

энергосистемах, включая ОЭС Сибири, влияние ВЭС и СЭС является несущественным и величина небаланса активной мощности, как правило, не превышает величину нерегулярных колебаний нагрузки в энергосистеме.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Годовые отчеты о функционировании ЕЭС России АО «СО ЕЭС» [https://so-ups.ru/index.php?id=tech\\_disc2019ups](https://so-ups.ru/index.php?id=tech_disc2019ups).
2. Схемы и программы развития ЕЭС России [https://so-ups.ru/index.php?id=dev\\_sch](https://so-ups.ru/index.php?id=dev_sch)
3. Research of the composition and structure of the Russian power system power plants. Egorov A.O., Kulikova V.S., Petrushin D.E., Sadokhina M.A. Proceedengs of the 2021 IEEE Conference of Russian Young Researches in Electrical and Engineering, ElConRus 2021, Moscow, 26-28 January 2021, pages 1399 – 1404, DOI 10.1109/ElConRus51938.2021.9396417.
4. Ежемесячные информационные обзоры АО «СО ЕЭС» о функционировании ЕЭС <https://www.so-ups.ru/functioning/ees/ups-review/ups-review21>
5. Методические указания по устойчивости энергосистем. Утверждены приказом Минэнерго России от 03.08.2018 №630 [https://www.so-ups.ru/fileadmin/files/laws/regulations/Method\\_uk\\_ust\\_2018.pdf](https://www.so-ups.ru/fileadmin/files/laws/regulations/Method_uk_ust_2018.pdf)

Научный руководитель: А.О. Егоров, к.т.н., доцент УрФУ.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК КОТЛА-УТИЛИЗАТОРА ПРИ НОМИНАЛЬНОЙ, ПОВЫШЕННОЙ И ПОНИЖЕННЫХ НАГРУЗКАХ**

Д.А. Спивак

Томский политехнический университет  
ИШЭ, НОЦ И.Н. Бутакова, группа 5ВМ01

В зависимости от времени года или требований к рабочему телу на выходе изменяется нагрузка котельного агрегата. Однако, перемена нагрузки напрямую влияет на характеристики котла, что следует учитывать при эксплуатации [1].

Данное влияние рассмотрим на примере теплового расчета водогрейного котла-утилизатора КУВ-Д-29,0(25,0)-130 теплопроизводительностью 29,0 МВт (25,0 Гкал/ч) с блоком дожигающих устройств (БДУ) в составе газотурбинной теплоэлектроцентрали ГТ ТЭЦ-009 МЭ предназначенного для подогрева воды в системе теплоснабжения путем утилизации тепла газов после газотурбинного двигателя ГТ-009МЭ. Диапазон нагрузок котла от 0 до 140% [2].

Основные технические характеристики котла приведены в таблице 1.

Таблица 1. Основные технические характеристики котла-утилизатора

Наименование	Значение
1	2
Номинальная теплопроизводительность, МВт (Гкал/ч)	29(25)
Температура воды на входе в котел, °С	80
Температура воды на выходе из котла, °С	130
Расчетная температура газов на входе в котел, °С	377
Температура уходящих газов за котлом, °С	115
Номинальный расход воды через котел, т/ч	500
Рабочее давление воды на выходе из котла, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	2,5 (25)
Гидравлическое сопротивление котла, не более, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	0,11 (1,1)
Аэродинамическое сопротивление газового тракта котла, не более, кПа (мм вод. ст.)	1,5 (150)
Номинальный расход топлива, нм <sup>3</sup> /ч	1500
Габаритные размеры котла, мм	
Глубина	5250
Ширина	7150
Высота (на опорах)	9840
Вес котла (без БДУ, изоляции и обшивки), т	58,64

Тепловой расчет был выполнен в программе Boiler designer.

Программа Boiler designer предназначена для конструирования котлов и их последующего статического и динамического расчетов [3].

