребление мазута превышает 14 млн тонн.

Традиционные методы сжигания мазута не обеспечивают полной реализации его энергетического потенциала, что приводит к избыточному расходу топлива и повышенным выбросам:

- высокий коэффициент избытка воздуха (1,3–1,5)
- химический и механический недожог
- нестабильность качества мазута
- обводнённость

Технология КАВИТЕК предлагает иной подход — управляемую гидродинамическую подготовку топлива перед сжиганием, направленную на повышение полноты его использования.

По результатам испытаний применение технологии позволяет:

- снизить расход мазута до 20%
- повысить полноту сгорания
- сократить объём вредных выбросов





РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 206204

Устройство для получения гидростабилизированного топлива

Патентообладатель: *Доронин Игорь Викторович (RU)*

Автор(ы): *Доронин Игорь Викторович (RU)*

Заявка № 2021116069

Приоритет полезной модели 03 июня 2021 г.

Дата государственной регистрации в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 31 августа 2021 г.

Срок действия исключительного права на полезную модель истекает 03 июня 2031 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Промышленная зрелость технологии:

20+ лет

эксплуатации

Россия
+ зарубежные объекты

отсутствие
расслоения ГСТ

стабильность
характеристик

Технологическая основа защищена патентом РФ № 206204
«Устройство для получения гидростабилизированного топлива».
Автор и правообладатель — Доронин Игорь Викторович.



Иран: зависимость энергетики от мазута

Иран активно использует тяжёлое топочное топливо (мазут) для компенсации дефицита природного газа, особенно в зимний период.

По открытым данным:

- Пиковое потребление мазута на электростанциях достигает 40+ млн литров в сутки
- Это соответствует ориентировочно 15–16 млн тонн в год.
- Использование мазута за последние годы значительно выросло.

Мазут остаётся ключевым резервным и базовым топливом в энергосистеме страны.

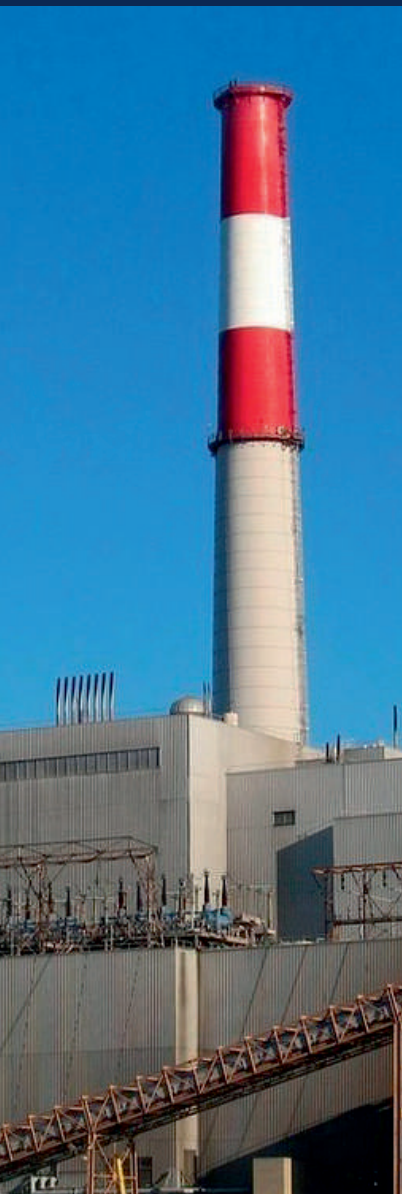
Потенциал технологической модернизации

При снижении удельного расхода мазута на 10–20% потенциальный эффект может составлять:

- 1,5–3 млн тонн топлива в год
- Эквивалент экономии порядка
- $0,5–1,4 млрд ежегодно (в зависимости от цены мазута)

Смысл для энергетического сектора:

