

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ВОЛОГОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**ЭНЕРГОАУДИТ ЗДАНИЙ, СООРУЖЕНИЙ
И ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ.
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА В СЕМЕСТРЕ**

*Методические указания по теме
«К ВЫБОРУ ИСТОЧНИКА ТЕПЛОТЫ ЭЛЕКТРОТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКОГО ТИПА»*

Вологда
2014

Энергоаудит зданий и сооружений и инженерных сетей. Научно-исследовательская работа в семестре: методические указания по теме «К выбору источника теплоты электротеплогидравлического типа» / В.И. Игонин Н.В. Мнушкин. – Вологда: ВоГТУ, 2014. - 90 с.

Методические указания посвящены изучению основного этапа НИР, который включает в себя получение навыков по проведению технико-экономических исследований при выборе источника энергии для теплоэлектрических систем разнообразного типа.

Комплексный подход заключается в использовании ряда представлений об обобщенных параметрах, которые наглядно указывают на стоимость единицы энергии отдаваемой данным устройством. В работе рассматриваются методические особенности предлагаемого подхода, приведены графические и численные результаты. Подробно разобраны технические характеристики рассматриваемых объектов представляемых в виде источников тепломеханической энергии.

Методические указания ориентированы на студентов и магистров разного уровня обучения по направлениям 140100 (13.03.01) «Технология производства электрической и тепловой энергии» 270800 (08.03.01) «Теплогазоснабжение и вентиляция населенных мест и предприятий».

Утверждено редакционно-издательским советом ВоГУ

Составители: В.И. Игонин, д-р техн. наук, профессор
Н.В. Мнушкин, ассистент

Рецензент А.А.Кочкин, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой ПГС

Содержание

1. Технические параметры ряда источников выработки теплоты электротеплогидравлического типа	5
1.1. Теплогенератор Фисенко.....	5
1.2. Электрические котлы фирмы KOSPEL.....	6
1.3. Электрические котлы фирмы DAKON	7
1.4. Электрические котлы фирмы РусНит	8
1.5. Электрические котлы фирмы Ермак	9
2. Модели работы электротеплонагревателей.....	10
3. Расчет параметров источника электротеплогидравлического типа.....	12
3.1. Расчет выходной мощности	12
3.2. Расчет коэффициента эффективности потребления электрической мощности.....	13
3.3. Расчет стоимости удельного показателя.....	13
4. Пример.....	14
Выводы и результаты работы.	6
Список используемых источников	7

В связи с огромными программными затратами топливных ресурсов, требуемых для обеспечения все возрастающих потребностей гражданского и промышленного строительства, возникает необходимость в сокращении числа показателей, характеризующих работающий или строящийся объект [1], [2], [3].

С этой целью работа по развитию идей системного анализа на новые группы изделий, применяющихся в обеспечении микроклимата инженерных систем, весьма актуальна. Иерархическое представление теплоэнергетической системы (ТЭС) в микро-, макроуровневые представления изложено в работах [4], [5], [6]. Настоящая работа является технико-экономической и является этапной в последовательном ряде компетенций, получаемых обучающимися в курсах, обеспеченных лабораторными работами [7], [8] и является продолжением в совершенствовании методологических особенностей структуризации осваиваемой в ряде научно-исследовательских лабораторно-практических занятий на лабораторно-вычислительном комплексе теплогидравлического типа [8]. С точки зрения специальности для исследований выбраны две группы конструктивно различных по исполнению установок, служащих для создания и регулирования микроклимата в помещении.

Для примера изложена методика, позволяющая среди ряда энергоустановок, представленных на рынке сбыта разными фирмами, выбрать те, которые удовлетворяют предлагаемому для использования обобщенному теплоэкономическому показателю. Для анализа взяты фирмы Kospel, Dakon, РусНит, Ермак, Thermo, Electrolux, Nobo, Ballu.

1.ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РЯДА ИСТОЧНИКОВ ВЫРАБОТКИ ТЕПЛОТЫ ЭЛЕКТРОТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКОГО ТИПА

1.1.Теплогенератор Фисенко



Таблица 1. Паспортные данные теплогенератора Фисенко

Тип	ТТФ-6
Номинальная мощность $P_{\text{ном}}$	6 кВт
Теплопроизводительность	0,014 Гкал/ч
Номинальная токовая нагрузка (в фазе)	10 А
Расчётное давление воды	2,0 кг/см ²
Ёмкость теплогенератора	2 л
Габариты (мм)	760x280x280