Согласно исследованию, необходимо произвести четыре расчёта на номинальную, повышенную и две пониженные нагрузки. Исходя из требований к утилизатору, диапазон его нагрузок составляет от 0 до 140%. Поэтому принято решение провести расчёт при нагрузках: 100% (номинальная), 140% (максимальная), 0% (минимальная) и 50% (промежуточная).

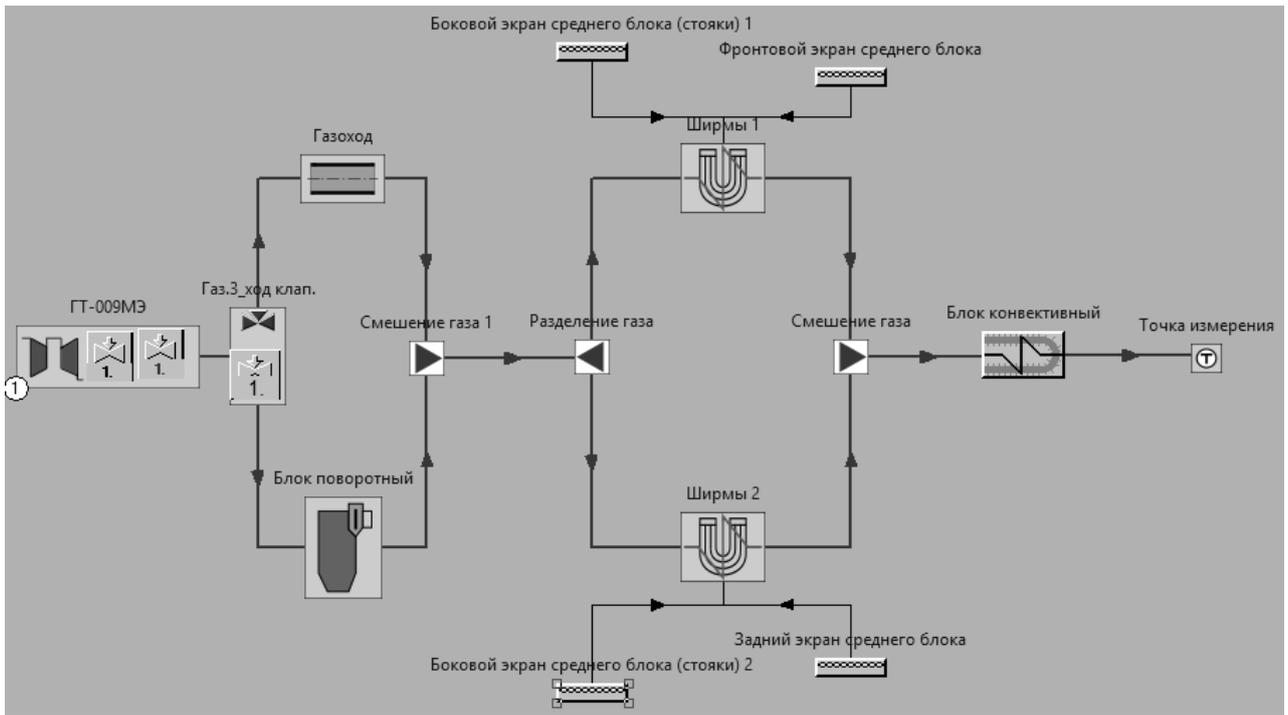


Рис. 1. Схема газового тракта котла-утилизатора в Boiler designer

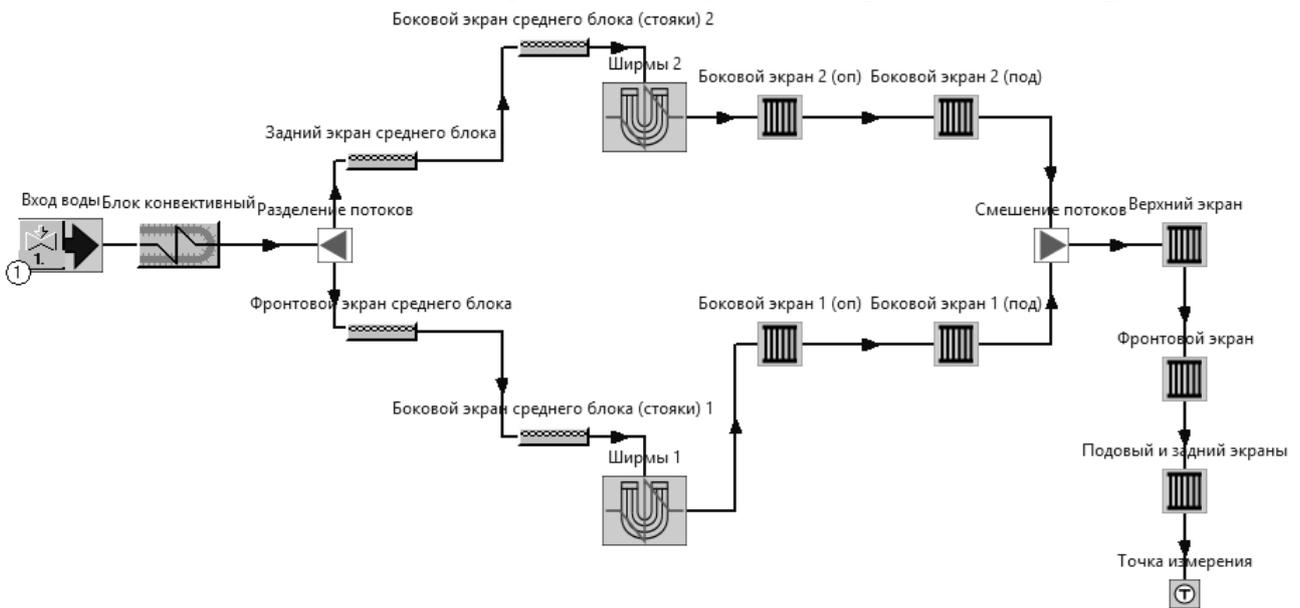
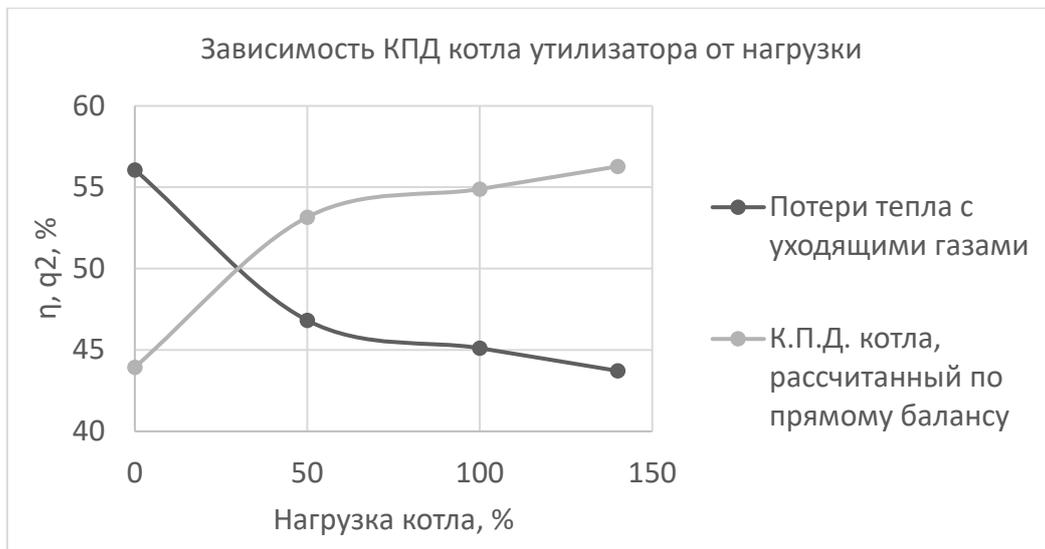
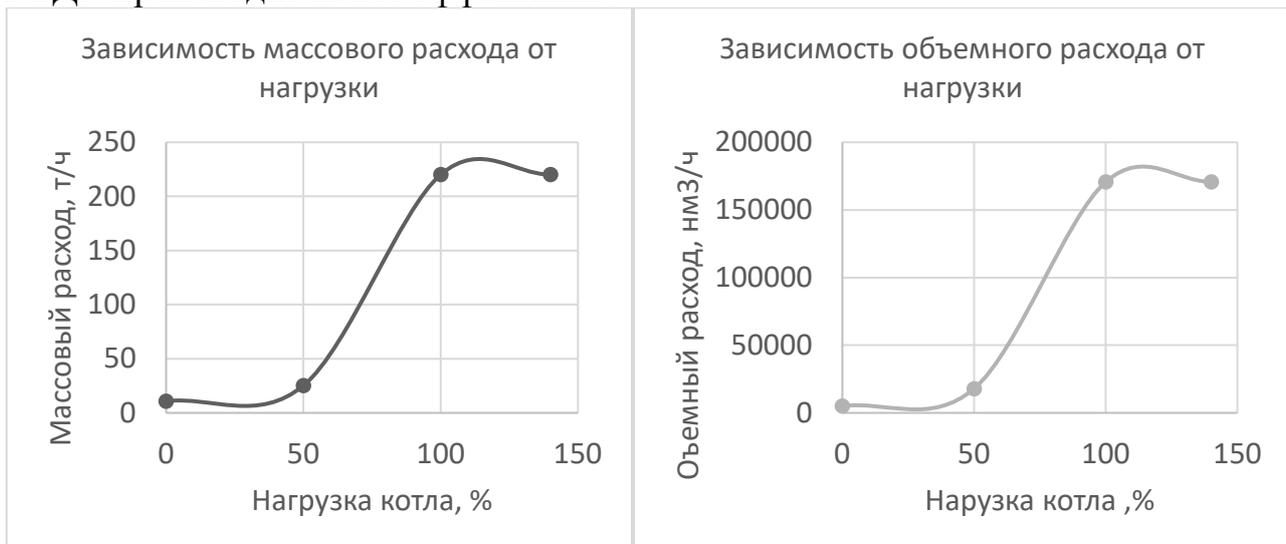


