

Казанский государственный энергетический университет

Васильев Евгений Юрьевич

# **Исследование режимов работоспособности энергооборудовани котлотурбинного цеха**

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент  
Титов Александр Вячеславович

Казань, 2019

# Актуальность темы

В настоящее время ТЭЦ переживают трудные времена. Стоимость электроэнергии и тепла на ТЭЦ которые оснащены устаревшим оборудованием оказывается высокой, а их реализация по высоким тарифам сложной.

В связи с этим определение подхода , направленного на снижение топливных затрат ТЭЦ путем повышения эффективности управления оборудованием является актуальным.



## **Цель исследования**

Исследовать режимы работы энергооборудования, попробовать применить одну из методик повышения энергетической эффективности на Новочебоксарской ТЭЦ- 3 путем оптимизации режимов работы оборудования (турбогенераторов)

## **Задачи исследования**

- Проанализировать существующие методики и выбрать более эффективную;
- Исследовать режимы работы энергооборудования;
- Оценить применимость выбранного метода к оборудованию НТЭЦ-3, разработать программу для предприятия;
- Выдать решение по оптимизации режимов работы оборудования НТЭЦ-3;
- Оценить экономическую эффективность внедрения данного метода.

## **Научная новизна работы**

В применение метода (Султанова) для оптимизации топливоиспользования на оборудовании Новочебоксарской ТЭЦ-3

## **Практическая значимость**

Выбранный метод повышения энергетической эффективности позволяет достичь экономию топлива, без изменения тепловой и электрической нагрузки для конечного потребителя. Предлагаемый метод довольно прост, и не требует постоянных трудоемких испытаний и вычислений, на базе этого разработано программное обеспечение в Microsoft Excel и передано предприятию.

# Краткая характеристики НТЭЦ-3

Установленная  
электрическая мощность  
Новочебоксарской ТЭЦ-3  
436 МВт,  
тепловая —  
869 Гкал/ч.

Новочебоксарская ТЭЦ-3 основанна в  
1965 году.

Она является  
единственным источником  
теплоснабжения в городе, на  
станции установлено 5 турбин  
(типа Т и ПТ), а так же 7 котлов  
( 4котла ТГМ 84, и 3 котла  
ТГМЭ 464).

Основным топливом на  
предприятии является  
природный газ, резервным —  
мазут.



# Метод Султанова

- $$B = \frac{Q_0^{\text{ТУ}}}{\eta_{\text{ТР}} \cdot \eta_{\text{ПГ}} \cdot Q_H^P},$$
- где  $Q_0^{\text{ТУ}} = q_{\text{ТУ}} \cdot N_{\text{Э}} + Q_{\text{ТП}}$  -полный расход тепла на турбоустановку, МВт;
- $\eta_{\text{ТР}}$  -КПД трубопроводов, принимаем равным 0,98;
- $\eta_{\text{ПГ}}$  -КПД парового котла, принимаем равным 0,92;
- $Q_H^P$  - Теплота сгорания топлива, МДж/нм<sup>3</sup>.
- $q_{\text{ТУ}}$  -удельный расход тепла на турбоустановку

# Достоинства метода

Метод (Султанова) имеет относительную простоту применения для определения расхода топлива и расчета его изменения для заданного и планируемого режима.

В отличие от других методов, предлагаемый метод может хорошо моделироваться для турбоустановок конкретных ТЭЦ и не потребует постоянных трудоемких вычислений.

# Апробация методики на НТЭЦ-3

№п/п	Тип турбоустановки	Вариант	Исходный режим			Расход топлива		
						Фактический	Расчетный	
			МВт	МВт	МВт	В	м³/с	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	ПТ-65-130	1.1	35	23,26	23,26	3,888	4,042	0,040
		1.2	45	46,52	34,89	5,185	5,223	0,007
		1.3	55	46,52	46,52	5,992	6,142	0,025
		1.4	65	69,78	34,89	6,998	6,978	-0,003
2	ПТ-135-130	2.1	75	58,15	93,04	9,380	10,389	0,108
		2.2	90	116,30	69,78	11,354	11,225	-0,011
		2.3	105	0	69,78	9,730	10,918	0,122
		2.4	120	116,30	93,04	13,451	13,802	0,026
3	Т-50-130	3.1	40	-	69,78	4,087	4,132	0,011
		3.2	40	-	58,15	4,013	4,013	0,000
		3.3	50	-	81,41	4,906	4,843	-0,013
		3.4	50	-	69,78	4,814	4,724	-0,019
4	Т-100-130	4.1	40	-	23,26	4,087	4,055	-0,008
		4.2	70	-	46,52	6,358	6,373	0,002
		4.3	85	-	93,04	7,844	7,825	-0,002
		4.4	100	-	69,78	8,600	8,692	0,011



