

# **Повышение эффективности газовых котлов путем комплексной модернизации**

---

---

**Д-р. Кястутис Буйнявичюс**

**Центр научных исследований и развития «Enerstena»**

**Каунасский технологический университет  
Каф.Тепловой и атомной энергетики**

# Цели модернизации

---

---

- **Повысить КПД котла = снизить расход топлива**
- **Уменьшить вероятность ошибок персонала = увеличить надежность и безопасность**
- **Уменьшить количество обслуживающего персонала = иметь более качественный персонал**
- **Уменьшить выбросы вредных веществ = готовиться к выполнению требований ЕС**

# Повышение КПД котлов

## Реконструкция котлов

---

---

- Установка дополнительных поверхностей нагрева котла → + мощность + КПД 2-3 % + повышение надежности
- Изменение мест установки горелок и уменьшение их количества → + КПД 1-3 % + уменьшение расходов на замену горелок
- Уплотнение котла → + КПД 1-2 % + повышение надежности + уменьшение персонала + снижение выбросов

# Повышение КПД котлов. Экономайзеры

---

- Установка за котлами экономайзеров → + КПД 1-3 %
- Наиболее эффективным мероприятием является установка конденсационных экономайзеров → + КПД 7 -10%
- Экономайзеры могут быть индивидуальными для котла или общими для нескольких котлов

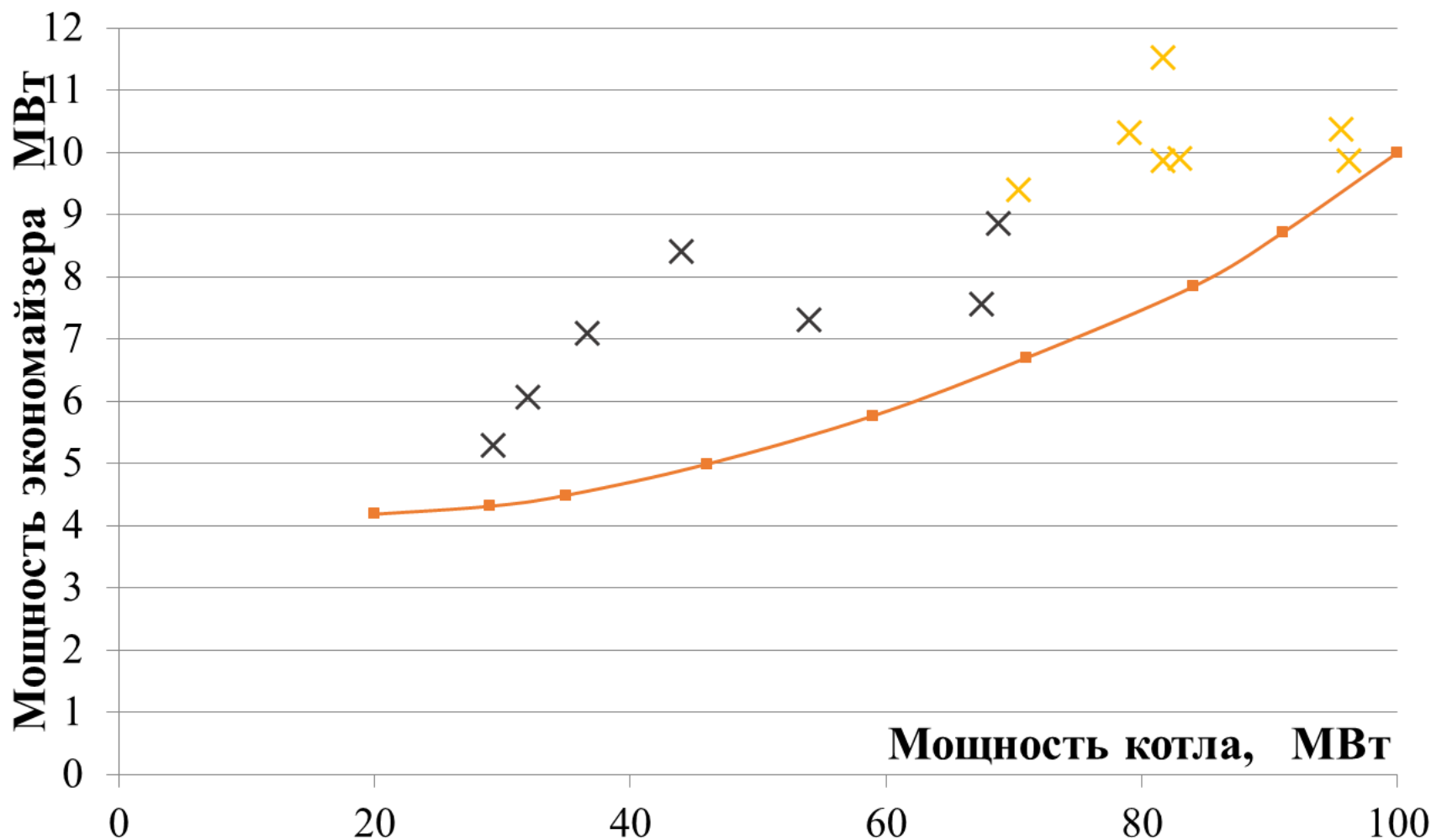
# Повышение КПД котлов. Автоматизация

---

---

- Автоматизация котла и существующих горелок → + КПД 1-? % + повышение надежности
- Автоматизация котла и модернизация существующих горелок → + КПД 2-3 % + повышение надежности + уменьшение персонала
- Замена горелок – всех или части → + КПД 2-3 % + повышение надежности + уменьшение персонала + снижение выбросов

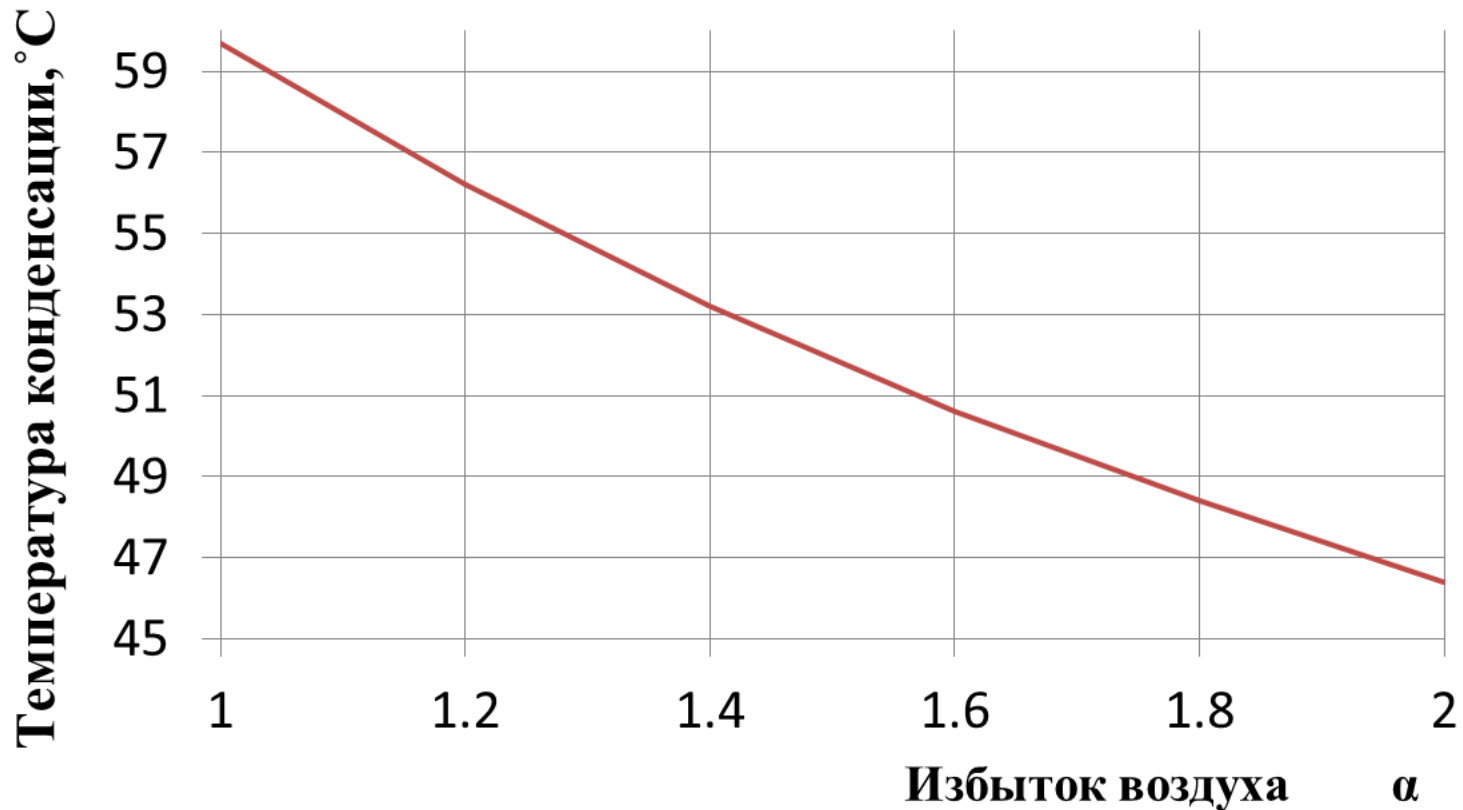
# Фактическая производительность конденсационного экономайзера котла 100 МВт