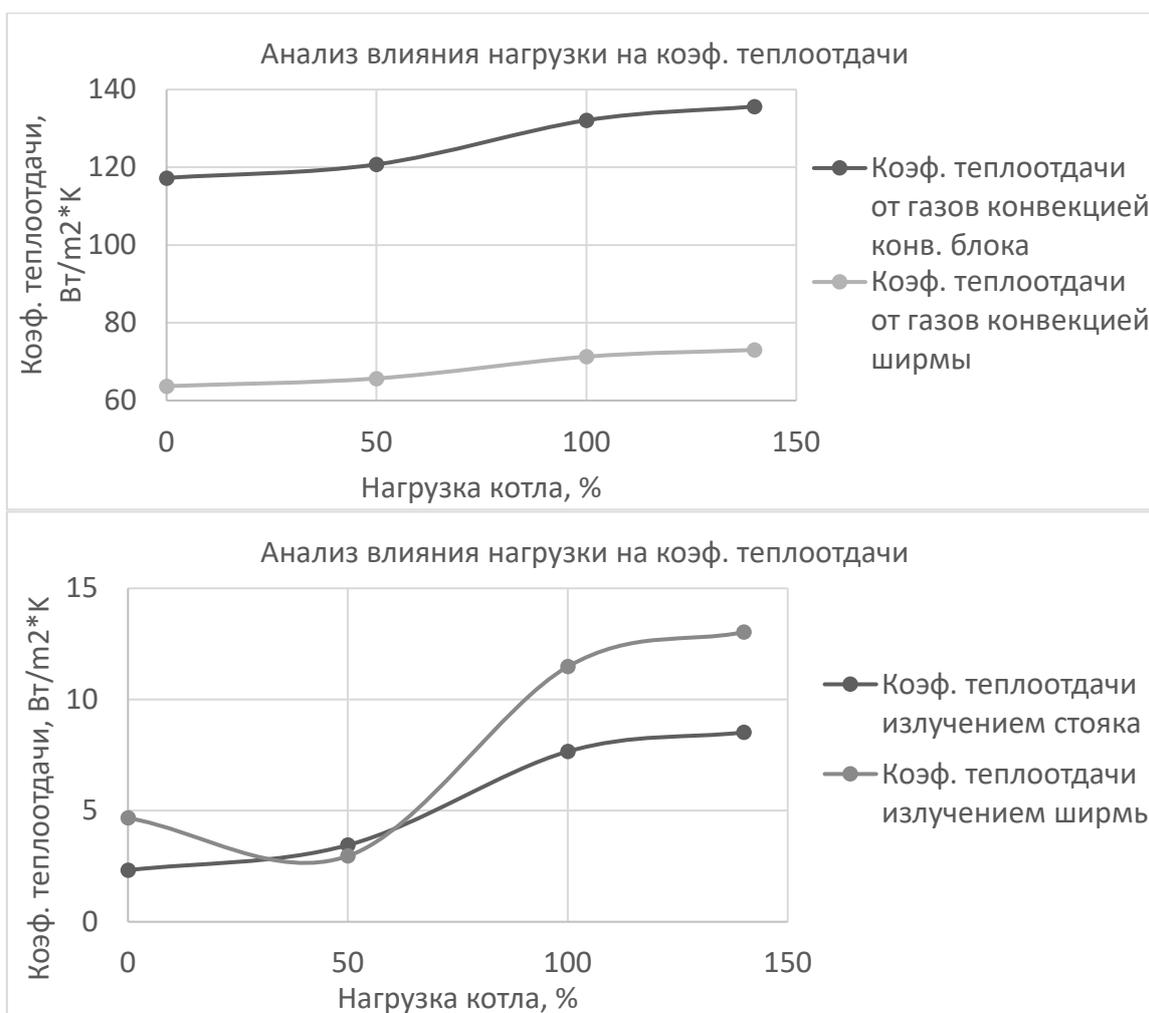
Рис. 2. Схема пароводяного тракта котла-утилизатора в Boiler designer



