



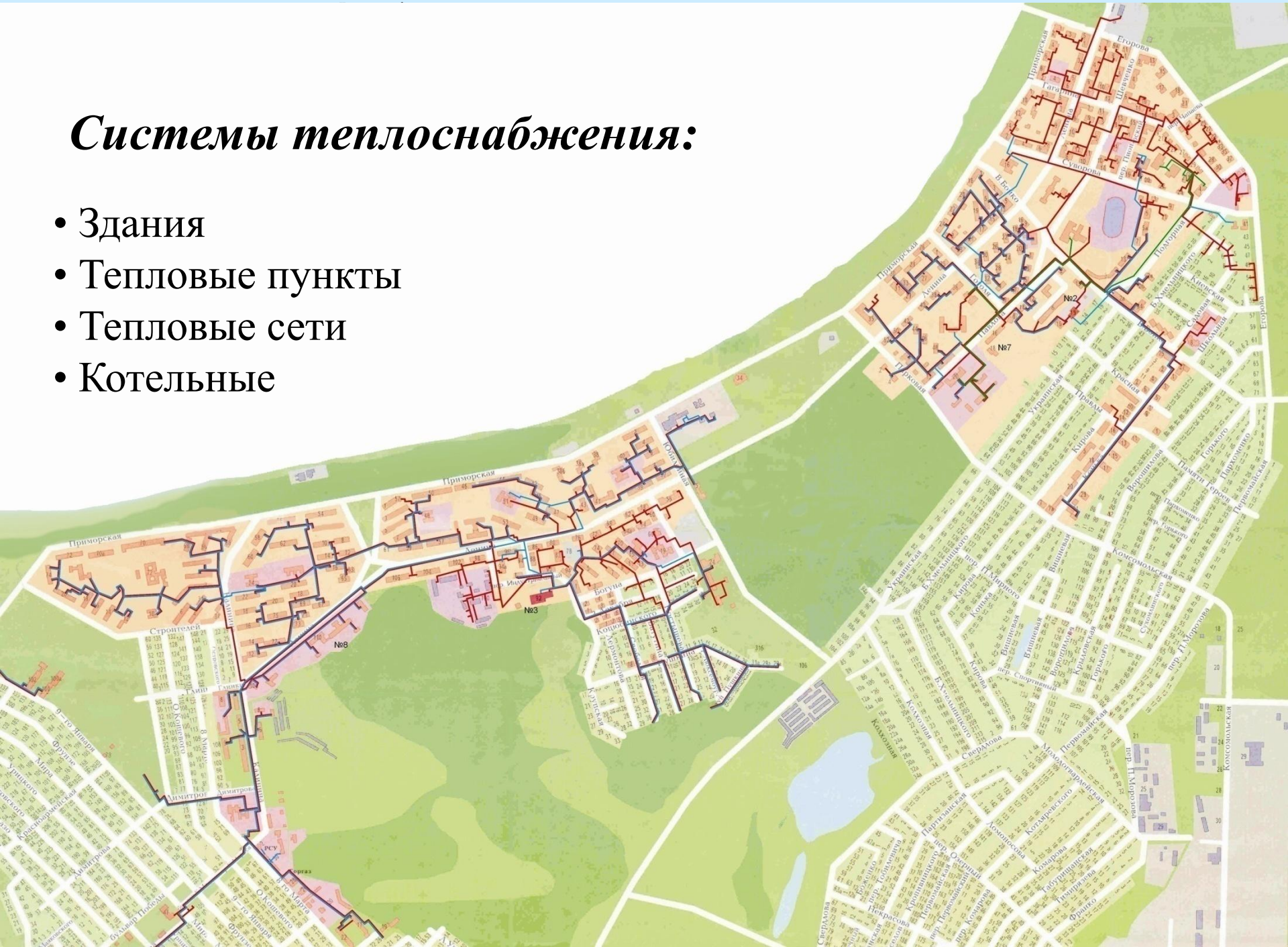
# **Некоторые задачи технико- экономического анализа и оптимизации систем теплоснабжения .**

