

Модернизация котлов с использованием струйно- нишевой технологии и повышение эффективности в теплоснабжении

Абдулин Михаил Загретдинович
доц., заместитель зав.каф. ТУ Т и АЭС
руководитель программы «СНТ»

Возобновляемая энергетика



Газ



Уголь



Невозобновляемая энергетика



Нефть



Ядерная
энергетика

Влияние энергетических объектов на окружающую среду

- ▶ **Эмиссия токсических веществ (CO , NO_x , бенз(а)пирены);**
- ▶ **Выбросы твердых частиц;**
- ▶ **Эмиссия парниковых газов (CO_2 , углероды);**
- ▶ **Тепловое загрязнение ($T_{\text{воздуха}}$, $T_{\text{воды}}$, $T_{\text{почвы}}$);**
- ▶ **Шум и вибрация (за счет пульсаций давления газовых и водяных потоков).**

При централизованном теплоснабжении обеспечивается:

- Высокий уровень концентрации специалистов, их подготовки, повышенный уровень квалифицированности, дисциплины, ответственности, а при индивидуальном снабжении потребитель один-на-один со своим тепло-генерирующим оборудованием.
- Соблюдение технологичности процессов несравнимы в централизованном и индивидуальном энергоснабжениях, так как во втором варианте этого нет;
- Высокая степень возможности возникновения взрывов, угроза удушья, т.п.).
- ▶ Централизованное обеспечение минимизирует ухудшение экологической ситуации.
- ▶ Возможность установки высокоэффективного оборудования очистки; локализованное место выбросов и постоянный контроль их количества, централизованная обработка отходов; локальное рассеивание уходящих газов; локальный учет розы ветров.
- ▶ Централизованная система дает возможность применения совершенно новых технологий (применение ПГУ, альтернативные виды энергии, высокая эффективность используемых технологий)
- ▶ Постоянное внимание высококвалифицированных специалистов, что обеспечивает безопасность населению.

Опыт использования централизованного теплоснабжения

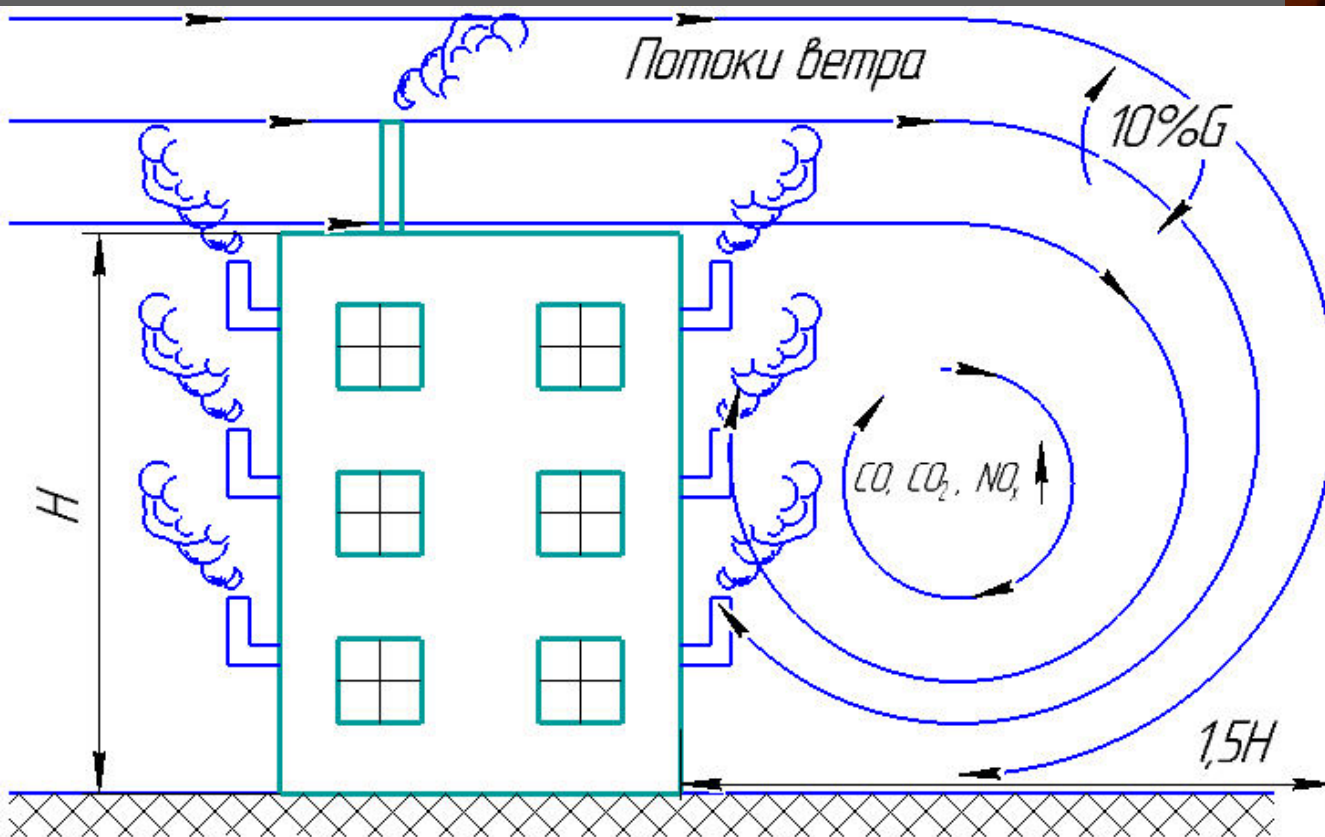
- ▶ **Дания.** Системы централизованного теплоснабжения существуют в более чем 450 городах. Доля теплоты, производимой в системах централизованного теплоснабжения при комбинированной выработке тепловой и электрической энергии, возросла с 33 до 64% с 1970-х годов.
- ▶ Централизованное теплоснабжение **Швеции** составляет 42% рынка тепловой энергии, а в городах эта доля достигает 90%. Доля теплоты, поставляемой ТЭЦ при комбинированной выработке тепловой и электрической энергии, – 25%, а доля тепловой энергии, поставляемой водогрейными котельными, – 75%.
- ▶ Централизованные системы применяются также в:
**Норвегии,
Исландии,
Финляндии.**



Фасады украинских многоэтажек с индивидуальным теплоснабжением



«Невидимое» влияние индивидуального теплоснабжения



Дом с индивидуальным теплообеспечением



- (d, P, t) окр. среды=var
- Повышение концентраций вредных веществ
- Необходимость в специализированных запчастях при сервисном обслуживании
- Контроль сложных процессов и работы механизмов предоставлен владельцу, чаще всего с невысоким уровнем компетенции

Некоторые горючие газы

Газ	Калорийность	Расход воздуха	Температура горения
	ккал/м ³	м ³ /м ³	°C
Водород	2580	2,3	2200
Сжиженный	24839	27,4	2100
Коксовый	3774	3,8	2100
Природный	8100	9,4	2000
Генераторный	1194-2269	1-2,1	1600-2000
Доменный	955	0,8	1400

Природный газ

- ▶ Температура воспламенения: $t_{\text{ign}} - 650-750 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- ▶ Горючая концентрация: $c_{\text{max}} - 5-15\%$;
- ▶ Коэффициент избытка воздуха: $\alpha - 0,5-1,9$;
- ▶ Скорость горения: $U < 1 \text{ m/s}$;
- ▶ Теплотворная способность: $Q_{\text{H}}^{\text{P}} - 33 - 44 \text{ МДж/м}^3$
- ▶ Состав – переменный;
- ▶ Давление – переменное.

Преимущества:

- Экологичность;
- Технологичность;
- Хорошая адаптированность к автоматизации;
- Хорошая транспортабельность.

Современные технологии повышения эффективности работы ОУ

Эффективность

Экономичность, экологическая безопасность, надежность работы, качество продукции и социальный эффект

Утилизаторы
тепла

Частотные
преобразователи

Огнеупорные и
теплоизоляционные
материалы

Автоматизация

Замена ГУ

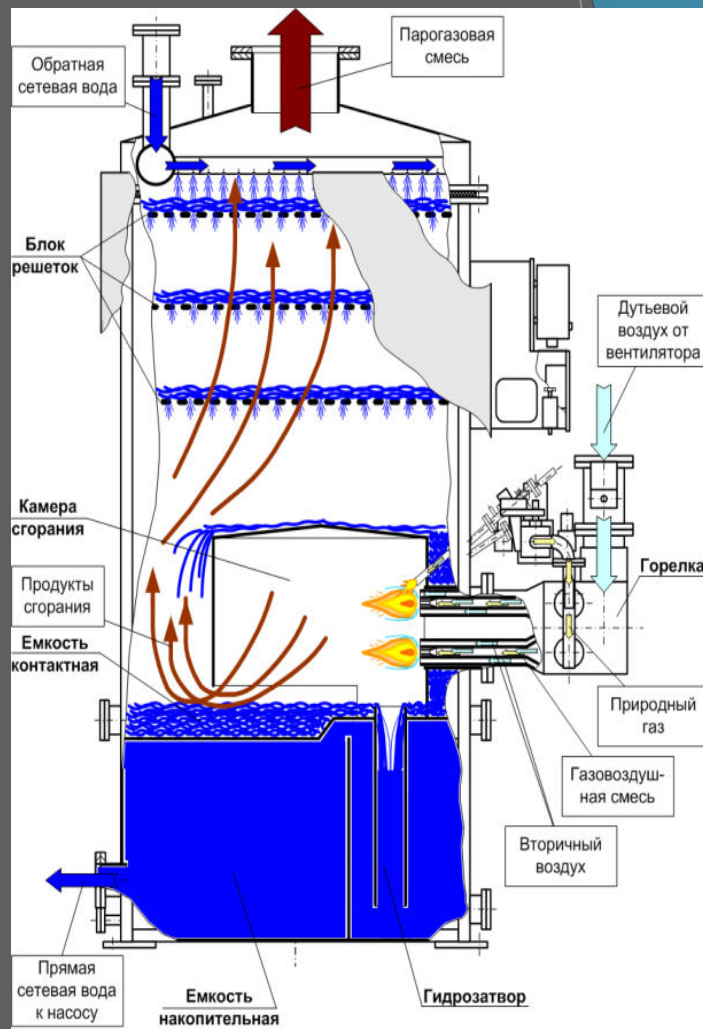
Оптимизация
топочных
процессов

Утилизаторы тепла





Контактные водонагреватели с глубокой утилизацией тепла



Материалы

- ООО «Антал - Индустрия», г. Киев
- НЧФ «АЛИНЕКА», г. Киев
- ПАТ «АрселорМиттал Кривой Рог», г. Кривой Рог



Автоматика

- ▶ ООО «Микрол», г. Ивано-Франковск
- ▶ НПФ «РегМик», г. Равнополье
- ▶ «Икс-Техно», г. Киев



