

**Дутка А.В., Никитин Е.Е.**  
Институт газа НАН Украины, Киев

## Выбор оптимального размещения газовой котельной для нового жилого района

Разработана методика определения оптимального размещения газовой котельной для нового жилого района по критерию минимизации суммарных затрат за жизненный цикл системы централизованного теплоснабжения, которая может применяться при проектировании централизованных систем теплоснабжения районов и населенных пунктов. Проанализировано влияние изменения цен на энергоносители, предварительно изолированные трубы и изменение жизненного цикла системы теплоснабжения на оптимальную конфигурацию тепловой сети.

**Ключевые слова:** централизованные системы теплоснабжения, оптимальное расположение котельной, оптимальные конфигурации систем централизованного теплоснабжения населенных пунктов.

Розроблено методику знаходження оптимального розташування газової котельної для новозбудованого житлового району за критерієм мінімізації сумарних витрат за життєвий цикл системи централізованого теплопостачання, яка може застосовуватися при проектуванні централізованих систем теплопостачання районів та населених пунктів. Проаналізовано вплив зміни цін на енергоносії, попередньо ізольовані труби та зміни життєвого циклу системи теплопостачання на оптимальну конфігурацію теплової мережі.

**Ключові слова:** централізовані системи теплопостачання, оптимальне розташування котельні, оптимальні конфігурації систем централізованого теплопостачання населених пунктів.

Проблемы развития, модернизации, реабилитации и реформирования систем теплоснабжения стоят сегодня перед всеми муниципалитетами для существующего жилищного фонда и при новом строительстве. В работах [1, 2] рассматриваются некоторые параметры таких решений. Перспективы централизованного теплоснабжения в Украине рассматриваются в работе [3]. В работе [4] установлено, что современные системы централизованного теплоснабжения лучше индивидуальных при плотностях тепловых нагрузок района 0,11–0,18 МВт/га (3 этажа и выше) и их эффективность возрастает с ростом цен на природный газ.

В данной работе рассматривается выбор оптимального расположения газовой котельной для нового жилого района.

Известна классическая задача многомерной нелинейной оптимизации «задача о строительстве универсама», в которой необходимо определить местоположение для строительства универсама так, чтобы общее расстояние от построенного универсама до всех жилых домов было минимальным [5]. В математической модели задачи используются две независимые перемен-

ные, каждая из которых представляет отдельную координату точки на плоскости.

Для математической постановки задачи введены некоторые обозначения для географических координат исходных жилых домов, использована прямоугольная система координат, в которой выходные дома и универсам представляют собой отдельные точки на плоскости (рис.1).

Координаты исходных домов записаны как координаты соответствующих точек в виде  $(x_i, y_i)$ , где  $i \in \{1, 2, 3, 4, \dots, n\}$ . Искомые координаты универсама, который предполагается построить, задаются равными  $(x, y)$ . Они являются переменными рассматриваемой задачи оптимизации, каждая из которых по своему характеру может принимать действительные значения из  $\mathbb{R}$ .

В качестве целевой функции данной задачи рассматривается сумма расстояний от искомой точки  $(x, y)$  к каждой из заданных точек  $(x_i, y_i)$ , ( $\forall i \in \{1, 2, 3, 4, \dots, n\}$ ), рассчитанных по формуле Эвклида. Каждое отдельное расстояние в этом случае равно

$$r_i = [(x - x_i)^2 - (y - y_i)^2]^{1/2}. \quad (1)$$

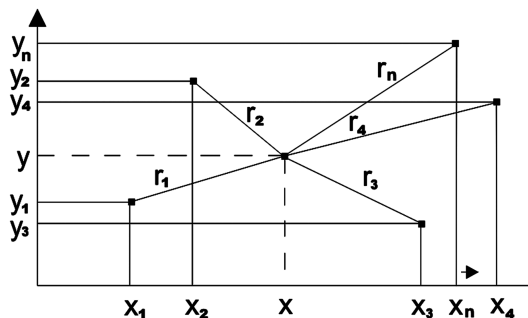


Рис.1. Иллюстрация математической постановки задачи оптимального расположения универсама.