1.2. Электрические котлы фирмы KOSPEL

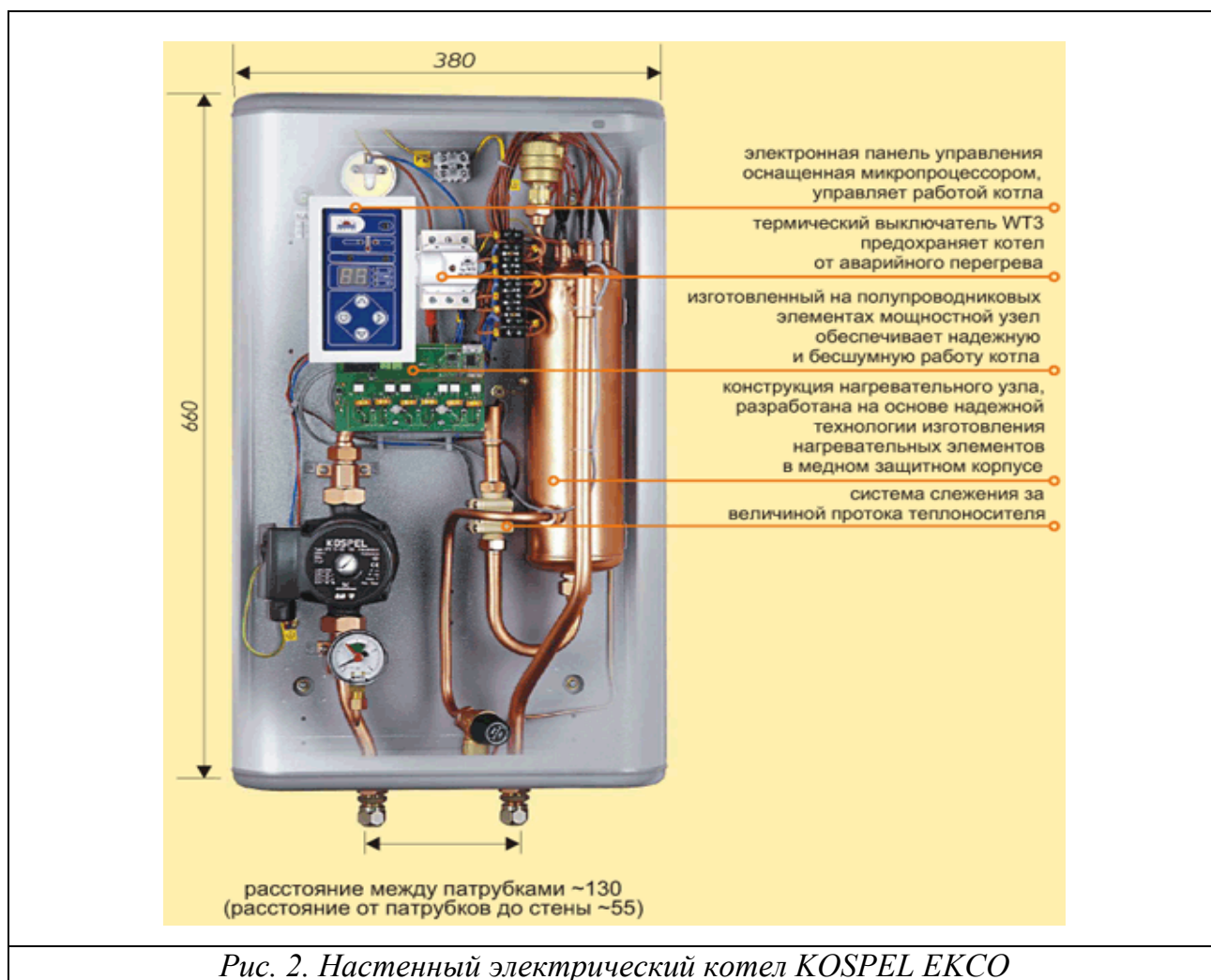


Таблица 2. Технические характеристики котлов KOSPEL ECKO

Тип котла	Ед.изм.	ЕКСО. LF, ЕКСО. LFp, ЕКСО. LFz, ЕКСО. RF		
Номинальная мощность	кВт	4	6	8
Номинальное напряжение	В	220 V ~		
Номинальный потребляемый ток	А	18,3	27,4	34,8
Номинальный ток предохранителя	А	25	32	40
Минимальное сечение питающих проводов YDY	мм ²	3 x 2,5	3 x 4	3 x 6
Температура на выходе	°C	30-85 (31-58 для версии ЕКСО.LFp и ЕКСО.Lp)		
Допустимая температура	°C	100		
Допустимое давление	МПа	0,3		
Габаритные размеры	мм	660 x 380 x 175		
Вес	кг	~ 18		
Соединительные патрубки	м ²	G 1/2"		
*мощность котла следует подобрать, основываясь на тепловом балансе объекта				

1.3. Электрические котлы фирмы DAKON

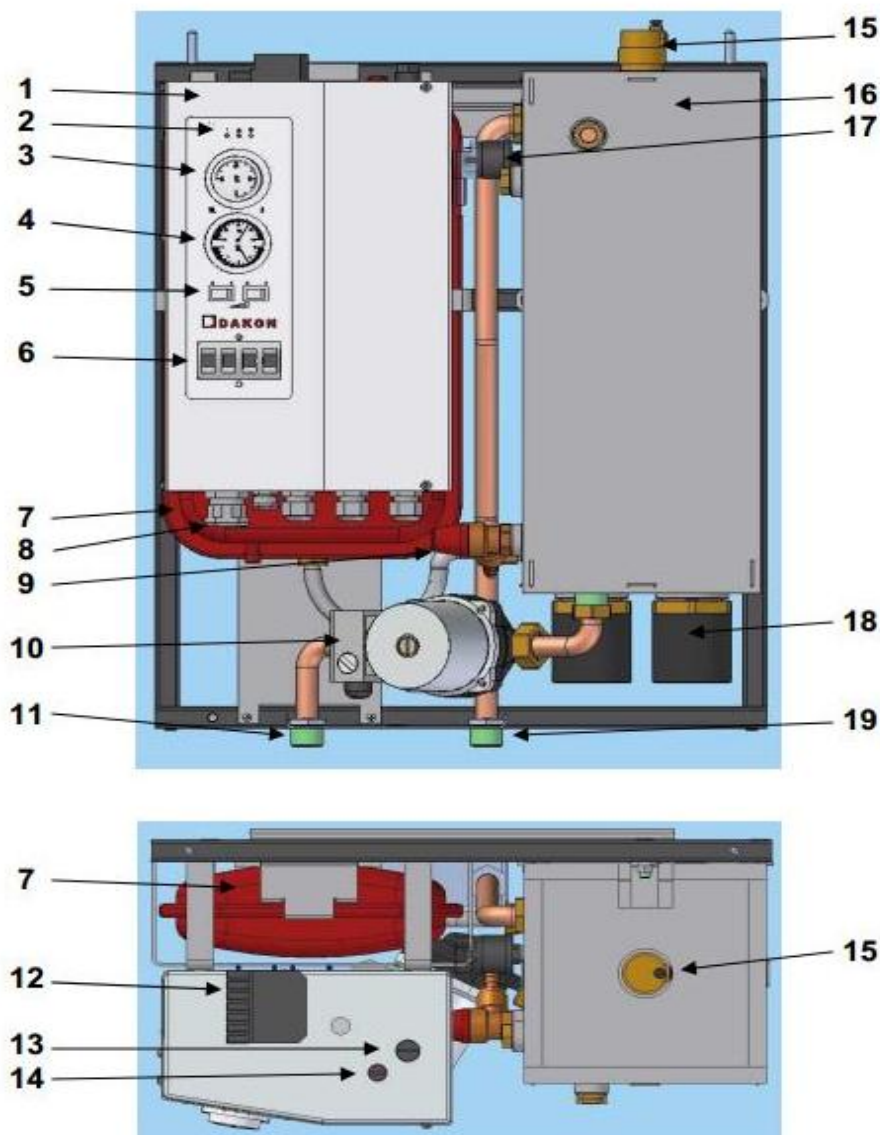


Рис. 3. Конструктивное исполнение котла «Daline PTE»

1 Электрошкаф с элементами питания 11 Вход для возвратной воды системы отопления.

2 Контрольные лампы эксплуатации 12 Соединитель цепи управления

3 Котловой термостат 13 Аварийный термостат

4 Термоманометр 14 Предохранитель цепи управления

5 Выключатели ступеней нагрева 15 Спускной клапан

6 Главный выключатель 16 Изолированный корпус котла

7 Расширительный бак 17 Датчик давления

8 Разъем силового кабеля 18 Нагревательные элементы (ТЭНы)

9 Предохранительный клапан 19 Выход воды в систему отопления

10 Насос

Таблица 3. Технические характеристики котлов DAKON PTE Daline

Тип котла Daline PTE	Ед. изм.	DAKON PTE Daline		
Общая макс. мощность	кВт	4	6	8
КПД	%	99		
Напряжение	В	3x400/230		
Класс защиты	IP	IP40		
Мин./макс. рабочее давление	бар	0.6 - 2.5		
Объем воды	л	9.5		
Макс. температура нагрева воды	°С	90		
Ширина x Высота x Глубина	мм	550 x 695 x 270		
Вес	кг	36	36	36
Ориентировочная площадь обогрева*	м2	550 x 695 x 270		
*мощность котла следует подобрать, основываясь на тепловом балансе объекта				

1.4. Электрические котлы фирмы РусНит



Рис. 4. Электрический котел фирмы РусНит

Таблица 4. Технические характеристики котлов РусНит

Тип котла РусНит	Ед. изм.	РусНит		
Общая макс. мощность	кВт	4	6	8
КПД	%	99		
Напряжение	В	3x400/230		
Класс защиты	IP	IP40		
Мин./макс. рабочее давление	бар	0.6 - 2.5		
Объем воды	л	9.5		
Макс. температура нагрева воды	°С	90		
Ширина x Высота x Глубина	мм	500 x 290 x 60		
Вес	кг	12	12	12
Ориентировочная площадь обогрева*	м ²	30 - 50	40 - 70	60 - 100
*мощность котла следует подобрать, основываясь на тепловом балансе объекта				