**к.т.н., ведущий научный сотрудник**

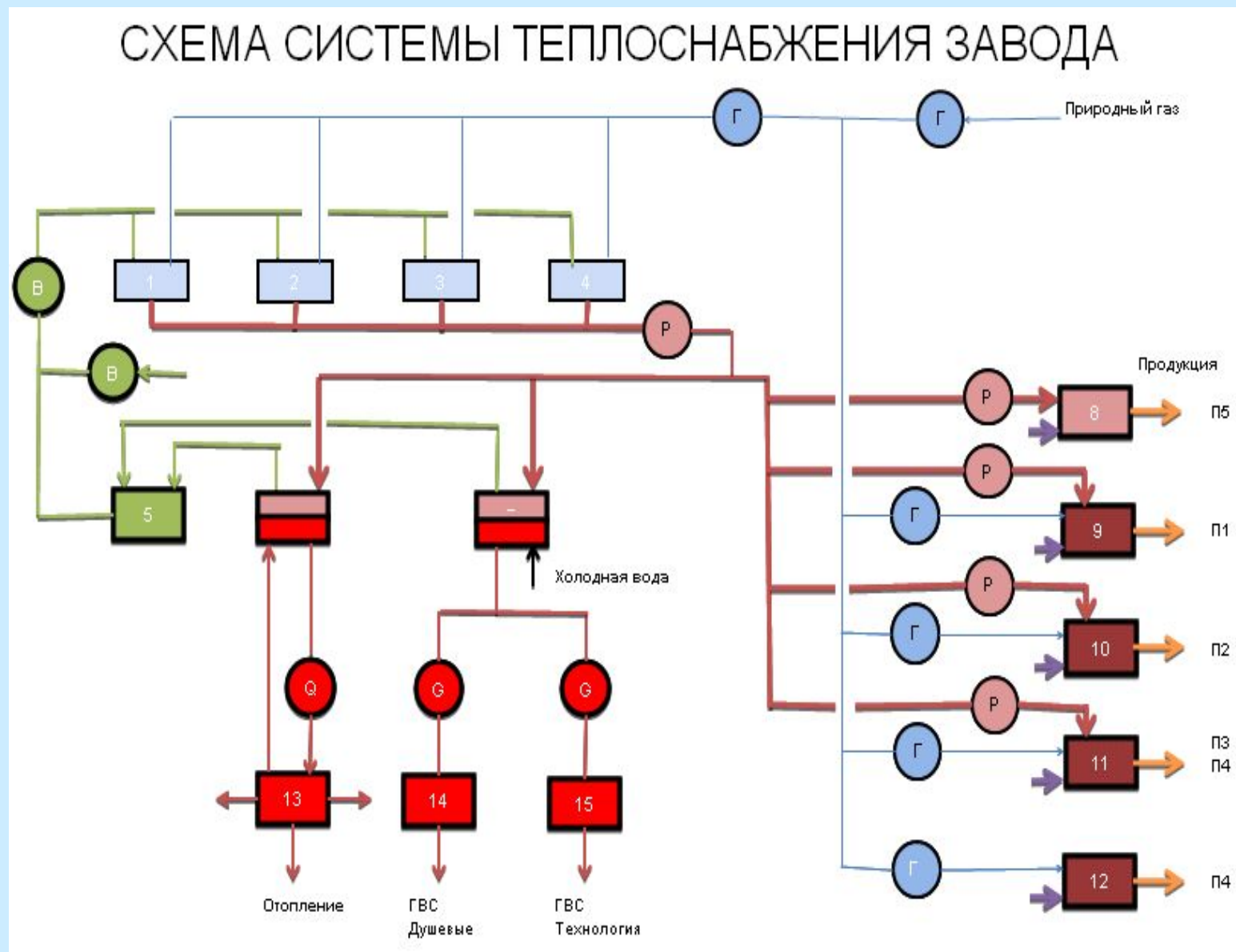
**Никитин Е.Е.**

# Системы теплоснабжения:

- Здания
- Тепловые пункты
- Тепловые сети
- Котельные



# Схема газопотребляющей системы теплоснабжения



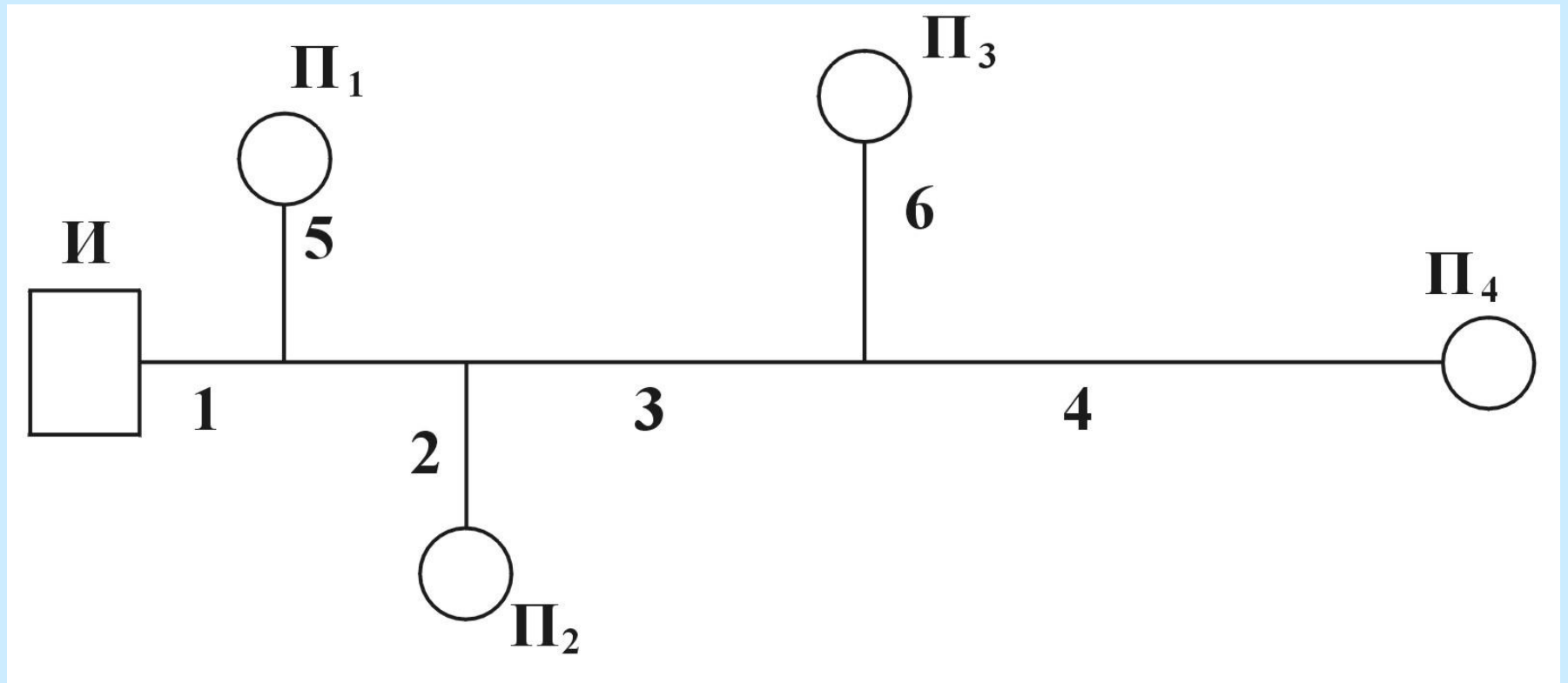
# Перечень задач

- **Моделирование показателей технико-экономической эффективности централизованных систем теплоснабжения**
- **Оптимизация выбора проектов модернизации систем теплоснабжения в условиях финансовых ограничений.**
- **Оптимальное распределение установленной мощности в системах отопления с базовым и пиковым источником тепловой энергии.**

# **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

Разработана методика и выполнено расчетное исследование взаимосвязи между показателями экономической, энергетической эффективности, ценами на энергоресурсы, конструктивными и эксплуатационными характеристиками централизованных систем теплоснабжения с водогрейными котлами работающими на природном газе

# Схема системы теплоснабжения



# Показатели технико-экономической эффективности системы теплоснабжения

$\eta_{\kappa}^{\text{бp}}$ ,  $q_{\text{с.н}}$  -Тепловой источник

## Тепловая сеть

$$q_{\text{т.п.о}} = \eta_{\text{р}}^{\text{б}} \Delta Q / (\Delta Q + \alpha Q) \quad q_{\text{н}} = \Delta N (\eta_{\kappa}^{\text{бp}} - q_{\text{тр.ном}}) / \alpha Q$$
$$\beta_i = (\Delta N_i + \Delta Q_i) / \alpha Q_i \quad \beta = \Sigma (\Delta N_i + \Delta Q_i) / \Sigma \alpha Q_i$$