Частотные преобразователи

- ООО «АС Привод», г. Днепр
- ВО «ОВЕН», г. Харьков

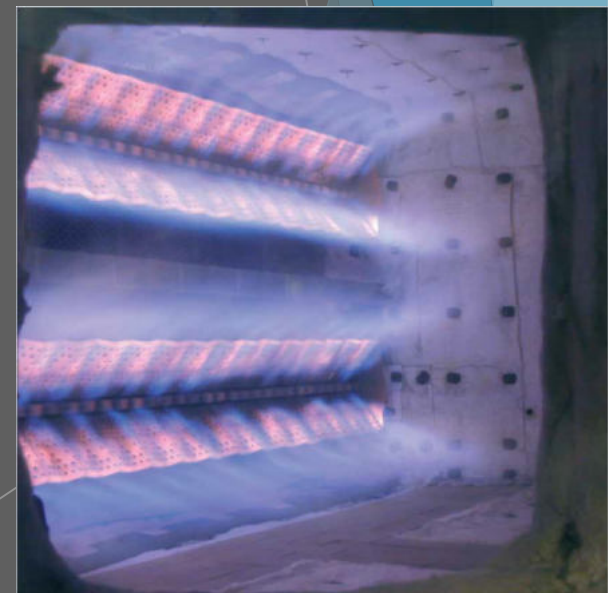
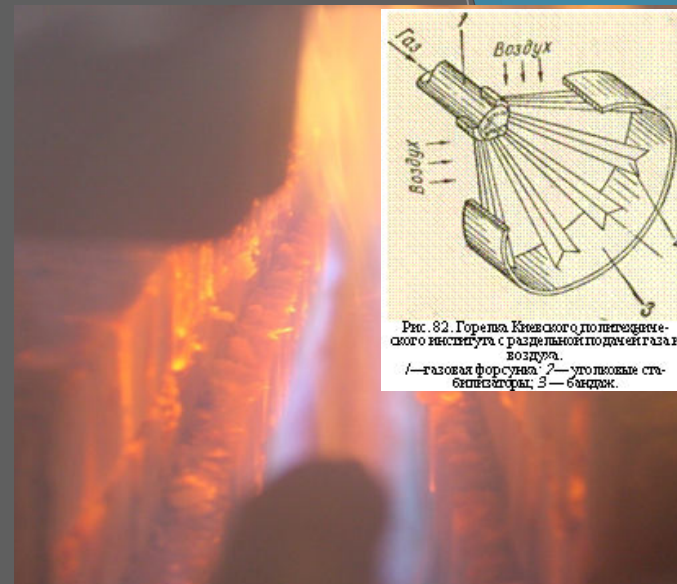
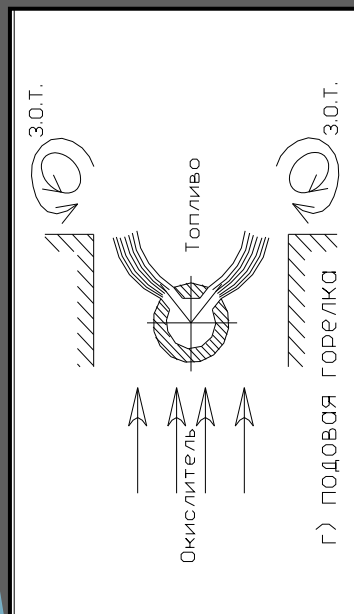


Влияние использования новых технологий на эффективность энергетического процесса

	Экономия газа	Экономия электрической энергии	Экологическое влияние	Надежность
Утилизаторы теплоты	↑	↓	—	↓
Контактные водонагреватели	↑	↓	—	↓
Преобразователи частоты	—	↑	—	↑
Жаростойкие и теплоизоляционные материалы	↑	—	—	↑
Автоматика	—	↓	—	↑
Горелочные устройства	↑	↑	↑	↑

Оптимизация топочных процессов

Типы ГУ. Эволюция



Требования к ГУ, вытекающие из требований к ОО

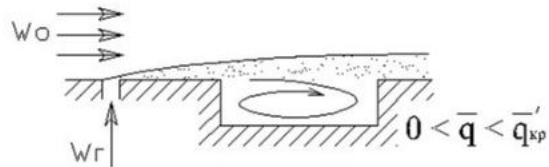
- Легкий и надежный розжиг при минимально возможном расходе газа (для «безхлопкового» розжига котла и обеспечения плавного выхода ОО из «холодного» в «горячее» состояние, либо просушивания ОО);
- Устойчивое (безхлопковое) горение в широком диапазоне скоростей горючего и окислителя (для предотвращения срыва факела при резких колебаниях давления газа и воздуха);
- Необходимый диапазон регулирования по мощности $Макси(Kp)$ и коэффициенту избытка воздуха (α) (для обеспечения оптимальных режимов сушки футеровки и теплового состояния элементов ОО; необходимого качества продуктов сгорания и их температурного уровня; обеспечения регулировки мощности ОО без отключения части ГУ);
- Максимально возможная полнота сгорания топлива (η_g) в топочном объеме ОО;
- Допустимый уровень эмиссии токсичных веществ (NO_x , CO , SO_2 и т.д.) во всем диапазоне нагрузок;
- Возможность регулировки длины и светимости факела, а также его аэродинамической и концентрационной структурой (для обеспечения необходимой интенсивности и равномерности распределения тепловых потоков; уменьшения вероятности соприкосновения факела с элементами ОО, образования окислительной или восстановительной среды в продуктах сгорания);

Требования к ГУ, вытекающие из требований к ОО

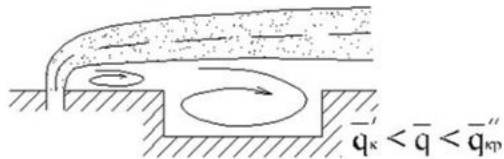
- Минимально возможное сопротивление по трактам горючего и окислителя (для обеспечения возможности работы при низких давлениях газа и воздуха, снижение расхода электроэнергии на привод тягодутьевых машин);
- Надежность и простота регулирования режимов работы (для упрощения автоматики и обеспечения безопасности);
- Возможность надежной работы на самотяге и в безвентиляторном режиме на частичных нагрузках за счет разрежения, создаваемого дымососом либо трубой, что является важным при аварийных отключениях электроэнергии, а также позволяет существенно экономить электроэнергию;
- Постоянство показателей рабочих характеристик в процессе эксплуатации;
- Низкий уровень шума;
- Модульность, позволяющая набирать ГУ необходимой мощности из автономно работающих модулей;
- Технологичность, простота изготовления, низкая металлоемкость, отсутствие потребности в дорогих материалах.

Структура течения в струйно-нишевом модуле

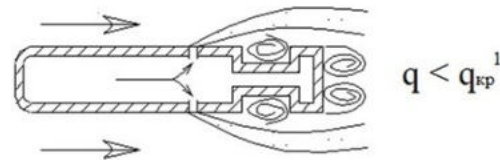
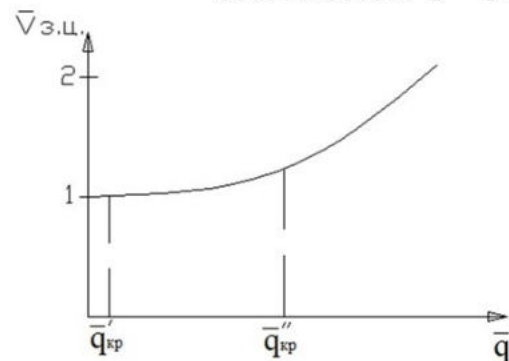
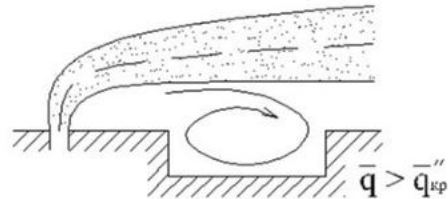
а) $W_r = 0$ м/с



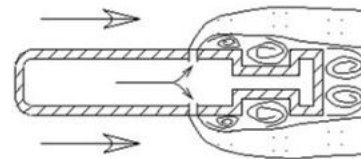
б)



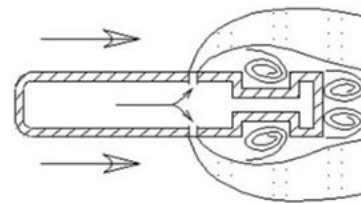
в)



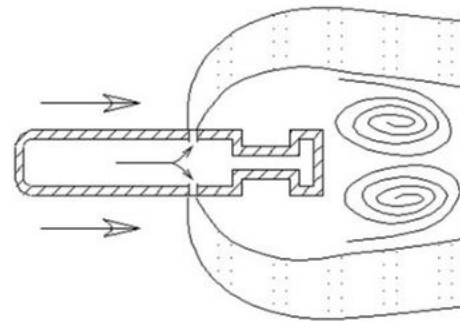
$$q < q_{кр}^1$$



$$q \geq q_{кр}^1$$



$$q_{кр}^1 < q < q_{кр}^2$$

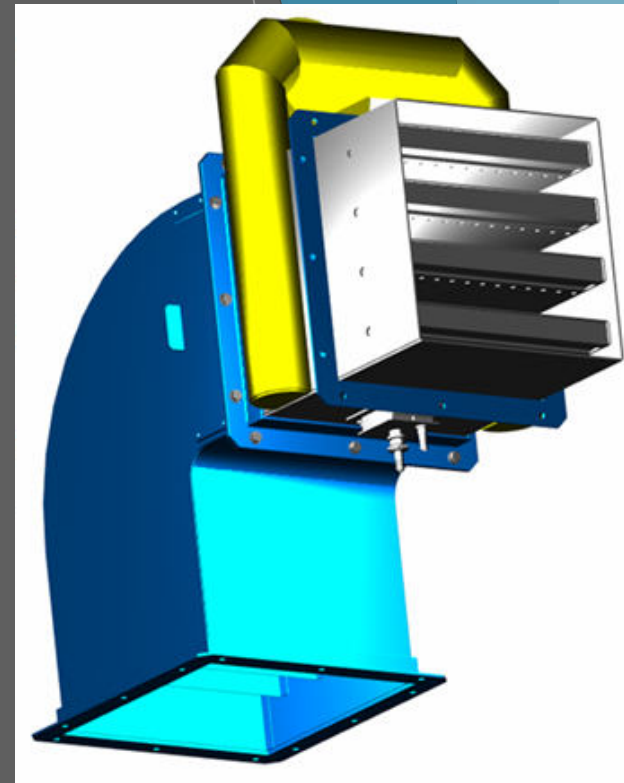


$$q > q_{кр}^2$$

$$\bar{q} = \frac{\sqrt{\rho_r} W_r^2}{\sqrt{\rho_b} W_b^2}$$

Преимущества горелок СНТ

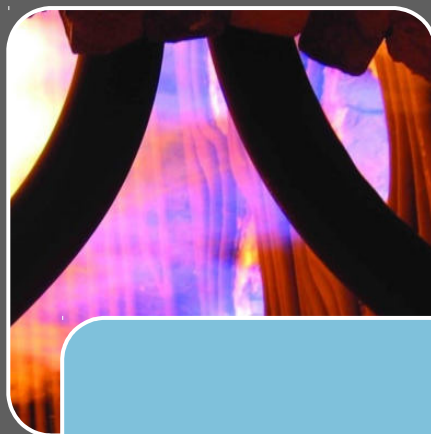
- ❖ - Снижение удельного расхода газа;
- ❖ - Розжиг при малых давлениях газа (менее 1 мм.в.ст.);
- ❖ - Постоянный КПД в широком диапазоне работы;
- ❖ - Снижение потребления электроэнергии на привод тягодутьевых средств;
- ❖ - Возможность регулировки мощности объекта всеми горелочными устройствами одновременно;
- ❖ - Снижение уровня эмиссии вредных веществ и акустического излучения;
- ❖ - Повышение надежности работы оборудования;
- ❖ - Повышения уровня безопасности работы объекта;
- ❖ - Улучшение условий труда персонала;
- ❖ - Повышение качества продукции;
- ❖ - Быстрая окупаемость за счет экономии энергоресурсов;
- ❖ - Положительный социальный эффект.