1.5. Электрические котлы фирмы Ермак



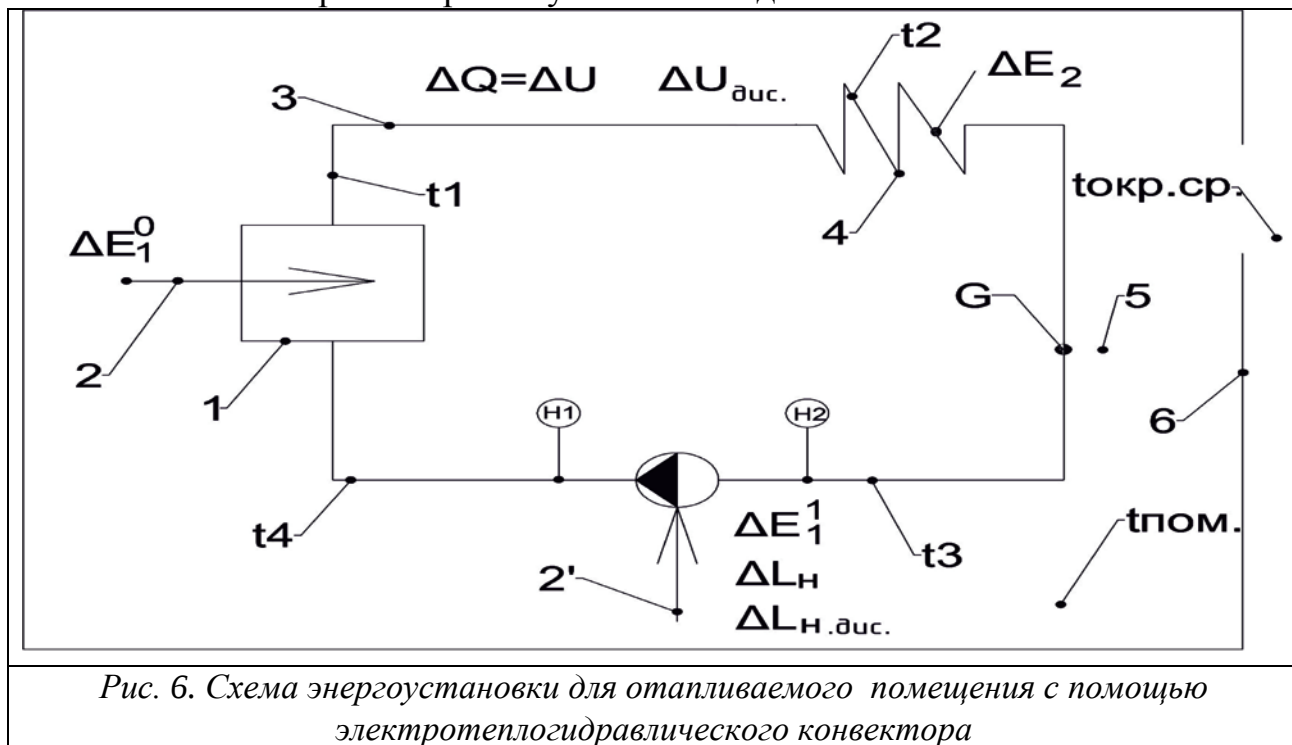
Рис. 5. Электрический котел Ермак

Таблица 5. Технические характеристики котлов Ермак

Тип котла Ермак	Ед. изм.	Ермак		
Общая макс. мощность	кВт	4	6	8
КПД	%	99		
Напряжение	В	3x400/230		
Класс защиты	IP	IP40		
Мин./макс. рабочее давление	бар	0.6 - 2.5		
Объем воды	л	9.5		
Макс. температура нагрева воды	°С	90		
Ширина x Высота x Глубина	мм	500 x 290 x 60		
Вес	кг	12	12	12
Ориентировочная площадь обогрева*	м ²	30 - 50	40 - 70	60 - 100
*мощность котла следует подобрать, основываясь на тепловом балансе объекта				

2. МОДЕЛИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОТЕПЛОНАГРЕВАТЕЛЕЙ

Принцип нагрева воздуха в помещении конвекторного типа. В качестве первичного нагревательного элемента в конвекторах используется жидкость. На рис. 1 и 5 представлены натуральные конструктивные схемы энергоустановок. На рис. 6 – схема модели энергообмена в отапливаемом помещении. Схемы на рис.6 и 7 выполнены для конвекторов электротеплогидравлического типа. Тепловыделяющие элементы (ТВЭлы) установлены в теплогидравлической системе с нагревом промежуточного жидкого теплоносителя.

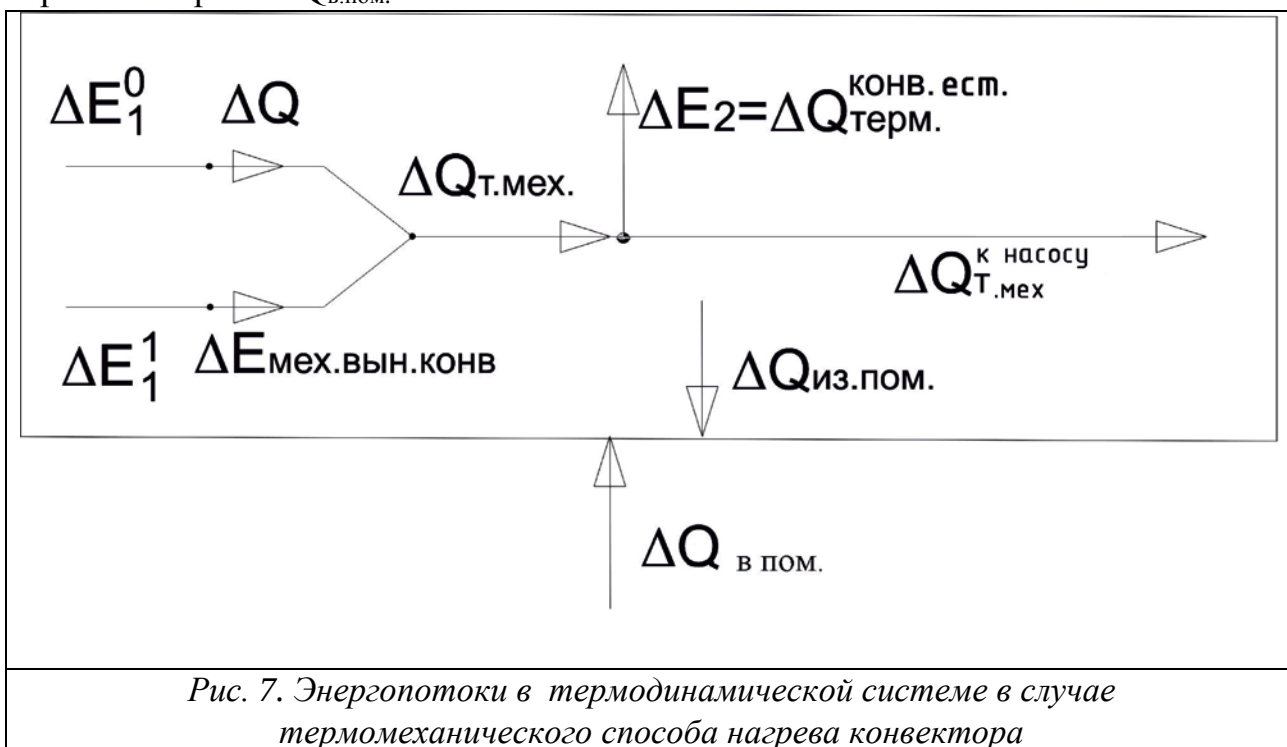


На схеме рис.6: H_2, H_1 – напоры до и после насоса, характеризующие удельную механическую энергию на единицу веса теплоносителя. Напор создается за счет работы, совершаемой насосом ΔL_n , по перекачке теплоносителя с расходом G . В описываемой климатической ячейке температуры: t_1 – температура теплоносителя в тепловой сети после нагревательного элемента 1, t_2 – стенки конвектора, t_3 – жидкости перед насосом, t_4 – после насоса. На рисунке приведены температуры нагреваемой среды: помещения – $t_{\text{пом}}$, окружающей среды за ограждающими поверхностями – $t_{\text{окр.ср.}}$.

Часть тепломеханической энергии $\Delta Q_{\text{т.мех}}$ уходит в помещение в виде термомеханического потока ΔE_2 через прибор отопления путем естественной конвекции $\Delta Q_{\text{терм.конв.ест.}}$. Другая ее часть $\Delta Q_{\text{терм.мех.}}^{\text{к-насосу}}$ уходит к насосу и затрачивается на преодоление всех гидравлических и термических сопротивлений, которые формируют диссипационные составляющие: $\Delta L_{\text{дис.}}$ и $\Delta Q_{\text{дис}}$. Количество тепломеханической энергии получается в общем случае за счет преобразований электрической энергии от источников 2 и 2'.