# Зависимость температуры конденсации водяных паров от избытка воздуха в дымовых газах

---

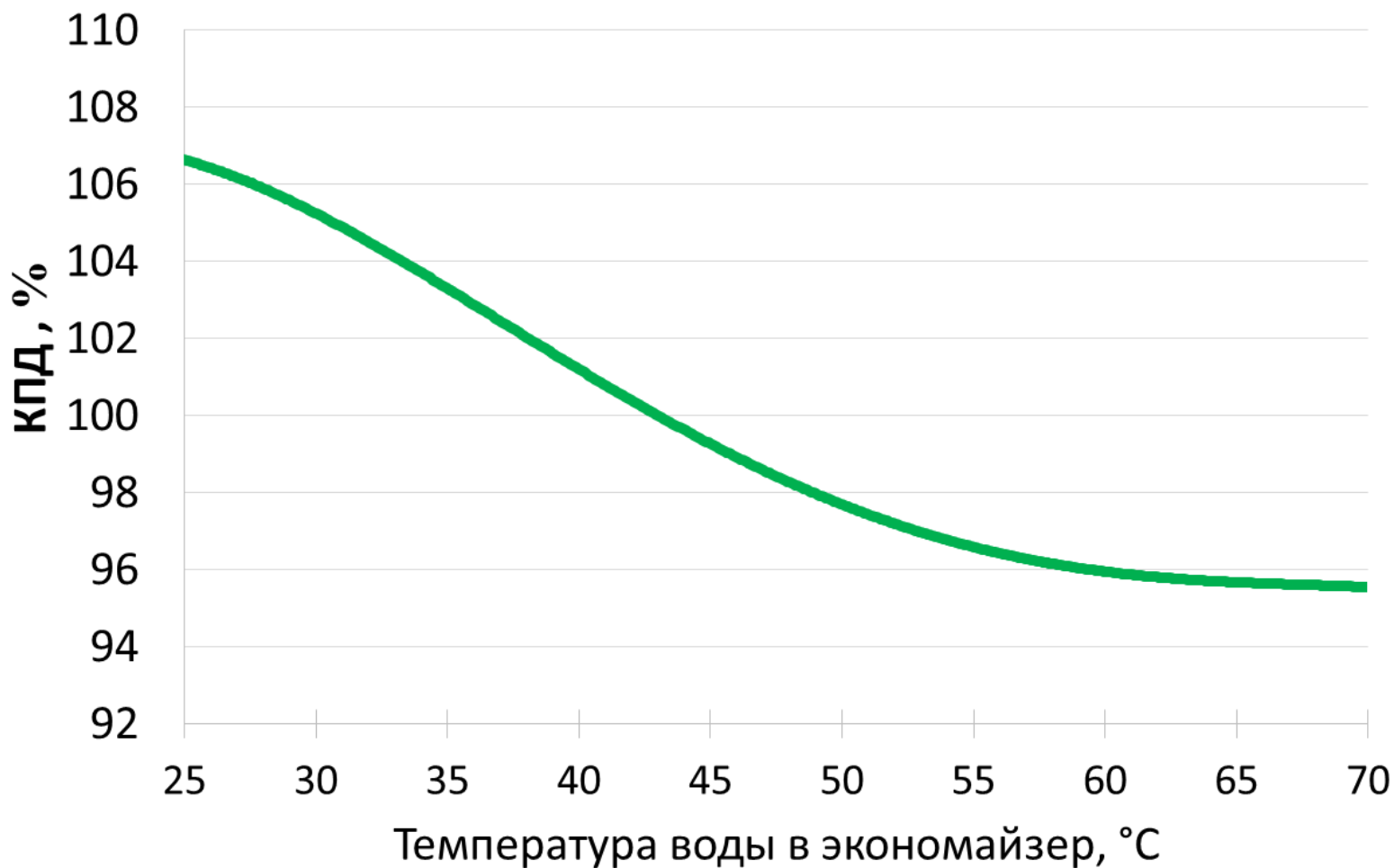
---



# КПД котла с конденсационным экономайзером

---

---





# Модернизация котлов

---

Большинство водогрейных котлов в наших котельных были построены 30 и более лет тому назад, поэтому они не в полной мере удовлетворяют современных требований:

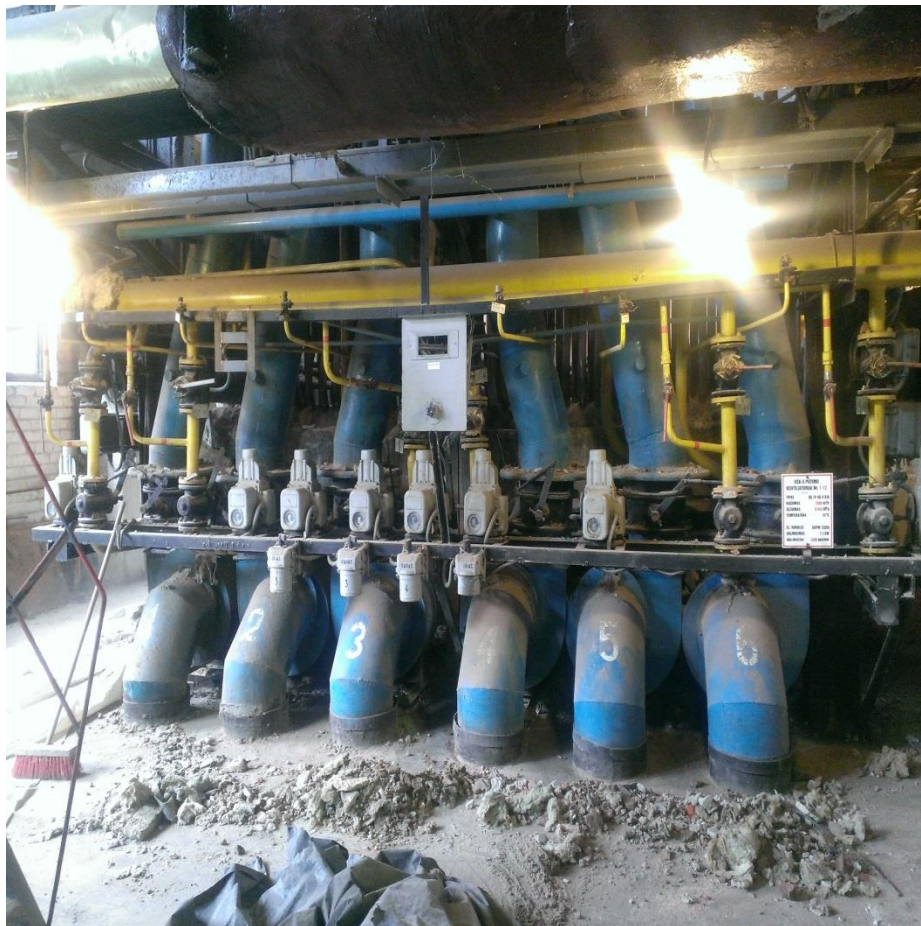
- имеют низкий КПД,
- работают с повышенным избытком воздуха
- не удовлетворяют экологических норм NOx
- требуют много ручных операций
- горелки ПТВМ не имеют режима модуляции
- нет регулятора температуры воды за котлом
- угловые горелки ПТВМ работают неэффективно,
- нижние экранные трубы имеют недостаточный обогрев, и пр.

## II. Модернизация котлов 3

Арматура, приборы изменения и средства управления котла ПТВМ-50 до модернизации

---

---



# Решения по модернизации котлов типа ПТВМ 1

---

## Модернизация заводских горелок.

Решения в себя включают:

- разработку проекта горелок,
- формовку геометрии амбразуры горелки,
- замену воздушных завихрителей и газовых колец,
- установка типа-У паро-мазутных форсунок.