Основы гидротермохимического подхода к модернизации огнетехнического объекта



Подвод
горючего и
окислителя

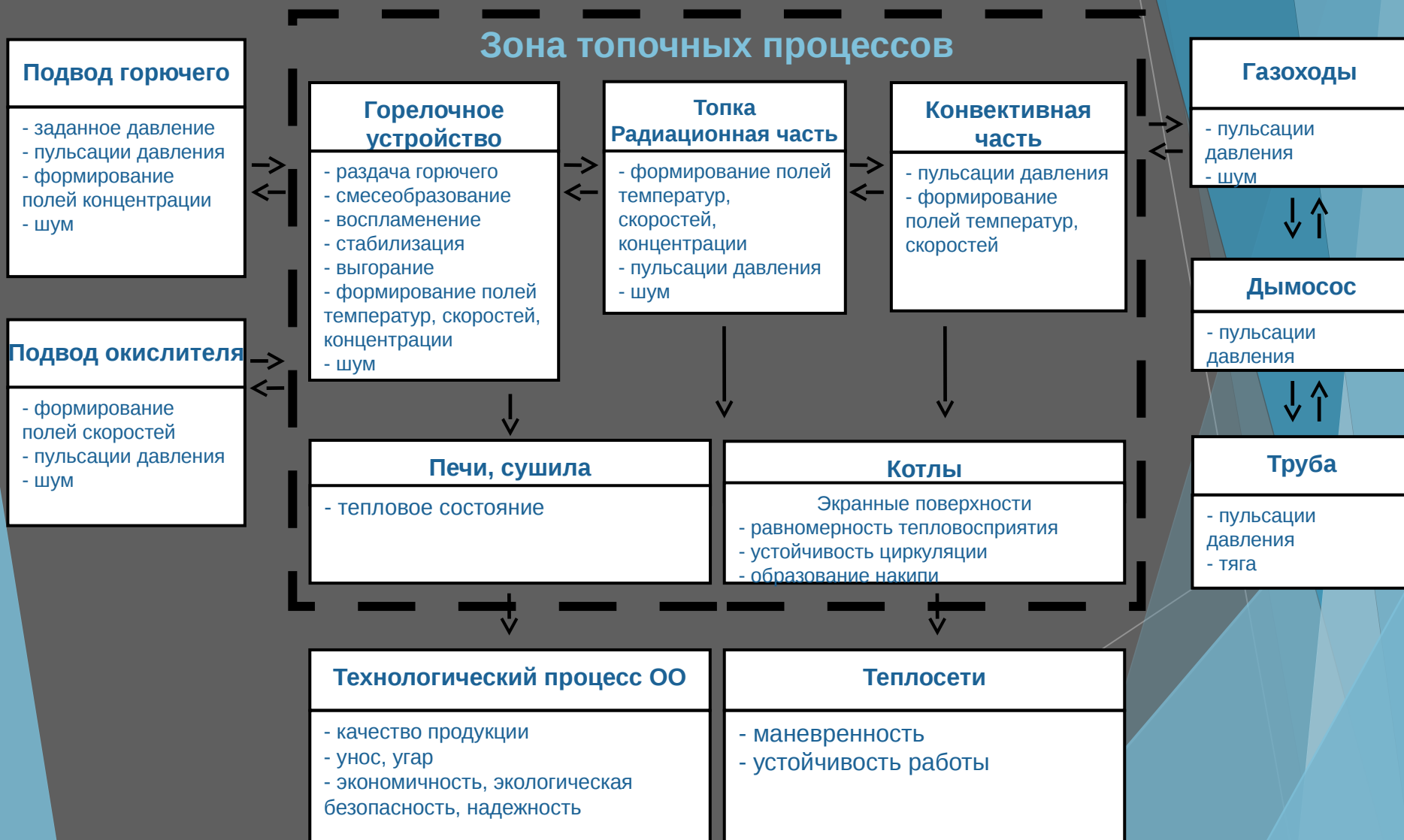


Организация
топочных
процессов



Отвод
продуктов
сгорания

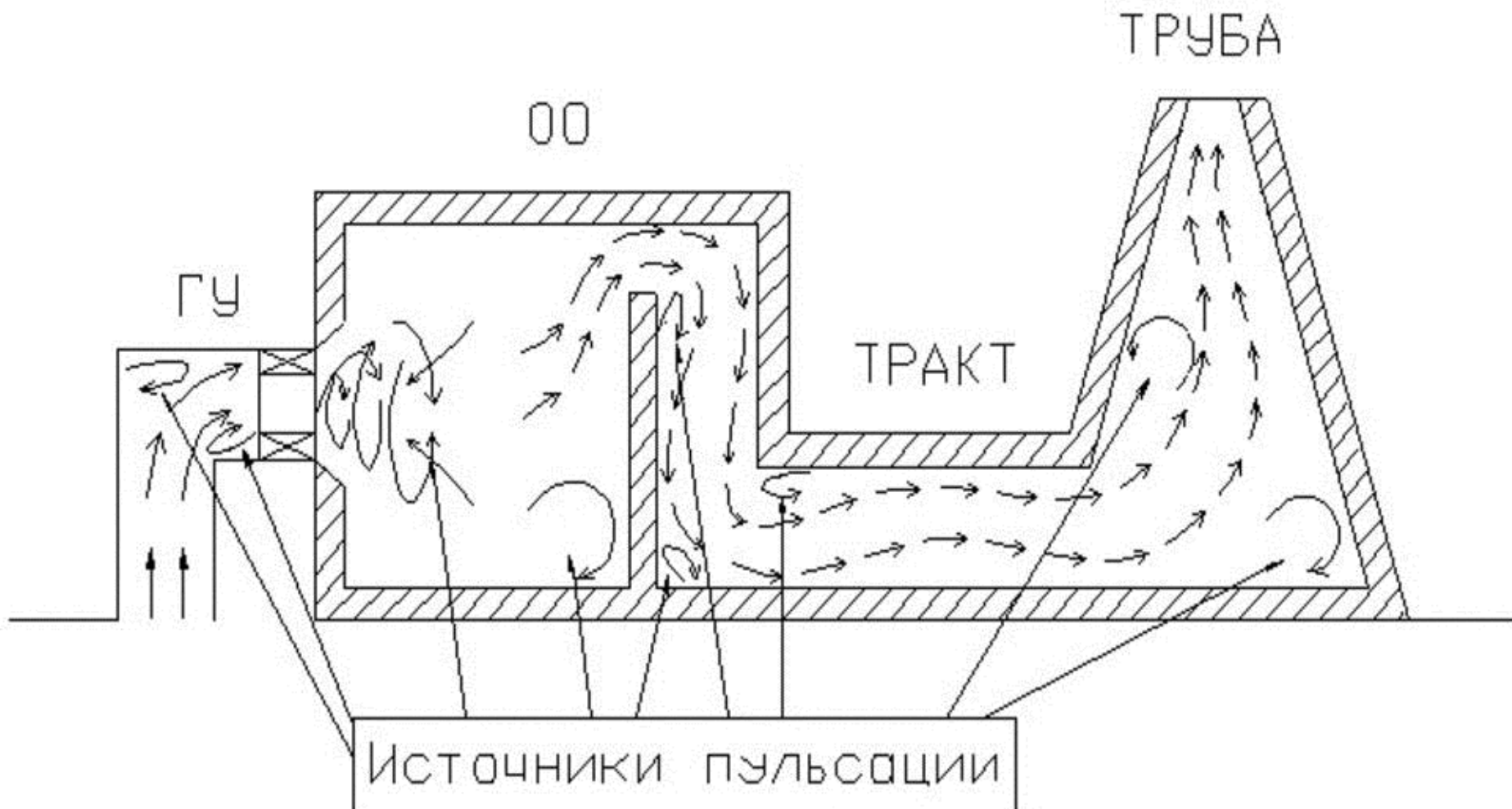
Схема взаимосвязей между процессами в гидротермохимическом подходе к модернизации огнетехнического объекта



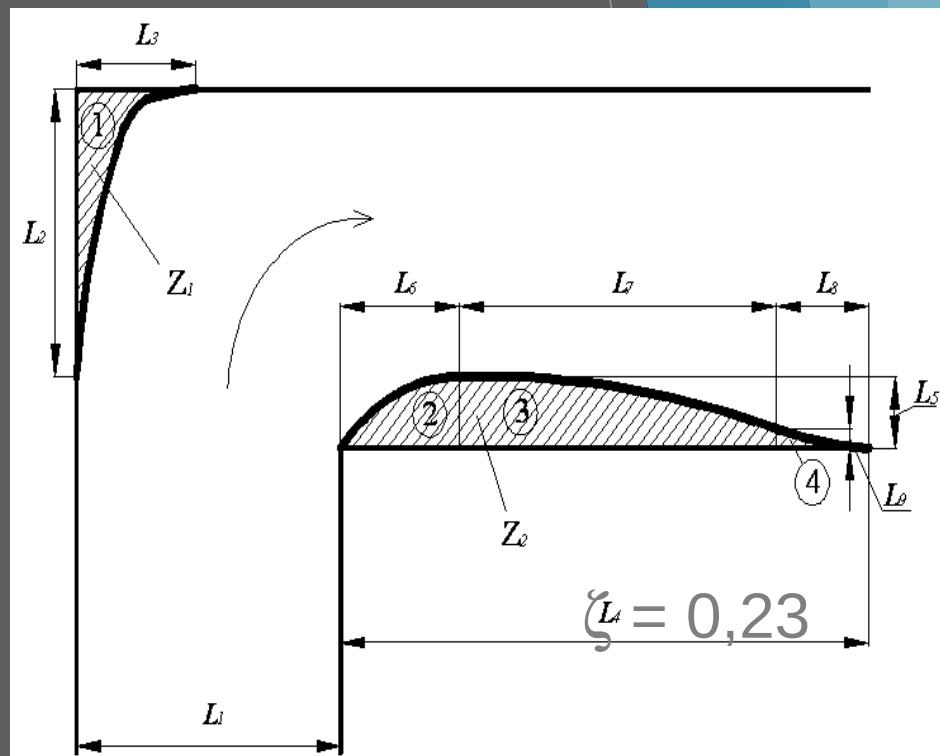
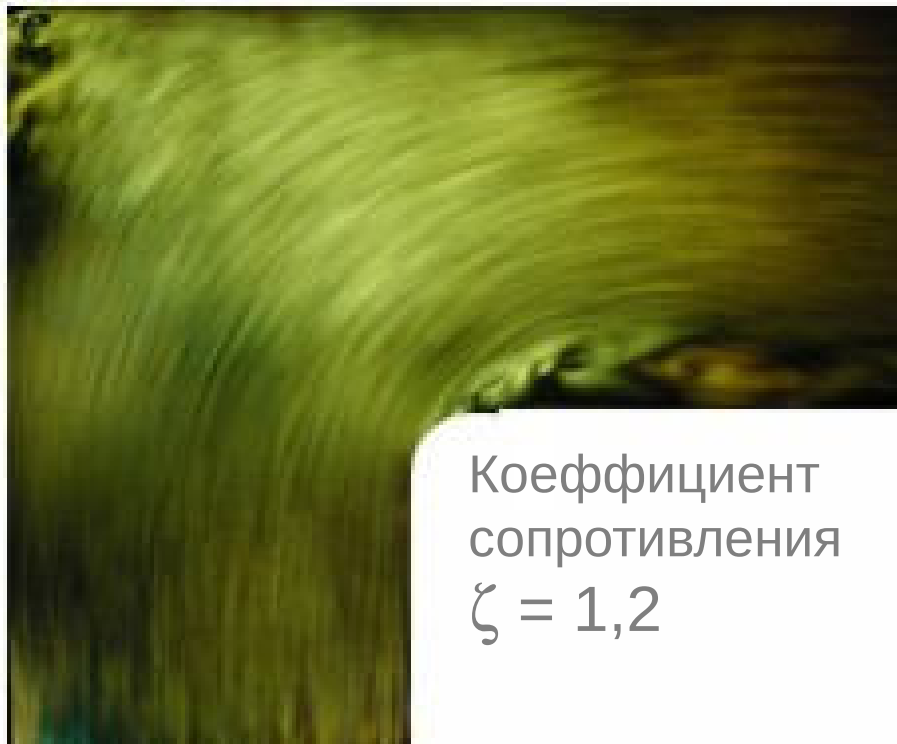
Блок струйно-нишевое горелочное устройство



