



**«От снижения энергоемкости  
производств – к  
энергоэффективности  
и качеству»**

**22 мая 2014, Минск**

# **СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПРОИЗВОДСТВ**

**Колесник Юрий Николаевич**

**Директор института повышения  
квалификации и переподготовки кадров  
УО «ГГТУ им.П.О. Сухого», к.т.н., доцент**

# ЦЕЛЬ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ

**в рыночных условиях функционирования**

- - СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПРОИЗВОДСТВ ЗА СЧЕТ:
  - **1. Уменьшения удельного потребления электроэнергии на единицу продукции;**
  - **2. Снижения затрат на покупку электроэнергии при выполнении производственной программы.**

# ЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬЮ



# ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬЮ



# ВРЕМЕННЫЕ ЦИКЛЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ПРОИЗВОДСТВ

внутричасовые и внутрисуточные **(оперативные)**

от одних до семи-восьми предстоящих суток  
**(краткосрочные)**

с произвольной даты до конца текущего месяца  
**(внутримесячные)**

на предстоящие месяц, квартал, год  
**(текущие, долгосрочные)**

на один - три предстоящих года  
**(годовые)**

на пять и более лет  
**(перспективные)**



# СИСТЕМА ПОЗВОЛЯЕТ СУЩЕСТВЕННО РАСШИРИТЬ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ **АСКУЭ** за счет

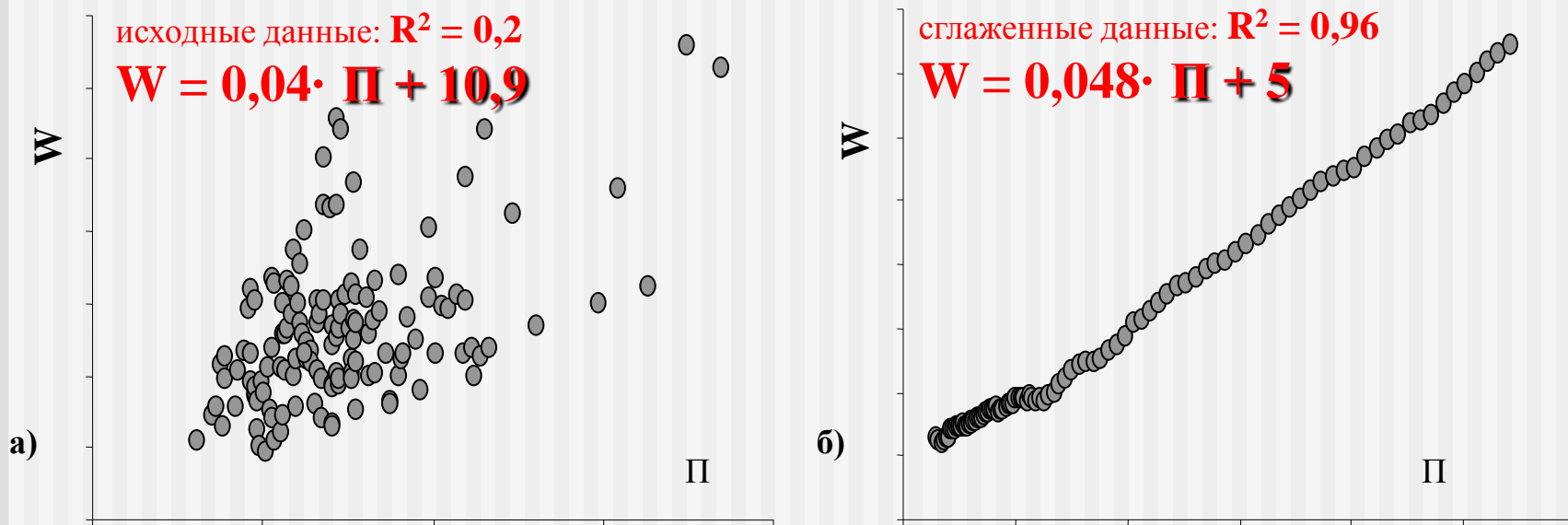
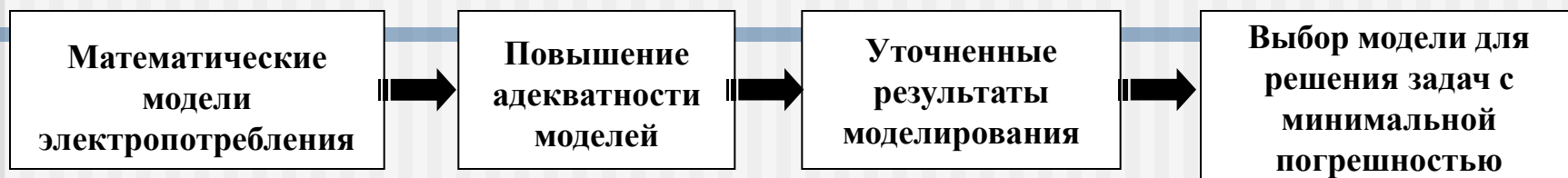
- оригинальных математических моделей,
  - алгоритмов контроля режимов,
- современных методов анализа данных,
- специализированного программного обеспечения.

# УДЕЛЬНЫЙ РАСХОД ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ



При увеличении суточной производительности энергоемких производств (например, металлургическое производство) удельный расход электроэнергии снижается,. Так при сравнении производительности 50 т/сут и 110 т/сут разница в удельном расходе электроэнергии составляет ориентировочно 214 кВт·ч.

# УТОЧНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

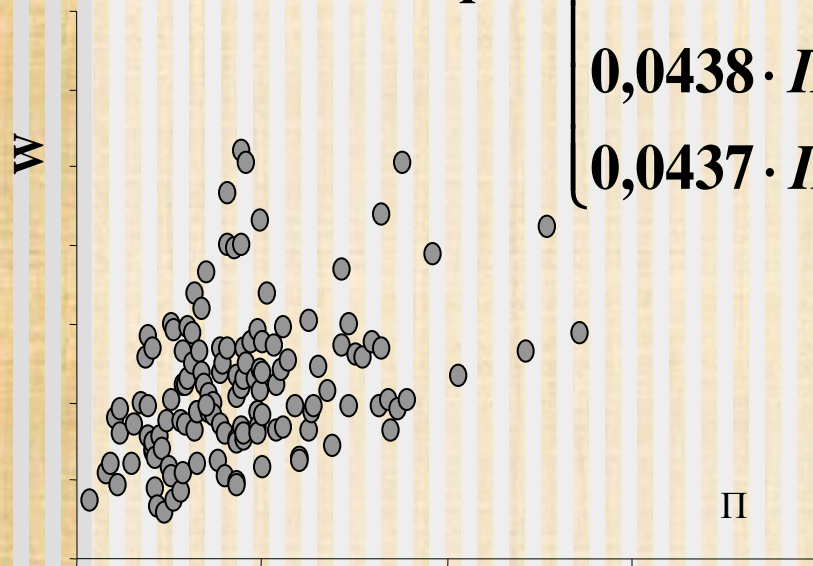


Зависимости электропотребления  $W$  от производительности  $\Pi$ :  
а – исходная модель; б – модель, построенная по сглаженным данным