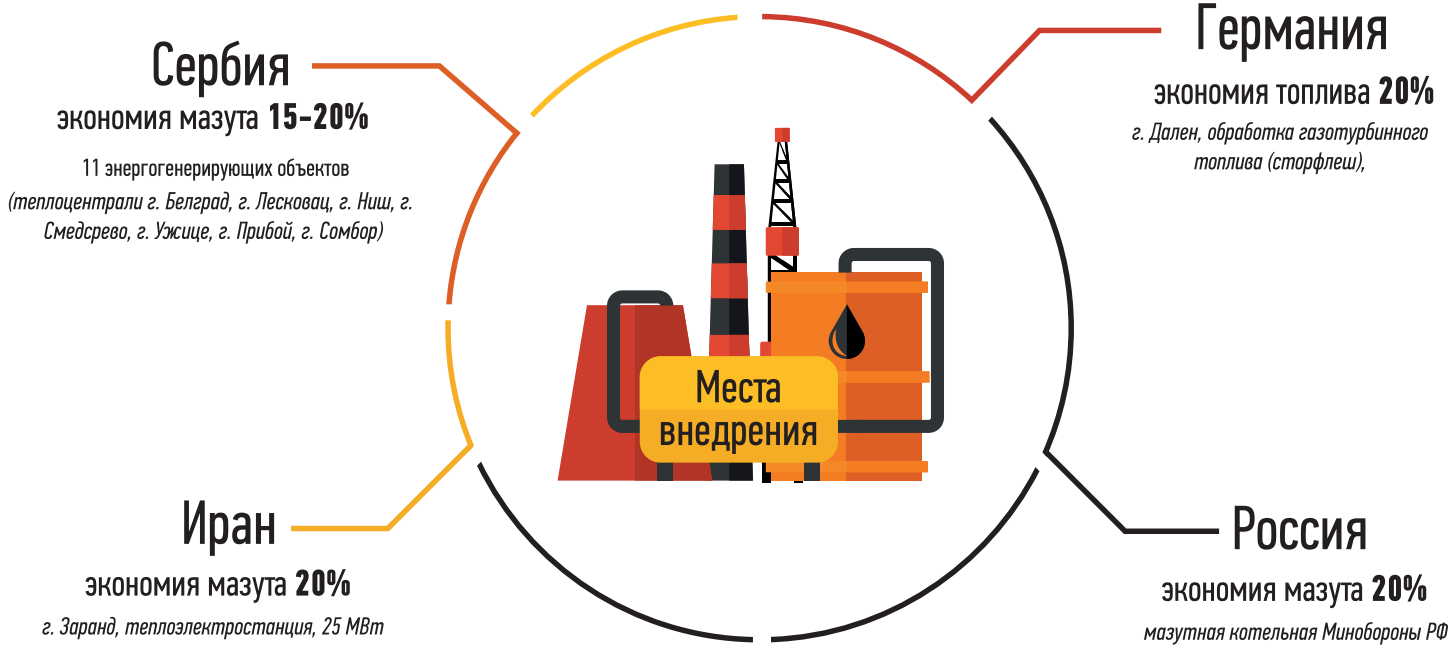
- снижение нагрузки на энергобаланс
- уменьшение выбросов при сохранении мощности
- повышение эффективности действующих объектов
- снижение зависимости от пикового потребления газа



Успешный опыт

Технология гидродинамической подготовки мазута применяется для повышения энергетической эффективности мазутоиспользующих объектов за счёт оптимизации процесса топливоподготовки перед сжиганием.

Практика внедрения технологии в ряде стран (Сербия, Иран, Германия, Россия) подтвердила её работоспособность в различных эксплуатационных условиях и на объектах разного масштаба. Полученные результаты позволили сформировать современную модификацию технологического решения, адаптированную под действующую инфраструктуру и реальные режимы эксплуатации.