# Оценка погрешности расчета

№ п/п	Тип турбоустановки	Вариант	x		
1	ПТ-65-130	1	0,040	0,0118	0,0148
		2	0,007		
		3	0,025		
		4	-0,003		
2	ПТ-135-130	1	0,108	0,0166	0,0533
		2	-0,011		
		3	0,122		
		4	0,026		
3	Т-50-130	1	0,11	-0,0102	0,0098
		2	0,000		
		3	-0,013		
		4	-0,019		
4	Т-100-130	1	-0,008	0,0032	0,0067
		2	0,002		
		3	-0,002		
		4	0,011		

На основании результатов делаем вывод, что для турбоустановок типа ПТ среднеарифметическое взвешенное значение величины отклонения составляет от 1,18% до 1,66%, для турбоустановок типа Т средневзвешенное значение  $(B^{00} - B) / B$  не превышает 1%. Для всего ряда выборки экспериментальных данных (16 событий) величина средневзвешенного значения погрешности расчета составит 1,11 %.

## Выводы по апробации метода

Проанализировав данную методику на выбранном предприятии мы выяснили что метод рабочий, и величина значения погрешности расчета составит 1,11 %, что вполне допустимо, мы используем метод Султанова для оптимизации топливоиспользования на Новочебоксарской ТЭЦ-3.

# Результаты работы

Для эксперимента были выбраны 20 режимов работы оборудования в период с 14 по 18 января и 17 по 20 февраля 2019 года. Данные занесены в таблицу 4.1

Проанализировав данные по режимам работы, мы пришли к выводу что в рассмотренный нами период были более постоянные режимы ТГ ПТ-65-130 (50-55 МВт) ,ТГ Т-100 -130 (99-108 МВт) исходя из этого выбираем более экономичный вариант работы оборудования. Таким оказался режим № 12 из таблицы 4.1

Время	Тип турбоустановки	Исходный режим			Расход топлива	
					Расчетный	Расчетный
		$\text{м}^3/\text{с}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	$\text{м}^3/\text{с}$	секундный	часовой
		МВт	МВт	МВт	$\text{нм}^3/\text{с}$	тыс. $\text{нм}^3/\text{ч}$
12-00	ПТ-65-130	59,000	101,605	36,235	6,51	23,442
	T-100-130-5	108,000		136,812	10,10	36,383
	T-100-130-6	89,000		144,732	8,56	30,842
	<b>Сумма</b>	<b>256,000</b>	<b>101,605</b>	<b>317,779</b>	<b>27,22</b>	<b>90,667</b>
Оптимизация	ПТ-65-130	49,000	101,605	36,235	4,93	17,765
	T-100-130-5	108,000		136,812	10,10	36,283
	T-100-130-6	99,000		144,732	9,175	33,303
	<b>Сумма</b>	<b>256,000</b>	<b>101,605</b>	<b>317,779</b>	<b>24,175</b>	<b>87,351</b>

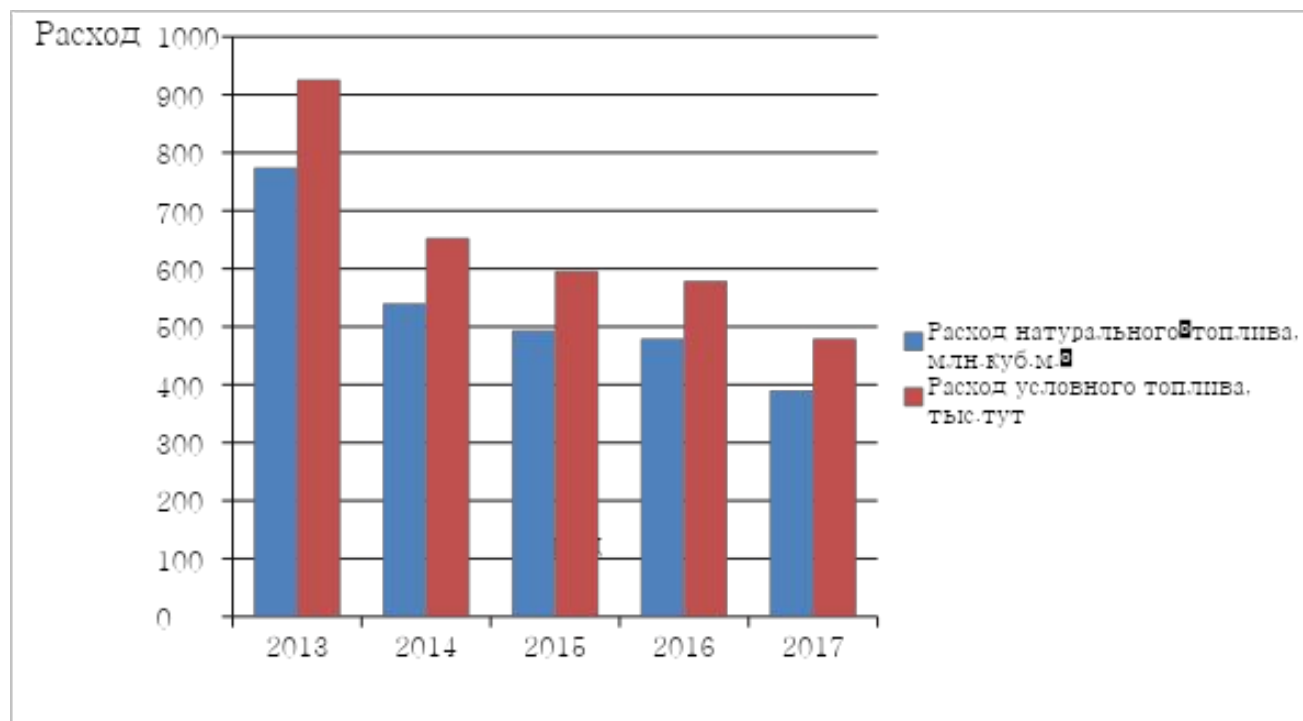
По расчетным данным среднечасовой расход топлива после проведенного перераспределения нагрузок м/у ТГ составил 87,351 тыс.  $\text{нм}^3/\text{ч}$ . Что на 3.36 тыс.  $\text{нм}^3/\text{ч}$  меньше чем до испытания