Целевая функция имеет вид:

$$r = \sum_{i=1}^n [(x - x_i)^2 - (y - y_i)^2]^{1/2} \rightarrow \min. \quad (2)$$

Приведенное выше решение было использовано для решения задачи о выборе оптимального расположения газовой котельной.

Постановка задачи о выборе оптимального расположения газовой котельной может быть сформулирована следующим образом. На ограниченной географической территории существует определенное количество новостроенных домов, например, жилых, с плотностью застройки большей 0,11 МВт/га. Тогда возникает вопрос о выборе места расположения котельной для данного района.

Критерием оптимизации в данной задаче является величина минимальных суммарных расходов денежных средств за весь период жизненного цикла централизованной системы теплоснабжения, которая рассматривается в [6].

Суммарные затраты средств за весь период жизненного цикла системы теплоснабжения включают: а) капиталовложения на закупку и монтаж предварительно изолированных трубопроводов ППУ необходимых диаметров; б) эксплуатационные расходы средств на электроэнергию для транспортировки теплоносителя на период проекта; в) эксплуатационные расходы средств из-за потерь тепла при транспортировке теплоносителя на период проекта.

Для упрощения задачи по выбору оптимального расположения газовой котельной принято, что все дома и будущая котельная находятся на одной высоте над уровнем моря, расположение котельной возможно в любом месте на данной территории застройки, система теплоснабжения водяная, двухтрубная, подземная, закрытая, с параметрами теплоносителя 90–70 °С; ежегодные эксплуатационные расходы на период проекта приняты одинаковыми. Предполагается также, что величина стоимости новой котельной со всем необходимым оборудо-

ванием не зависит от ее расположения, поэтому в данной задаче может не фигурировать.

Для того, чтобы сформулировать математическую постановку задачи, введем следующие понятия и величины:

- $i$  — номер дома,  $i \in \{1, 2, 3, 4, \dots, n\}$
- $n$  — количество домов
- $Z$  — суммарные затраты средств за весь период жизненного цикла централизованной системы теплоснабжения, тыс. грн
- $t$  — период жизненного цикла централизованной системы теплоснабжения, лет
- $r_i$  — расстояние от  $i$ -го дома к котельной
- $Z_i$  — суммарные затраты средств для  $i$ -го дома за весь период жизненного цикла централизованной системы теплоснабжения, тыс. грн
- $K_i$  — капитальные затраты на закупку и монтаж предварительно изолированных трубопроводов ППУ, необходимых диаметров для  $i$ -го дома
- $w_i$  — годовые эксплуатационные затраты средств на электроэнергию для транспортировки теплоносителя для  $i$ -го дома, тыс. грн/м
- $g_i$  — годовые эксплуатационные затраты средств из-за потерь тепла при транспортировке теплоносителя для  $i$ -го дома, тыс. грн/м

Используя сделанные предположения, введенные понятия и величины, математическую постановку задачи по выбору оптимального расположения газовой котельной аналогично формуле (2) можно сформулировать в следующем виде:

$$Z = \sum_{i=1}^n Z_i \rightarrow \min, \quad (3)$$

где

$$Z_i = K_i + (w_i + g_i)t. \quad (4)$$

Величина  $w_i$  прямо пропорциональна величине гидравлических потерь для данного участка тепловых сетей и стоимости электрической энергии. Гидравлические расчеты трубопроводов выполняются согласно методике [7]. Величина  $g_i$  имеет прямую зависимость от стоимости и потерь тепловой энергии в трубопроводах тепловых сетей. Потери тепла в трубопроводах рассчитываются согласно методике [7, 8]. С учетом (1) формула (4) будет иметь такой вид:

$$Z_i = K_i + t(w_i + g_i)[(x - x_i)^2 - (y - y_i)^2]^{1/2}, \quad (5)$$

С помощью подстановки (5) в (3) суммарные затраты средств за весь период жизненного цикла централизованной системы теплоснабжения составят:

$$Z = \sum_{i=1}^n \{K_i + t(w_i + g_i)[(x - x_i)^2 - (y - y_i)^2]^{1/2}\} \rightarrow \min. \quad (6)$$

