

Стоянов Ф.А., Корсун В.Е.,*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры,***Збараз Л.И.,***КП Тепловых сетей,***Стоянов Л.Ф.***Харьковский механический техникум***КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЗАДАЧАХ ОПТИМАЛЬНОГО ВЫБОРА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА В ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

Решение задачи оптимального выбора альтернативных видов топлива практически невозможно без использования современных компьютерных технологий [1]. В качестве объекта исследования рассматривается тепловая система тепличного комплекса (рис. 1). Для отопления используются два котла ДКВР 10-13 и четыре котла АВ-2. Подобный тепличный комплекс находится в Красноградском районе Харьковской области. Котлы ДКВР 10-13 работают на природном газе. Котлы АВ-2 в настоящий момент так же работают на природном газе, но планируется их перевод на альтернативное топливо (бурый уголь, антрацит, древесный брикет).

В качестве целевой функции в этой оптимизационной задаче служат годовые приведенные затраты в рассматриваемой системе теплоснабжения Z , гривен/год, которые определяются соответственно:

$$Z = Z_T + Z_{ух} + Z_G + C/T. \quad (1)$$

Здесь: Z , гривен/год - годовые приведенные затраты; $Z_T + Z_{ух} + Z_G$ - годовые приведенные потери; Z_T , гривен/год - годовые тепловые потери; $Z_{ух}$, гривен/год - годовые потери с уходящими газами; Z_G , гривен/год - годовые гидравлические потери; C , гривен - стоимость оборудования, связанного с переводом котлов на альтернативные виды топлива; T , год - срок амортизации (для нашего случая - 8 лет).

Формальная постановка задачи оптимального выбора альтернативного вида топлива выглядит следующим образом: из имеющегося номенклатурного ряда видов топлива выбрать такой состав, при котором величина Z является минимальной.

Тогда математическая постановка этой задачи имеет вид:

$$\text{Найти } \min Z(i_n) \quad (2)$$

где: i - номер вида альтернативного топлива (см. табл. 1); n - номер котла (в нашем случае 1, 2, 3, 4, 5, 6).

Таблица 1 - Величины стоимости и теплотворной способности для различных видов топлива

	Вид топлива	Теплотворная способность, МДж/кг	Стоимость
1	Природный газ	33,5	11,33 грн/м ³
2	Бурый уголь	13,0	1,2 грн/кг
3	Антрацит	23,5	3,0 грн/кг
4	Древесный брикет	17,5	2,0 грн/кг

Исходными данными в этой задаче являются: конфигурация магистрального теплопровода (то есть величины диаметров и толщин изоляции отдельных трубопроводов), температурный график, зависимость $\Delta t = f(t_{нв})$ (табл. 2), а так же величины: G , кг/с — расход теплоносителя на выходе из котельной; C_G , гривен/м³ — цена природного газа; $C_{уг}$, гривен/кг — цена бурого угля; C_a , гривен/кг — цена антрацита; $C_{бр}$, гривен/кг — цена брикетов.

Задана также теплотворная способность отдельных видов топлива (табл. 1). Параметрами управления в задаче являются $i=1,4$, $n=1,6$.