# Результаты

По результатам проведения испытания с целью исследовать режимы работоспособности энергооборудования и оптимизации режимов работы ТЭЦ эффективность использования методики определения энергетической эффективности работы ТЭЦ подтверждается хорошим совпадением прогноза и факта по положительной экономии топлива в объеме 3.15(измерения) [3.36(расчетный)] тыс.м<sup>3</sup>/час газа. С учетом технических ограничений и условий работы оборудования в ходе испытания, при перераспределении электрической нагрузки между турбоагрегатами в пределах 4 % от суммарной отпускаемой мощности достигается относительный выигрыш в топливе, равный 3,39 %.

# Данные о расходе топлива

Показатель	Годы				
	2013	2014	2015	2016	2017
Расход натурального топлива, млн.куб.м.	774,658	540,503	493,000	479,851	390,386
Расход условного топлива, тыс.тут	926,526	653,750	596,250	579,921	479,701



# Экономическая оценка оптимизации для различной компоновки оборудования

где  $\bar{\Delta}$  - топливный эффект, определяемый по таблице (4.2),  
 $\overline{V}_{\text{год}}$  - среднее значение потребления газа в год, принимаем равным 535,680 млн.м<sup>3</sup>/год;  
 $C_{\text{газ}}^{17}$  - средняя закупочная цена газа в 2017 году, равна 5250,65 руб.тыс.м<sup>3</sup>;  
 $I_{\text{ц}}^{18}$  - индекс дефлятор роста цен на газ в 2018 году, принимаем 103,6 %.

№ п/п	Топливный эффект	Экономия
	$\bar{\Delta}$	Э, млн.,руб./год
ПТ-65-130 ПТ-135-130 Т-100-130	0,008	23311,393
Общая для 18 режимов	0,012	34967,09
ПТ-65-130 Т-100-130 Т-100-130	0,018	52450,65

Таким образом в результате внедрения получим максимальную прибыль 52млн.руб в год.

# Заключение

В соответствии с задачами исследований в диссертационной работе получены следующие результаты:

- Проанализированы методики повышения энергетической эффективности и выбрана методика Султанова. Она имеет относительную простоту применения.
- Исследовали режимы работы энергоустановок котлотурбинного цеха.
- Опробовав методику на НТЭЦ-3, мы выяснили что погрешность метода не велика, и для 18 событий составляет 1,11 % ,что вполне допустимо, на основании этого была разработана программа на базе Microsoft Excel и передана на предприятие для выбора более оптимальных режимов работы оборудования.
- Были предложены эффективные варианты распределения нагрузок между агрегатами ТЭЦ,топливный эффект составил 0,8(ПТ-65-130 ПТ -135-130 и Т-100-130) и -1,7( ПТ-65-130, и Т-100-130) %, Предложили более экономичный режим работы оборудования, для ТГ ПТ-65-130 в пределах 49-55 МВт, ТГ Т-100-130 от 99 МВт до 108 МВт, полагаясь на более постоянный режим работы.
- Проведена технико - экономическая оценка использования данной методики на НТЭЦ-3. В разной компоновке оборудования рассчитана прибыль полученная на экономии топлива в течение года, для компоновки оборудования ( ПТ-65-130 и Т -100-130) прибыль составила около 52млн. руб. в год.



- Спасибо за внимание!