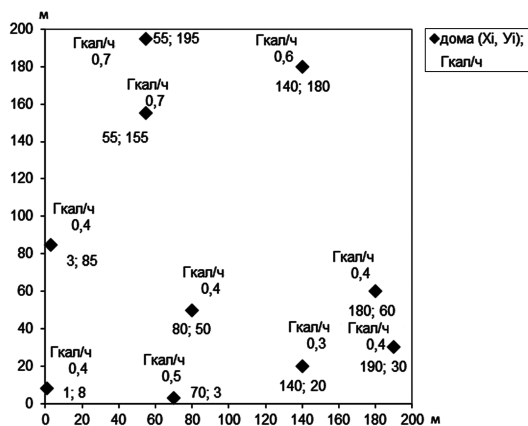


Рис.2. Координаты размещения и нагрузки зданий, для которых необходимо решить задачу оптимального расположения котельной.

Решение задачи о строительстве котельной аналогично с решением задачи «о универсале» с помощью встроенного средства «Поиск решения» в программе MS EXCEL подробно описаны в [5].

Рассмотрим пример решения задачи выбора оптимального расположения газовой котельной для квадратного района застройки площадью 4 га, состоящего из 10 жилых домов с различными присоединенными тепловыми нагрузками (рис.2). Принята средняя плотность тепловой нагрузки района 1,2 МВт/га, что соответствует средней плотности застройки мегаполисов.

Данную задачу целесообразно разделить на два этапа.

На первом этапе выделяем кластеры — группы домов, для которых необходимо найти оптимальные точки (рис.3), которые могут быть местом расположения ЦТП или местами ответвлений от магистральных трубопроводов

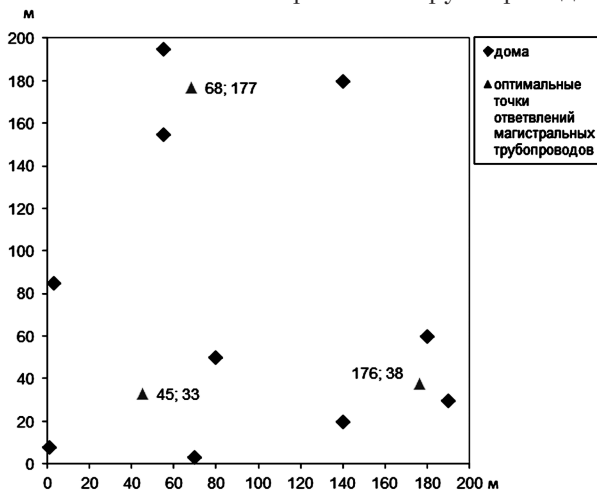


Рис.3. Нахождение оптимальных точек ответвлений магистральных трубопроводов для выбранных кластеров домов.

(расположение тепловых камер). В рассматриваемом примере можно разделить все дома на три группы с координатами:

- 1-я — (1; 8), (3; 85), (70; 3), (80; 50);
- 2-я — (140; 180), (55; 155), (55; 195);
- 3-я — (190; 30), (140; 20), (180; 60).

На втором этапе находим оптимальное место для строительства газовой котельной с помощью известного средства «Поиск решения» (рис.4).

В данном примере были приняты следующие цены на энергоносители: стоимость тепловой энергии — 500 грн/Гкал, стоимость электроэнергии — 0,72 грн/кВт·ч. Период жизненного цикла централизованной системы теплоснабжения принят 15 лет. В таблице показано, как изменятся расположение котельной и суммарные эксплуатационные расходы средств, если будут меняться цены на энергоносители и период жизненного цикла системы.

Как видно из таблицы, изменение цен на энергоносители (в пределах увеличения от 50 до 100 %), изменение стоимости предварительно изолированных труб ППУ ( $\pm 30\%$ ) и жизненный цикл системы (в данном случае 15 и 20 лет) практически не влияют на выбор оптимального расположения котельной. Эти параметры существенно влияют на величину суммарных расходов за период жизненного цикла централизованной системы теплоснабжения.