Установка РТЭО

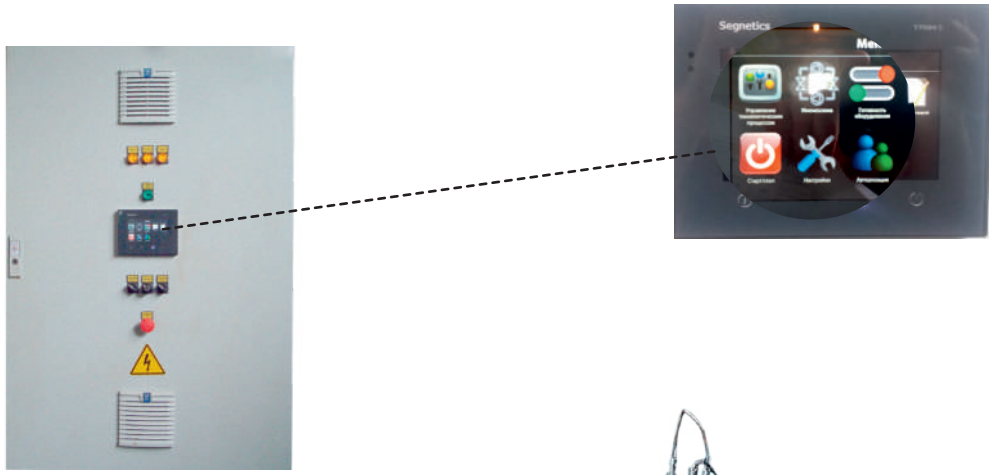
РТЭО — Реактор теплоэнергообменный, предназначенный для гидродинамической подготовки мазута перед сжиганием.

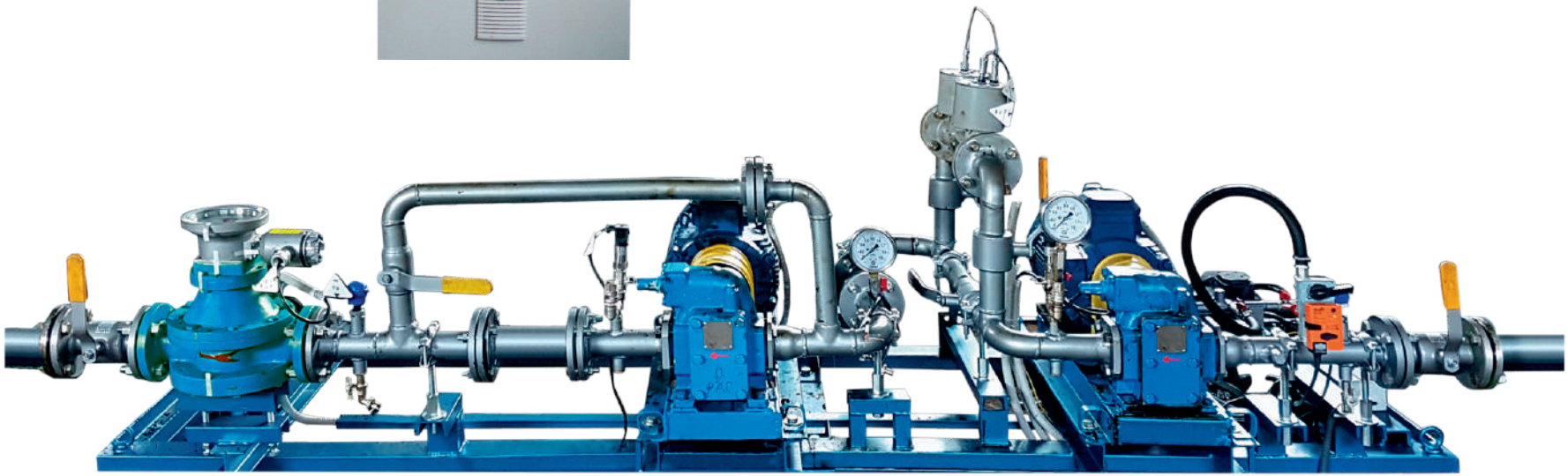
Основной принцип работы Установки РТЭО построен на использовании нескольких видов физического воздействия на исходный мазут, а именно гидродинамическую и ультразвуковую кавитацию, акустические течения и давление звукового излучения, которые совместно дают возможность осуществления уникальных технологических процессов приготовления топлива к сжиганию. Результатом работы Установки является получение гидростабилизированного топлива (ГСТ), которое является высокоэффективным топливом с дисперсной системой с контролируемой структурой, соответствующим нормативным требованиям к котельно-печному топливу.