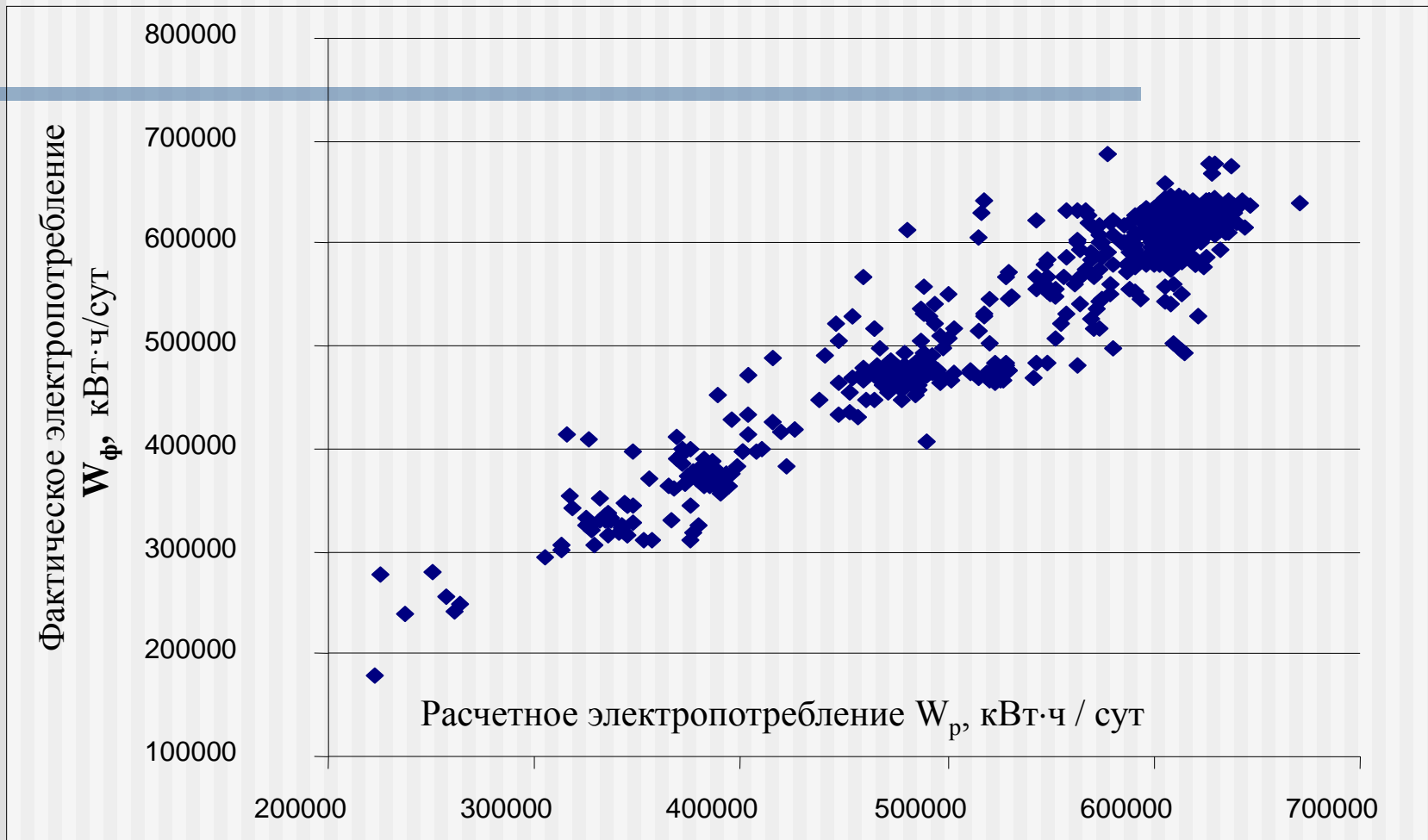


# МОДЕЛЬ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ ОДНОГО ИЗ ПРОИЗВОДСТВ

$$W_p = \begin{cases} 0,04 \cdot \Pi + 10,9, & \text{при } 500 < \Pi < 920 \\ 0,013 \cdot \Pi + 46,9, & \text{при } 920 < \Pi < 1450 \end{cases}, k = 1;$$
$$0,0438 \cdot \Pi + 8,9, \quad \text{при } 500 < \Pi < 1450, \quad k = 30;$$
$$0,0437 \cdot \Pi + 9,2, \quad \text{при } 500 < \Pi < 1450, \quad k = 90.$$



# КОНТРОЛЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ



**Зависимость фактического электропотребления от расчетного**

# АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

**фактическое электропотребление режима в однородном технологическом состоянии:**

$$W_{\text{ф.прив.}}^i = W_{\text{ф}}^i \cdot A_{\text{ср.кл.}} / W_{\text{р, кВт.ч}}^i$$

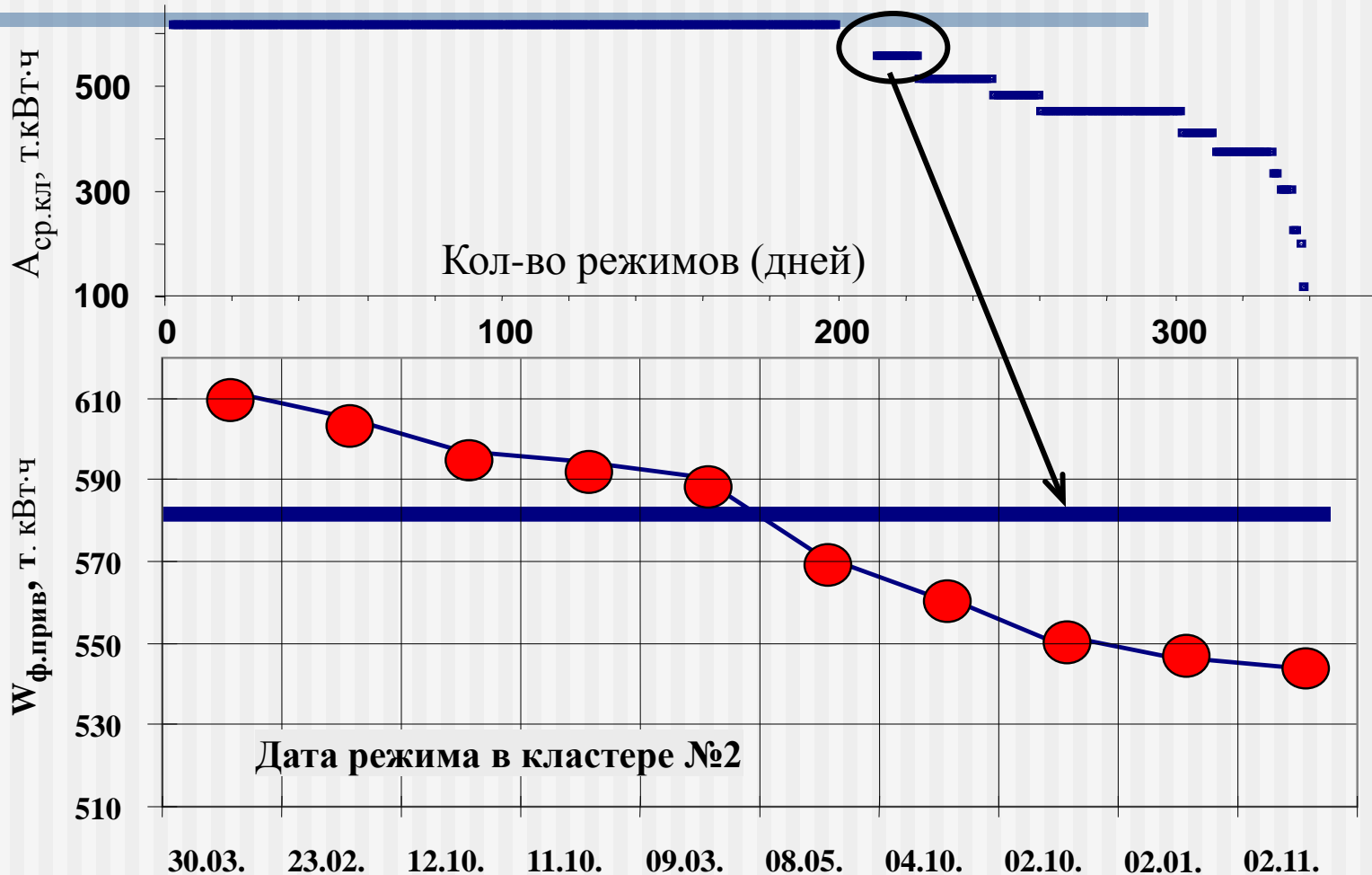
**Энергоэффективность i-го режима в классе j:**

$$dW_j^i = [(W_{\text{ф.прив.}}^i - A_{\text{ср.кл.}}^j) / W_{\text{ф.прив.}}^i] \cdot 100, \%$$

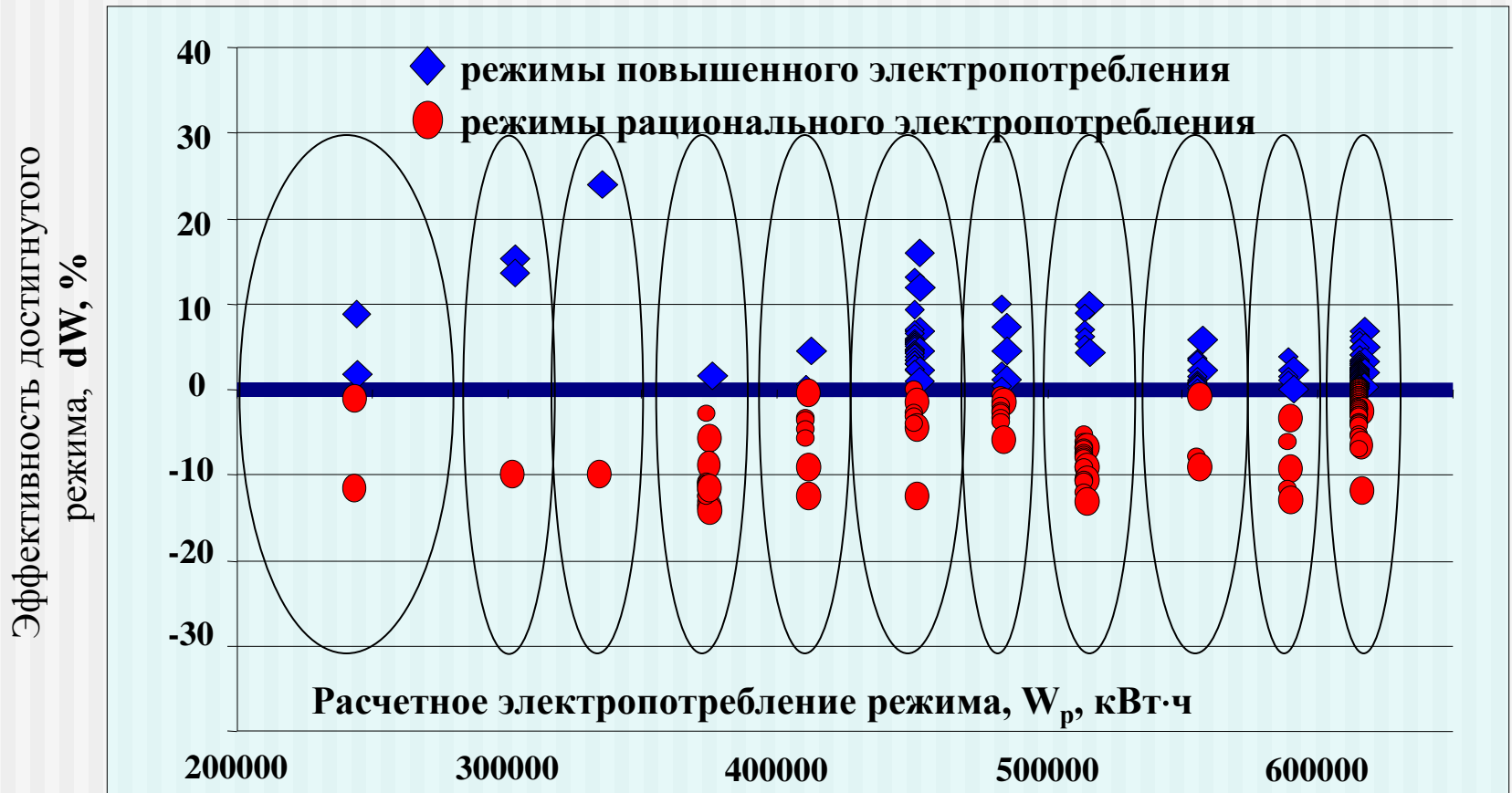
**Энергоэффективность всех режимов класса j:**