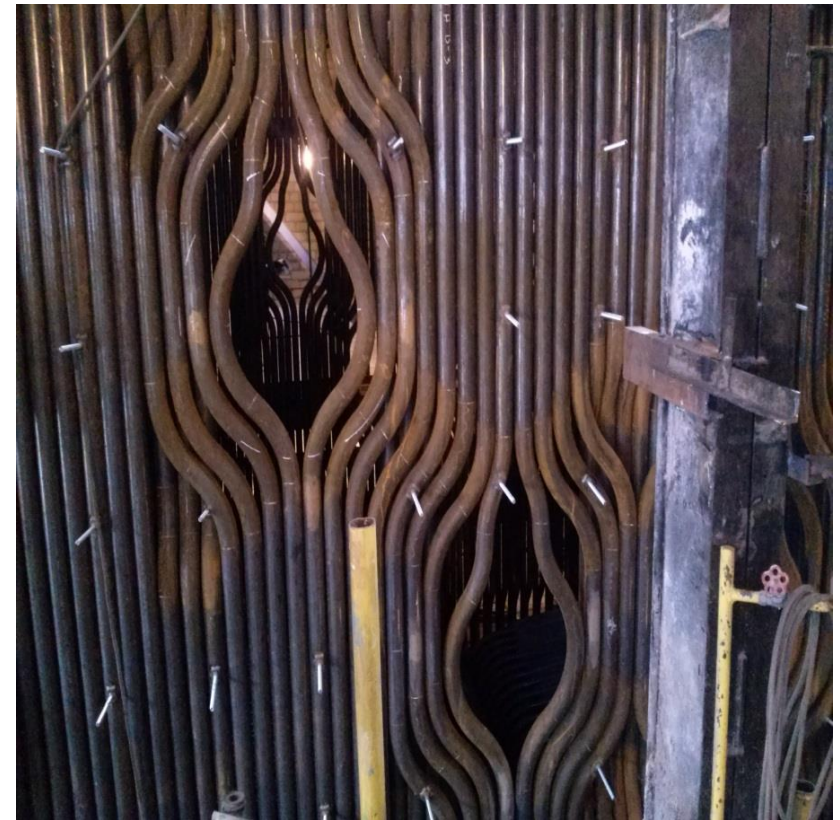
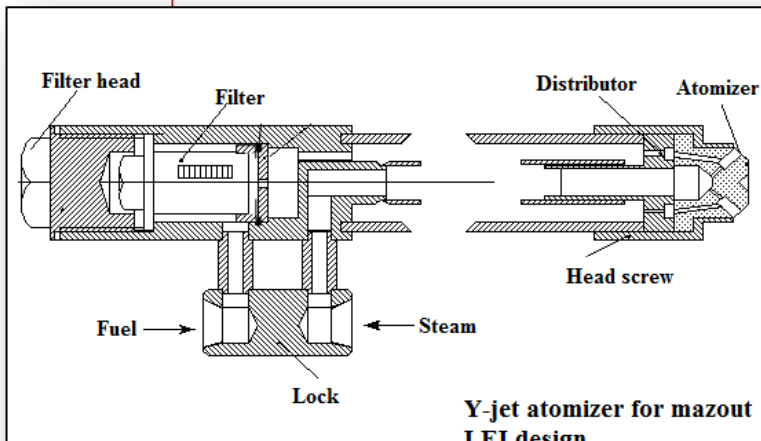
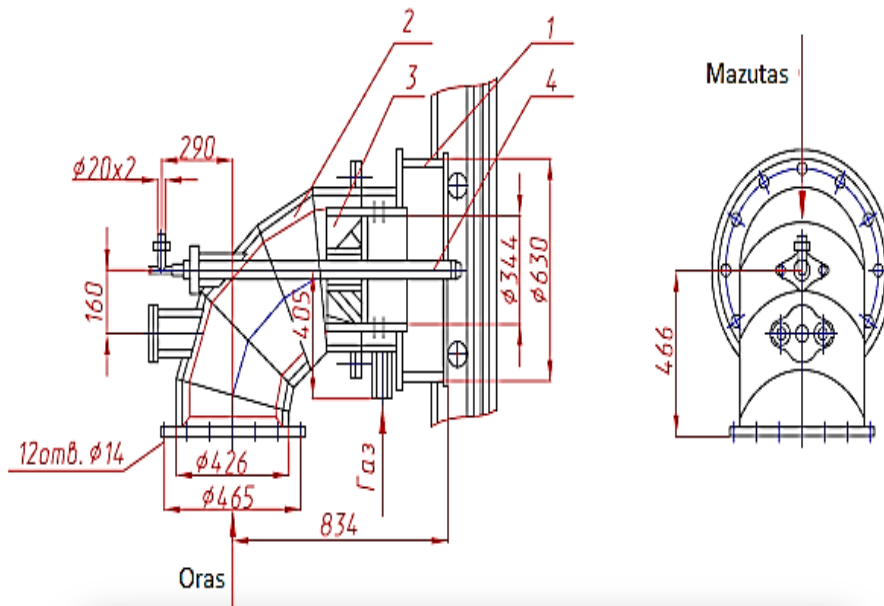
Такая модернизация горелок позволяет регулировать их производительность в диапазоне от 50 до 100 процентов на газовом топливе и в диапазоне от 70 до 100 процентов на мазуте.

**В отдельных случаях можно рассматривать и вариант с заменой заводских горелок на полностью автоматизированные горелки, но внедрение этого варианта является наиболее благоприятным только во время осуществления капитального ремонта котла из за необходимости замены экранных труб в зонах установки новых горелок.**