ГСТ позволяет повысить качество сжигания за счет внутритопочного дробления и вести сжигание на пониженном дутье без увеличения недожога. Капля ГСТ представляет собой каплю воды, заключённую в капле мазута. Из-за разницы температур кипения воды и мазута (вода 100°С, мазут 350°С) происходит быстрое вскипание воды, формируется микровзрыв и вторичное распыление мазута, что способствует повышению полноты сгорания топливной смеси. При этом концентрация твёрдых частиц уходящих в атмосферу газов уменьшается и снижается их температура.

Установка РТЭО

Установка РТЭО представляет собой комплект оборудования с входными линиями подачи воды и мазута, выходную линию для готовой топливной смеси, технологическое оборудование и средства автоматизации.







Дисперсная структура топлива

Мазут М-100

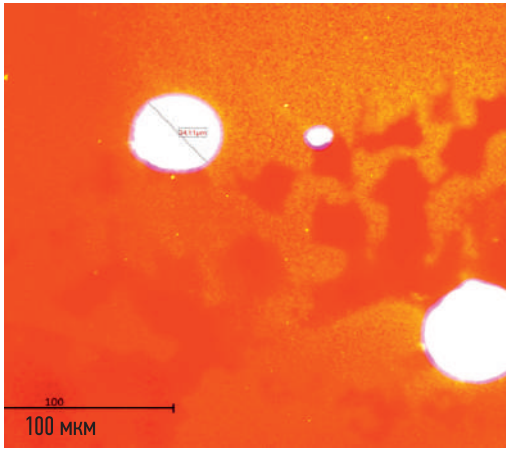


фото 1

Гидростабилизированное топливо

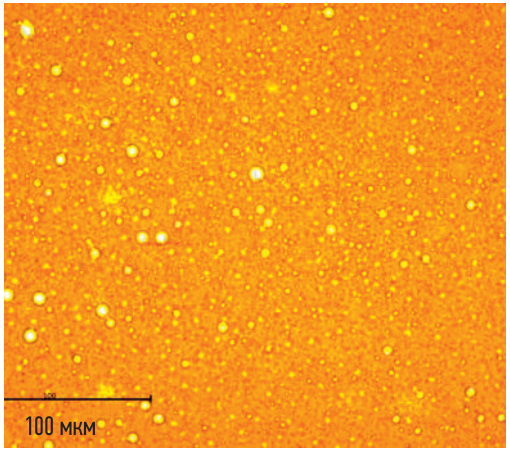


фото 2

1. на фото 1 под микроскопом исследован исходный мазут марки М-100, данный мазут содержит крупные глобулы воды, размер которых составляет 32 мкм, а также имеются сгустки смолисто-асфальтеновых фракций.

2. на фото 2 под микроскопом исследовано гидростабилизированное топливо на основе исходного мазута марки М-100. ГСТ является тонкодисперной и гомогенной, размер частиц водяных глобул не превышает 5 мкм.