По закону Джоуля Ленца идет ее преобразование в теплоту и механическую энергию потока теплоносителя. Здесь имеют место последовательные преобразования электрической энергии в механическую энергию вращения вала насоса с последующим ее превращением в поступательную механическую энергию теплоносителя.

Таким образом, часть электрической энергии ΔE_1^0 преобразуется в теплоту ΔQ , затем в термомеханическую энергию $\Delta Q_{\text{т.мех}}$ вынужденной конвекции с уходом части энергии $\Delta E_2^2 = \Delta Q_{\text{терм.}}^{\text{конв.ест.}}$ от теплоносителя через стенки ограждающих поверхностей установки в окружающее ее помещение. Из помещения $\Delta Q_{\text{из.пом.}}$ уходит в окружающую систему окружающую среду. (рис.7). Из окружающей среды через термодинамическую поверхность идет приток энергии $\Delta Q_{\text{в.пом.}}$.



Таким образом, к основным климатообразующим потокам следует отнести потоки ΔE_1^0 , который нагревает теплоноситель до температуры t_1 , и ΔE_1^1 – создающий необходимый напор насоса H_1 .

Потоки естественной конвекции ΔE_2 поступают в помещение, чтобы поддерживать балансовое соотношение между потоками входящей $\Delta Q_{\text{в.пом.}}$ и выходящей $\Delta Q_{\text{из.пом.}}$ теплоты, что сохраняет постоянной температуру $t_{\text{пом.}}$ независимо от изменения температуры окружающей среды $t_{\text{окр.ср.}}$.

Другая рассматриваемая нами схема поддержания температуры среды в помещении не содержит гидравлической части, связанной с движением жидкого теплоносителя. Эта схема прямого нагрева конвектора за счет электрической энергии представлена на рис.5. Конвекторы такого типа

продают **фирмы [13]**. Тепловыделяющие элементы конструктивно встроены в конвекторы 4 (рис.3). Энергия электрического тока ΔE_1^0 идет на нагрев оболочки конвектора ΔQ . Нагретая оболочка за счет явлений теплопроводности $\Delta Q_{\text{теплопр.}}$, лучистого теплообмена $\Delta Q_{\text{луч.тепл.}}$ и свободной конвекции $\Delta Q_{\text{своб.конв.}}$ нагревает окружающую среду. Остальные элементы схемы 3 не нужны для ее функционирования. Соответственно схема рисунка 4 упрощается и имеет для этого случая вид рис.8.

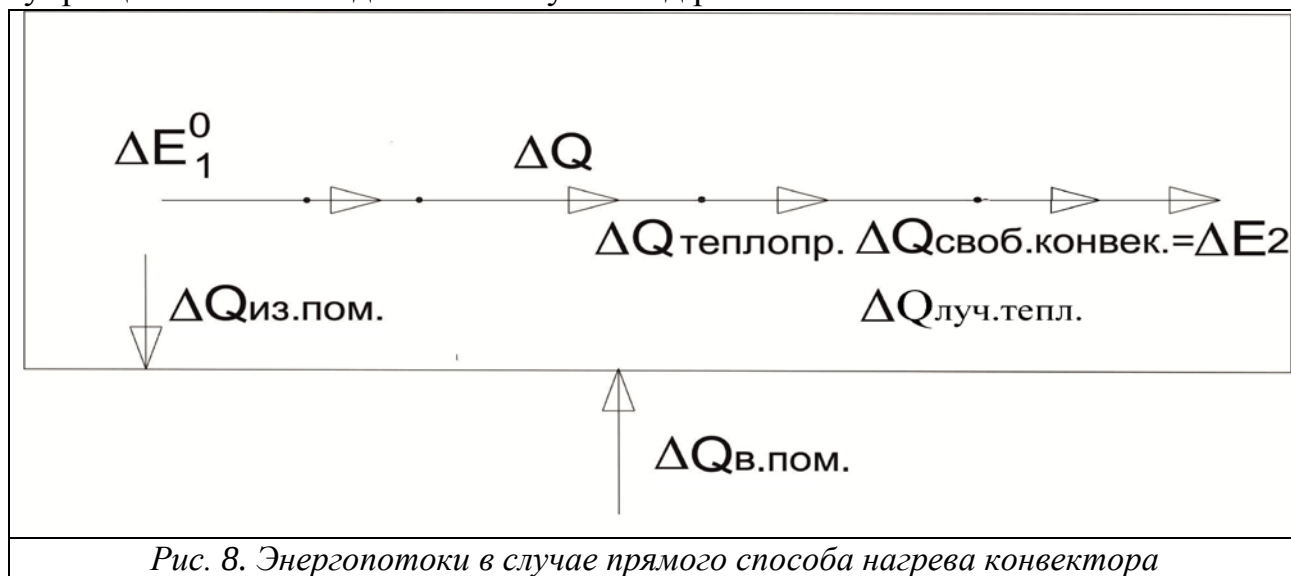


Рис. 8. Энергопотоки в случае прямого способа нагрева конвектора

Таким образом, преимущества схемы 5 очевидны. Отсутствует часть оборудования и множественные переходы энергии из одного вида в другой.

3. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ИСТОЧНИКА ЭЛЕКТРОТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКОГО ТИПА

3.1. Расчет выходной мощности

*Данные технических параметров, необходимые для расчета, находятся в паспорте котельных установок фирм-производителей.

Какова скорость изменения энергии системы в процессе перехода электрической мощности, сколько работы совершается в единицу времени, чтобы нагреть теплоноситель в источнике тепло-электрогидравлического типа?

Для того чтобы ответить на эти вопросы, необходимо определить выходную мощность ($P_{\text{вых}}$).

В основе определения выходной мощности ($P_{\text{вых}}$) котлоагрегата положен принцип прямопропорциональности входной электрической мощности ($P_{\text{вх}}$) и КПД.

Так как выходная мощность прямо пропорциональна электрической мощности (P_{ex}) и прямо пропорциональна коэффициенту полезного действия котла (η), следовательно вычисляем выходную мощность в кВт по формуле:

$$P_{\text{вых}} = P_{\text{ex}} \cdot \eta, \quad (1)$$

где $P_{\text{вых}}$ – выходная мощность, кВт; P_{ex} – входная мощность, кВт; η – коэффициент полезного действия.

3.2. Расчет коэффициента эффективности потребления электрической мощности

1. Вычислим коэффициент преобразования энергии,

$$КПЭ = \frac{\Delta N}{S \cdot t}, \quad (2)$$

где ΔN – разность входной и выходной мощности, кВт; S – площадь отапливаемого помещения, м²; t – температура в помещении, °С.

2. Вычислим разность входной и выходной мощности в кВт

$$\Delta N = P_{\text{ex}} - P_{\text{вых}}, \quad (3)$$

где $P_{\text{вых}}$ – выходная мощность; P_{ex} – входная мощность.

3.3. Расчет стоимости удельного показателя

$$A = \frac{КПЭ \cdot B}{P_{\text{ex}}}, \quad (4)$$

где $КПЭ$ – коэффициент преобразования энергии, кВт/м²·°С; B – стоимость котла (находится в паспорте фирмы-производителя), €; P_{ex} – входная мощность, кВт.