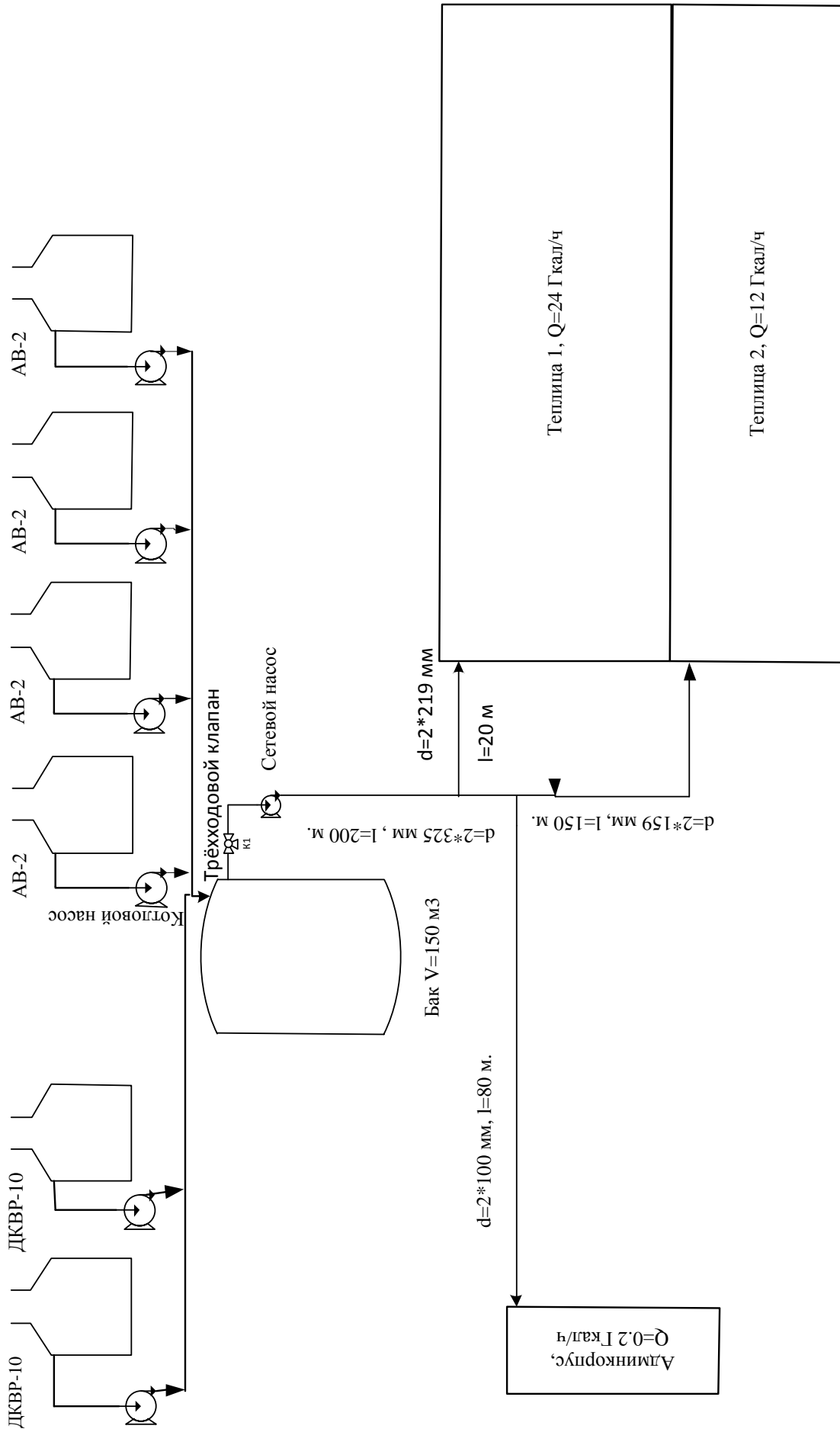


Рис. 1. Схема тепличного комплексу

Таблица 2 - Зависимости Δt от $t_{нв}$, где Δt , часов – интервал времени, в течение которого система работает при заданной температуре наружного воздуха $t_{нв}$

Среднесуточная температура наружного воздуха $t_{нв}, C^{\circ}$	Длительность периода Δt , часов
10	1887
0	1299
-5	829
-10	487
-15	246
-20	125
-25	47

При поиске оптимального решения используется метод перебора.

Сравнение экономических характеристик (З, гривен/год) вариантов с различными видами топлива должно проводиться в условиях оптимальной работы оборудования, то есть при условии оптимальности распределения нагрузок между 6 котлами ($Q_{1,опт} \dots Q_{6,опт}$) для различных значений температур наружного воздуха [2,3,4].