Факел горящего топлива

Мазут М-100



фото 1

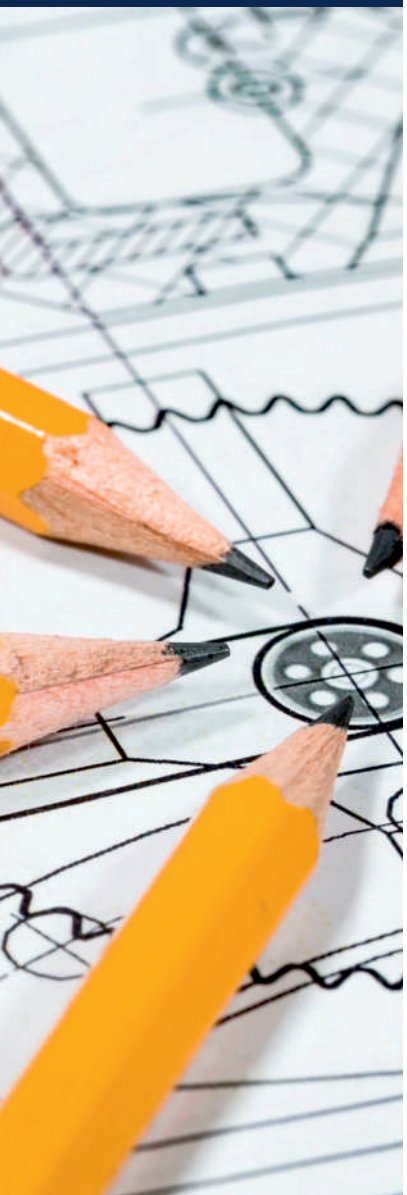
Гидростабилизированное топливо



фото 2

1. фото горящего факела при сжигании исходного мазута марки М-100.
   (массовая доля воды – 1-3 %). В данном случае вода играет отрицательную роль в процессе сжигания, снижая эффективность энергогенерирующего объекта.

2. фото горящего факела при сжигании гидростабилизированного топлива.
   (массовая доля воды – 18 %) Рекомендуемый вариант горения. В данном случае вода распределена по объему мазута в виде мелкодисперсной эмульсии, и она играет полезную роль, активно участвуя в кинетике горения мазута, при этом вода с одной стороны обеспечивает хорошее распыливание мазута за счет микровзрывов капель дисперсной фазы, а с другой стороны интенсифицирует процесс горения мазута и обеспечивает выравнивание температурного профиля зоны горения.



Технические характеристики Установки РТЭО

Параметры	Значение
Производительность ГСТ, м^3/час	10-100
Потребляемая мощность, не более, кВт	11
Напряжение, В	380
Частота тока, Гц	50
Род тока	переменный
Входящая среда	мазут, вода
Параметры производимого ГСТ:	
- температура вспышки, не менее, °С;	110
- теплота сгорания, не менее, кДж;	40
- температура застывания, не более, °С;	25
- плотность, кг/м3;	930 -1050
- оптимальная обводненность, %	17-19
Габаритные размеры (с рамой), мм, не более:	
- длина;	3200
- ширина;	1300
- высота	1500
Масса, кг, не более	500



Область применения Установок РТЭО



Схема встраивания на энергогенерирующем объекте





Эффект применения

Внедрение Установки РТЭО на энергогенерирующем объекте позволит:

- снизить количество потребления мазута на выработку тепловой энергии в среднем на 20 %
- снизить эксплуатационные расходы, уменьшить количество необходимых регламентных работ
- существенно снизить платежи за выбросы вредных веществ
- снизить выбросы вредных веществ (окись углерода, оксид азота, диоксид азота, диоксид серы, сероводород и бензапирен) в 2-8 раз
- повысить коэффициент полезного действия котлоагрегатов на 5-12 %
- увеличить полноту сжигания топлива, повысить его эксплуатационные характеристики
- снизить высокотемпературную сернистую и ванадиевую коррозию
- уменьшить низкотемпературную сернокислотную коррозию хвостовых поверхностях нагрева
- утилизировать в составе в ГСТ обмазученные воды и отработанные масла
- исключить расслоение топлива на воду и мазут при долгосрочном хранении

до внедрения Установки РТЭО





после внедрения Установки РТЭО





Прохождение испытаний Установки РТЭО на мазутной котельной Минобороны РФ в отопительный сезон 2017-2018 гг.