Данная задача может иметь необходимое количество кластеров (групп зданий) и этапов. В каждом отдельном случае решения задачи выбора оптимального расположения газовой котельной нужен индивидуальный подход с учетом всех необходимых параметров.

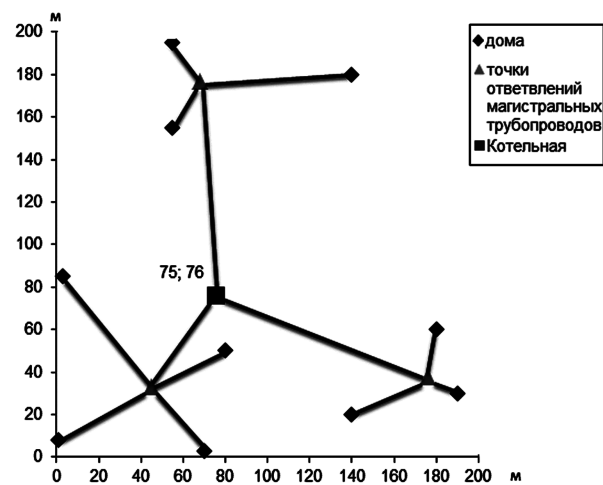


Рис.4. Нахождение оптимального расположения газовой котельной для новостроенного жилого района.

Показатель	Вариант								
	базовый	1	2	3	4	5	6	7	8
Стоимость тепловой энергии, грн/Гкал	500	500	750	500	500	750	500	750	750
Стоимость электрической энергии, грн/кВт.ч	0,72	1,5	1,5	0,72	1,5	1,5	0,72	1,5	1,5
Изменение стоимости ПИТ ППУ, %	0	0	0	0	0	0	30	30	-30
Жизненный цикл системы, лет	15	15	15	20	20	20	20	20	20
Координаты котельной (x/y)	<u>75,4</u>	<u>72,0</u>	<u>73,4</u>	<u>75,1</u>	<u>71,4</u>	<u>73,1</u>	<u>75,4</u>	<u>73,4</u>	<u>72,7</u>
	76,3	76,4	76,1	76,1	76,2	75,9	76,3	76,1	75,7
Отклонение от базового варианта, м	0	3,4	2,0	0,4	4,0	2,3	0,0	2,0	2,8
Суммарные затраты за период*, тыс. грн	2080	2801	3200	2568	3529	4061	2753	4247	3877

**Выводы**

Разработана методика нахождения оптимального расположения газовой котельной для новопостроенного жилого района по критерию минимизации суммарных затрат (капиталовложений на прокладку трубопроводов ППУ необходимых диаметров, потерь тепла вследствие их эксплуатации и расхода электроэнергии сетевыми насосами на перекачку теплоносителя от котельной к потребителям).

На примере простой схемы для нескольких новопостроенных зданий показано нахождение оптимального расположения распределительных узлов и котельной.

Показано, что изменение цен на энергоносители, изменение стоимости предварительно изолированных труб ППУ и жизненного цикла системы не имеют существенного влияния на оптимальную конфигурацию тепловой сети.

Данная методика является универсальной, поэтому может применяться при проектировании любых по размерам централизованных систем теплоснабжения районов и городов с учетом всех необходимых факторов и пожеланий заказчика.