$$\Delta W_j = \frac{1}{n_j} \cdot \sum_{i=1}^{n_j} \frac{W_{\text{ф.прив.}}^i - A_{\text{ср.кл.}}^j}{W_{\text{ф.прив.}}^i} \cdot 100, \%$$

# ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПОТРЕБИТЕЛЯ



# ФОРМИРОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПОТРЕБИТЕЛЯ (сутки-месяц-квартал-год)



Режимная карта участка нефтепровода

# ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ РЕЖИМОВ

$$\Delta W_j = \frac{1}{n_j} \cdot \sum_{i=1}^{n_j} \frac{W_{\text{ф.прив.}}^i - A_{\text{ср.кл.}}^j}{W_{\text{ф.прив.}}^i} \cdot 100, \%$$

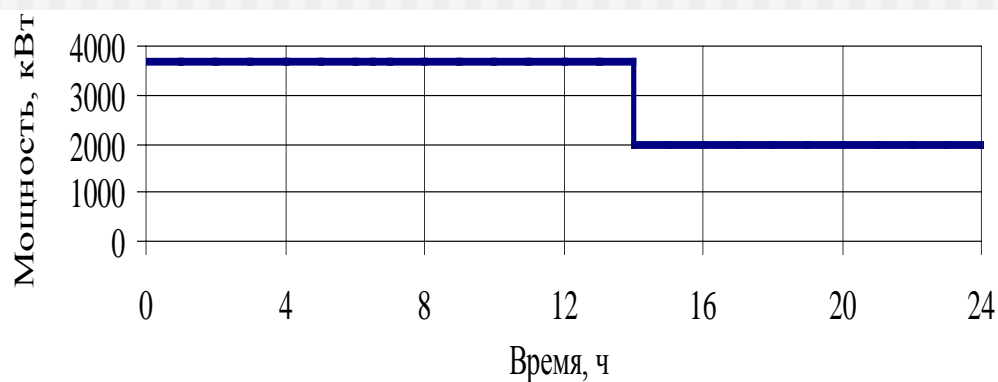
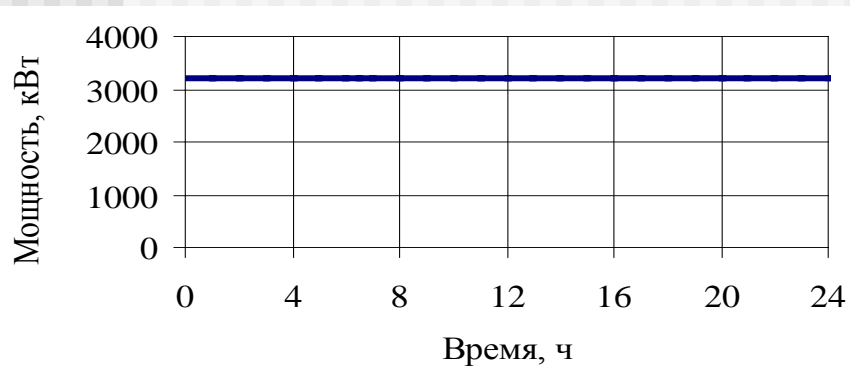
№ режима	Дата	ΔЭ	
		%	кВт·ч
5	08.05	7	42589
7	04.10	10	60842
6	02.10	12	73010
1	02.01	14	85179
10	02.11	15	91263

# ОПЕРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬЮ – УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ НАГРУЗКАМИ