Испытания проводились на котельной в 2 независимых этапа при сопоставимых нагрузках, а именно:

– 1-й этап в течение 42-х дней с 01 ноября 2017 года по 12 декабря 2017 года в штатном режиме эксплуатации с использованием в качестве топлива топочный мазут марки М-100;

– 2-й этап в течение 42-х дней с 12 декабря 2017 года по 22 января 2018 года с включением в технологический процесс мазутоподготовки Установку РТЭО.

Основные принципы испытаний были построены на анализе полученных данных от приборов коммерческого учета, которые были уже установлены на котельной станции, либо установлены специально для проведения испытаний и получения объективных данных работы котельной станции на 1-м и 2-м этапах.

Для расчета эффективности использовались исключительно данные коммерческого учета, произведено сопоставление суточного расхода топлива с суточной выработкой тепловой энергии с учетом фактической влажности топлива. Также произведен расчет удельного расхода топлива за весь период испытаний.

Сравнительный анализ полученных и зафиксированных данных раскрывает полную картину целесообразности и эффективности использования технологии топливоподготовки, на примере конкретной мазутной котельной.



Достигнутые показатели в ходе эксплуатации Установки РТЭО

Параметры	ЭТАП I	ЭТАП II	Разница
Массовая доля воды в топливе, %	1	18	**+17 %**
Среднесуточный удельный расход мазута, тонн	9,1	8,6	**-0,5 тонн**
Общее количество израсходованного мазута, тонн	381,9	360,2	**-21,7 тонн**
Среднесуточное количество вырабатываемой тепловой энергии, Гкал	46,4	52,4	**+6 Гкал**
Общее количество выработанной тепловой энергии, Гкал	1949,7	2199,7	**+250 Гкал**
Среднесуточный удельный расход мазута на выработку 1 Гкал, тонн	0,197	0,164	**-20,1 %**
Температура наружного воздуха, °С	-1,3	-2,1	**-0,8 °С**
КПД котла, %	71	82	**+11%**
Паропроизводительность, кг/ч	2985	3585	**+17%**
Количество прочисток форсунок в сутки	8 раз	2 раза	**в 4 раза меньше**
Содержание окиси углерода (CO), ppm	90	30	**в 3 раза меньше**
Содержание окислов азота (NO_x), ppm	367	176	**в 2 раза меньше**



Выводы после испытаний Установки РТЭО на мазутной котельной:

1. Подтверждена стабильная работоспособность Установки РТЭО-10.
2. Подтверждена стабильность и однородность гидростабилизированного топлива (ГСТ), вырабатываемого с помощью Установки РТЭО-10. Факты расслоения ГСТ не зафиксированы.
3. Монтаж и эксплуатация Установки РТЭО-10 не требует специально обученного персонала, является безопасным для котельного оборудования и является малозатратным мероприятием для котельной с существенным улучшением технико-экономических показателей.
4. Теплотворная способность гидростабилизированного топлива (ГСТ), получаемого с помощью Установки РТЭО-10, существенно выше по сравнению с исходным топочным мазутом и для котельной с котлом ДКВр-6,5-13 повысилась на 8 %.
5. Использование Установки РТЭО-10 на стадии топливоподготовки позволило повысить КПД котла котельной на 11 %.
6. Экологические показатели работы котельной при работе Установки РТЭО-10 улучшились, а именно выбросы вредных веществ в виде выбросов CO снизились в 3 раза, а выбросы NO_x снизились в 2 раза.
7. Потребление мазута на выработку тепловой энергии в среднем снизилось на 20 %.
8. Фактическая экономия мазута на выработку 2 199,7 Гкал тепловой энергии составила 73,1 тонн.
9. Экономия бюджетных средств за 42 дня составила 1 354 644,85 руб.



Заключение Московского энергетического института об Установке РТЭО



Заключение

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» на основании обращения ООО «Амадеус», Исх. № 012/18 от 19.04.2018г., произвел исследования под руководством профессора Кормилицына В.И. на предмет работоспособности и целесообразности применения Установки РТЭО для приготовления гидростабилизированного топлива (водо-мазутной эмульсии), его стабильности и качестве, а так же технико-экономической эффективности при его сжигании в паровом котле ДКВр-6,5-13 в сравнении с исходным мазутом.