Аэродинамическая схема ОУ



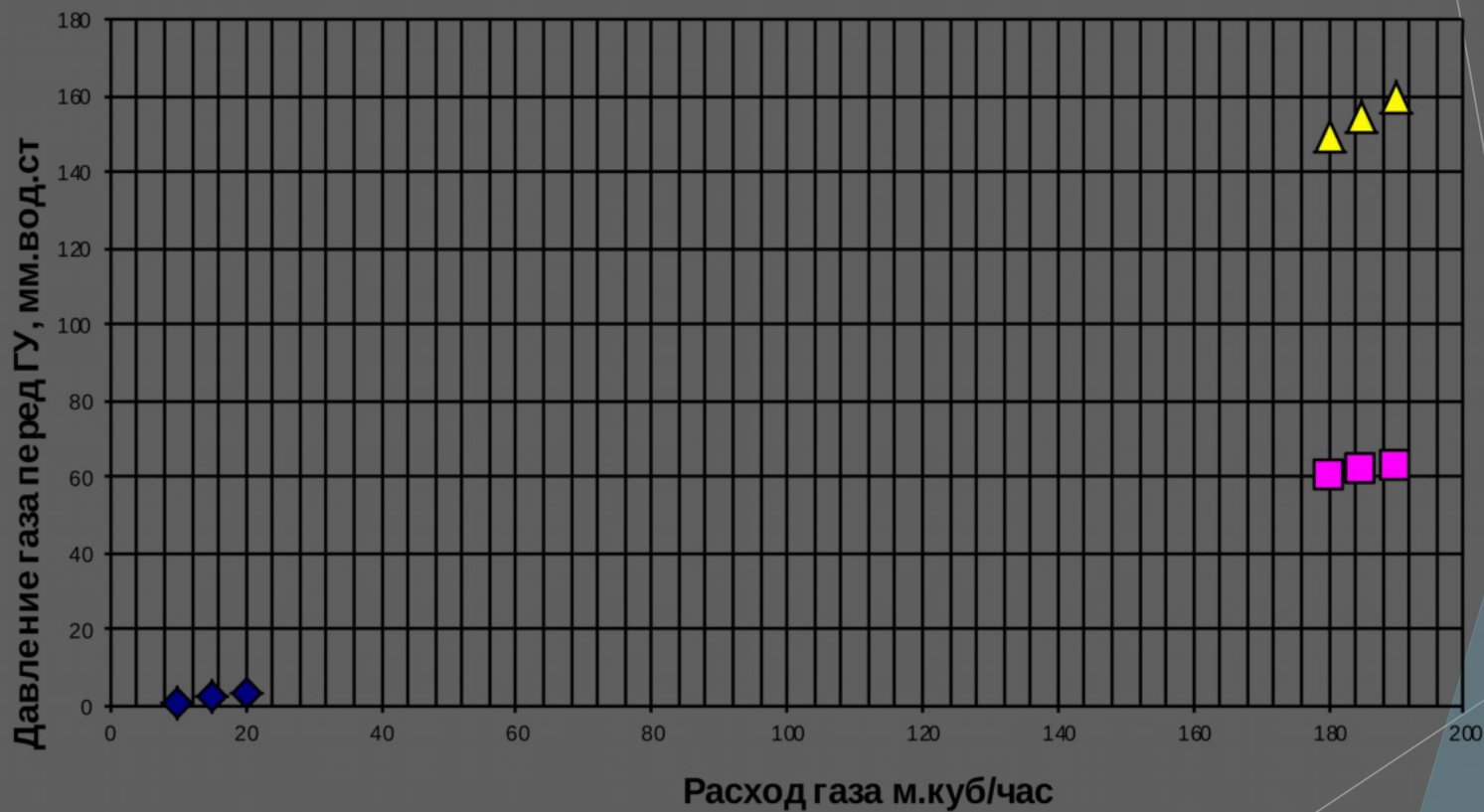
Оптимизация течения окислителя при помощи визуализации структуры потока



Установка амбразуры



Расход и давление газа при запуске ОО с различными горелочными устройствами



—◆— СНТ-33, СНТ-44 —■— ГА-100 —▲— ГМГ-5

Сравнительная таблица существующих горелочных устройств

1. Назва офіційного представництва в Україні		– weishaupt –	
2. З якого року присутні на українському ринку	2002	1998	1994
3. Кількість реалізованих проєктів на території України	1500	2000	800
4. Види паливників	блочні, комбіновані, з виносними вентилями	моноблочні та двоблочні	усі існуючі типи
5. Види палива	газ, мазут (у тому числі M100), дизельне паливо	газоподібне та рідке паливо	газ, рідке паливо
6. Діапазон номінальних теплових потужностей	від 15 кВт до 50 МВт	від 12,5 кВт до 28000 кВт	від 0,01 до 50 МВт
7. Потрібний тиск газу перед паливником	низький, середній, високий	від 8 мбар (80 мм вод. ст.)	1–2500 мм вод. ст.
8. Коефіцієнт надлишку повітря для природного газу	1,01–1,5	1,12	1,01–2,0
9. Емісія забруднюючих речовин NOx, CO	NOx – от 70 мг/м³н, CO – от 3 мг/м³н	NOx не більше 200 мг/м³н, CO не більше 50 мг/м³н – звичайне виконання, виконання LM-NOx – до 60 мг/м³н, CO – сліди	згідно з вимогами до конкретного об'єкта
10. Можливість роботи з повітропідігрівачем	+	+	+
11. Обсяг автоматизації роботи паливника	від мінімального одноступеневого режиму роботи до максимального (безступінчатого регулювання потужності, частотне регулювання обертів вентилятора, корегування процесу спалювання палива в залежності від концентрації шкідливих речовин у відхідних газах, дистанційне керування та діагностика обладнання)	повністю автоматизована робота паливника з цифровим менеджером горіння	максимально можливий
12. Можливості автоматизованої діагностики та віддаленого керування роботою паливника	+	повністю автоматизована діагностика паливника та допоміжних приладів з можливістю підключення зовнішніх шин	+
13. Система автоматизації, що застосовується, прийнята виробництва спеціалізованої фірми чи свого виробництва	система автоматизації застосовується як власного виробництва, так і виробництва відомих світових виробників Siemens або Autoflame	система автоматизації Siemens та Dungs (Німеччина)	власне виробництво та інші виробники

Сравнительная таблица существующих горелочных устройств

 			
ТОВ «Діатек Сервіс» – з 1997, ELCO – з 2005	2001	КВТЕП – 1998, RAY – 2012	2006
30 000 пальників	40	–	200
модульовані з електронною регуляцією, з пневматичною та механічною регуляцією; три-, дво- та одноступеневі	блочні (одно- та двоблочні), комбіновані, з виносним вентилятором	блочні, з відокремленими вентиляторами	конструктивний ряд пальників включає MONOblok-виконання та DUOblok-виконання
газ, дизель, мазут, біогаз, комбінований вид палива	газ, мазут, дизельне паливо, сира нафта, відпрацьовані масла, дрібнодисперсний шлам, бітуми, тваринні жири, рідкі відходи, буровугільна смола, фенольна смола, етанол, бензин, бутан, нафталін, пропан, парафін з асфальтом, торфяний, вугільний, зерновий пил, котельне нафтове	природний газ, скраплений газ, біогаз, штучні технологічні гази, рідке паливо – сира нафта, важкий мазут, легкі палива, технічні масла, жири та інші рідкі відходи виробництва	природне, скраплений газ, біогаз, нестандартні види газу, рідке паливо
14,5 кВт – 50 МВт	від 0,45 МВт до 134 МВт	до 50 МВт	до 44 МВт
від 20 мбар	130 (180 або 260) мбар	від 80 мбар до середнього тиску	від 20 мбар до 4 бар, залежно від потужності пальника та розміру газової арматури
1,0	1,0	від 1,05	від 1,1 до 1,2
відповідно до стандартів Євро 2	NOx – не більше 80 мг/нм ³ , CO – не більше 50 мг/нм ³	у спеціальному виконанні на природному газі NOx – до 80 мг/нм ³ , CO – сліди	ARZ (NOx – до 80 мг/кВт*год) та ARZsuper (NOx – до 60 мг/кВт*год)
+	+	+	+
повна електронна комунікація	пальники повністю автоматизовані, автоматика власного виробництва, підбір автоматики – індивідуальний	дозволяє відпрацьовувати управління співвідношенням повітря–паливо в діапазоні потужності 1:10 у стандартному виконанні, керувати тягодуттсвими машинами з частотним регулюванням	повністю автоматизований
+	Управління пальником може бути здійснене за допомогою мобільного, стаціонарного телефонів та інтернет зв'язку	Система автоматизації дозволяє візуалізацію поточних параметрів пальника на дисплеї та діагностувати роботу пальника на відстані.	+
Siemens, Lamtec	Se@vis – новітня автоматика, виконана на основі програмних логічних контролерів (ПЛК) і програмного забезпечення власної розробки	власного виробництва на основі виробів Siemens и Lamtec	система автоматизації, що застосовується dreizler®, прийнята свого виробництва, на базі комплектуючих відомих фірм, таких як: Lamtec, Krom Schröder, Siemens, Dungs