Таблица 3 - Зависимости $Q_{n,опт}$, МВт, от n ($n=1,6, t_{нв} = -25C^{\circ}$, все котлы работают на газе)

n	1	2	3	4	5	6
$Q_{n,опт}, МВт$	$Q_{1,опт}$	$Q_{2,опт}$	$Q_{3,опт}$	$Q_{4,опт}$	$Q_{5,опт}$	$Q_{6,опт}$
	8,1 МВт	8,1 МВт	3,0 МВт	8,5 МВт	5,0 МВт	5,29 МВт

Для расчёта C , грн, используется следующая информация. Стоимость топки с движущейся колосниковой решёткой типа ТЛПХ – 750 тыс. грн; вентилятора 80 тыс. грн; дымососа 120 тыс. грн. Стоимость разработки проектно-сметной документации, а так же выполнения работ по переводу одного котла АВ-2 на твёрдое топливо составит, ориентировочно, 90 тыс. грн. Таким образом, суммарные затраты на переоборудование одного котла составят 1040 тыс. гривен, а для четырёх котлов – 4160 тыс. гривен. Следовательно, $C/T=520000$ гривен (1). Результаты расчёта Z , гривен/год, приведены в табл. 4.

Математическая постановка этой задачи выглядит следующим образом.

$$\text{Найти } \min Z_1(Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5, Q_6), \quad (3)$$

$$Q_1 \dots Q_6 \in \Omega,$$

где область Ω определяется соотношением $(Q_1+Q_2+Q_3+Q_4+Q_5+Q_6)=Q$ (4)

Здесь Q , МВт — общая нагрузка на котельную, а Z_1 - общие потери в системе при заданной $t_{нв}$.

Эта задача решается методом Нелдера-Мида [5], а результаты решения для $t_{нв} = -25 C^{\circ}$ представлены в табл. 3.

Далее процесс решения задачи (2) выглядит следующим образом. На первом этапе решается задача (3) об оптимальном распределении нагрузки между отопительными котлами. Затем, зная эти величины, рассчитываются потери в системе при заданной $t_{нв}$. Суммируем эти потери в соответствии с табл. 2, и, в результате, получаем величину годовых приведенных потерь $Z_T+Z_{уг}+Z_G$ в системе, работающей на различных видах топлива. И, наконец, зная стоимость оборудования, связанного с переводом на альтернативные виды топлива, оцениваем величину C , гривен (см. 1), а далее и Z , гривен/год для котельной, котлы которой работают на разных видах топлива.

Ниже также приведены зависимость Z , грн/год от цены на газ (рис. 2 а, в, с, d) для различных комбинаций топлива (а–I; в–II; с– III, d– IV, табл. 4).

Анализируя полученные результаты можно сделать следующие выводы.

В связи с повышением цены на природный газ наиболее высокие потери Z , гривен/год, имеют место в варианте I, когда все котлы работают на газе. При переводе на альтернативное твёрдое топливо наиболее высокий экономический эффект достигается для варианта II ($Z=2,5728 \cdot 10^6$ гривен/год). При этом производится модернизация 4-х существующих котлов АВ-2.