Для гидростабилизированного топлива использовался мазут топочный М-100 (ГОСТ 10585-2013) с отбором пробы 01.11.2017г. в котельной № 85 перед подачей в котёл с массовой долей воды 0,9%, определенной по ГОСТ 2477, 27.12.2017г.

Гидростабилизированное топливо, приготовленное на основе мазута М-100, с содержанием воды 18%, пробы от 13.12.2017г., определенной по ГОСТ 2477, 12.01.2018г, сохраняет стабильность до настоящего времени и представляет собой тонкодисперсную гомогенную структуру с размерами капель воды в диапазоне 1-10 мкм.

Натурный осмотр Установки РТЭО, 26.04.2018г., в условиях промышленной эксплуатации в котельной № 85, д. Б. Буньково, Ногинского района, Московской области и анализ технической отчетности по эксплуатации энергетического оборудования показал надёжную работу Установки и целесообразность применения Установки РТЭО для топливоподготовки в котельных, что в соответствии с приведенными испытаниями повышает КПД котла на 11 %.

Фактическое снижение удельного расхода топлива на выработку тепловой энергии за контрольный период времени с 01.11.2017г. по 22.01.2018г. на котельной № 85 составило 20%.

Сжигание гидростабилизированного топлива в котле ДКВр-6,5-13 исключает образование сажевых частиц и смолистых образований, что благоприятно сказывается не только на технико-экономических показателях, но и на надежности работы оборудования, а так же улучшает и экологические показатели, как парового котла, так и котельной № 85, д. Б. Буньково, Ногинского района, Московской области.

Доктор технических наук

Профессор Кормилицын В.И.





Экономические показатели внедрения Установки РТЭО

Таблица сравнительных показателей эффективности работы котла марки ДКВр-6,5-13 за 1 календарный год эксплуатации при средней годовой нагрузке в 50 %

Параметры	Единица измерения	Мазут марки М-100	Гидростабилизированное топливо	Изменение
Общее количество выработанной тепловой энергии	Гкал	15000	15000	-
Общее количество израсходованного мазута	тонн	2325	1860	**меньше на 465 тонн**
Удельный расход мазута на выработку 1 Гкал*	тонн	0,155	0,124	**меньше на 20%**
Содержание выбросов CO в уходящих газах	ppm	50	20	**в 2,5 раза меньше**
Содержание выбросов NOx в уходящих газах	ppm	150	50	**в 3 раза меньше**
Количество дополнительно израсходованной электроэнергии	кВт	-	1302	**на 1302 кВт больше**
Количество дополнительно израсходованной воды**	$м^3$	-	334,8	**на 334,8 $м^3$ больше**

*данные приведены для котла ДКВр-6,5-13 со штатным чугунным экономайзером при учете его работы в нормативных показателях

**при условии использования водопроводной воды (возможно использование технической воды)

При использовании Установки РТЭО для выработки тепловой энергии расход мазута уменьшится не менее чем на 20 % и в 3 раза снизится содержание вредных веществ в уходящих газах. Дополнительные расходы на электроэнергию и воду незначительны.

Экономический эффект от внедрения Установки РТЭО - среднегодовая экономия мазута на типовой котельной, оборудованной котлами ДКВр-6,5-13 составляет не менее 465 тонн без учета иных показателей эффективности.