Модернизация НИИСТУ-5



До модернизации



После модернизации

Модернизация ТВГ-8



До модернизации



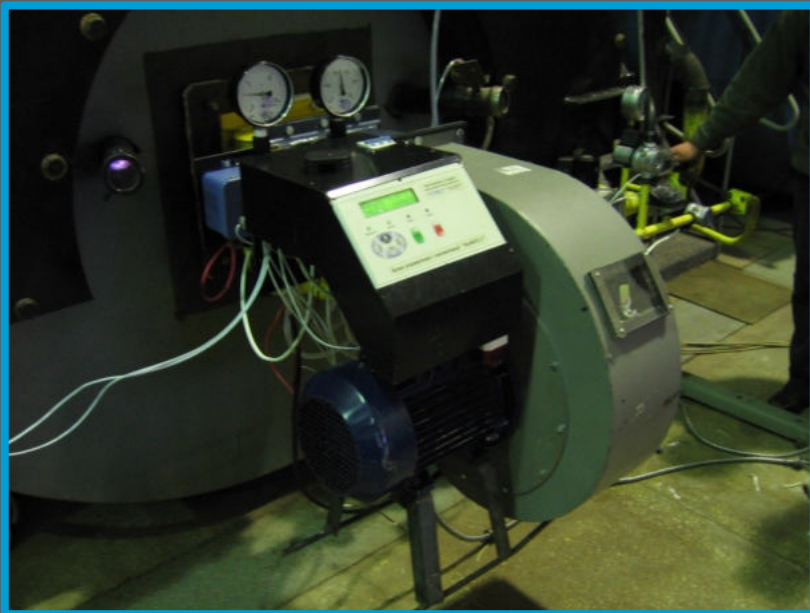
Во время



После модернизации

ТП-170 (Одесская ТЭЦ)





КСВТ-3,15



ДКВР-6,5



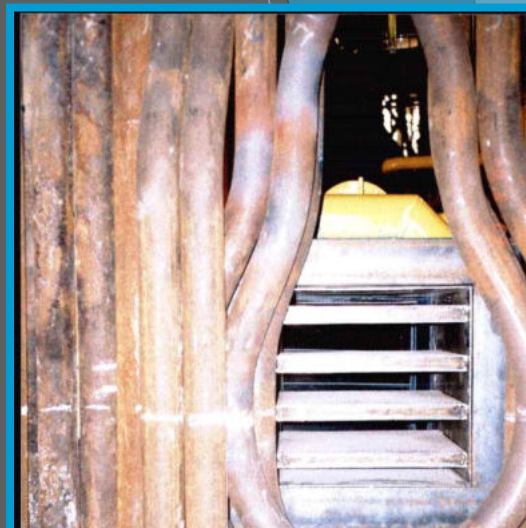
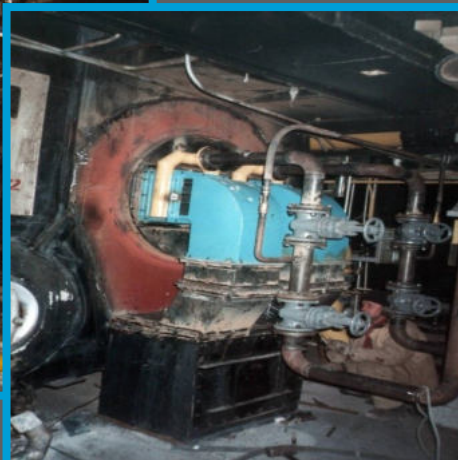
ТВГ-8



ДКВР-10



ДЕ-25



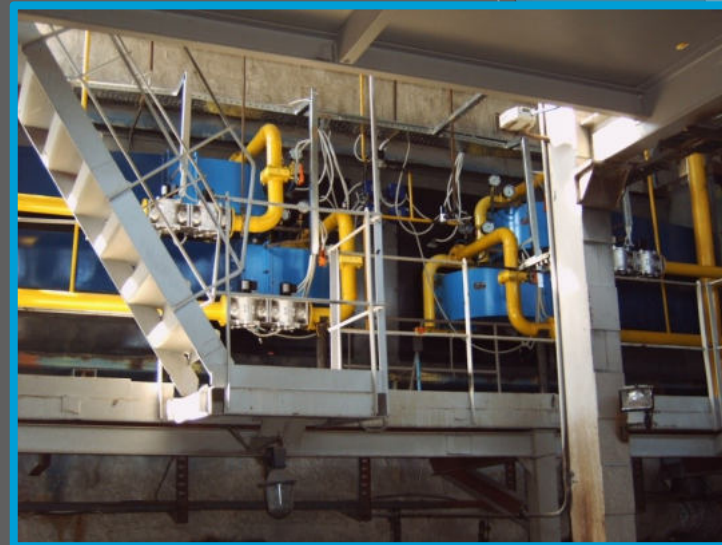
КВГМ-20



ПТВМ-30М



ПТВМ-50



КВГМ-50

ОП-50

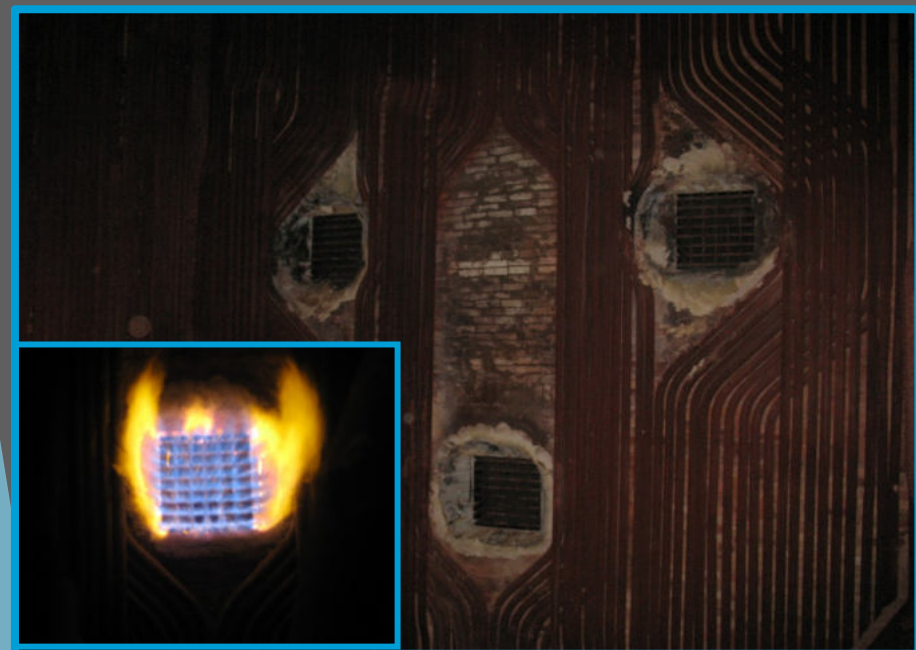




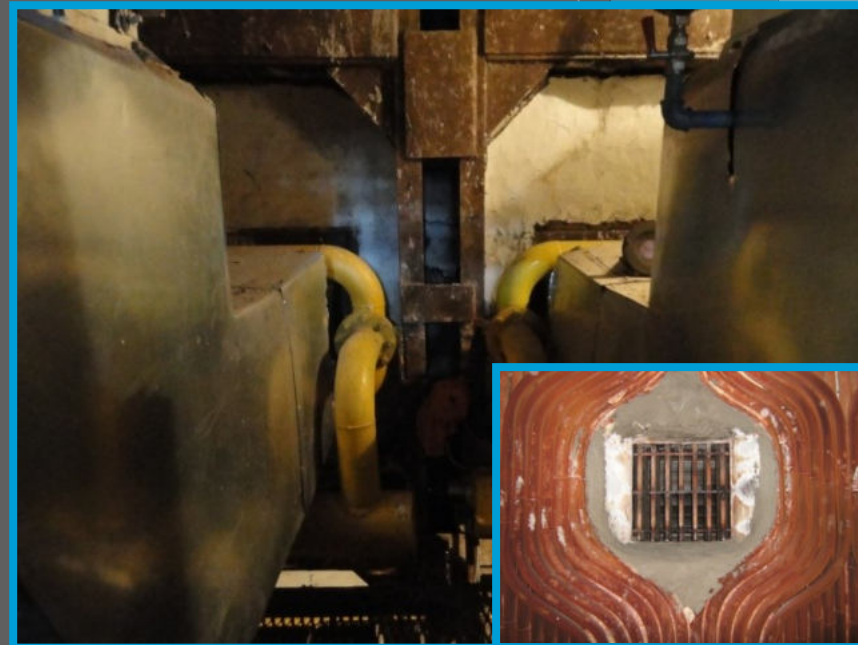
ПТВМ-100



КВГМ-50



ТП-170



БКЗ-160

Стенды сушки и разогрева стальной



ММК
«Ильича»