# Решения по модернизации котлов типа ПТВМ 2

## Модернизация горелок и капитальный ремонт котла ПТВМ-50

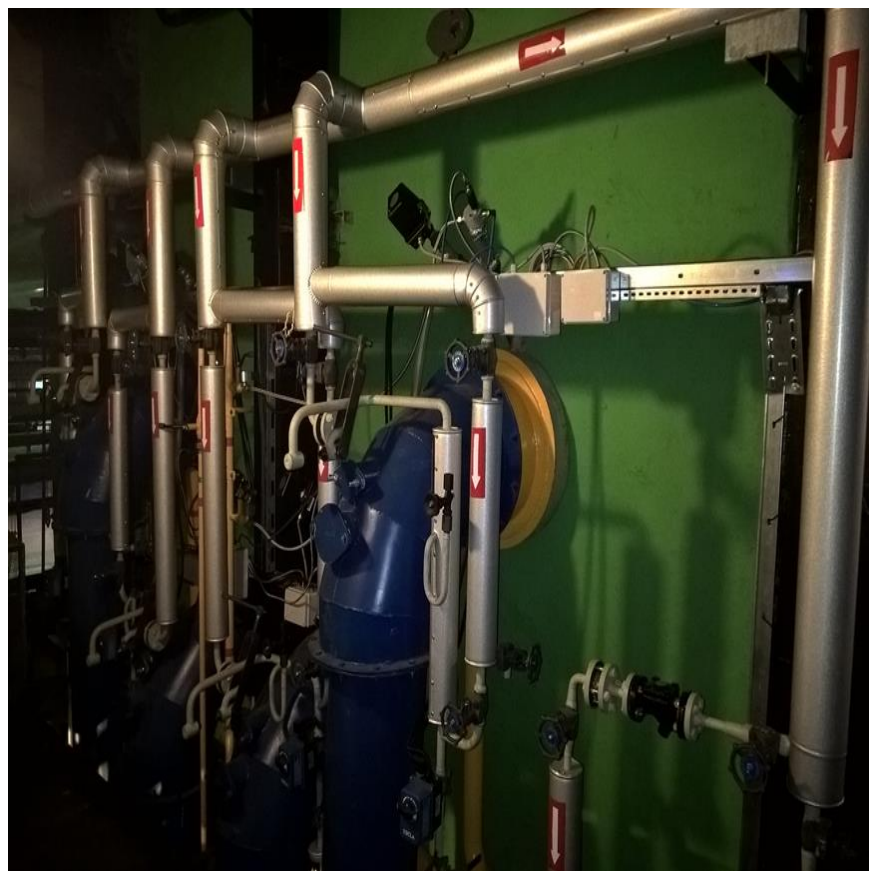


# Решения по модернизации котлов типа ПТВМ 12

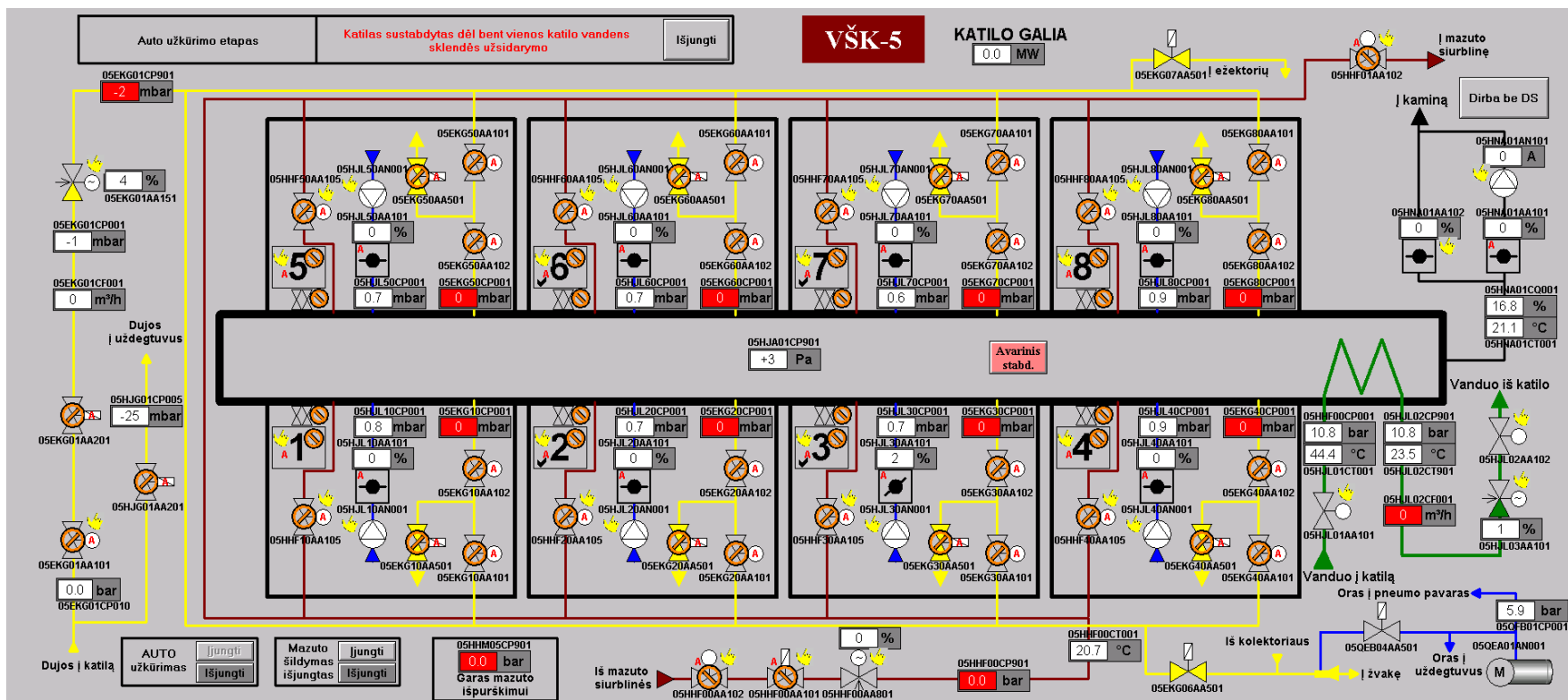
## Модернизированный ПТВМ-50

---

---



# Модернизированная система управления котла ПТВМ-50. Рабочее место на пульте



| ...  | Nr.   | Data       | Laikas   | Pranešimas                         | Vieta                                                       | Kodas               | Būsenā |
|------|-------|------------|----------|------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------|--------|
| 81   | 4108  | 2016/09/11 | 14:08:42 | Pirmatnējais pētījums              | 201. Vandens stāvs priekš mugurkaulāja roktura              | VSK-5_PPR_40000PH00 | Jauns  |
| 82   | 819   | 2016/09/14 | 08:13:51 | Atkārtotā tehnoloģiskā audzība tag | Leģa drošības ierīču izveide                                | PH-11216            | Jauns  |
| 83   | 761   | 2016/09/15 | 01:57:52 | Sveģeļi                            | Uzdevuma izpilde                                            | VSK005              | Jauns  |
| 84   | 1639  | 2016/09/15 | 08:07:58 | Medušu un tehnoloģiskā dzimē tag   | Vandens hidsis (6 katli) VSK-1                              | PP-34               | Jauns  |
| ▶ 85 | 41263 | 2016/09/15 | 09:10:16 | Apsaugsā suveikē                   | VSK-5. Apsaugos. Uzdevums bērt viena katilo vandens skliedē | VSK5_PPR_9          | Jauks  |

|          |         |            |
|----------|---------|------------|
| Bendr.   | VŠK-1   | ELEKT.     |
| GK2      | GK3     | 2016 09 15 |
| GK6      | GK7     | 09:23:37   |
| Kuras    | Ekon.   |            |
| Garai    | Mazutas |            |
| Grafikas | Param.  |            |
| Matav.   | Atask.  |            |

# Результаты модернизации котла ПТВМ-50

## Объект АО "Panevėžio energija"

После завершения проекта по модернизации водогрейного котла ПТВМ-50 на АО "Панявежская энергия" были достигнуты следующие результаты:

### Топливо газ:

| Параметр            | До модернизации                         | После модернизации                | Замечания                  |
|---------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| Диапазон модуляции  | не было                                 | 14,7MW - 25,5MW<br>28,2MW-44,1MW* | 4 горелки<br>Все 8 горелок |
| Избыточный кислород | 1,25 (4 горелки)<br>1,14 (все горелки)* | 1,06-1,13<br>(весь диапазон)      |                            |
| КПД                 | 89,2 проц.                              | 91,8 проц.                        |                            |
| NOx                 | 250 мг/м3                               | 185 мг/м3                         | При номинале               |

### Топливо мазут:

| Параметр            | До модернизации                         | После модернизации                | Замечания                |
|---------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| Диапазон модуляции  | не было                                 | 16,2MW - 23,9MW<br>31,3MW-45,8MW* | 4 горелки<br>все горелок |
| Избыточный кислород | 1,35 (4 горелки)<br>1,18 (все горелки)* | 1,08-1,18<br>(весь диапазон)      |                          |
| КПД                 | 89,6 проц.                              | 92,2 проц.                        |                          |
| NOx                 | 441 мг/м3                               | 344 мг/м3                         | При номинале             |



# Котел ПТВМ-50, „Panevėžio Energija“

---

С целью выйти из сферы регулирования директивы 2010/75/EU мощность котла понижена до 44 МВт снижением количества горелок до 8 и их реконструкция

Мощность горелки 5,5 МВт

Избыток воздуха  $< 1,1$

NO<sub>x</sub> 160 мг/м<sup>3</sup> (газ)

NO<sub>x</sub> 350 мг/м<sup>3</sup> (мазут)

CO  $< 10$  мг/м<sup>3</sup>.