**Поиск оптимального графика  
потребления электроэнергии в течении  
смены, суток**

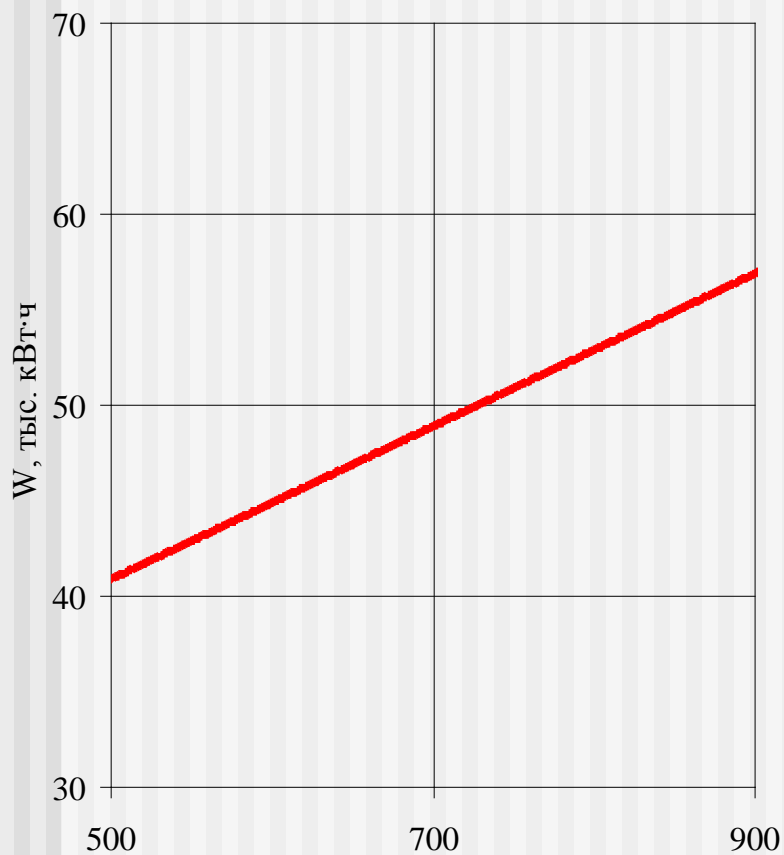


# СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ГРАФИКОВ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ

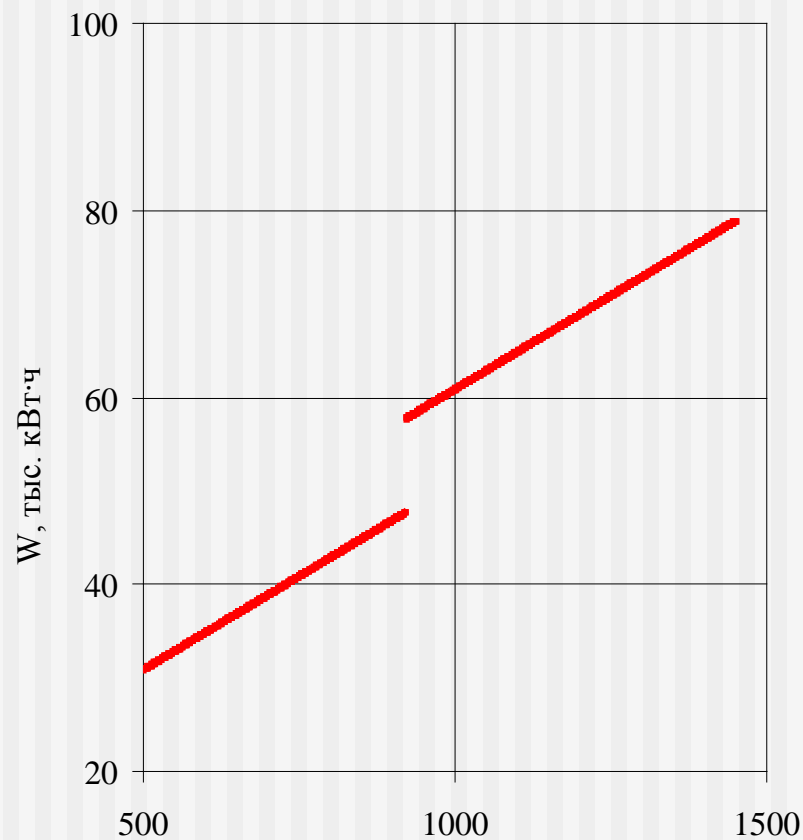




# РАСХОДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭНЕРГОЕМКИХ ПРОИЗВОДСТВ

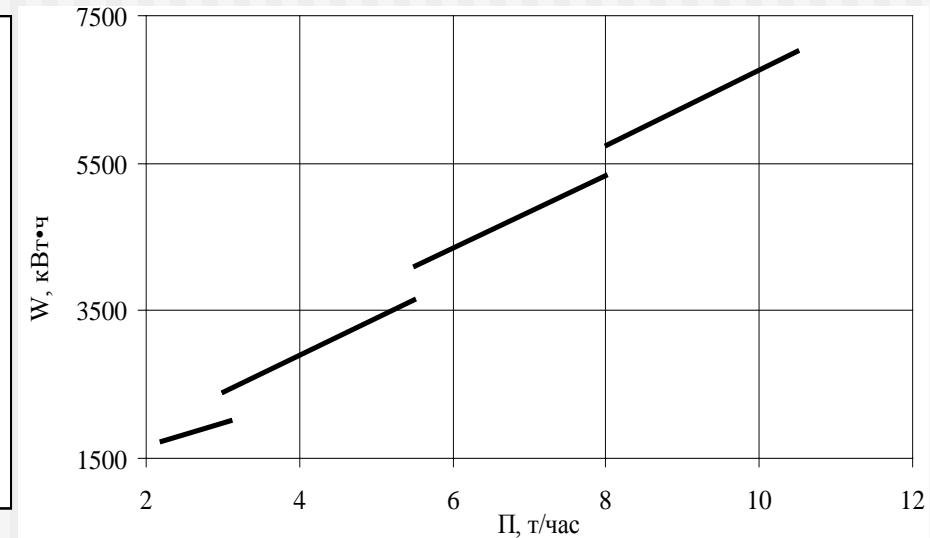
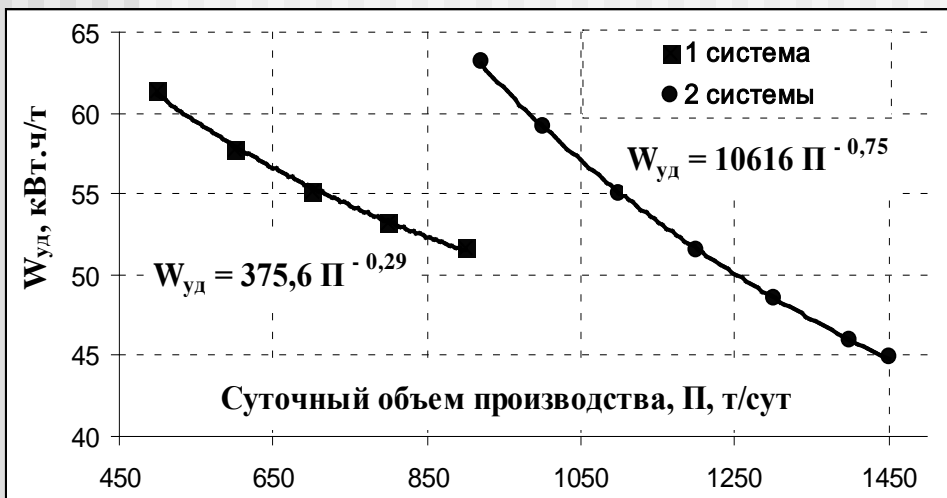


б) Объём выпускаемой продукции, у.е.



а) Объём выпускаемой продукции, у.е.

# КУСОЧНО-НЕПРЕРЫВНАЯ РАСХОДНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА



**Кусочно-непрерывная  
расходная  
характеристика  
систем выпаривания соли  
ОАО «Мозырьсоль»**

**Кусочно-непрерывная  
расходная  
характеристика  
ОАО ГЛЗ «Центролит»**

# Модель электропотребления

$$W_i = \begin{cases} a_1 \cdot x_i + b_1 & \text{при } V_1 \leq x_i \leq V_2 \\ a_2 \cdot x_i + b_2 & \text{при } V_2 < x_i \leq V_3 \end{cases}$$

где  $x_i$  – объём выпущенной продукции в  $i$ -м часу;  $a_1, b_1, a_2, b_2$  - коэффициенты линейных функций;  $W_i$  – расход электроэнергии в  $i$ -м часу;  $V_1, V_2, V_3$  – объёмы производства продукции.

# ТАРИФЫ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ

**Одноставочный тариф:**

$$C = b \cdot W$$

**Двухставочный тариф:**

$$C = a \cdot P_{\max} + b \cdot W$$

**Двухставочно-дифференцированный тариф:**

$$C = a \cdot k_a \cdot P_{\max} + b \cdot (k_n \cdot W_n + k_{nn} \cdot W_{nn} + k_H \cdot W_H)$$

# Затраты на покупку электроэнергии по двухставочному тарифу

Если принять часовые объёмы производства продукции за  $x_1, x_2 \dots x_8$ , то затраты на покупку электроэнергии при заданном объёме продукции за смену и двухставочном тарифе на электроэнергию будут иметь следующий вид:

$$Z = \max \left[ \begin{array}{l} \left\{ \begin{array}{l} a_1 \cdot x_1 + b_1 \text{ при } V_1 \leq x_1 \leq V_2 \\ a_2 \cdot x_1 + b_2 \text{ при } V_2 < x_1 \leq V_3 \end{array} \right\}, \\ \left\{ \begin{array}{l} a_1 \cdot x_2 + b_1 \text{ при } V_1 \leq x_2 \leq V_2 \\ a_2 \cdot x_2 + b_2 \text{ при } V_2 < x_2 \leq V_3 \end{array} \right\}, \\ \left\{ \begin{array}{l} a_1 \cdot x_3 + b_1 \text{ при } V_1 \leq x_3 \leq V_2 \\ a_2 \cdot x_3 + b_2 \text{ при } V_2 < x_3 \leq V_3 \end{array} \right\} \end{array} \right] \cdot a + \left[ \sum_{i=1}^8 \left\{ \begin{array}{l} a_1 \cdot x_i + b_1 \text{ при } V_1 \leq x_i \leq V_2 \\ a_2 \cdot x_i + b_2 \text{ при } V_2 < x_i \leq V_3 \end{array} \right\} \right] \cdot b + Z_n$$

где  $x_1 \dots x_3$  – объёмы выпущенной продукции в часы максимумов;  $a, b$  – тарифные коэффициенты;  $Z_n$  – затраты связанные с переходом из одного производственного режима, в другой



# 1. Модель электропотребления

$$W_i = \begin{cases} 0,0395 \cdot V_i + 0,454 & \text{при } 21 \leq V_i \leq 38 \\ 0,0131 \cdot V_i + 1,9532 & \text{при } 38 < V_i \leq 60 \end{cases}$$

**Потребление электроэнергии энергоемкими агрегатами**

ОАО «Мозырьсоль»

$$\sum_{i=1}^T W_i = \sum_{i=1}^T \begin{cases} 425 \cdot \Pi + 705 & \text{при } 2 \leq \Pi \leq 3 \\ 504,02 \cdot \Pi + 882,9 & \text{при } 3 < \Pi \leq 5,5 \\ 493,98 \cdot \Pi + 1378,2 & \text{при } 5,5 < \Pi \leq 8 \\ 504,02 \cdot \Pi + 1712,8 & \text{при } 8 < \Pi \leq 10,5 \end{cases}$$

**Потребление электроэнергии индукционными печами**

ОАО ГЛЗ «Центролит»

## 2.1. Затраты на покупку электроэнергии по двухставочному тарифу

$$\begin{aligned}
 3 = & \left[ \max \begin{cases} 6425 \cdot \Pi(p) + 705 & \text{при } 2 \leq \Pi \leq 3 \\ 504,02 \cdot \Pi(p) + 882,9 & \text{при } 3 < \Pi \leq 5,5 \\ 493,98 \cdot \Pi(p) + 1378,2 & \text{при } 5,5 < \Pi \leq 8 \\ 504,02 \cdot \Pi(p) + 1712,8 & \text{при } 8 < \Pi \leq 10,5 \end{cases} \right] \cdot 117154,8 + \\
 & + \left[ \sum_{i=1}^{24} \begin{cases} 425 \cdot \Pi(p) + 705 & \text{при } 2 \leq \Pi \leq 3 \\ 504,02 \cdot \Pi(p) + 882,9 & \text{при } 3 < \Pi \leq 5,5 \\ 493,98 \cdot \Pi(p) + 1378,2 & \text{при } 5,5 < \Pi \leq 8 \\ 504,02 \cdot \Pi(p) + 1712,8 & \text{при } 8 < \Pi \leq 10,5 \end{cases} \right] \cdot 1090,9 + 3_{\text{дон}} \Rightarrow \min
 \end{aligned}$$