Енакиевский
металлурги-
ческий завод



Запорожсталь

Вращающаяся печь



Плавильная печь



Объекты металлургической промышленности

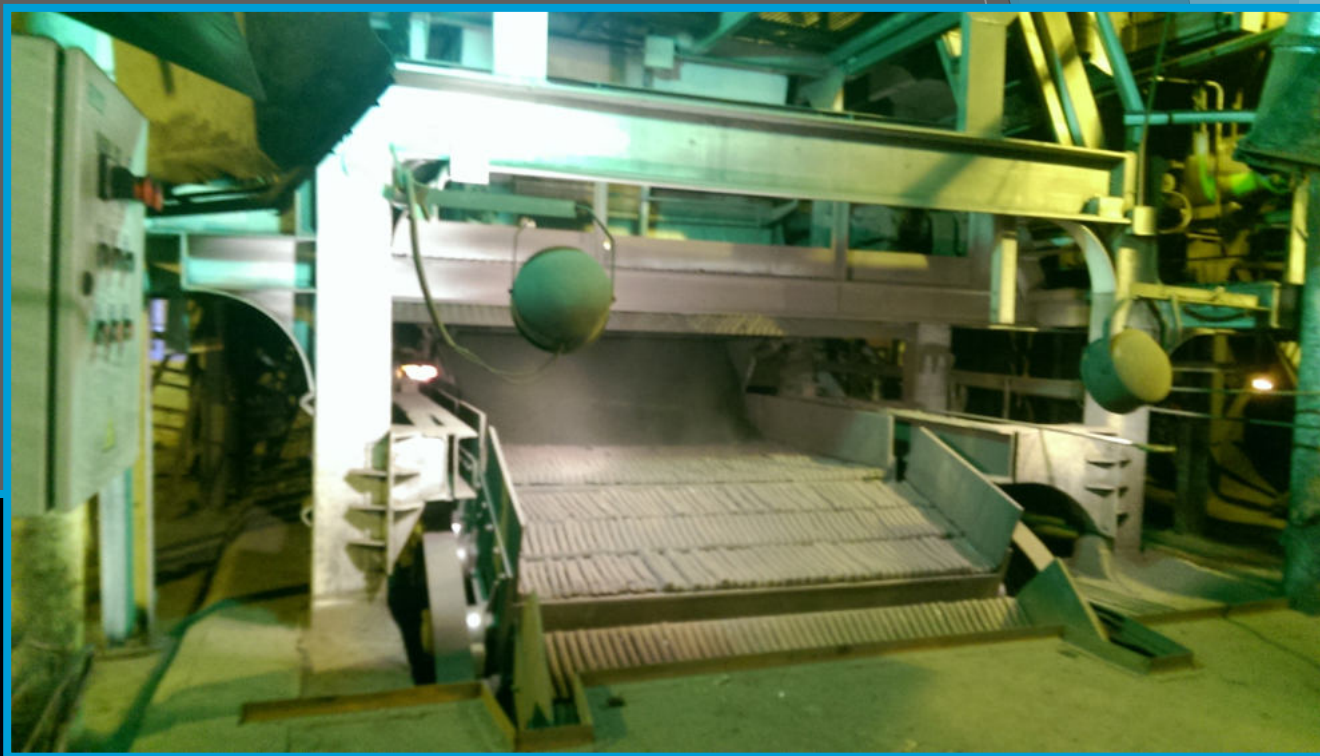
Мартеновская
печь



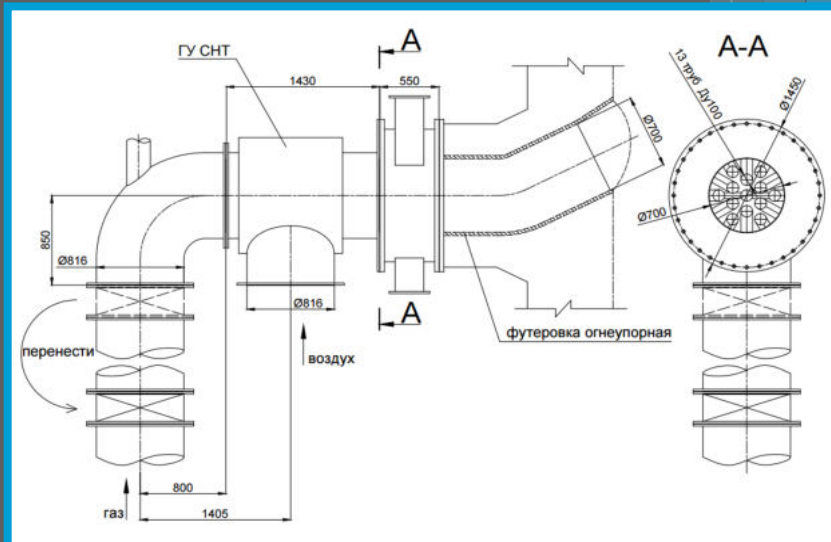
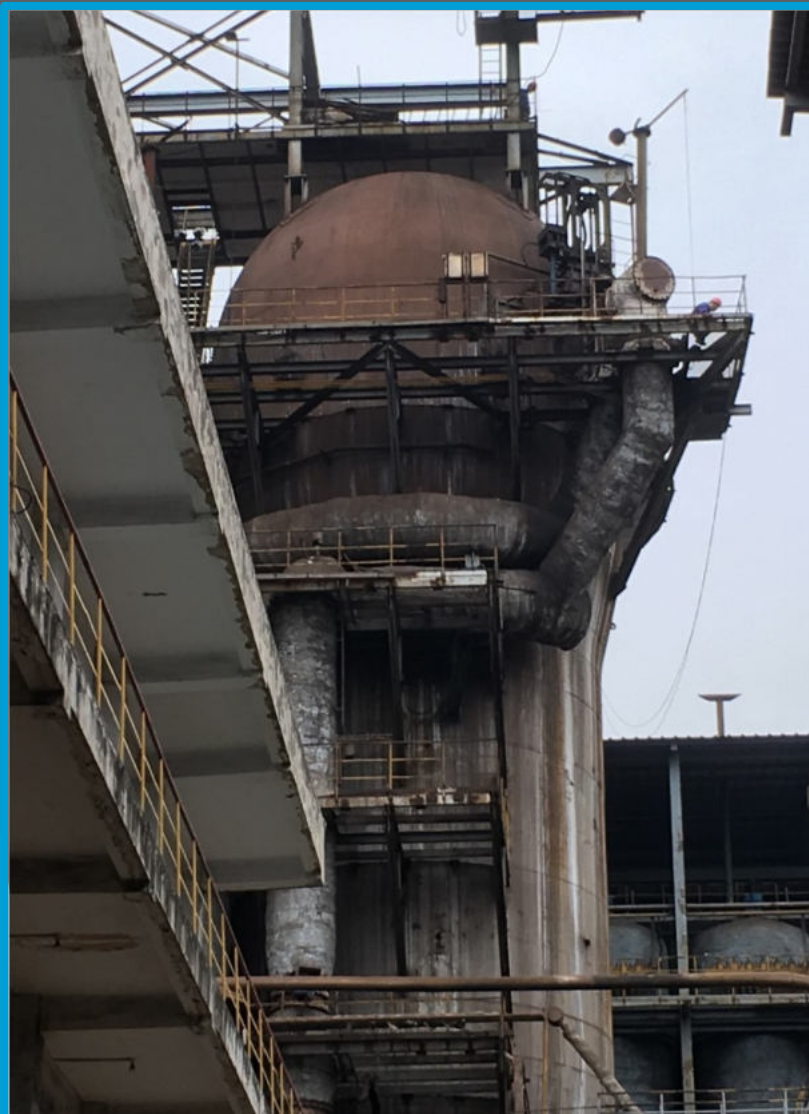
Миксер



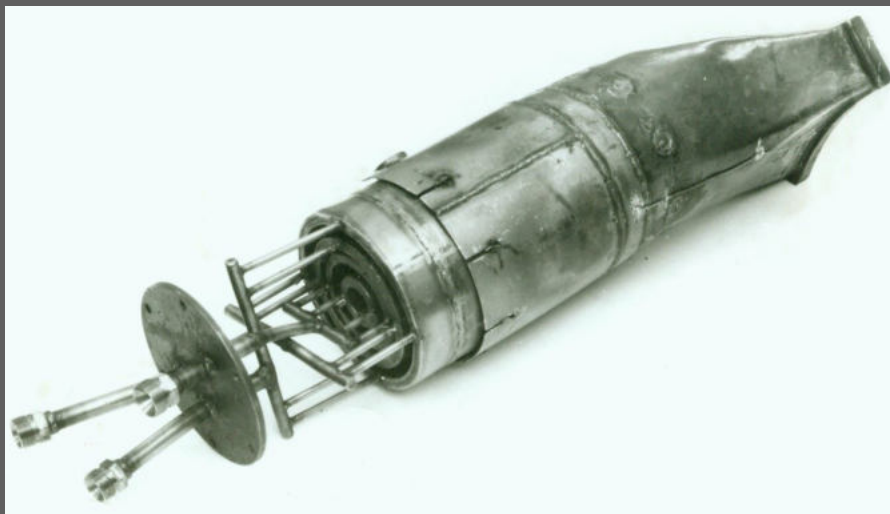
Агломерационная машина



Подогреватель газа для доменной печи, г.Сянминь, КНР



Объекты газотранспортной системы Украины



Камера сгорания КС ГТ-16 на
основе СНТ

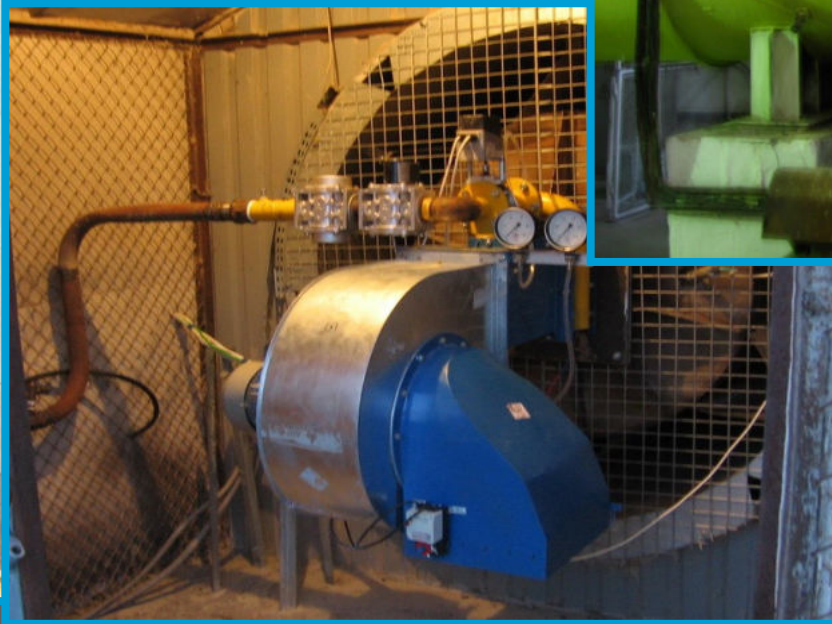


Подогреватель газа после
модернизации

Объекты аграрной промышленности



**Вертикальная
зерносушарка**

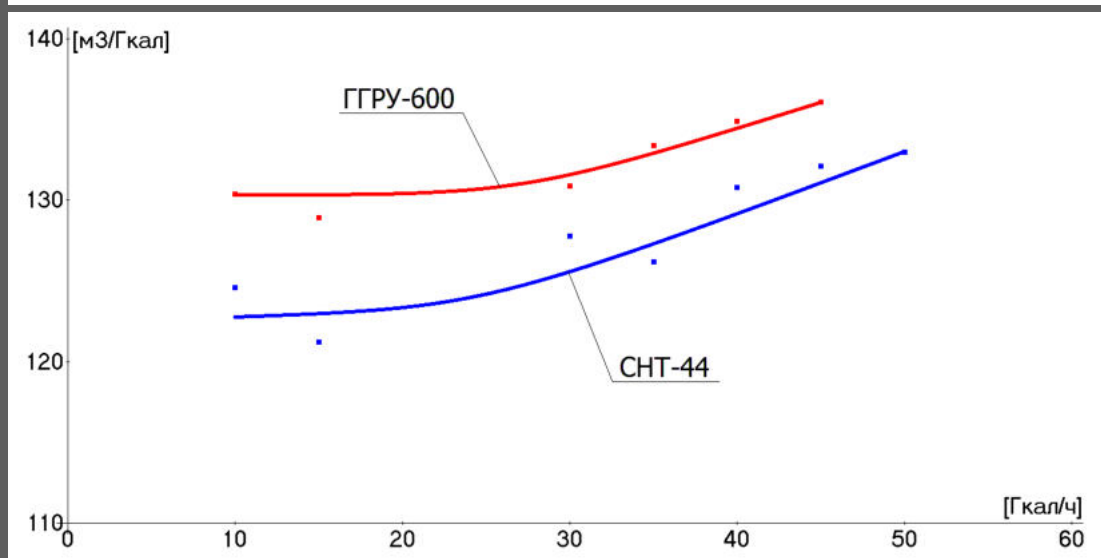
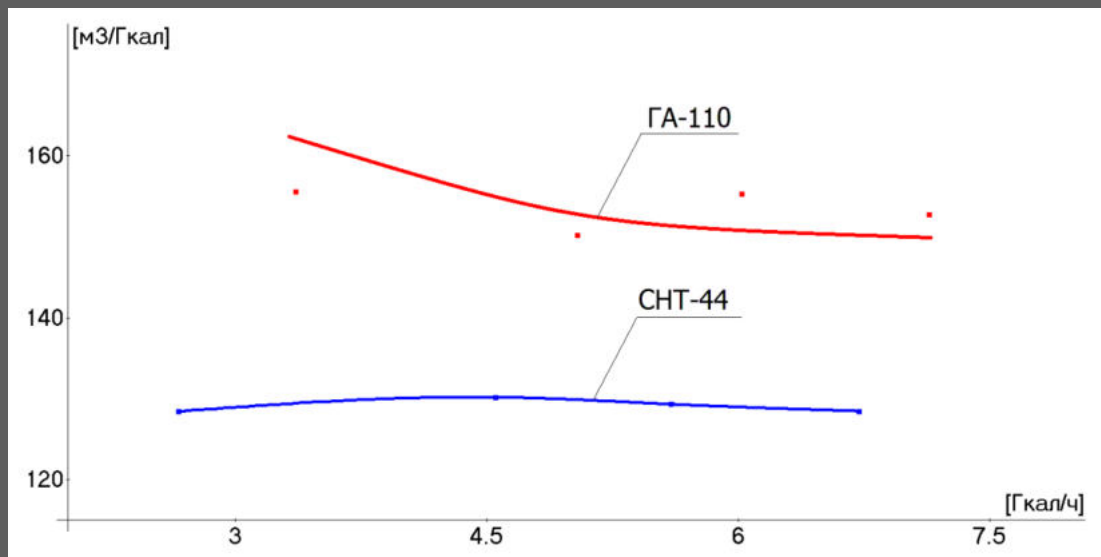