4. ПРИМЕР

Таблица 6. Пример выполнения задания

Теплогенератор Фисенко				
Номинальная мощность, кВт	6			
Теплопроизводительность, кВт	16			
Отапливаемая площадь в м ²	40-70			
Цена	1000			
КПД	0.95	0.96	0.97	0.98
Выходная мощность, кВт	5.7	5.76	5.82	5.88
ΔN	0.3	0.24	0.18	0.12
Коэфф. эфф. потреб. энергии	0.00496	0.005	0.005	0.005
Цена за удельный показатель, €	0.04545	0.0455	0.0455	0.0455

Таблица 7. Пример выполнения задания

	KOSPEL											
Мощн	4				6				8			
Цена	734				734				734			
Отапл. площадь	30-50				40-70				60-100			
КПД.	0.95	0.96	0.97	0.98	0.95	0.96	0.97	0.98	0.95	0.96	1	0.98
Выходная мощн	3.8	3.84	3.88	3.92	5.7	5.76	5.82	5.88	7.6	7.68	7.8	7.84
ΔN	0.2	0.16	0.12	0.08	0.3	0.24	0.18	0.12	0.4	0.32	0.2	0.16
Коэфф. эфф. по- треб. энергии	0.0045	0.005	0	0	0	0	0	0	0.005	0	0	0
Цена за удельный показатель, €	0.8341	0.834	0.83	0.83	0.61	0.61	0.61	0.61	0.417	0.42	0.4	0.42

Устройства, выпускаемые этими фирмами, служат для одной цели – создания нормативного по своим параметрам микроклимата в помещении[6].

В соответствии с нормативными материалами температура в жилых помещениях не должна превышать 22⁰С. Любое помещение характеризуется его объемом или площадью, если высота помещения стандартизирована. Исходя из балансовых представлений [6], количество теплоты, подведенное в помещение, можно организовать разными способами. В том числе и за счет конвекторов разной конструкции с потоковыми энергопреобразованиями, описанными на рис.7 и 8.

Сравним эффективность накопления энергии и ценообразования для указанных выше типов электротеплоэнергетических систем. Организуем

несколько удельных показателей, которые помогут комплексно охарактеризовать параметрическое отличие разных электротепловых систем, не проводя углубленных термодинамических расчетов. Один из таких показателей $K_{y.э.с}$ – удельный коэффициент энергетического состояния представлен из соображений [1], [2] формулой (5):

$$\frac{\Delta \mathcal{E}_{nom}}{F \cdot t_{ном}} = K_{y.э.с.}, \text{ кДж/м}^2 \cdot \text{с}^0, \quad (5)$$

где $\Delta \mathcal{E}_{ном}$ – потенциал мощности или энергопотенциал устройства, кВт. Он в нашем случае равен выходной мощности системы (изделия), увеличенной за счет ее деления на коэффициент преобразования мощности $K_{п.м.}$ (7). F – условно предполагаемая площадь отапливаемого помещения в м^2 .

Примем, что прямо пропорционально увеличению мощности теплоприготавливающей установки увеличивается площадь отапливаемого помещения. Для начального варианта анализа эта зависимость принята из расчета 1 кВт мощности устройства на 10 м^2 .

Коэффициент преобразования мощности $K_{п.м.}$ характеризует все формы преобразования энергии и потери, возникающие при этом. Если взять отношение выходной и входной мощности, то получим (6):

$$\frac{\Delta N_{вых}}{\Delta N_{вх}} = K_{п.м.} \quad (6)$$

Поскольку $\Delta N_{вх} > \Delta N_{вых}$, то справедливо выражение $0 \leq K_{п.м.} \leq 1$. Так как фирмами-изготовителями не всегда заданы мощности $\Delta N_{вых}$, то можно использовать (7):

$$\Delta N_{вых} = \Delta N_{вх} \cdot K_{п.м.}, \text{ или } \Delta N_{вх} = \frac{\Delta N_{вых}}{K_{п.м.}} = \Delta \mathcal{E}_{nom} \text{ в нашем случае.} \quad (7)$$

Второй удельный энергетический показатель назовем коэффициентом стоимости удельного энергетического показателя. Он находится по формуле (8), ($\text{кВт/ EUR} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^0$):

$$A = \frac{K_{y.э.с.}}{B}, \quad (8)$$

где $K_{y.э.с.}$ – удельный коэффициент энергетического состояния, определяющийся по формуле (5), $\text{кВт/м}^2 \cdot \text{с}^0$; B – цена устройства (EUR).

Используя выражения (5-8), построим искомый функционал (9), связывающий все параметры задачи:

$$Y = F(\mathbf{h}, \mathbf{v}) = [\Delta \mathcal{E}_{пот}, K_{y.э.с.}, A] = F[(\Delta N, K_{п.м.}, B), (F, t_{ном})], \quad (9)$$

где $\mathbf{Y}$ – матрицы выходных; $\mathbf{h}$ – входных внешних и внутренних $\mathbf{v}$ параметров системы.

Функции оператора F , связывающие параметры функционала (9), приведены ниже. Цены на устройства восьми фирм, специализирующихся на выпуске двух групп конвекторных устройств, показаны на рис 9.