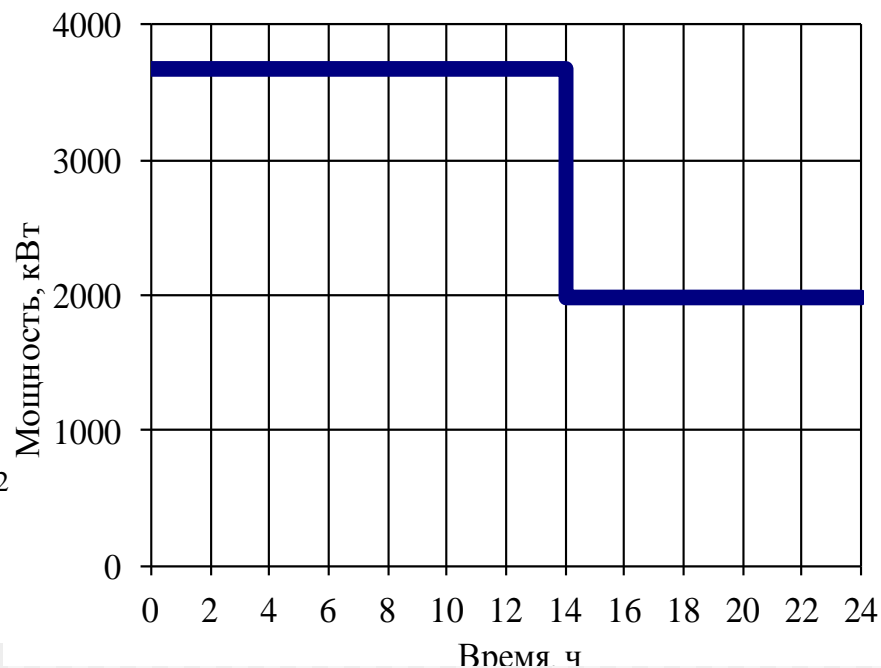
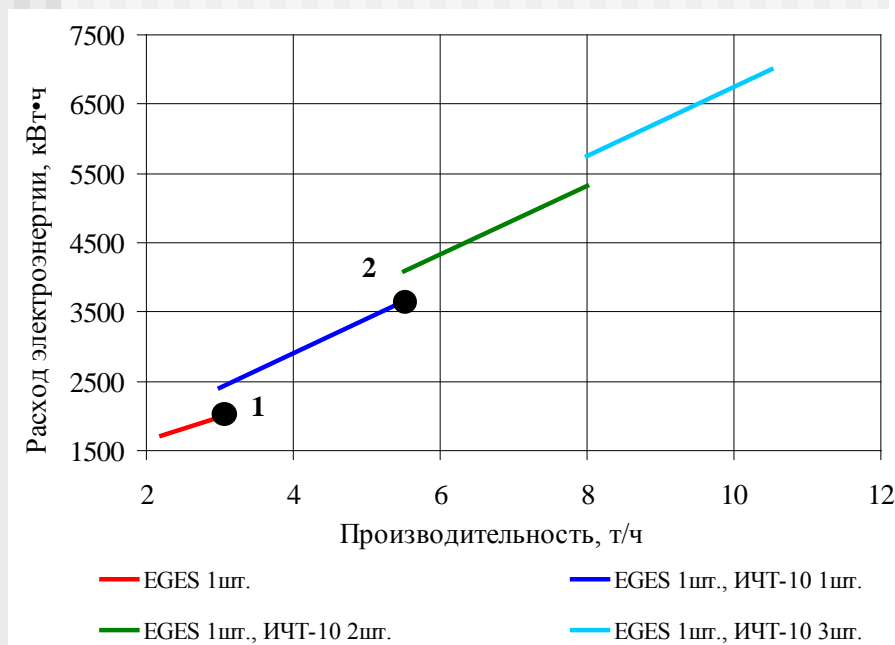


## 2.2. Затраты на покупку электроэнергии по двухставочно- дифференцированному тарифу

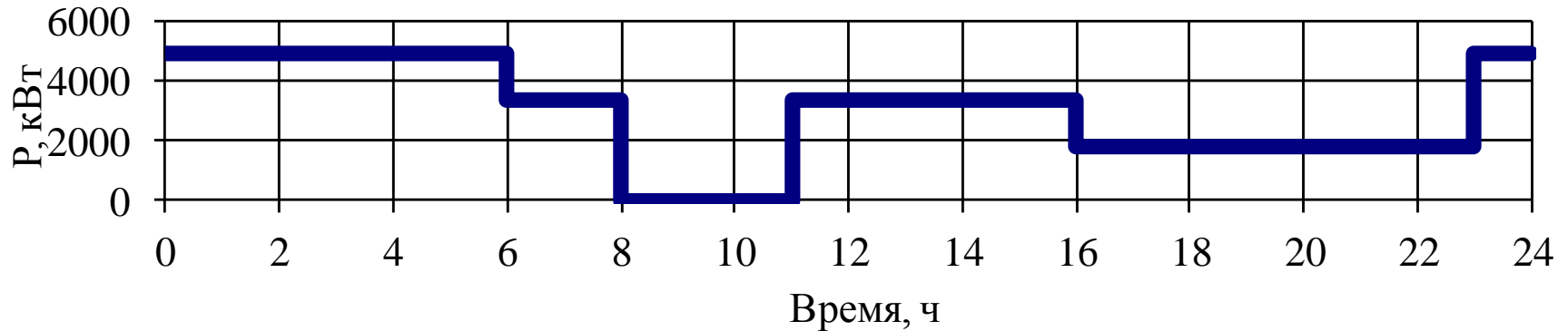
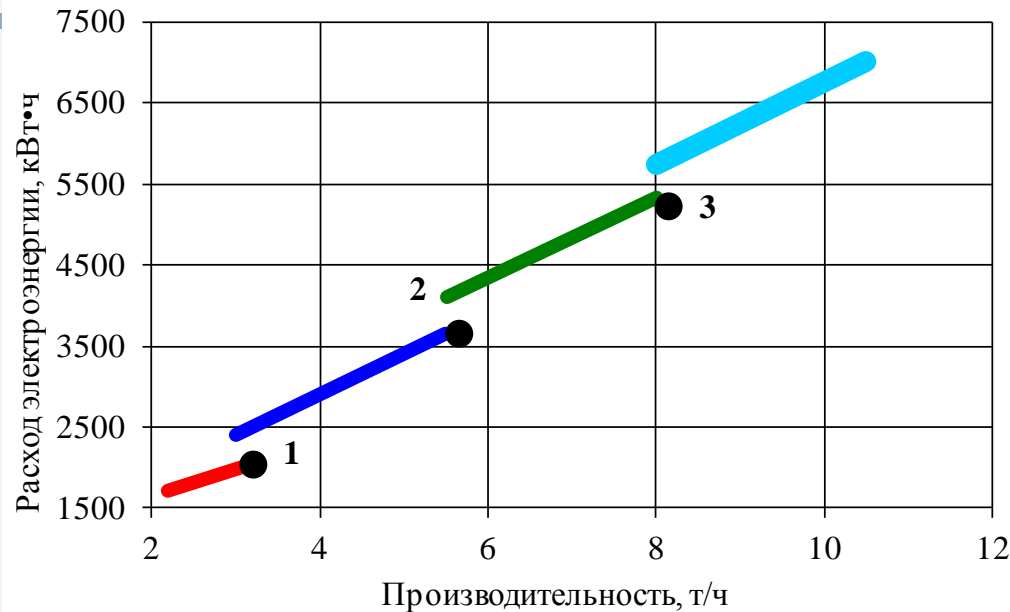
$$\begin{aligned}
 Z = & \left[ \max \begin{cases} 6425 \cdot \Pi(p) + 705 & \text{при } 2 \leq \Pi \leq 3 \\ 504,02 \cdot \Pi(p) + 882,9 & \text{при } 3 < \Pi \leq 5,5 \\ 493,98 \cdot \Pi(p) + 1378,2 & \text{при } 5,5 < \Pi \leq 8 \\ 504,02 \cdot \Pi(p) + 1712,8 & \text{при } 8 < \Pi \leq 10,5 \end{cases} \right] \cdot 117154,8 \cdot 0,5 + \\
 & \left[ \sum_{i=1}^3 \begin{cases} 425 \cdot \Pi(p) + 705 & \text{при } 2 \leq \Pi \leq 3 \\ 504,02 \cdot \Pi(p) + 882,9 & \text{при } 3 < \Pi \leq 5,5 \\ 493,98 \cdot \Pi(p) + 1378,2 & \text{при } 5,5 < \Pi \leq 8 \\ 504,02 \cdot \Pi(p) + 1712,8 & \text{при } 8 < \Pi \leq 10,5 \end{cases} \right] \cdot 2,085 + \\
 + & \left[ \sum_{i=4}^{10} \begin{cases} 425 \cdot \Pi(p) + 705 & \text{при } 2 \leq \Pi \leq 3 \\ 504,02 \cdot \Pi(p) + 882,9 & \text{при } 3 < \Pi \leq 5,5 \\ 493,98 \cdot \Pi(p) + 1378,2 & \text{при } 5,5 < \Pi \leq 8 \\ 504,02 \cdot \Pi(p) + 1712,8 & \text{при } 8 < \Pi \leq 10,5 \end{cases} \right] \cdot 0,783 + \cdot 1090,9 + Z_{\text{дон}} \Rightarrow \min \\
 + & \left[ \sum_{i=11}^{24} \begin{cases} 425 \cdot \Pi(p) + 705 & \text{при } 2 \leq \Pi \leq 3 \\ 504,02 \cdot \Pi(p) + 882,9 & \text{при } 3 < \Pi \leq 5,5 \\ 493,98 \cdot \Pi(p) + 1378,2 & \text{при } 5,5 < \Pi \leq 8 \\ 504,02 \cdot \Pi(p) + 1712,8 & \text{при } 8 < \Pi \leq 10,5 \end{cases} \right] \cdot 1
 \end{aligned}$$