## Рентабельность производства тепловой энергии

$$R = c(\eta_{\kappa}^{\text{бp}} - q_{\text{тр.ном}}) / \{ \kappa [c_{\text{т}} + c_{\text{е}}(q_{\text{с.н}} + q_{\text{н}})] \} - 1$$

$c_{\text{т}}$ ,  $c$ ,  $c_{\text{е}}$  – цена топлива, тепловой и электрической энергии

$\kappa$  – коэффициент дополнительных затрат

# Влияние отключения потребителей

Параметр	Отключение потребителя №4	Отключение потребителя №3
$\beta$	10% → 7%	10% → 11%
R	8% → 14%	8% → 6%



## Влияние цены тепловой энергии

Цена тепловой энергии, грн./Гкал	600	700	750	800	900
R, %	-19	-6	0	8	21

## Влияние цены топлива

Цена топлива, грн./1000 м <sup>3</sup>	2000	2600	2830	3000	3500
R, %	37	8	0	-5	-18

# Влияние коэффициента теплопроводности теплоизоляции трубопроводов

$\lambda_{из}$ , Вт/м К	0,03	0,05	0,07	0,09	0,10
$Q_{тр.пот}$ , %	9	14	19	23	25
R, %	15	8	1	-4	-7

# Влияние удельной протяженности тепловых сетей

$\Sigma Q_i$ , кВт	2000	2500	4000	6000	8000
$L/\Sigma Q_i$ , км/МВт	2,6	2,1	1,4	0,9	0,7
$Q_{\text{тр.пот}}$ , %	21	19	14	11	9
$q_H$ , %	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8
$R$ , %	-2	1	7	12	15

# Влияние КПД теплового источника

$\eta_k^{\text{бр}}$ , %	70	80	87	90	100*
$R$ , %	-33	-14	1	8	32

\* - при использовании конденсационных котлов.

# Перечень базовых мероприятий по модернизации СТ

Источники	Тепловые сети	Потребители
Замена котлов на более эффективные	Предизолированные трубы оптим. диаметра	Утепление ограждающих конструкций здания
Модернизация котлов -горелки -теплоутилизаторы -теплоизоляция -САР	Замена насосных установок на более экономичные	Установка систем погодного и программного регулирования теплопотребления
Перевод котлов на местные виды топлива	Теплогидравлическая наладка сетей	Индивидуальное отопление
Когенерационные установки		Восстановление ГВС
Тепловые насосы		Промывка систем
Гелиотопливные системы		
Изменение топологии тепловых сетей		
Максимальная загрузка экономичных источников		
Установка приборов учета отпуска и потребления тепловой энергии		
Внедрение систем энергетического менеджмента		

# Электронная библиотека ТЭО

Расчетные нагрузки		Предварительно изолированные трубы		Восстановление ГВС		Когенерационные установки		Тепловые насосы	
Исходные данные		Исходные данные		Исходные данные		Исходные данные		Исходные данные	
№	Наименование	№	Наименование	№	Наименование	№	Наименование	№	Наименование
<b>I. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ</b>									
38	Котельная №1	38	Котельная №2	39	Бойлерная №1	40	Бойлерная №2	41	Бойлерная №3
<b>II. ОСНОВНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ</b>									
12	Цех №1	13	Цех №2	14	Цех №3	15	Цех №4	16	Цех №5
<b>III. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ОБЪЕКТЫ</b>									
17	Термальные воды	18	Термальные воды	19	Термальные воды	20	Термальные воды	21	Термальные воды

# **Оптимизация выбора проектов модернизации систем теплоснабжения в условиях финансовых ограничений.**

Имеется определенное количество возможных проектов, каждый из которых может быть реализован в определенном объеме. Имеются определенные ограничения по объему реализации каждого из проектов. Для каждого из проектов известны экономия, которая достигается при его реализации, а также необходимые капитальные затраты. Общая сумма финансовых ресурсов, которые могут быть израсходованы на реализацию всей совокупности проектов не может превышать определенной известной величины. Требуется определить объемы реализации каждого из проектов, таким образом, чтобы максимизировать экономию, которая будет достигнута после их реализации.