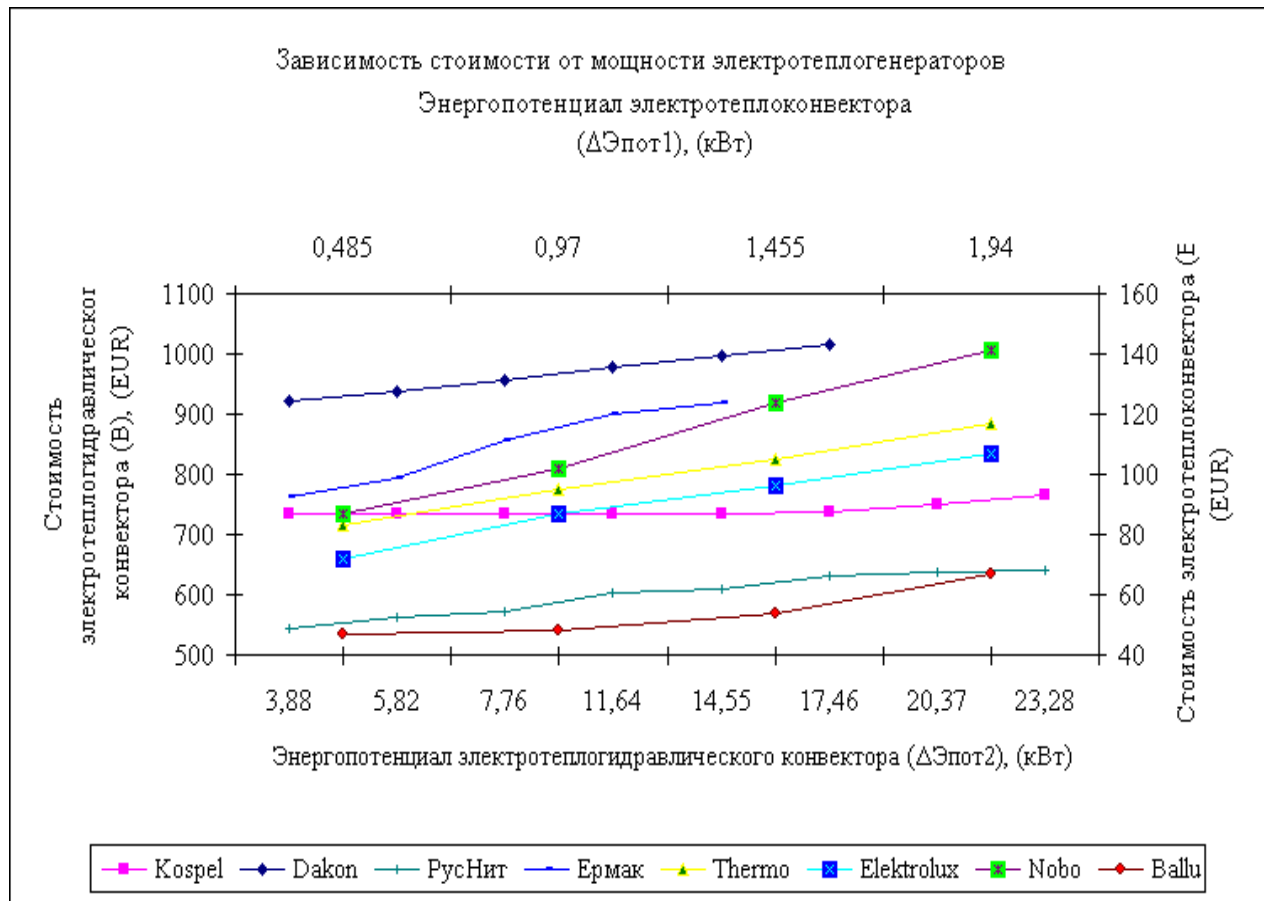


Рис. 9. Энергопотенциальные и стоимостные данные для двух групп устройств

На рисунке представлены микроуровневые функциональные зависимости $B=F(\Delta\mathcal{E}_{\text{пот}})$, где B – цена устройства в евро. Значения энергопотенциала $\Delta\mathcal{E}_{\text{пот1}}$ для электротеплоконвекторов (ЭТК) и $\Delta\mathcal{E}_{\text{пот2}}$ для электрогидротеплоконвекторов (ЭТГК) вычислены при $K_{\text{п.м.}} = 97\%$ и отложены по горизонтальным осям. Для удобства результаты исследований представлены в разных графических системах, изображенных на одном графике. Первые четыре фирмы Thermo, Electrolux, Nobo, Ballu отнесем к первой группе, Kospel, Dakon, РусНит, Ермак – ко второй группе.

По вертикальным осям отложены цены для первой и второй групп устройств B_1 и B_2 соответственно. Функциональные зависимости $B_1 = F_1(\Delta\mathcal{E}_{\text{пот1}})$, $B_2 = F_2(\Delta\mathcal{E}_{\text{пот2}})$ представляют собой практически линейные функции для изделий всех восьми фирм (рис. 9).

Для устройств первой группы матрицы энергопотенциала $\Delta\mathcal{E}_{\text{пот1}}$ [7], [8] имеют вид (10):

$$\mathcal{E}_{\text{пот1}, k} (4;15; 24) \text{ кВт}, \text{ где } k=3, \quad (10)$$

второй группы $\mathcal{E}_2$ в виде (11):

$$\mathcal{E}_{\text{пот2}, k} (0,5; 1,0; 1,49; 2,0) \text{ кВт}, \text{ где } k = 4, \quad (11)$$

цены B_1 (47-147), B_2 (544-1016) соответственно в EUR.

Элементы матрицы цен первой группы $B_{1, I, k}$ $0 \leq I \leq 4$, $0 \leq k \leq 4$ равны (12):

$$B_{1, I, k} = \begin{cases} \text{Ballu} & 47 \ 48 \ 54 \ 67 \\ \text{Electrolux} & 72 \ 87 \ 96 \ 107 \\ \text{Thermo} & 83 \ 95 \ 105 \ 117 \\ \text{Nobo} & 87 \ 102 \ 124 \ 147 \end{cases} \quad (12)$$

Из рис. 9 и выражения (12) следует, что ряд электротеплоконвекторов фирмы «Ballu» имеет наименьшую стоимость. Их стоимость меняется от 47 до 67 EUR за одно устройство. Следующими по возрастанию цены идут устройства ЭТК фирмы «Electrolux». Стоимость данной фирмой установлена в пределах от 72 до 107 EUR за одно устройство. Третьими по возрастанию являются ЭТК фирмы «Thermo» – цена этих устройств ограничена пределом от 83 до 117 EUR. Самые дорогие из рассмотренных ЭТК представлены фирмой «Nobo». Стоимости устройств этой фирмы меняются от 87 до 147 EUR.

Элементы матрицы цен второй группы $B_{2, I, k}$ $0 \leq I \leq 4$, $0 \leq k \leq 3$ равны (13):

$$B_{2, I, k} = \begin{cases} \text{РусНит} & 544 \ 609 \ 642 \\ \text{Kospel} & 670 \ 734 \ 766 \\ \text{Ермак} & 763 \ 918 \ 1005 \\ \text{Dakon} & 923 \ 998 \ 1016 \end{cases} \quad (13)$$

Из рис. 9 и выражения (13) следует, что возрастание цен во второй группе следующее: в фирмах «РусНит» $B_{2, 1, k}$ (544 – 642), «Kospel» $B_{2, 2, k}$ (670 -766), «Ермак» $B_{2, 3, k}$ (763- 1005), «Dakon» $B_{2, 4, k}$ (923-1016) EUR.

Используя формулу (6) элементы матриц (12) и (13) и матрицы $\mathbf{v}$ (F;t) из (9) при условиях (14)

$$v(10;22), \quad (14)$$

вычислим значения коэффициентов энергетического состояния для каждой из групп. При данных условиях коэффициент энергетического состояния для всех элементов (12), (13) одинаков и равен $K_{у.э.с.} = 0,0045$ (рис. 10).

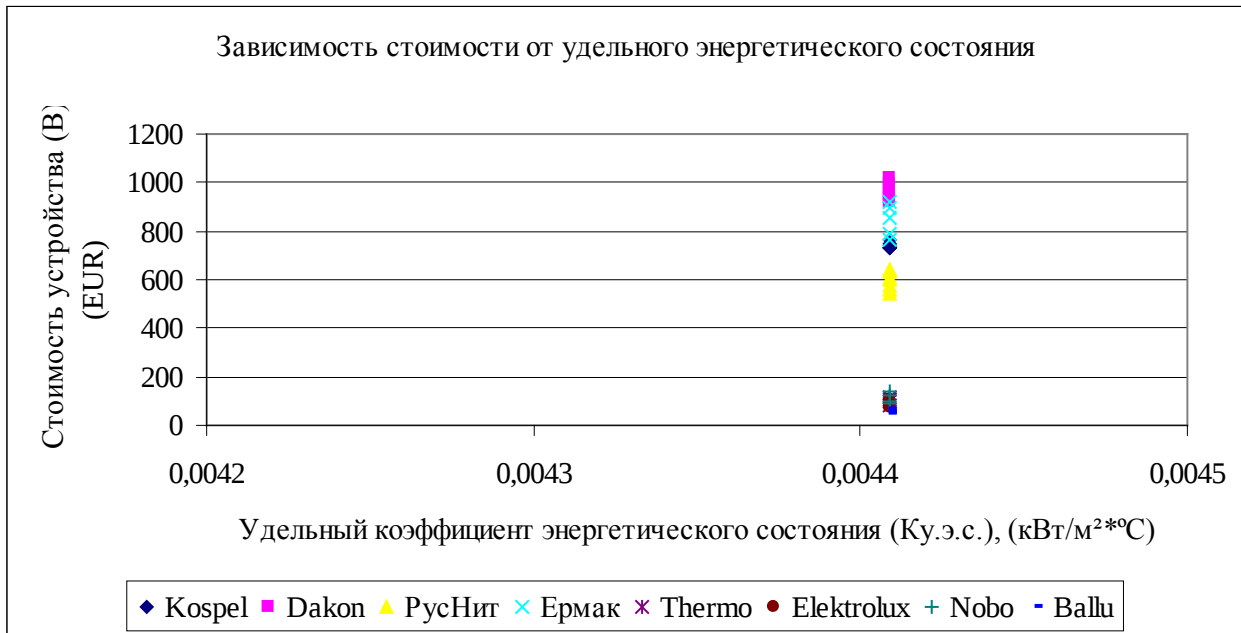


Рис. 10. Рост стоимости при одном энергетическом коэффициенте

Отсюда можно заключить, что полученная удельная параметрическая характеристика имеет при определенных условиях (14) постоянное значение и может быть принята в качестве обобщенного параметра для двух групп теплоэнергетических изделий разного конструктивного исполнения.