# 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ

## 3.1. По критерию минимума расхода электроэнергии:



## 3.2. ОПТИМИЗАЦИЯ ПО КРИТЕРИЮ минимума затрат на электроэнергию :



# 4.1. ОЦЕНКА И РЕЗЕРВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

<b>Наименование</b>	<b>Электро- потребление, тыс. кВт·ч / %</b>	<b>Затраты на электро- энергию, %</b>	<b>Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/у.е. / %</b>
<b>Исходный режим потребления энергии</b>	<b>63,9 / 100%</b>	<b>100%</b>	<b>49,2 / 100%</b>
<b>Режим с минимальным потреблением энергии</b>	<b>60,6 / 94,7%</b>	<b>96,9%</b>	<b>46,6 / 94,7%</b>
<b>Режим с минимальными затратами на энергию</b>	<b>60,7 / 95%</b>	<b>88,3%</b>	<b>46,7 / 95%</b>

## 4.2. ОЦЕНКА И РЕЗЕРВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

Наименование	Электро- потребление, тыс. кВт·ч	Затраты на электро- энергию, %	Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/у.е. / %
Исходный режим потребления энергии	72,7 / 100 %	100 %	673 / 100 %
Режим с минимальным потреблением энергии	71,0 / 97,7%	102,1 %	657 / 97,7 %
Режим с минимальными затратами на энергию	72,5 / 99,7 %	86,8 %	671 / 99,7 %

# ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ ПРЕДПРИЯТИЙ С СОБСТВЕННЫМИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯМИ

Необходимо учитывать три наиболее крупных составляющих: затраты на покупку, генерацию электроэнергии, доход от продажи электроэнергии.

Энергозатраты предприятий могут быть представлены следующим образом:

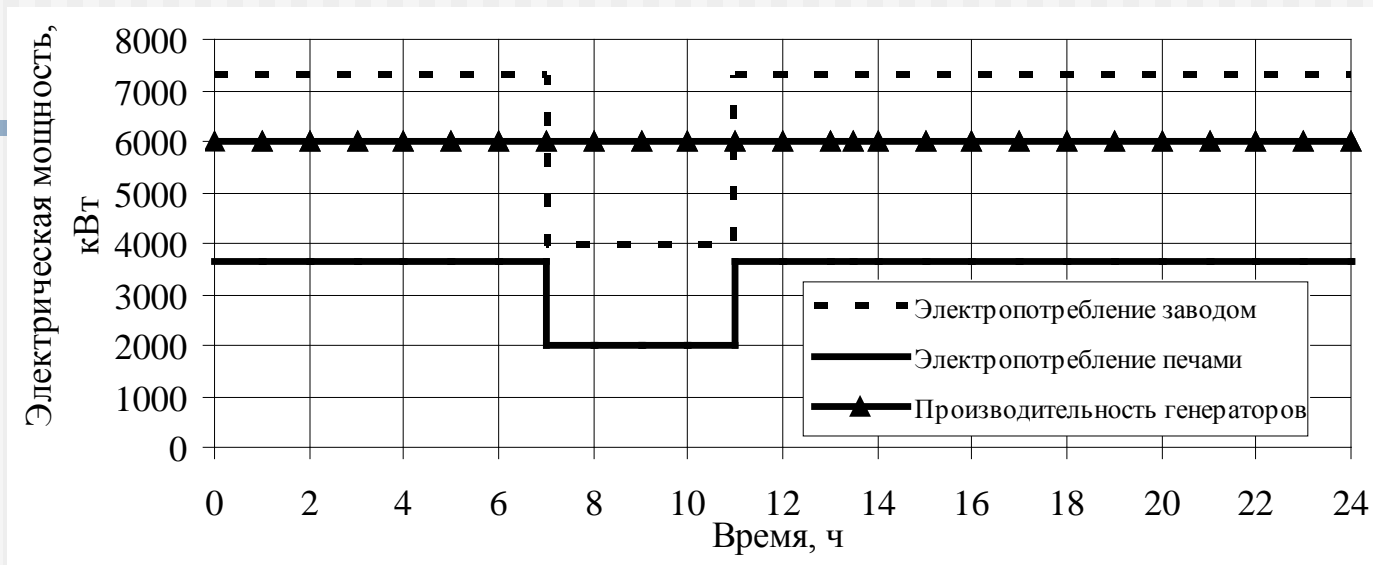
$$Z = Z_{\text{П}} + Z_{\text{Г}} - D_{\text{П}} \Rightarrow \min$$

где  $Z_{\text{П}}$  – затраты предприятия на покупку электроэнергии;  
 $Z_{\text{Г}}$  – затраты предприятия на генерацию электроэнергии;  
 $D_{\text{П}}$  – доход от продажи электроэнергии.

# ЦЕЛЕВАЯ ФУНКЦИЯ ЗАТРАТ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ ПО ДВУХСТАВОЧНО-ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОМУ ТАРИФУ

$$\begin{aligned}
 Z = & a \cdot \kappa_a \cdot \left( P_{\max}^{n.o.} + P_{\max}^{p.o.} \cdot \begin{cases} a_1 \cdot \Pi_i^o + c_1 \text{ при } g_1 \leq \Pi_i^o \leq g_2 \\ a_2 \cdot \Pi_i^o + c_2 \text{ при } g_2 < \Pi_i^o \leq g_3 \\ \dots \\ a_n \cdot \Pi_i^o + c_n \text{ при } g_n < \Pi_i^o \leq g_{n+1} \end{cases} \right) + b_1 \cdot \kappa_{n1} \cdot \left( W^{n.o.} + \sum_{i=1}^n \begin{cases} a_1 \cdot \Pi_i^o + c_1 \text{ при } g_1 \leq \Pi_i^o \leq g_2 \\ a_2 \cdot \Pi_i^o + c_2 \text{ при } g_2 < \Pi_i^o \leq g_3 \\ \dots \\ a_n \cdot \Pi_i^o + c_n \text{ при } g_n < \Pi_i^o \leq g_{n+1} \end{cases} \right) + \\
 & + \kappa_{m1} \cdot \left( W^{n.o.} + \sum_{i=1}^n \begin{cases} a_1 \cdot \Pi_i^o + c_1 \text{ при } g_1 \leq \Pi_i^o \leq g_2 \\ a_2 \cdot \Pi_i^o + c_2 \text{ при } g_2 < \Pi_i^o \leq g_3 \\ \dots \\ a_n \cdot \Pi_i^o + c_n \text{ при } g_n < \Pi_i^o \leq g_{n+1} \end{cases} \right) + \kappa_{n1} \cdot \left( W^{n.o.} + \sum_{i=1}^n \begin{cases} a_1 \cdot \Pi_i^o + c_1 \text{ при } g_1 \leq \Pi_i^o \leq g_2 \\ a_2 \cdot \Pi_i^o + c_2 \text{ при } g_2 < \Pi_i^o \leq g_3 \\ \dots \\ a_n \cdot \Pi_i^o + c_n \text{ при } g_n < \Pi_i^o \leq g_{n+1} \end{cases} \right) + \\
 & + \left( \begin{aligned} & \left[ \sum_{i=1}^n a_1 \cdot T_i + c_1 \text{ при } t_1 \leq T_i \leq t_2 \right] \cdot \kappa_{n1} + \\ & \left[ \sum_{i=1}^n a_1 \cdot T_i + c_1 \text{ при } t_1 \leq T_i \leq t_2 \right] \cdot \kappa_{m1} + \\ & \left[ \sum_{i=1}^n a_1 \cdot T_i + c_1 \text{ при } t_1 \leq T_i \leq t_2 \right] \cdot \kappa_{n1} \end{aligned} \right) \cdot b_1 + C_T \cdot \left( \begin{aligned} & \left[ \sum_{i=1}^n a_1 \cdot \Pi_i^e + c_1 \text{ при } q_1 \leq \Pi_i^e \leq q_2 \right] \\ & \left[ \sum_{i=1}^n a_2 \cdot \Pi_i^e + c_2 \text{ при } q_2 < \Pi_i^e \leq q_3 \right] \\ & \dots \\ & \left[ \sum_{i=1}^n a_n \cdot \Pi_i^e + c_n \text{ при } q_n < \Pi_i^e \leq q_{n+1} \right] \end{aligned} \right) - \quad (3) \\
 & - b_2 \cdot \kappa_{n2} \cdot \left( \sum_{i=1}^n \begin{cases} a_1 \cdot \Pi_i^e + c_1 \text{ при } q_1 \leq \Pi_i^e \leq q_2 \\ a_2 \cdot \Pi_i^e + c_2 \text{ при } q_2 < \Pi_i^e \leq q_3 \\ \dots \\ a_n \cdot \Pi_i^e + c_n \text{ при } q_n < \Pi_i^e \leq q_{n+1} \end{cases} \right) + \kappa_{m2} \cdot \left( \sum_{i=1}^n \begin{cases} a_1 \cdot \Pi_i^e + c_1 \text{ при } q_1 \leq \Pi_i^e \leq q_2 \\ a_2 \cdot \Pi_i^e + c_2 \text{ при } q_2 < \Pi_i^e \leq q_3 \\ \dots \\ a_n \cdot \Pi_i^e + c_n \text{ при } q_n < \Pi_i^e \leq q_{n+1} \end{cases} \right) + \\
 & + \kappa_{n2} \cdot \left( \sum_{i=1}^n \begin{cases} a_1 \cdot \Pi_i^e + c_1 \text{ при } q_1 \leq \Pi_i^e \leq q_2 \\ a_2 \cdot \Pi_i^e + c_2 \text{ при } q_2 < \Pi_i^e \leq q_3 \\ \dots \\ a_n \cdot \Pi_i^e + c_n \text{ при } q_n < \Pi_i^e \leq q_{n+1} \end{cases} \right) \rightarrow \min,
 \end{aligned}$$