# Математическая постановка задачи об оптимальном выборе проектов

$$\mathcal{E} = \varepsilon_1 x_1 + \varepsilon_2 x_2 + \dots + \varepsilon_i x_i + \dots + \varepsilon_n x_n \rightarrow \max (1),$$
$$x \in \Delta_\beta$$

$$K_1 x_1 + K_2 x_2 + \dots + K_i x_i + \dots + K_n x_n \leq K \quad (2),$$

$$x_1 \leq X_1, x_2 \leq X_2, \dots, x_i \leq X_i, \dots, x_n \leq X_n \quad (3),$$

$$x_1 > 0, x_2 > 0, \dots, x_i > 0, \dots, x_n > 0 \quad (4)$$

# Критерии выбора энергоэффективных проектов

- Экономические (T, IRR, NPV)
- Экологические
- Надежность
- Энергетическая независимость
- Качество теплоснабжения
- Социальная значимость



# Оптимизация выбора проектов по комплексу критериев

$$\Pi = x_1 k_1 / T_{1cp} + x_2 k_2 / T_{2cp} + \dots + x_i k_i / T_{icp} + \dots + x_n k_n / T_{ncp} \rightarrow \max$$

$x \in \Delta_\beta$

$$T_{icp} = (T_{i1} + T_{i2} + \dots + T_{i\alpha} + \dots + T_{ip}) / p$$

$$k_1 x_1 + k_2 x_2 + \dots + k_i x_i + \dots + k_n x_n \leq K$$

$$x_1 \leq X_1, x_2 \leq X_2, \dots, x_i \leq X_i, \dots, x_n \leq X_n$$

$$x_1 > 0, x_2 > 0, \dots, x_i > 0, \dots, x_n > 0J$$

# Пример

Допустим, что рассматривается шесть альтернативных проектов ( $n=6$ ): 1) модернизация устаревших газовых котлов (например путем замены горелок или установки теплоутилизаторов), 2) замена старых газовых котлов с низким к.п.д. на новые газовые котлы с более высоким к.п.д., 3) перевод газовых котлов на биомассу, 4) установка тепловых насосов, 5) замена изношенных участков труб тепловых сетей на предварительно изолированные трубы и 6) термомодернизация зданий.

Задачи по оптимизации - Microsoft Excel

Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид

Вставить Буфер обмена Шрифт Выравнивание Число Условное форматирование Форматировать как таблицу Стили Ячейки Вставить Удалить Формат Сортировка и фильтр Найти и выделить

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
1	<b>Задача оптимального выбора проектов по критериям экономичности, надежности и дополнительных выгод</b>														
2	№ проекта	1	2	3	4	5	6								
3	Оптимальный объем реализации проектов, кВт(м2)	0.00	0.00	5000.00	0.00	22000.00	0.00								
4	Кап.затраты на проект, млн.грн	0.00	0.00	8.00	0.00	22.00	0.00								
5	Максимальный объем реализации проектов,кВт(м2)	10000.00	15000.00	5000.00	3000.00	50000.00	100000.00								
6	Удельные кап.затраты по проекту, грн/кВт(грн/м2)	400.000	800.000	1600.000	4000.000	1000.000	1000.000								
7	Удельная годовая экономия по проекту, грн/кВт(грн/м2)	200.000	300.000	500.000	800.000	150.000	120.000	Σ							
8	Рейтинг проекта по экономичности (срок окупаемости , лет )	2.000	2.667	3.200	5.000	6.667	8.333	27.867							
9	Рейтинг проекта по надежности	9.000	9.000	9.000	9.000	3.000	9.000	48.000							
10	Рейтинг проекта по дополнительным выгодам	9.000	9.000	6.000	7.000	9.000	4.000	44.000							
11	Усредненный рейтинг проекта	6.667	6.889	6.067	7.000	6.222	7.111								
12	Целевая функция	4854395.65													
13	Фактические затраты,млн.грн	30.00													
14	Располагаемые финансовые ресурсы,млн.грн	30.00													
15	Необходимый объем финансирования,млн.грн	186.00													
16															