Мы можем переписать формулу (5) в функциональном виде (15). Откуда видно, что изменение константы имеет место при других значениях элементов вектора внутренних параметров (рис. 11) (14).

$$K_{у.э.с.} = F[v(F; t_{пом})] = \text{const.} \quad (15)$$

Вариация по температуре помещения от 18 до 22 градусов позволила поменять (15) на (16)

$$K_{у.э.с.} = F[v(F; t_{пом})] = \text{var.} \quad (16)$$

Воспользуемся формулой (6) для того, чтобы связать между собой энергетические и ценовые параметры двух групп изделий.

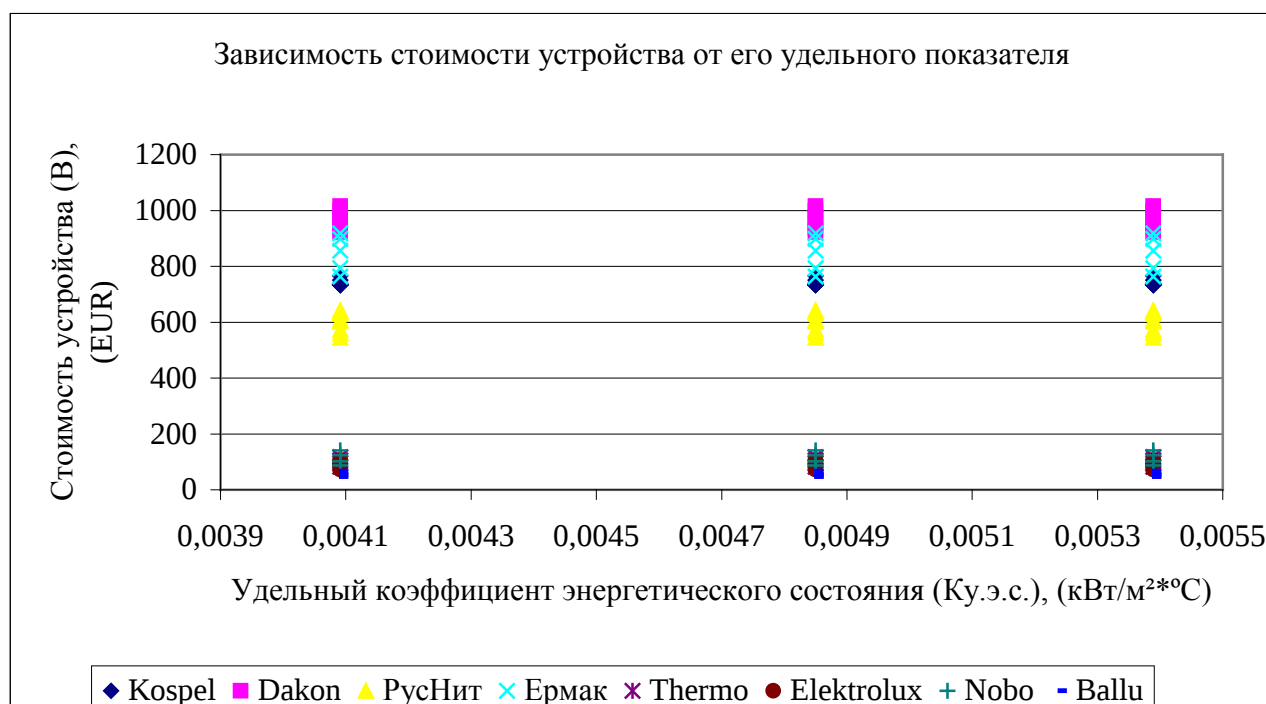


Рис. 11. Линии равного роста стоимости для разных изделий с вариацией температуры от 22 до 18 градусов

Для этого последовательно разделим (15) на (12) и (13) получим матрицы для ЭТК $A_{1\ i,k}$, для ЭТГК $A_{2\ i,k}$. (17), (18)

$$\begin{aligned}
 & \{ \text{Ballu} \quad 9,4 \quad 8,95 \quad 7,96 \quad 6,41 \} \\
 A_{1\ i,k} = & \{ \text{Elektrolux} \quad 5,97 \quad 4,94 \quad 4,49 \quad 4,01 \} \cdot 10^{-5}, \quad (17) \\
 & \{ \text{Thermo} \quad 5,2 \quad 4,52 \quad 4,09 \quad 3,67 \} \\
 & \{ \text{Nobo} \quad 4,94 \quad 4,21 \quad 3,46 \quad 2,92 \}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \{ \text{РусНит} \quad 0,81 \quad 0,72 \quad 0,68 \} \\
 A_{2\ i,k} = & \{ \text{Kospel} \quad 0,67 \quad 0,59 \quad 0,58 \} \cdot 10^{-5} \quad (18) \\
 & \{ \text{Ермак} \quad 0,58 \quad 0,48 \quad 0,44 \} \\
 & \{ \text{Dakon} \quad 0,48 \quad 0,442 \quad 0,434 \}
 \end{aligned}$$

Из уравнений 11 и 17 видно, что четыре фирмы, выпускающие изделия электротеплового нагрева обеспечивают энергопотенциал от 0.5 до 2 кВт. имеют разные коэффициенты А. Тот же вывод следует из уравнений 11 и 20. Т.е. четыре фирмы, выпускающие изделия электротеплогидронагрева обеспечивают энергопотенциал от 4 до 24 кВт. Однако, коэффициент

удельного энергетического состояния изделия $K_{у.э.с.}$ для всех устройств, выпускаемых всеми 8 фирмами одинаков, т.е. соблюдается уравнение (15).

Переходя к моделям макроуровня, получаем различие в интегральных значениях матричных цен (12) и (13). Среднеинтегральные значения матричных цен $V_{1, k}^{сум} \neq V_{2, k}^{сум}$ не равны и отличаются примерно в десять раз. $V_{1, k}^{сум} = 89,8$, а $V_{2, k}^{сум} = 804$ EUR. Устройства второй группы более дорогие, что соответствует изложенным ранее схемотехническим представлениям на рис. 4 и 5.

В матрице выходных параметров $Y = [\Delta \dot{E}_{пот}, K_{у.э.с.}, A]$ ее элементы $\Delta \dot{E}_{пот}$, $K_{у.э.с.}$ входят в A , поэтому функционал выходной траектории (9) будет выглядеть следующим образом (19):

$$Y = A = F [(\Delta N, K_{п.м.}, B), (F, t_{ном.})]. \quad (19)$$

Варьируя элементы в правой части (19), можно получать различные траектории A . Связь между значениями A и B приведена на рис.12.

Из графика видно, что функции $A = F[B]$ для изделий разных фирм ложатся на одну кривую. Кривая имеет три разрыва, которые предположительно могут быть заполнены параметрами других фирм. Линии тренда экспоненциального типа с дробными коэффициентами подчеркивают реакцию выходной траектории функционала для разных изделий разных фирм на вариацию температуры помещения от 18 до 22 градусов.

Изменение температуры в другом диапазоне позволяет отчетливо увидеть изменение удельной стоимости энергетического коэффициента (рис.14).

Анализ информации на рис. 14 показывает, что обработка результатов исследований в безразмерных относительных единицах сглаживает результаты вариации температуры. Т.е. ценовые и энергетические удельные характеристики для всех варьируемых значений температуры оказываются на одной кривой. Однако линейные аппроксимационные зависимости позволяют проследить границы или области определения параметров, характерных для каждой из фирм, а значит и для каждого изделия фирмы, несмотря на то что они производят разное оборудование.

Таким образом, получены обобщенные зависимости, справедливые в области определения параметров функционала 19. Разрывы прослеживающейся единой зависимостью устранены путем применения интерполяционных приемов.