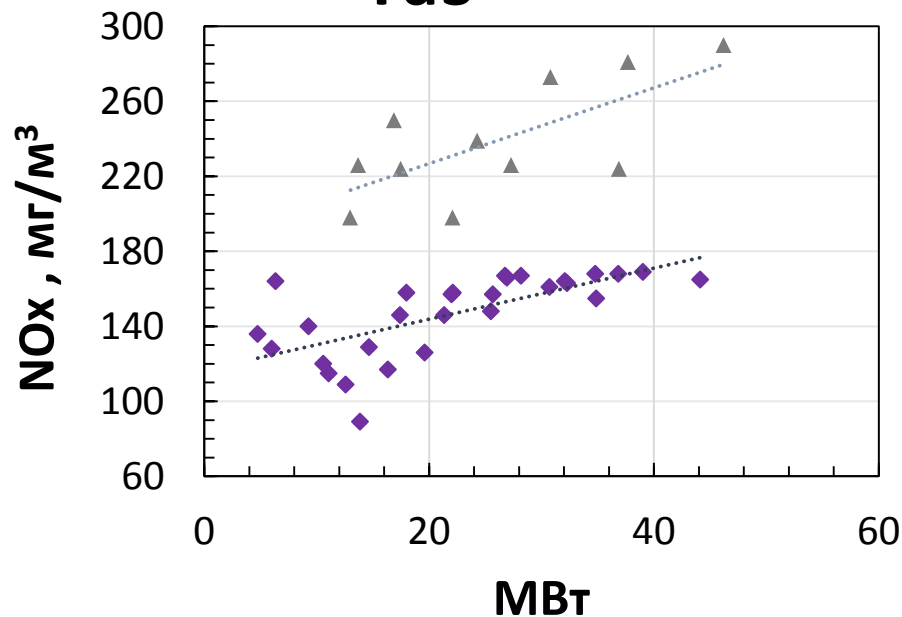




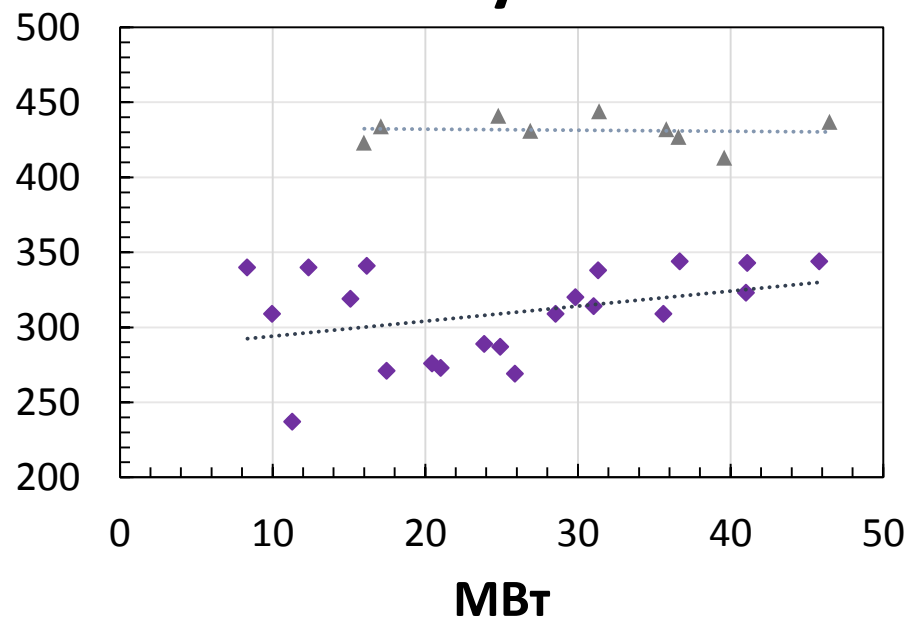
# Котел ПТВМ-50, „Panevėžio Energija“

Концентрация  $\text{NO}_x$  до и после реконструкции  $\text{CO} < 10 \text{ мг/м}^3$

Газ



Мазут



# Котел ПТВМ-100 „Vilniaus Energija“

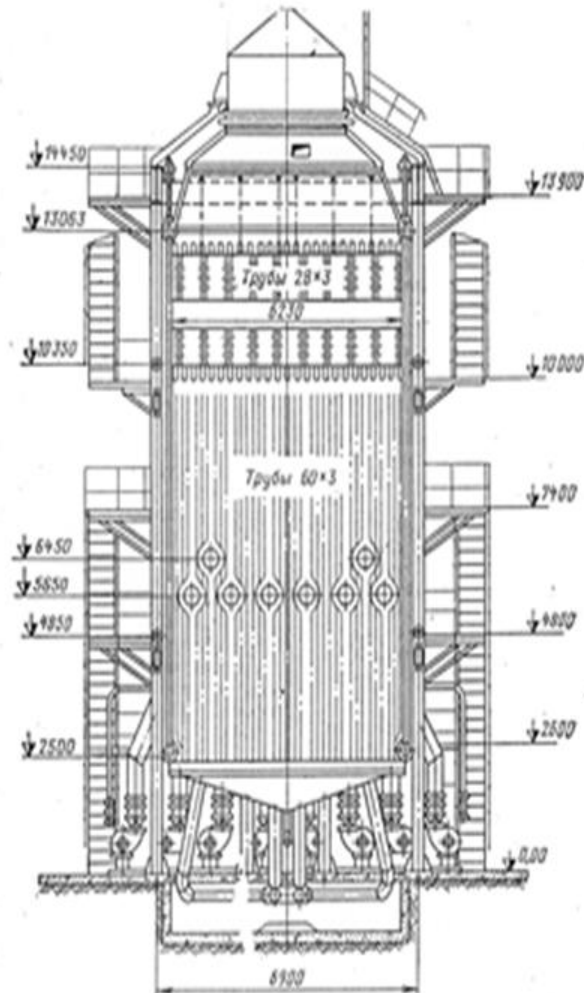
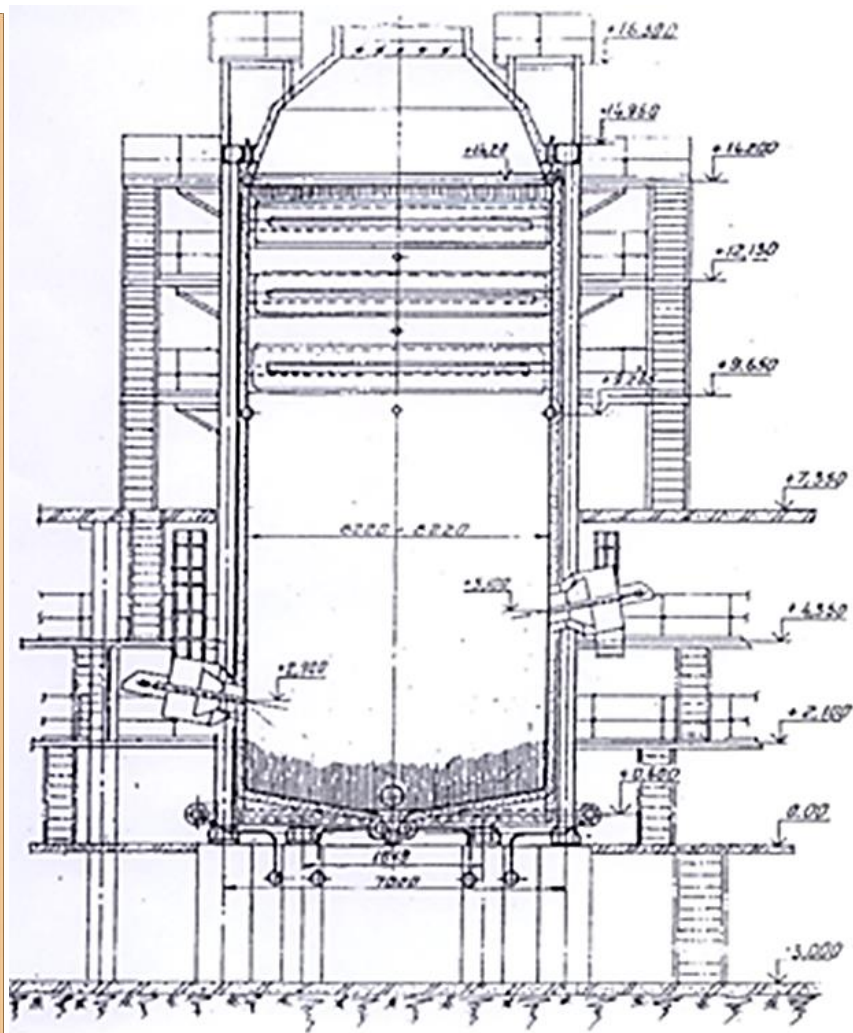
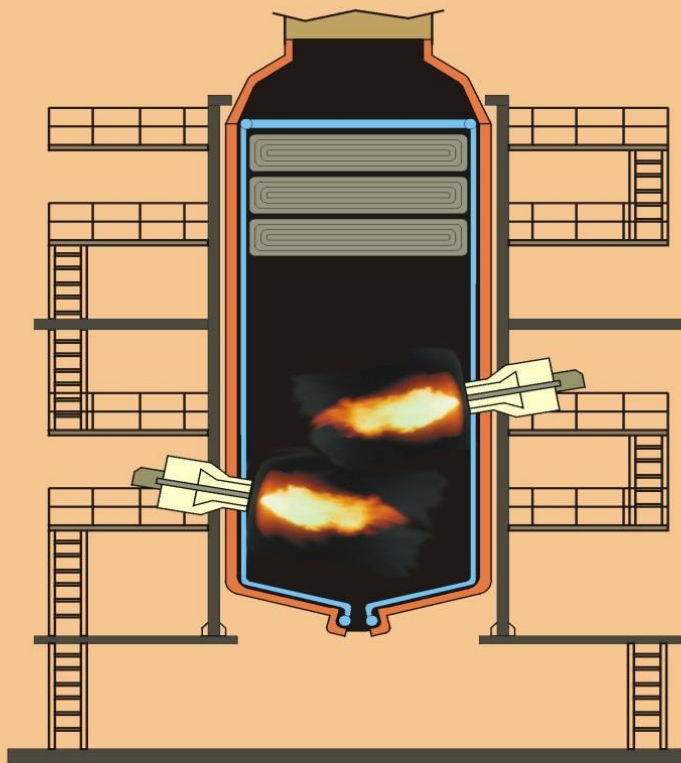