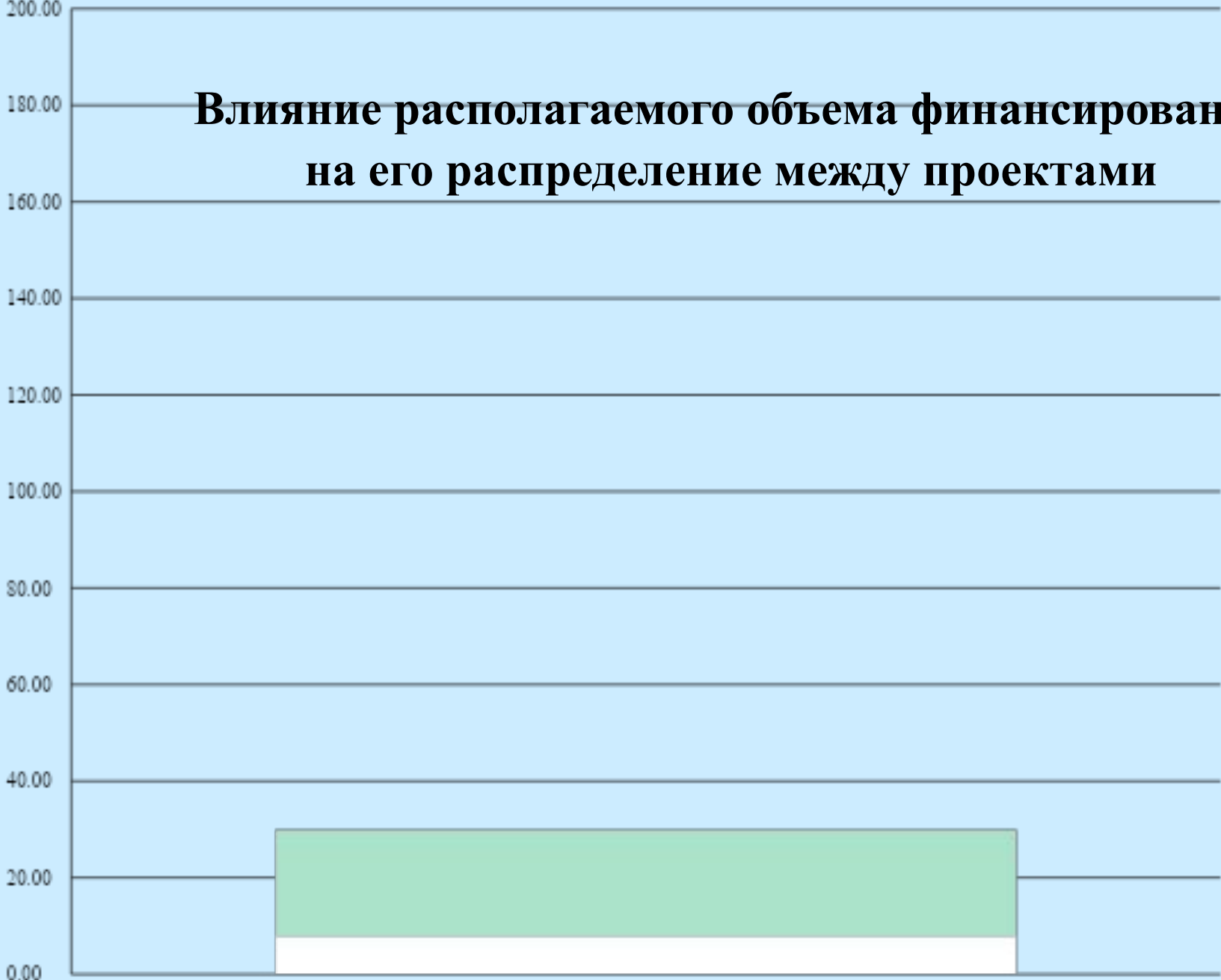
Готово

Калькулятор Статьи К вопросу оптими... Задачи по оптимиз...