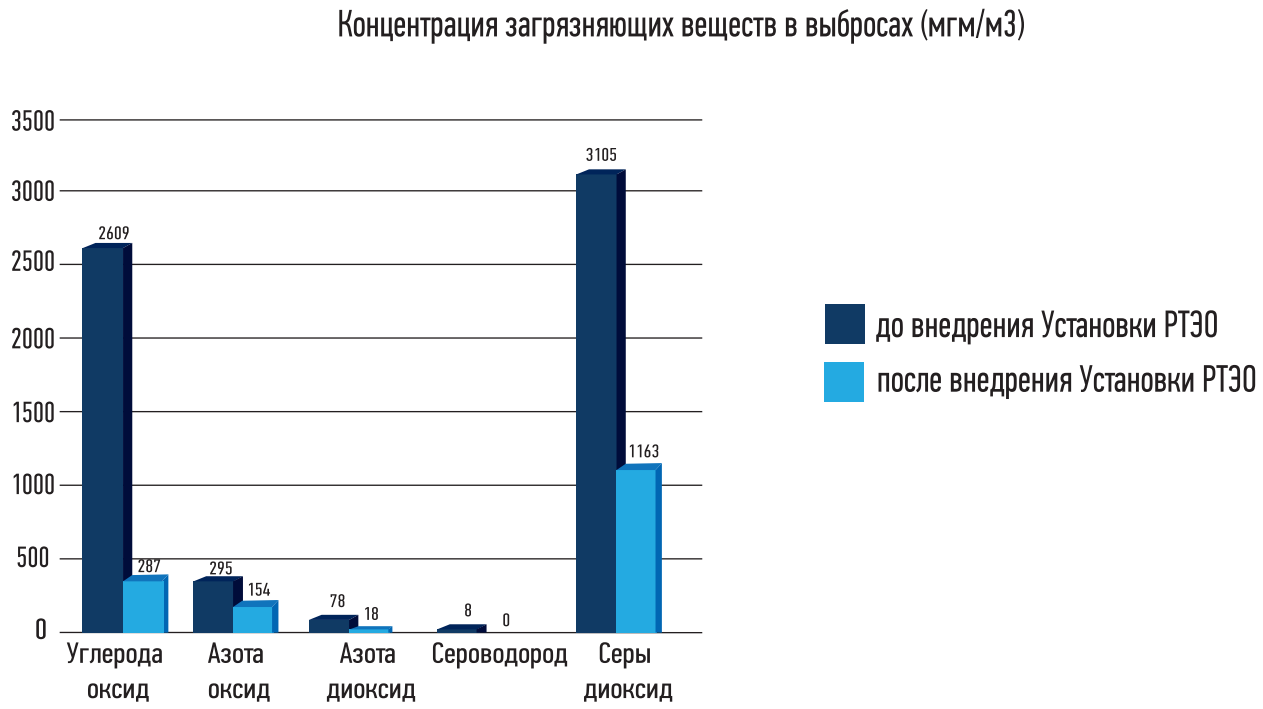
Эффект для собственника:

- экономия 10–20% топлива
- снижение штрафов за выбросы
- снижение частоты чисток
- возможность утилизации «лежалого» мазута



Экологические показатели работы Установки РТЭО

График сравнительного химического анализа промышленных выбросов при работе мазутной котельной с котлами ДЕ-6,5-14ГМ на мазуте М-100 и на ГСТ



Механизм подавления NOx и повышения КПД

снижение температуры в ядре факела → работа при избытке воздуха 1–2% → уменьшение химического и механического недожога → снижение образования $C_{20}H_{12}$



АО «ЕвроХим»

Горно-обогатительный комбинат, г. Ковдор, Россия
Производство фосфатных удобрений
На площадке ГОК внедрена технология приготовления гидростабилизированного топлива (ГСТ) на базе кавитационной установки.

Производительность комплекса: 55 000 л/сутки готового ГСТ.

Технология интегрирована в действующую систему мазутоподготовки и обеспечивает:
стабильное производство тонкодисперсного ГСТ промышленного объёма;

- однородность топлива без расслоения;
- повышение полноты сгорания мазута;
- снижение удельного расхода топлива и экологической нагрузки;
- адаптацию работы под производственный режим крупного промышленного предприятия.

Кейс подтверждает применимость технологии ГСТ не только в котельных, но и на энергоёмких объектах непрерывного промышленного цикла.



Контакты

КАВИТЕК

info@kavitek.ru

kavitek.ru