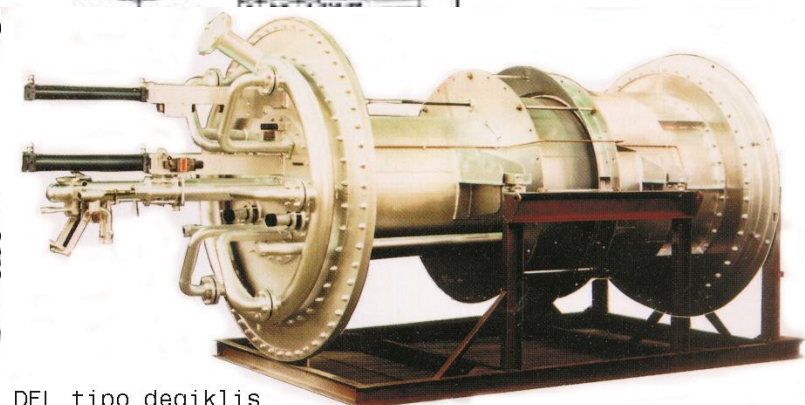
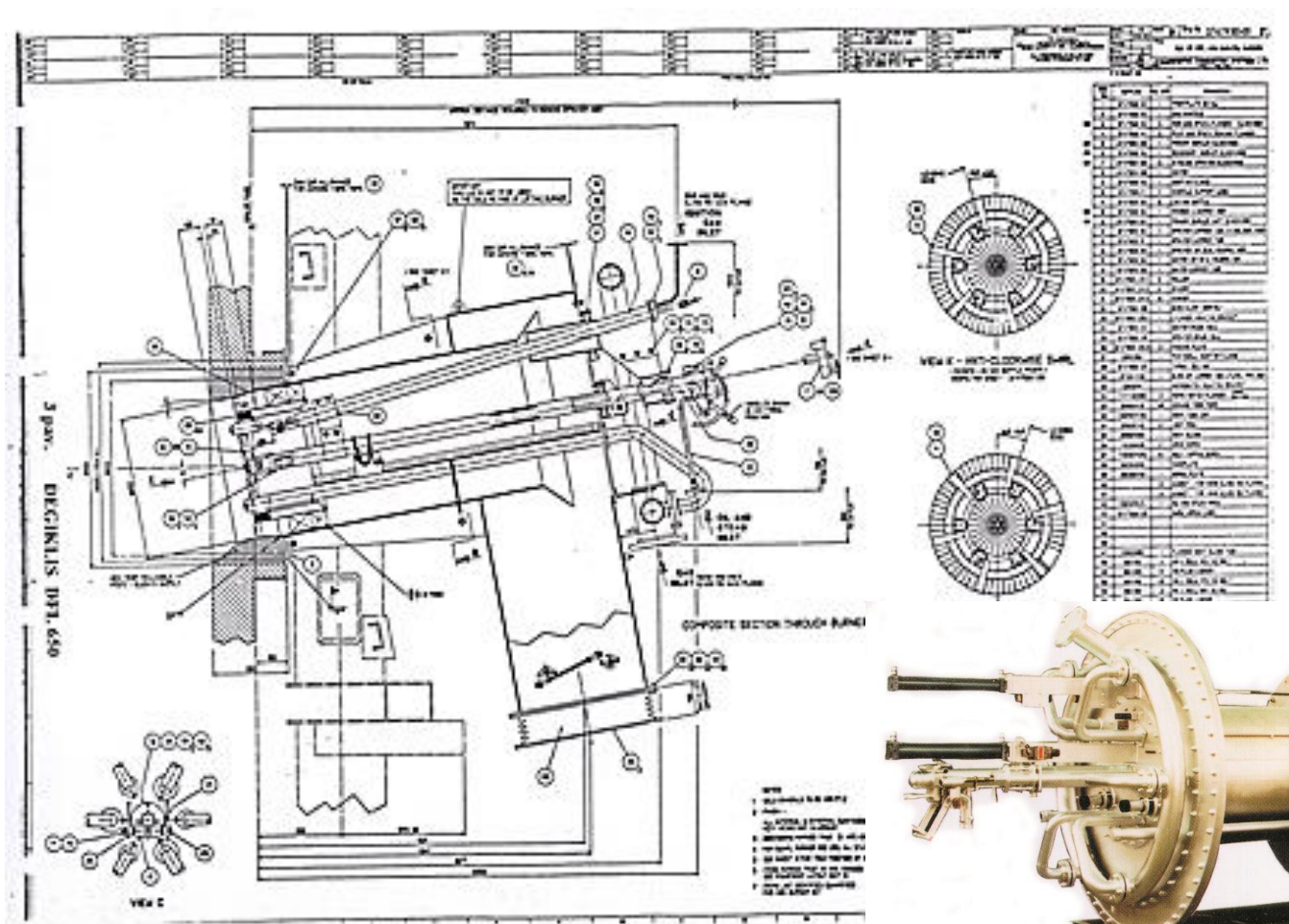
Рис. 9-17. Котлоагрегат ПТВМ-100.