**Список литературы**

1. Башмаков И.А., Папушкин В.Н. Муниципальное энергетическое планирование // ЭСКО. — 2010. — № 2.
2. Карп И.Н., Никитин Е.Е. Пути решения проблем коммунальной энергетики // Там же. — 2011. — № 12.
3. Малиновський А.А., Турковський В. Г., Музичак А.З. Централізоване тепlopостачання має перспективу в Україні // ЭСКО. — 2012. — № 1.
4. Дубовський С.В., Бабін М.Є., Левчук А.П., Рейсіс В.А. Межі економічної доцільності централізації та децентралізації тепlopостачання // Проблеми загальної енергетики. — 2011. — № 1.
5. Леоненков А.В. Решение задач оптимизации в среде MS Excel. — СПб. : БХВ-Петербург, 2005. — 704 с.
6. Стратегія енергозбереження в Україні : Аналіт.-довід. матеріали // Механізми реалізації політики енергозбереження / За ред. В.А.Жовтянського, М.М.Кулика, Б.С.Стогнія. — Київ : Академперіодика, 2006. — Т. 2. — 600 с.
7. ДБН В.2.5-39:2008 «Теплові мережі». — 2008.
8. Николаева А.А. Проектирование тепловых сетей : Справ. проектировщика. — М., 1965. — 360 с.

Поступила в редакцию 23.03.12

***Dutka A.V., Nikitin E.E.***

*The Gas Institute of NASU, Kiev*

**Selection of Optimal Location of a Gas Boiler House for Newly Built Residential District**

The methods for the definition of an optimal location of a gas boiler house for newly built residential district using the criterion of total cost minimizing within a life cycle of the centralized heat supply system that can be used in the design of centralized heat supply systems of districts and population centres are developed. The influence of the changes in energy prices for energy resources, pre-insulated pipes and changes of a life cycle of heat supply system on the optimal configuration of heat network is analysed.

**Key words:** centralized heat supply systems, optimal location of a boiler house, development of the optimal configurations of centralized heat supply systems of a population centre.

Received March 23, 2012

# Переработка сырья и ресурсосбережение

УДК 621.35:542.973:541.13

**Ведь М.В., Сахненко Н.Д., Глушкова М.А.,  
Майба М.В., Дементий А.В.**

*Национальный технический университет «ХПИ», Харьков*

## Каталитическая активность покрытий на основе переходных металлов

Исследовано влияние режимов электролиза и состава электролита на выход по току, состав и структуру электролитических покрытий сплавом серебро-кобальт и смешанными оксидами  $TiO_2-M_xO_y$  ( $M = Mn, Co, Ni$ ). Проведено тестирование электрохимически синтезированных покрытий в реакции окисления CO и показана их высокая каталитическая активность.

**Ключевые слова:** сплав серебро-кобальт, смешанные оксиды на основе переходных металлов, каталитическая активность, окисление CO.

Досліджено вплив режимів електролізу та складу електроліту на вихід за струмом, склад та структуру електролітичних покриттів сплавом срібло-кобальт та змішаними оксидами  $TiO_2-M_xO_y$  ( $M = Mn, Co, Ni$ ). Проведено тестування електрохімічно синтезованих покриттів у реакції окиснення CO та показано їх високу каталітичну активність.

**Ключові слова:** сплав срібло-кобальт, змішані оксиди на основі перехідних металів, каталітична активність, окиснення CO.

Неуклонный рост потребления топлива в энергетике, на транспорте и в других отраслях промышленности приводит к увеличению объема выброса в атмосферу токсичных эмитентов. Серьезной проблемой является возрастающее загрязнение атмосферы оксидом углерода, который содержится в технологических и отходящих газах предприятий черной и цветной металлургии, причем 54,3 % всех выбросов CO приходится на агломерационное производство, вторым по объему выбросов является доменное (26,9 %), третьим — конвертерное (6,05 %). Эмиссия CO на других технологических переделах менее существенна [1]. Необходимость удаления монооксида углерода из отходящих газов обусловлена прежде всего его токсичностью, однако для сопутствующих газов метал-

лургических технологий, содержащих повышенное количество CO, не менее важной задачей является рациональное использование энергетического и химического потенциала этого газа [2]. В настоящее время в Японии, Германии и США действуют промышленные установки по обезвреживанию дымовых газов [3], однако в Украине ни на одном из предприятий не предусмотрены глубокая очистка или рециклинг газовых выбросов.

Уровень загрязнения атмосферы городов превышает допустимые нормативы из-за токсичных веществ, поступающих в атмосферу с выхлопными газами транспортных средств. Для удаления небольших количеств CO, содержащихся в газах, применяют каталитические, абсорбционные и реже адсорбционные методы.