В результате теплового расчета, можно сделать вывод, что с уменьшением нагрузки КПД котла существенно снижается, а с повышением – растет. Снижение происходит из-за значительно возрастающих потерь с уходящими газами. Потери с уходящими газами растут из-за того, что на пониженных нагрузках большая часть выхлопных газов пропускается мимо топки, и сжигание топлива в БДУ происходит менее эффективно.



С понижением нагрузки уменьшается массовый и объёмный расходы выхлопных газов, коэффициенты теплоотдачи. Из-за уменьшения расхода газов уменьшается и тепло, воспринятое от них, и, соответственно, уменьшается температура воды, прошедшей через поверхности нагрева, так как её расход не меняется. Таким образом, уменьшается и тепловая мощность котла-утилизатора.



При повышенной нагрузке температура выхлопных газов турбины растет, следовательно, растет тепловосприятие. Температура воды на выходе из котла начинает превышать требуемые параметры, поэтому был увеличен расход воды через котел, из-за которого увеличивается гидравлическое сопротивление.

В заключении можно сказать, что программу Boiler designer можно использовать для теплового расчета котла при различных нагрузках при проектировании энергетических установок и проведении численных экспериментов, т.к. программа и используемые в ней методики расчета обладают высокой точностью.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Тепловой расчет котлов: нормативный метод. – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб.: 1998. – 256 с.: ил.
2. Газотурбинная ТЭЦ нового поколения с агрегатами ГТЭ-009МЭ. Группа предприятий «Энергомаш» Компания «Энергомаш (ЮК) Лимитед», 2005. – 2-е изд. – 20 с.
3. Сопроводительная документация пакета «Boiler designer». Тома 1,2.

Научный руководитель: А.С. Заворин, д.т.н., профессор, зав. кафедрой – руководитель НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ ТПУ.