# РЕЗУЛЬТАТЫ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ



Суточный совмещенный график работы электропотребляющего и электрогенерирующего оборудования

Таблица - Результаты оптимизации энергозатрат предприятия за месячный период

Режим работы	Расход электроэнергии предприятием				Выработано электроэнергии блок-станциями млн. кВт·ч	Затраты на генерацию электроэнергии млрд. руб.	Затраты на электроэнергию	
	Общий		Удельный				млрд. руб.	%
	млн. кВт·ч	%	кВт·ч/т	%				
Исходный	4604,7	100	1340,5	100	-	-	4,42	100
Оптимальный по критерию минимума энергозатрат	4574,8	99,3	1331,8	99,3	3,27	1,79	2,52	57



# ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ

Расчет ЭБ | Моделирование РЭ | Преобразование в БД | Выход

### Program

Ввод данных для расчета ЭБ

Текущий часовой выпуск готовой продукции при работе 1 технологии, т

Текущий часовой выпуск готовой продукции при работе 2 технологии, т

Ввод данных для расчета квартального режима

Количество суток в расчетном периоде (квартале)

Квартальный объем производства, т

Признак расчетного режима

Количество суток работы по 1 технологии

Количество суток работы по 2 технологии

### Исходные данные

Введите данные

Объем производства, заданный на квартал, т

Текущая стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб

Текущий план производства

Количество суток работы по 1 технологии

Количество суток работы по 2 технологии

Диалоговые окна ввода и корректировки исходных данных для расчета режимов электропотребления

# ПРОГРАММА «ОПТИМА+»

SettingForm

Двухставочный дифференцированный тариф	Настройки программы
Общие	Одноставочный тариф
	Двухставочный тариф

Общие параметры для всех тарифов на электроэнергию

Тарифный коэффициент по максимальной мощности (a)

Тарифный коэффициент по расходуемой электроэнергии (b)

Курс иностранной валюты

Календарное количество дней в расчётном периоде

Дополнительные затраты на запуск оборудования

Рачетный тариф на электроэнергию

- Одноставочный тариф
- Двухставочный тариф
- Двухставочный дифференцированный тариф

OK Отмена

# ПРОГРАММА «ОПТИМА+»

SettingForm

Общие	Одноставочный тариф	Двухставочный тариф
Двухставочный дифференцированный тариф		Настройки программы

При использовании двухставочного дифференцированного тарифа, предприятие платит за максимальную мощность в период максимумов нагрузки, а так же за расходуемую электроэнергию, но в отличие от двухставочного тарифа, здесь тарифы на электроэнергию продифференцированы по времени суток.

Ночной (с 00.00)	Утренний полупик	Утренний пик	Дневной полупик
Начало 00:00	Начало 06:00	Начало 09:00	Начало 11:00
Конец 06:00	Конец 09:00	Конец 11:00	Конец 17:00
Вечерний пик	Вечерний полупик	Ночной (до 24.00)	
Начало 17:00	Начало 19:00	Начало 23:00	
Конец 19:00	Конец 23:00	Конец 24:00	

OK Отмена

# ПРОГРАММА «ОПТИМА+»

SettingForm

Общие      Одноставочный тариф      Двухставочный тариф

Двухставочный дифференцированный тариф      Настройки программы

Отчеты и результаты

Сохранять отчеты в формате:

HTML document       SaveState

Автоматически сохранять отчеты

Способы оптимизации

Первый этап - по минимальному потреблению электроэнергии, второй - по минимуму затрат на электроэнергию

Первый этап - по минимуму затрат на электроэнергию, второй - по минимальному потреблению электроэнергии