# Реконструкция ПТВМ-100 „Vilniaus Energija“

KATILO PTVM-100 REKONSTRUKCIJA  
VILNIAUS ELEKTRINĖJE  
SU HAMWORTHY CE DEGIKLIAIS



# LowNO<sub>x</sub> горелка DFL650



DFL tipo degiklis

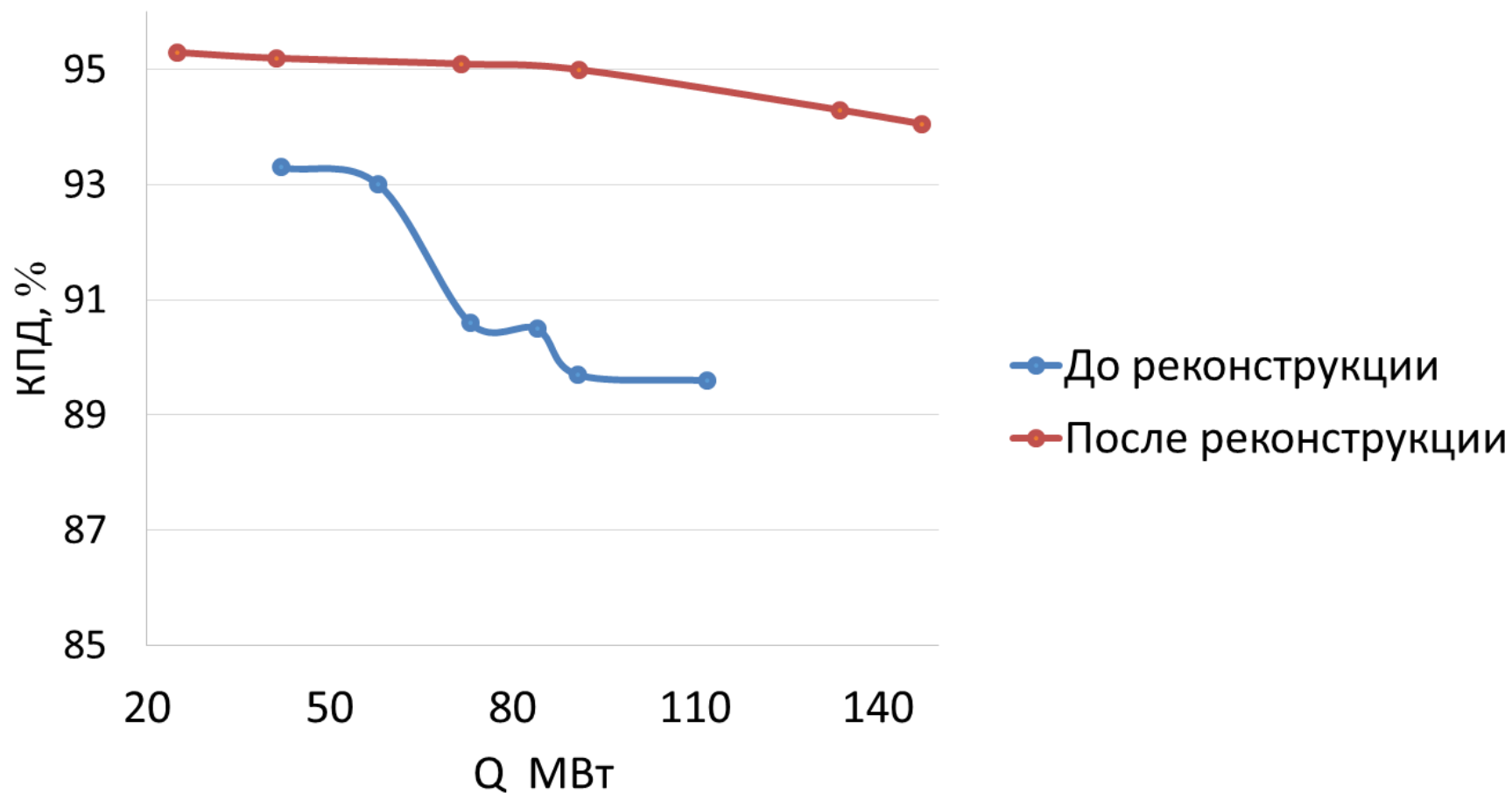
# Реконструкция ПТВМ-100

---

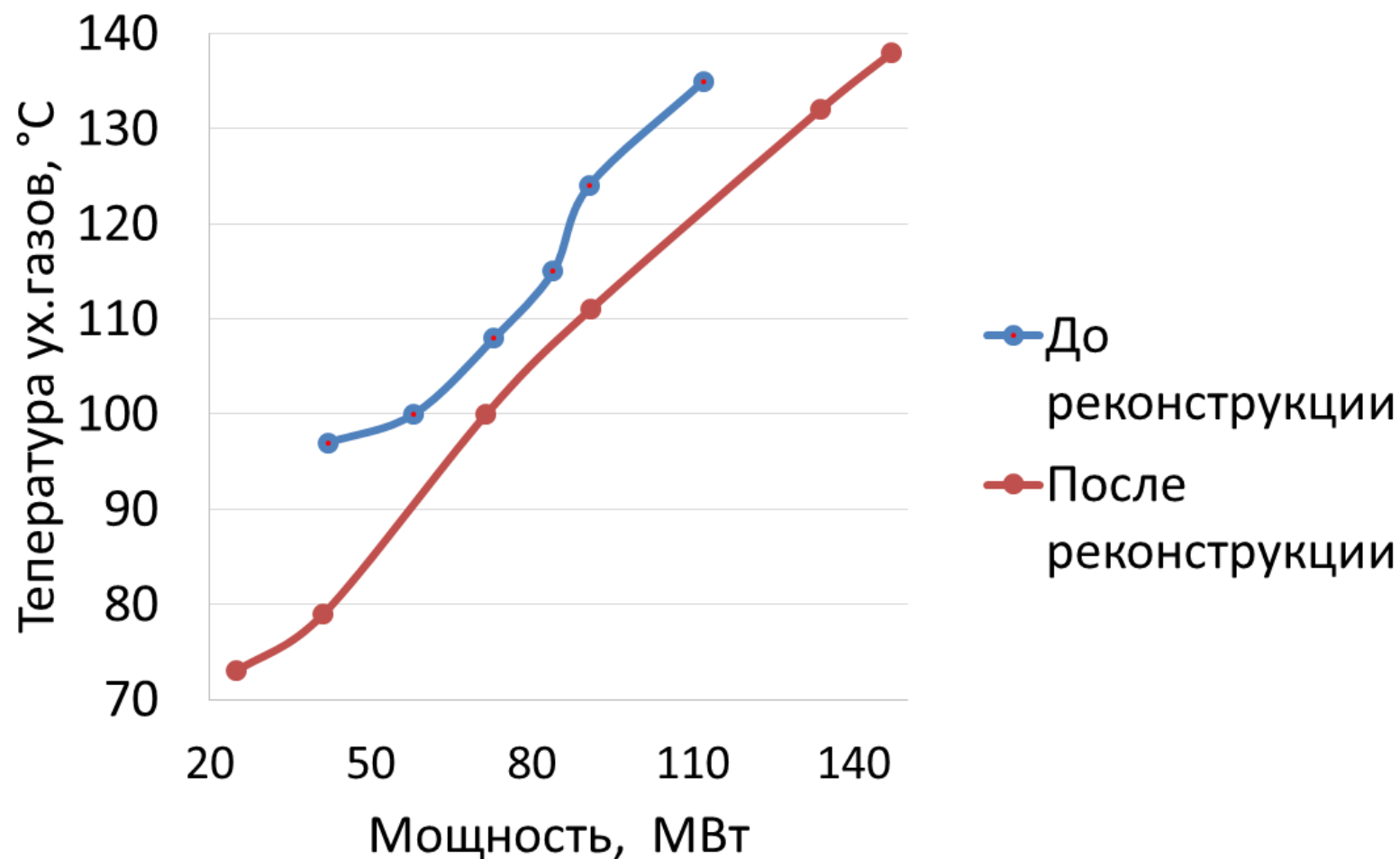
---

| Параметр                         | До реконструкции | После реконструкции |
|----------------------------------|------------------|---------------------|
| Радиационные поверхности нагрева | 184 м2           | 237 м2              |
| Конвективные поверхности нагрева | 2999 м2          | 4694 м2             |
| Производительность на газе       | 110 МВт          | 146 МВт             |
| Производительность на мазуте     | 71 МВт           | 110 МВт             |
| Количество горелок               | 16               | 6                   |
| Количество вентиляторов          | 16               | 2                   |

# КПД котла ПТВМ-100



# Температура уходящих газов





# Котел КВГМ-100 „Vilniaus Energija“

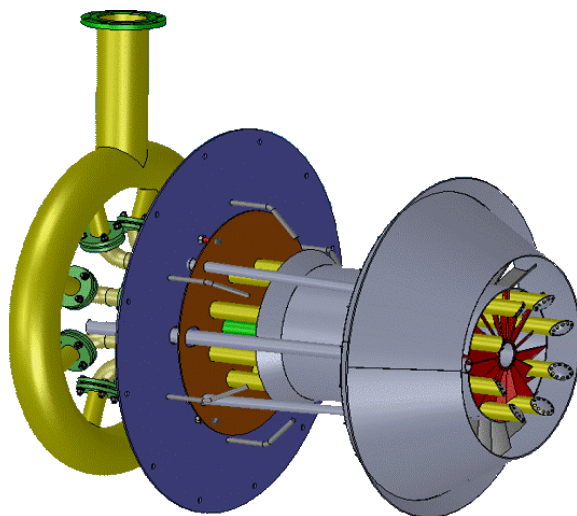
Горелки D-30 Литовского энергетического института для котла КВГМ-100

Номинальная мощность 35 МВт

Избыток воздуха  $< 1,1$ ;

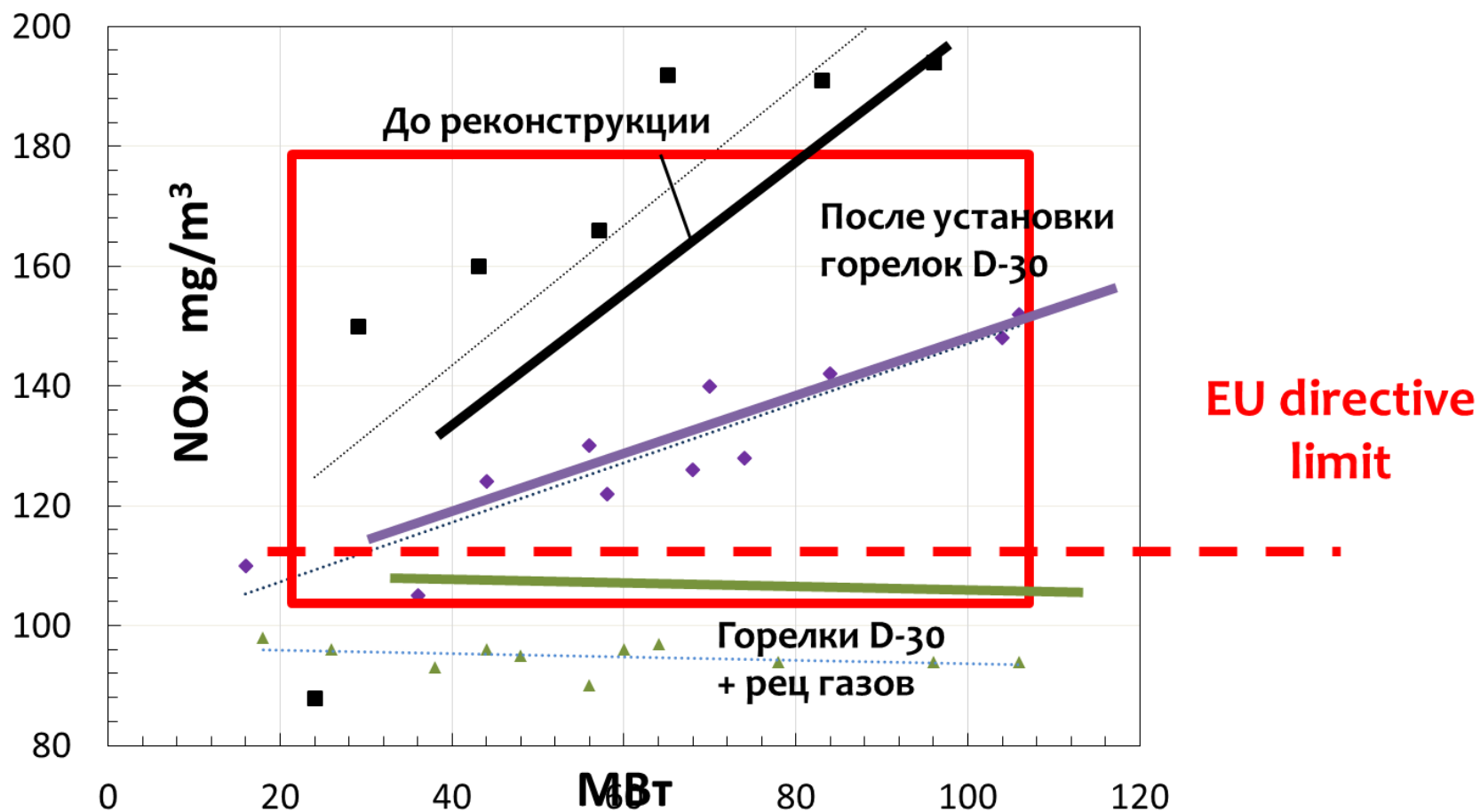
$\text{NO}_x$  до  $150 \text{ мг/м}^3$ ;