RU 7:35 PM

# Влияние располагаемого объема финансирования на его распределение между проектами

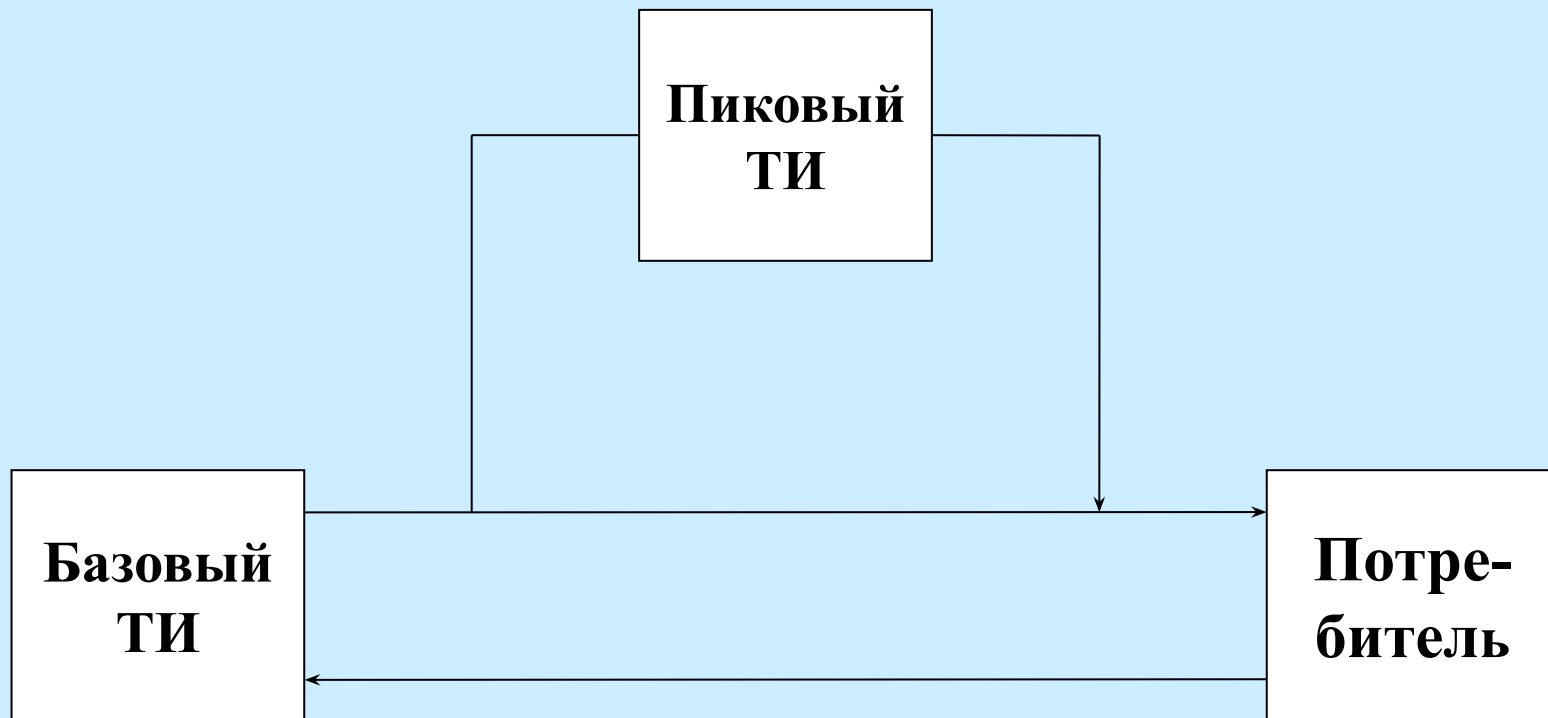
- Проект1
- Проект2
- Проект3
- Проект4
- Проект5
- Проект6



# **Оптимальное распределение установленной мощности в системах отопления с базовым и пиковым источником тепловой энергии.**

В качестве базовых тепловых источников могут рассматриваться тепловые насосы, конденсационные котлы или котлы на биотопливе, а в качестве пиковых тепловых источников – традиционные газовые котлы или электрокотлы. В качестве критерия оптимизации использована величина суммарных затрат за весь период эксплуатации оборудования.