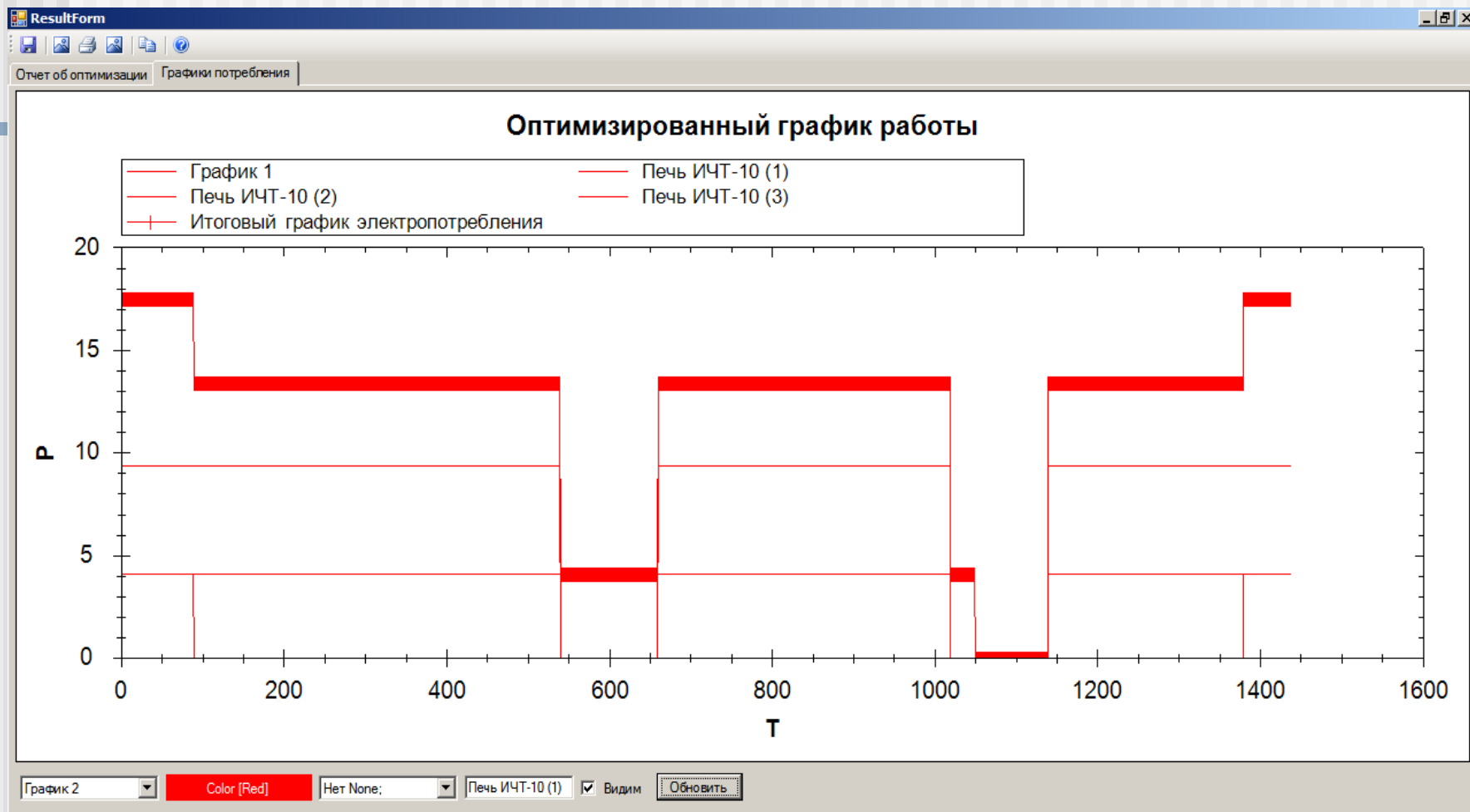
Способ ввода расходной характеристики

Точечный

Функциональный

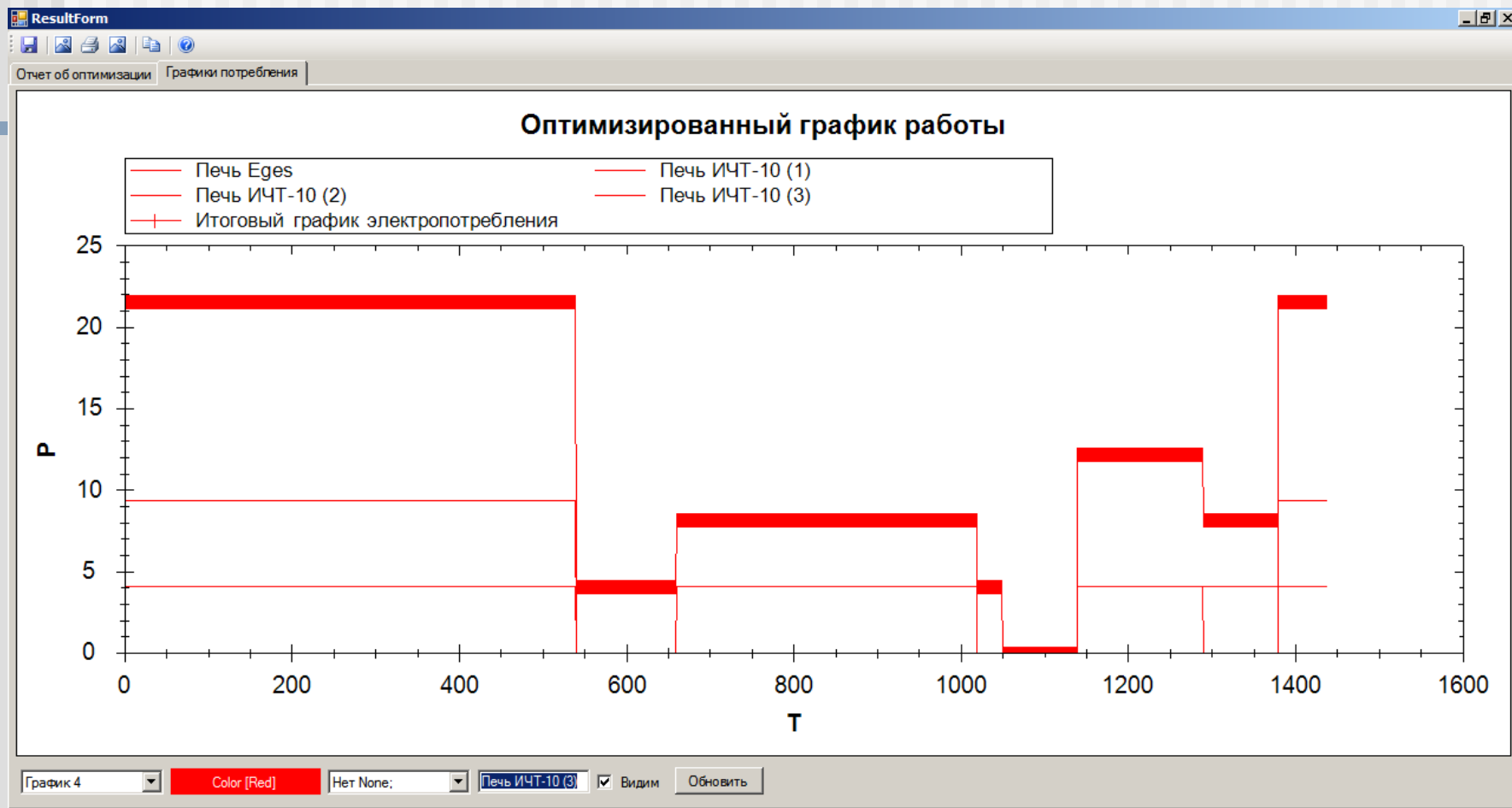
OK      Отмена

# ОПТИМИЗИРОВАННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ



**Критерий - минимум расхода электроэнергии**

# ОПТИМИЗИРОВАННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ



**Критерий - минимум затрат на покупку электроэнергии**

# РАЗРАБОТКА УДЕЛЬНЫХ НОРМ РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ С УЧЁТОМ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Объём плавки, т/сут	$W_{уд}$ , кВт·ч/т	
	Минимум расхода электроэнергии	Минимум затрат на покупку электроэнергии
До 72	674	695
73-192	670	690
193-252	660	674

*Эффект – несколько миллионов рублей экономии ежедневно*

# АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ РАСЧЕТНО-СПРАВОЧНАЯ СИСТЕМА

Расчетно-справочная система для повышения эффективности электроснабжения

Файл    Помощь


- Трансформаторы
  - Выбор силового энергоэффективного трансформатора
- Преобразователи частоты
  - Выбор частотных преобразователей
  - Расчет экономической эффективности**
- Управление режимом напряжения
  - Эффективность оптимизации напряжения
- Кабели
  - Силовые кабели
- Справочные данные
  - Шинопроводы
  - Пункты распределительные
  - Длительно допустимые токовые нагрузки для проводов и кабелей до 1 кВ
  - Постоянные времени нагрева проводов

Расчет экономической эффективности применения преобразователей частоты для регулирования давления жидкостей и газов

Номинальная мощность насоса $P_n$ , кВт	320
Номинальное давление, $P_n$	20
Заданное (необходимое) давление, $P_x$	18
Тариф на электроэнергию, руб./кВт·ч	1500
Курс доллара к рублю	10000

Стоимость инвертора  
\$ 90000   

Суточное почасовое распределение	Относительный расход $Q_x$ , %
с 0 до 3 часов	55
с 3 до 6 часов	60
с 6 до 9 часов	70
с 9 до 12 часов	75
с 12 до 15 часов	85
с 15 до 18 часов	85
с 18 до 21 часов	80
с 21 до 0 часов	60

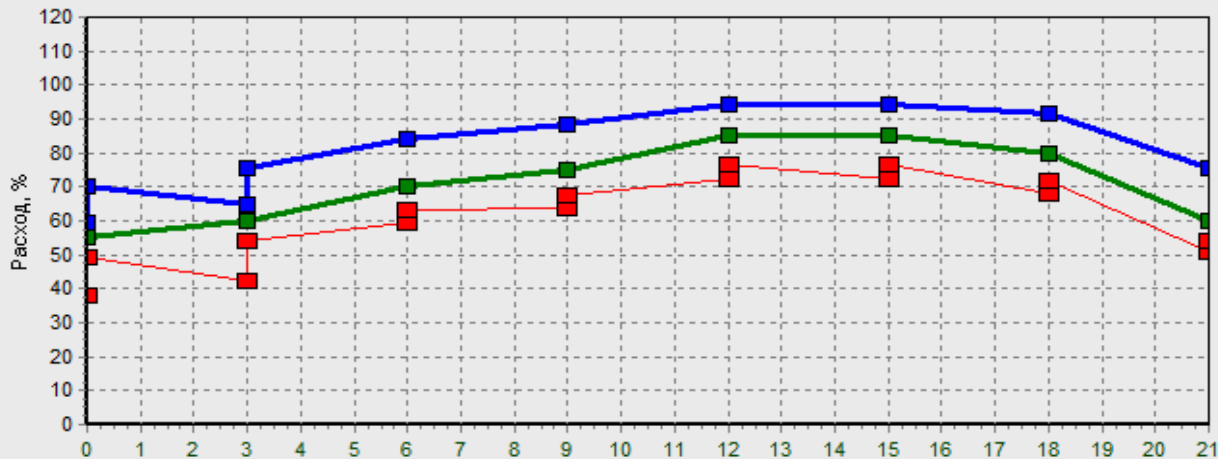




# АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ РАСЧЕТНО-СПРАВОЧНАЯ СИСТЕМА

Результаты

Суточное почасовое распределение	Отн. расход Qx, %	Затраты электроэнергии, кВт·ч				Экономия электроэнергии, руб.			
		Без ПЧ	С ПЧ	Разница	Сумм. разница	в сутки	в месяц	в год	
с 0 до 3 часов	55	225,1	158,4	66,7	200,11	1544,26	2161958,4	64858752	778305024
с 3 до 6 часов	60	241,15	172,8	68,35	205,06				
с 6 до 9 часов	70	269,7	201,6	68,1	204,29				
с 9 до 12 часов	75	282	216	66	198				
с 12 до 15 часов	85	302,19	244,8	57,39	172,18				
с 15 до 18 часов	85	302,19	244,8	57,39	172,18				
с 18 до 21 часов	80	292,86	230,4	62,46	187,39				
с 21 до 0 часов	60	241,15	172,8	68,35	205,06				



- Расход жидкости
- Энергопотребление без ПЧ
- Энергопотребление с ПЧ

Стоимость инвертора

\$ 90000

BLR 900000000

Срок окупаемости

1,16 лет



# ПРЕДЛОЖЕНИЕ ИПК и ПК

для получения второй специальности (квалификации)  
на базе высшего образования

## В ОБЛАСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ:

№	СПЕЦИАЛЬНОСТЬ	КВАЛИФИКАЦИЯ	СРОК ОБУЧЕНИЯ
1	ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ	Инженер-энергомеджер	18 месяцев
2	ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ	менеджер	18 месяцев

Форма обучения – заочная (3-4 сессии).

**+375 232 46-42-64**



**«От снижения энергоемкости  
производств – к  
энергоэффективности  
и качеству»**

**22 мая 2014, Минск**

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ !**

**Колесник Юрий Николаевич**

**Директор института повышения  
квалификации и переподготовки кадров  
УО «ГГТУ им.П.О. Сухого», к.т.н., доцент**