**Зерносушарка с
блочной ГУ СНТ**



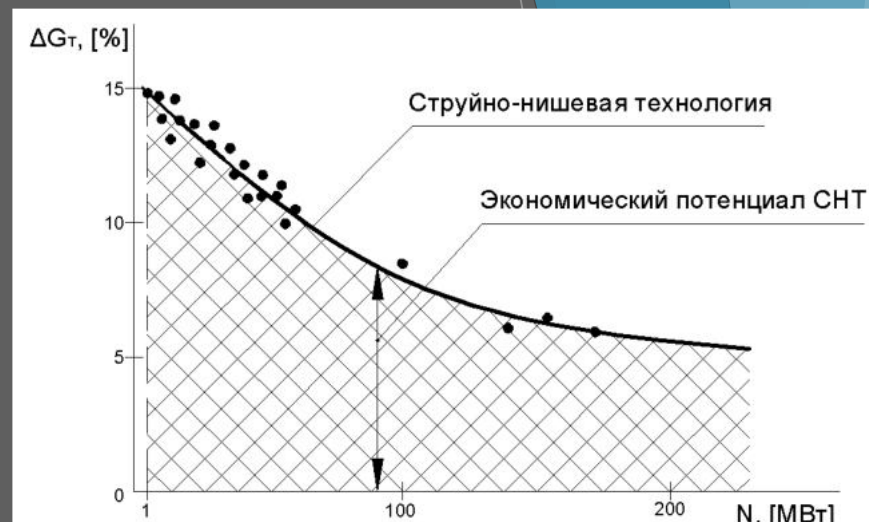
Жомосушка

Тестирование СНТ на котлах ДКВР-10 и ПТВМ-50

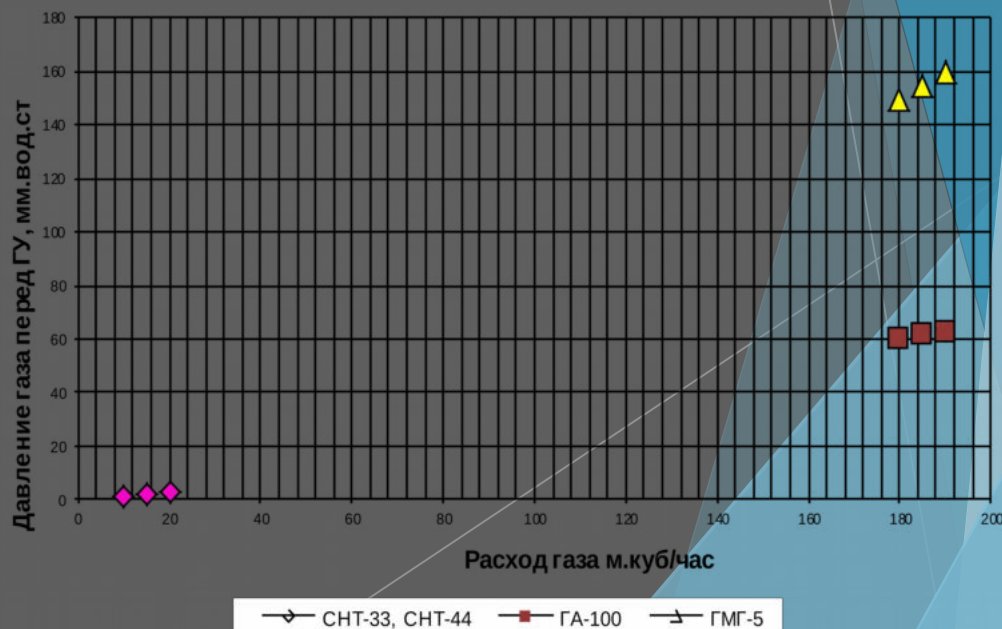


КПД и ЭКОНОМИЧНОСТЬ СНТ

Гарантированный уровень экономии с использованием *СНТ*



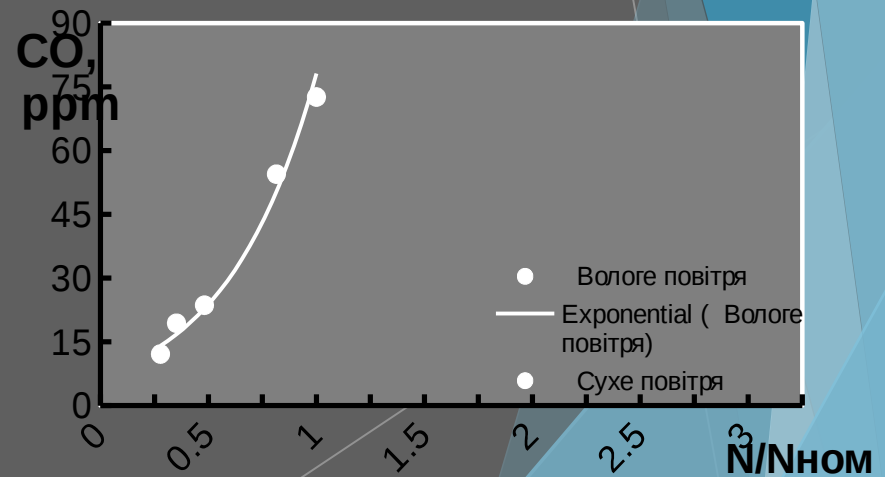
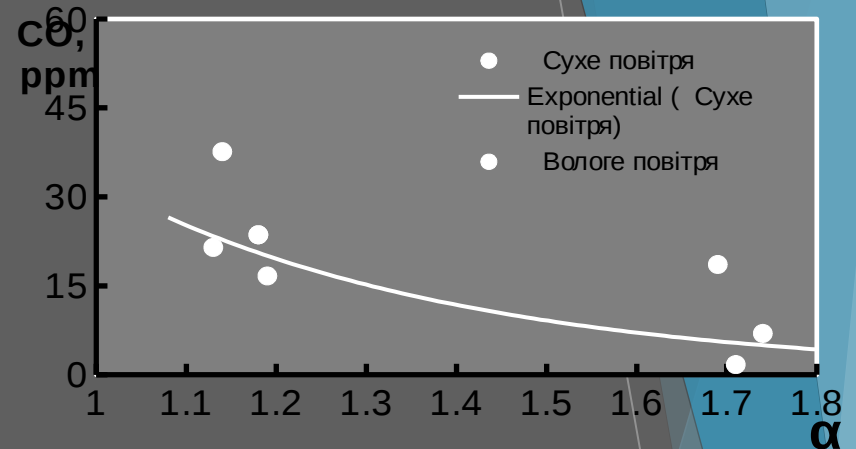
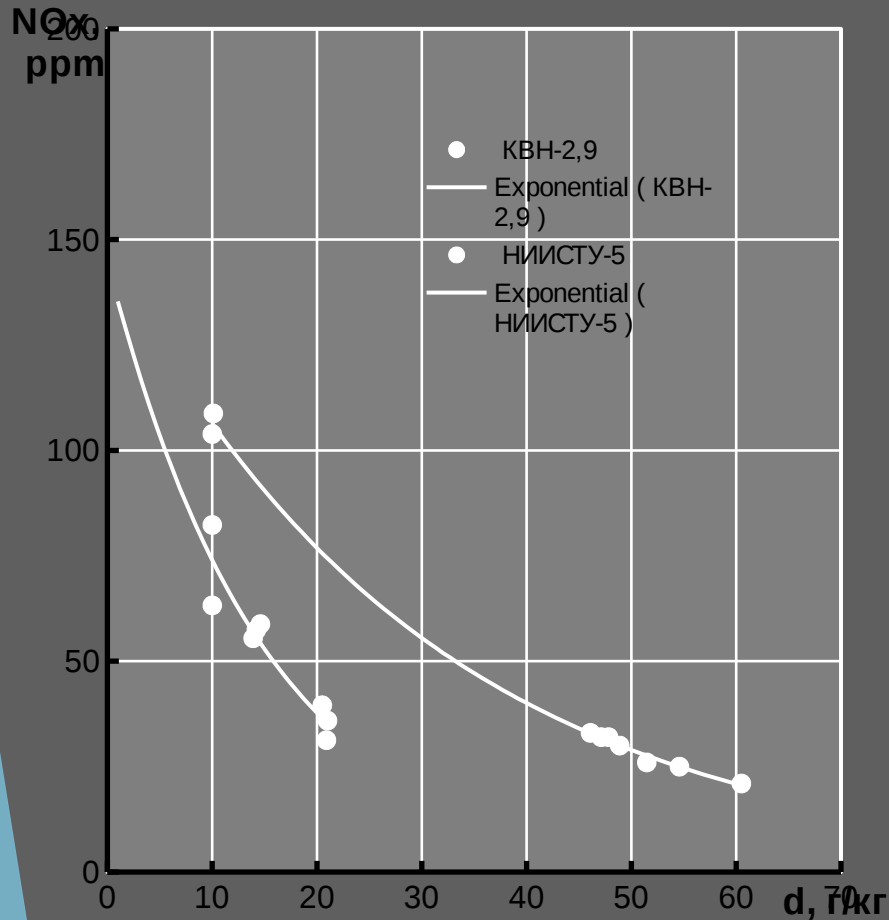
Расход и давление
газа при запуске ОО с
различными
горелочными
устройствами