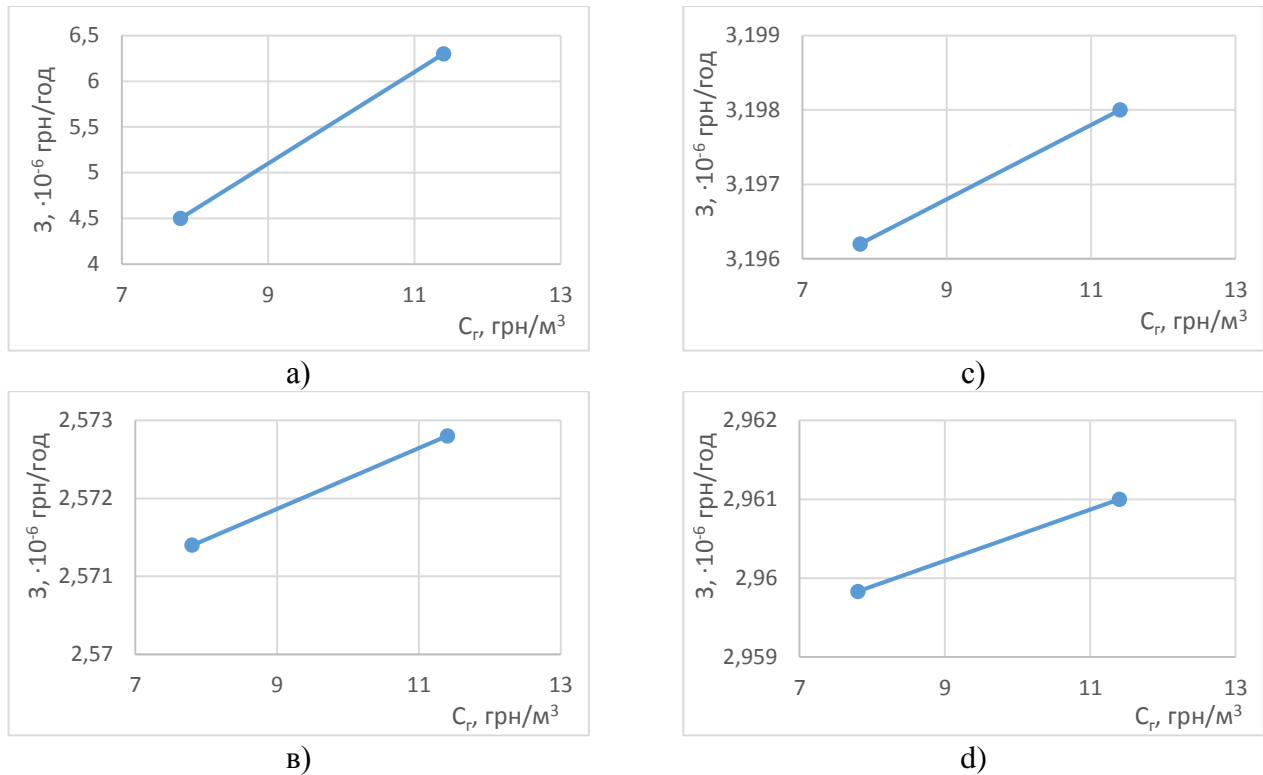


Рис. 2. Зависимость годовых приведенных затрат Z , гривен/год от цены газа C_g , гривен/м³

Таблица 4 - Зависимость Z , гривен/год от типа топлива (I – газ; II – уголь; III – антрацит; IV – брикеты; $C_g = 11,33$ гривен/м³)

N	Котел	I	II	III	IV
1	ДКВР-10-1	газ	газ	газ	газ
2	ДКВР-10-2	газ	газ	газ	газ
3	АВ-2	газ	уг	антр	брикеты
4	АВ-2-У	газ	уг	антр	брикеты
5	АВ-2-А	газ	уг	антр	брикеты
6	АВ-2-Б	газ	уг	антр	брикеты
Z , грн/год		$6,1269 \cdot 10^6$	$2,5728 \cdot 10^6$	$3,19776 \cdot 10^6$	$2,9613 \cdot 10^6$

ЛИТЕРАТУРА:

1. Тарадай А.М., Кириленко И.Г., Редько А.Ф., Яременко М.А. Тенденция развития централизованного и децентрализованного теплоснабжения // Науковий вісник будівництва.- Харьков: ХГТУСиА, ХОТВАБУ. - № 45, 2008.- С. 182-186.
2. Стоянов Ф.А., Андреев С.Ю., Шевченко Л.П. Методы системного анализа в задачах оптимального проектирования централизованных систем теплоснабжения: Учебное пособие для ВУЗов.- Харьков: «Золотые страницы», 2005,- 140 с.
3. Андреев С.Ю., Ноженко Ю.П. Рациональное распределение нагрузок между энергогенерирующими агрегатами. Материалы III всеукраинской научно-практической конференции.- Алушта: ХО НТТ КГ и ПО, ХНАМГ, 2007.- С. 35-41.
4. Андреев С.Ю., Стоянов Ф.А., Андреев А.Ю., Шевченко Л.П. Оптимальное управление централизованными системами теплоснабжения с учетом транспортного запаздывания теплоносителя //Учебное пособие для ВУЗов.- Харьков: «Золотые страницы», 2006.
5. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование.- М.: Мир, 1975.- 536 с.