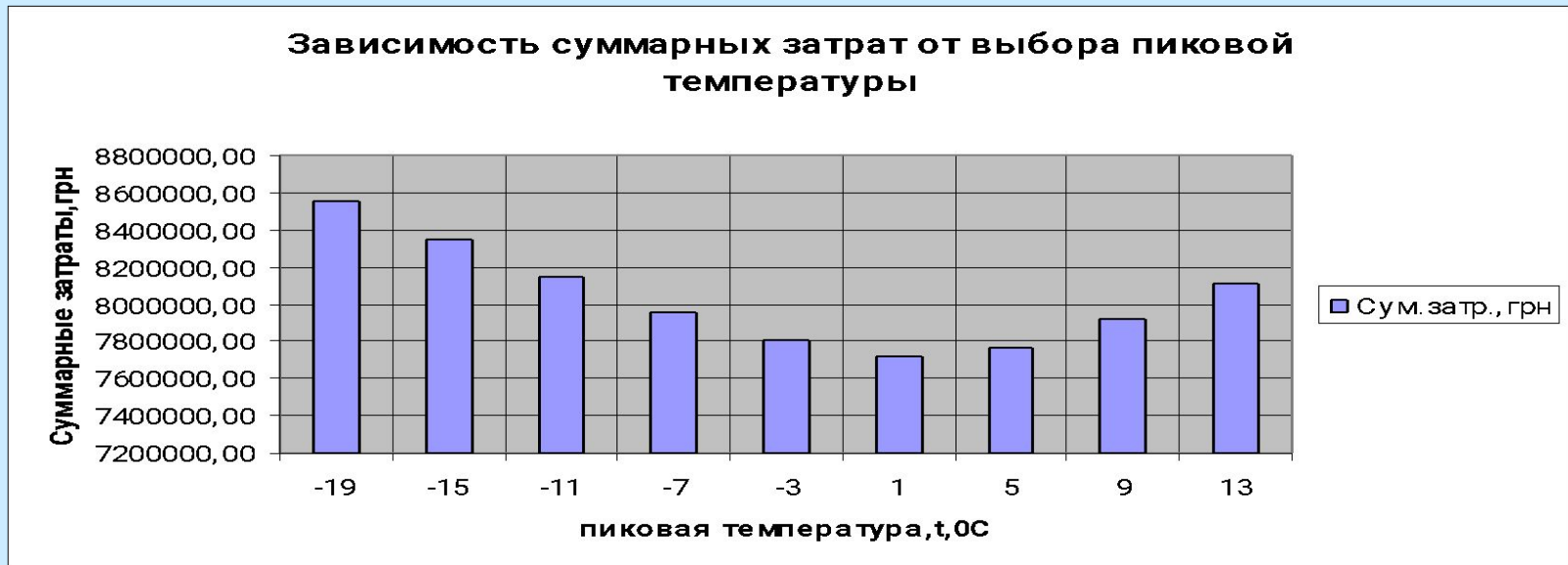
# СТ с базовым и пиковым ТИ



# Характеристика тепловых источников

ТИ	Показатель энергетической эффективности	Удельные капитальные затраты, грн./кВт	Цена используемого ТЭР, грн./кВт·ч	Целесообразный режим использования
Газовый котел	К.п.д.= 90%	500	Природный газ 0,30	Базовый, пиковый
Газовый конденсационный котел	К.п.д.=106%	1000	Природный газ 0,30	Базовый
Электрический котел	К.п.д.=90%	300	Электроэнергия 0,70	Пиковый
Тепловой насос	COP= 2,5-4	2500	Электроэнергия 0,70	Базовый
Котел на торфе	К.п.д.= 88%	1600	0,09	Базовый

# К оптимизации выбора установленной мощности базового и пикового ТИ (ТН+газ.котел)





# Публикации

- Никитин Е.Е Моделирование показателей технико-экономической эффективности централизованных систем теплоснабжения с водогрейными котлами. // Проблемы общей энергетики. Вып.1(21), 2010, С.32-39
- Никитин Е.Е. Оптимальное распределение установленной мощности в системах отопления с базовым и пиковым источником тепловой энергии // Промышленная теплотехника. Том 32, №3, 2010
- Никитин Е.Е. Оптимизация выбора энергоэффективных проектов модернизации систем теплоснабжения в условиях финансовых ограничений// Проблемы общей энергетики. Вып.3(26), 2011, С.25-32.

***Спасибо за внимание***

**Институт газа НАН Украины**

**Тел./факс: 455 6173**

**E-mail: [en@iceet.kiev.ua](mailto:en@iceet.kiev.ua)**