Технологические методы подавления эмиссии оксидов азота

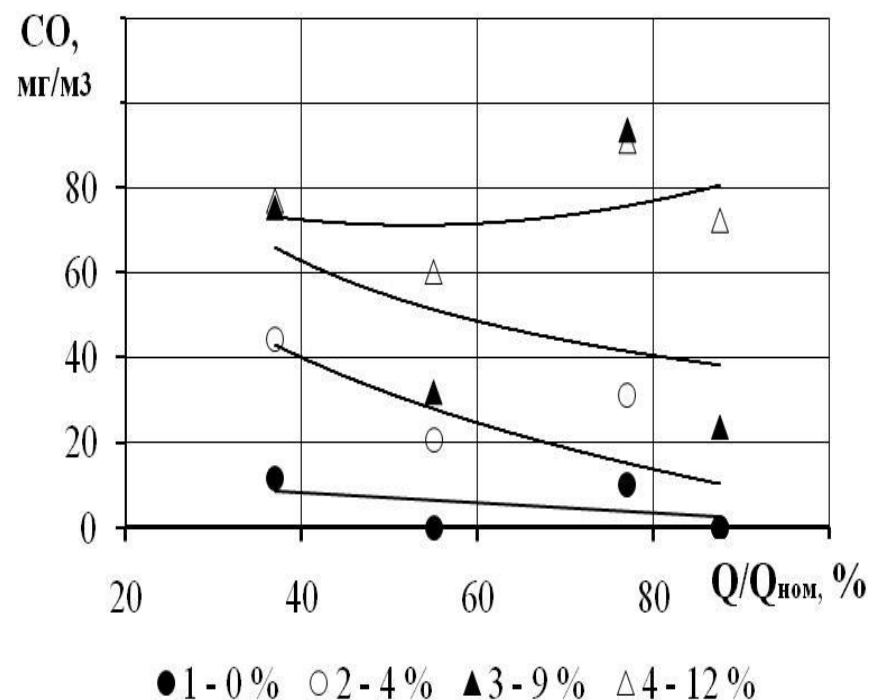
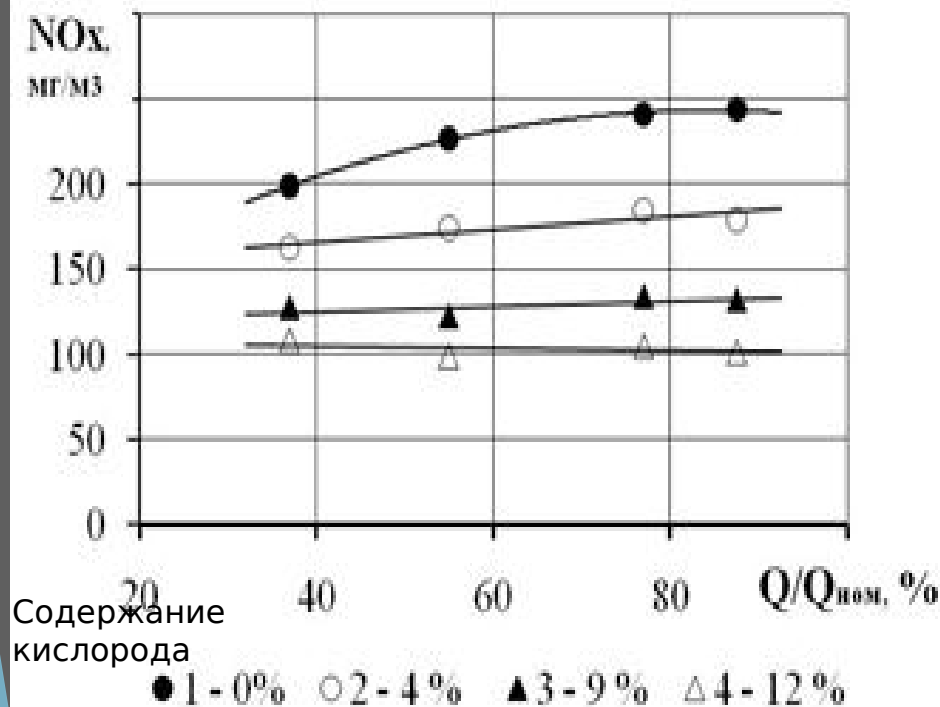
Увлажнение воздуха



d – влагосодержание смеси перед ГУ, г/кг
 α – коэффициент избытка воздуха.

Технологические методы подавления эмиссии оксидов азота

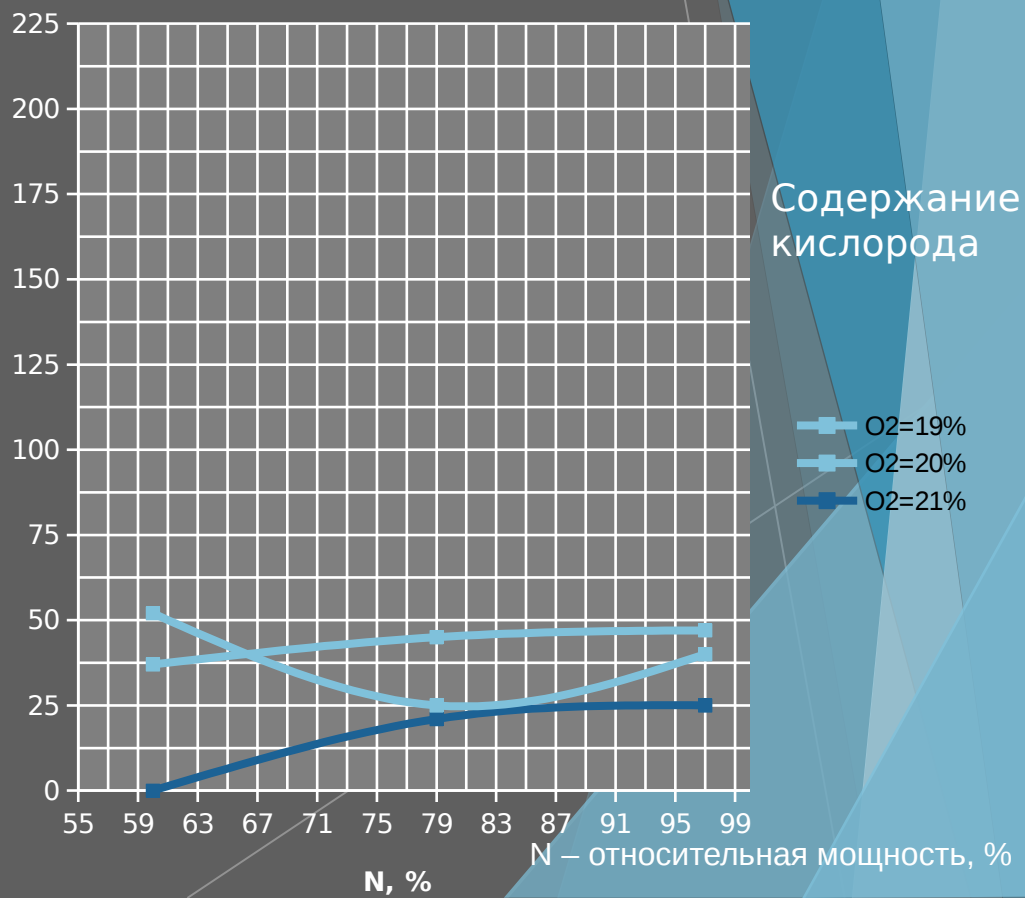
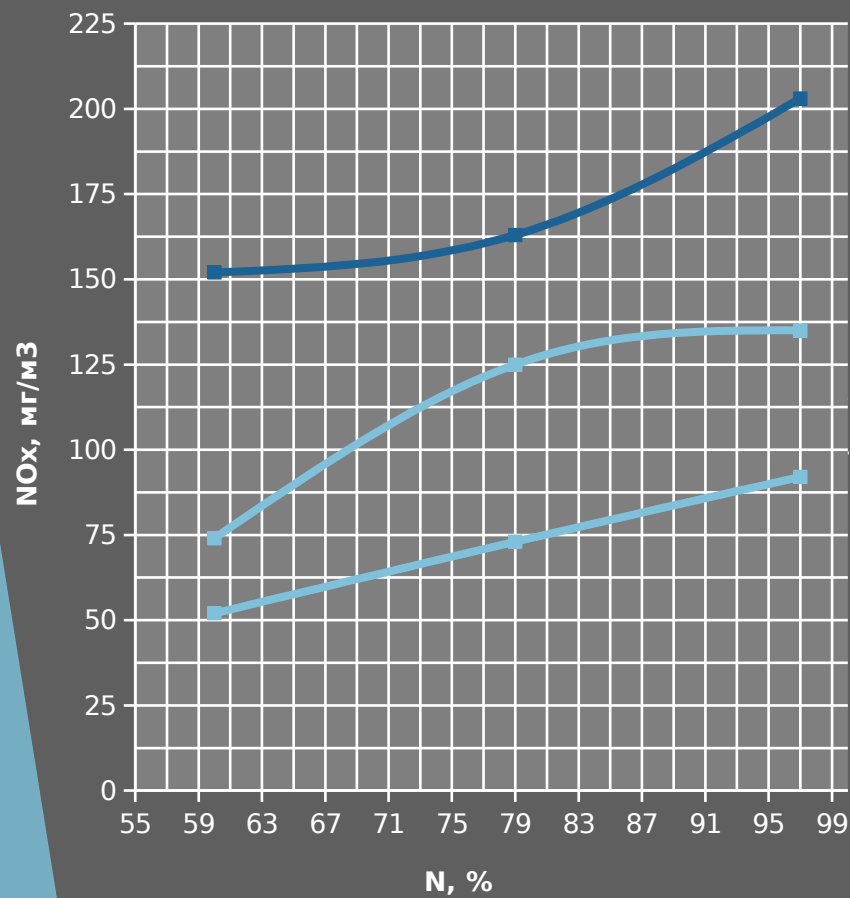
Организация двухстадийного сжигания с рециркуляцией дымовых газов для различного содержания кислорода в газо-воздушной смеси (Котел КВГ-6,5, КПД 92%, Житомир)



- $Q/Q_{ном}$ – относительная мощность котла КВГ-6,5

Технологические методы подавления эмиссии оксидов азота

Организация двухстадийного сжигания с
рециркуляцией дымовых газов для различного
содержания кислорода в газо-воздушной смеси
(Котел ДКВР-10, КПД 93%, Ровно)



Работы по снижению уровня шума на котлах



Искусственные горючие газы

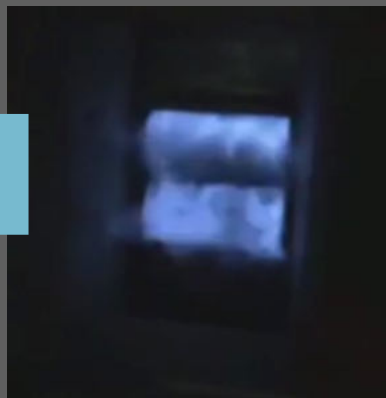
Газ	Калорийность	Расход воздуха	Температура горения
	ккал/м ³	м ³ /м ³	°C
Водород	2580	2,3	2200
Сжиженный	24839	27,4	2100
Природный	8100	9,7	2000
Коксовый	3774	3,8	2100
Генераторный	1100-2269	1-2,1	1600-2000
Доменный	700-950	0,8	1400

Экспериментальная установка СНТ для сжигания искусственных газов



Опыт сжигания искусственных газов

Доменный



Генераторный



Коксовый



**Украина,
г .Киев, ул. Кирилловская 102
+38 (044) 462-52-62
www.nposnt.com**

**Благодарим за
внимание!**