$\text{CO} < 20 \text{ мг/м}^3$ .

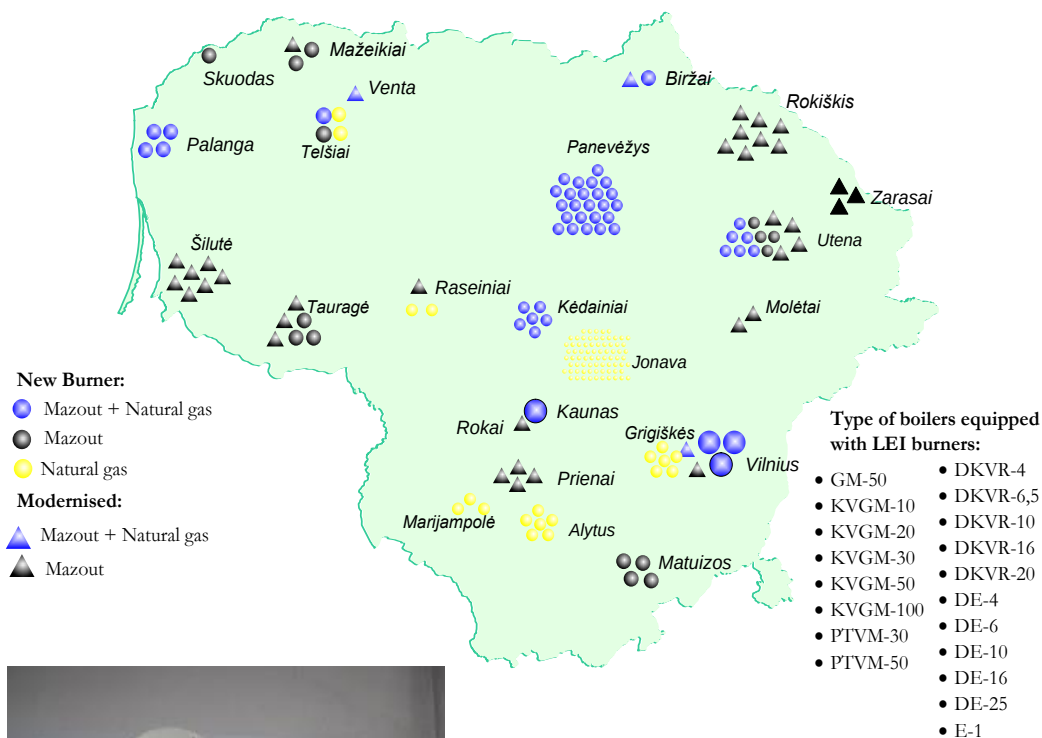


# Котел КВГМ-100 „Vilniaus Energija“

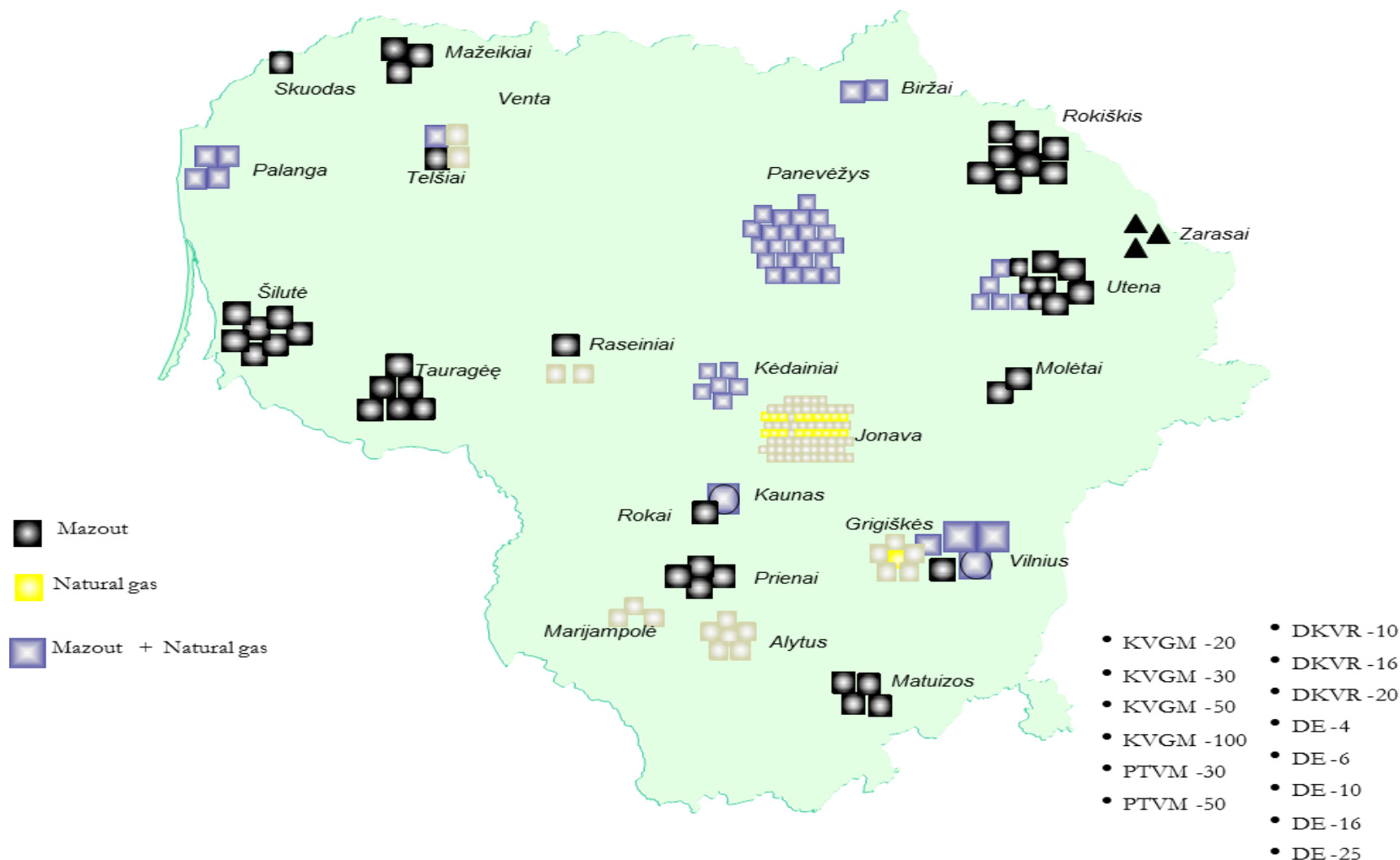
## Сравнение результатов реконструкций



# Горелки института Энергетики Литвы



# Проекты модернизации горелок и автоматизации котлов в Литве





ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

# ENERSTENA

ЭФФЕКТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

---

---

**Центр научных исследований и развития «Enerstena»**

**Д-р. Кястутис Буйнявичюс**

**Моб тел +370 698 30201**

**[kestutis.buinevicius@enerstena.lt](mailto:kestutis.buinevicius@enerstena.lt)**

**[www.enerstena.ru](http://www.enerstena.ru)**