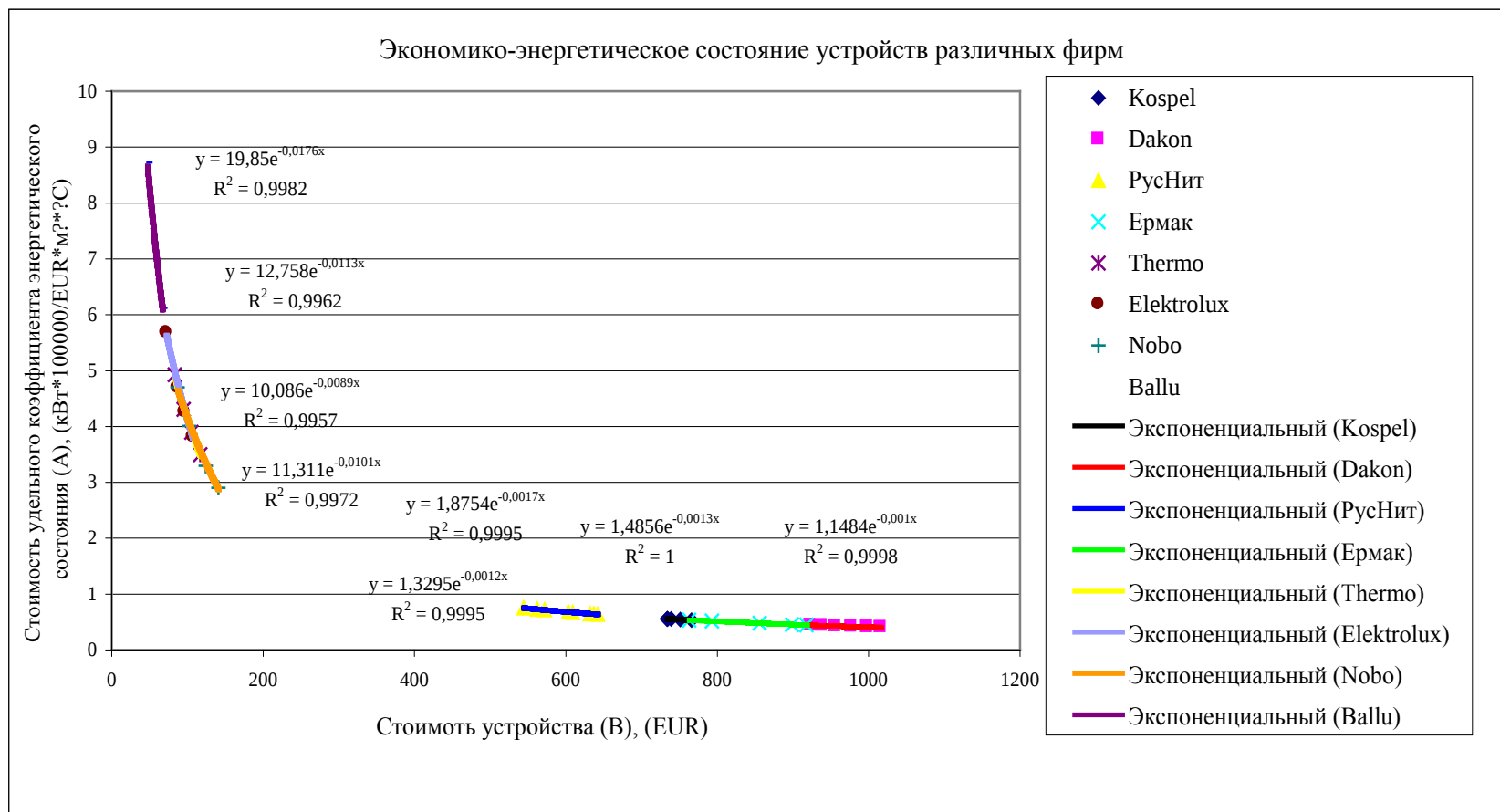


Рис. 12. Связь между матрицами A и B при разных $K_{уэс}$ рис. 9

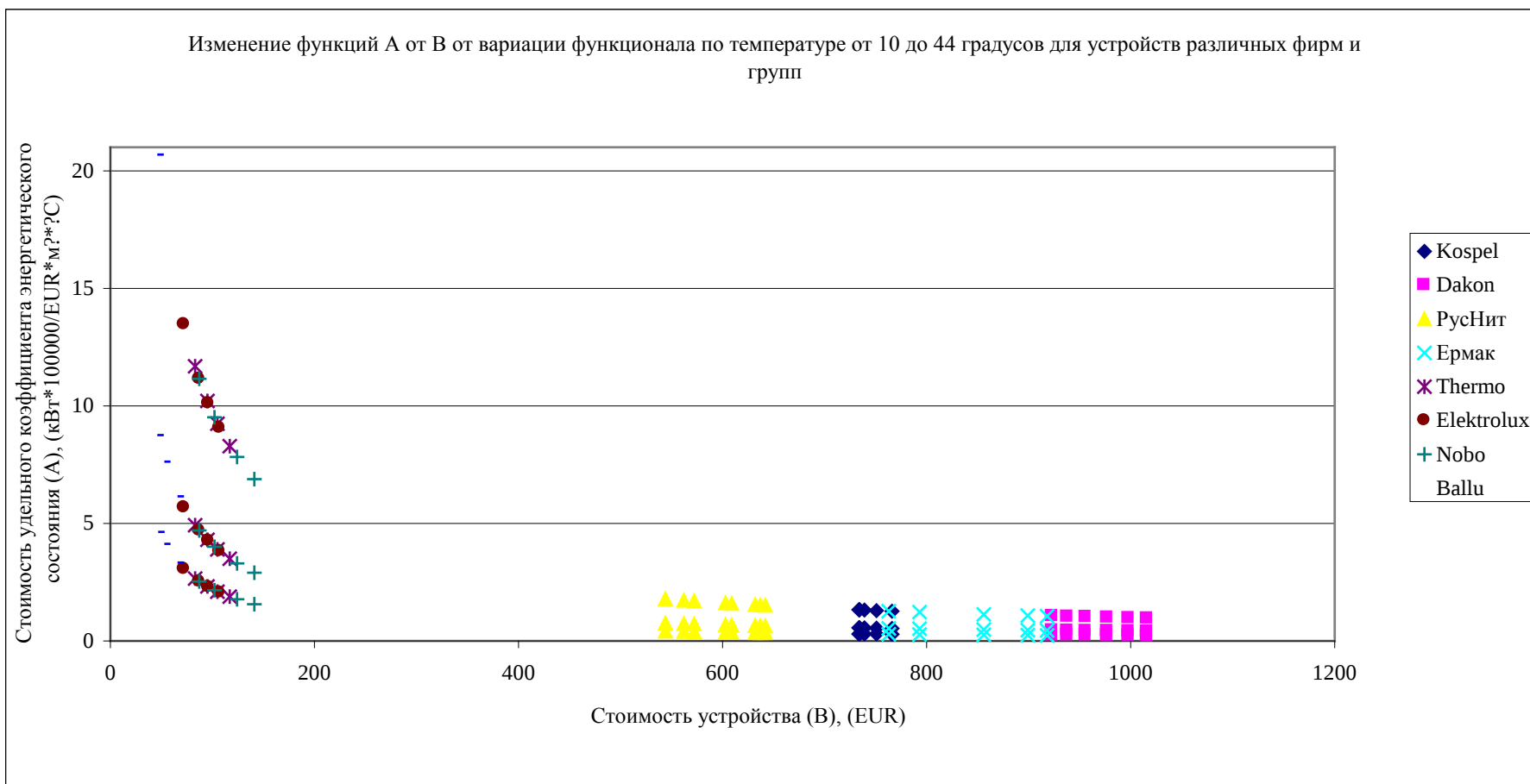


Рис.13. Расширенный предел вариации по температурах (10⁰C, 22⁰C, 40⁰C) дает несколько кривых

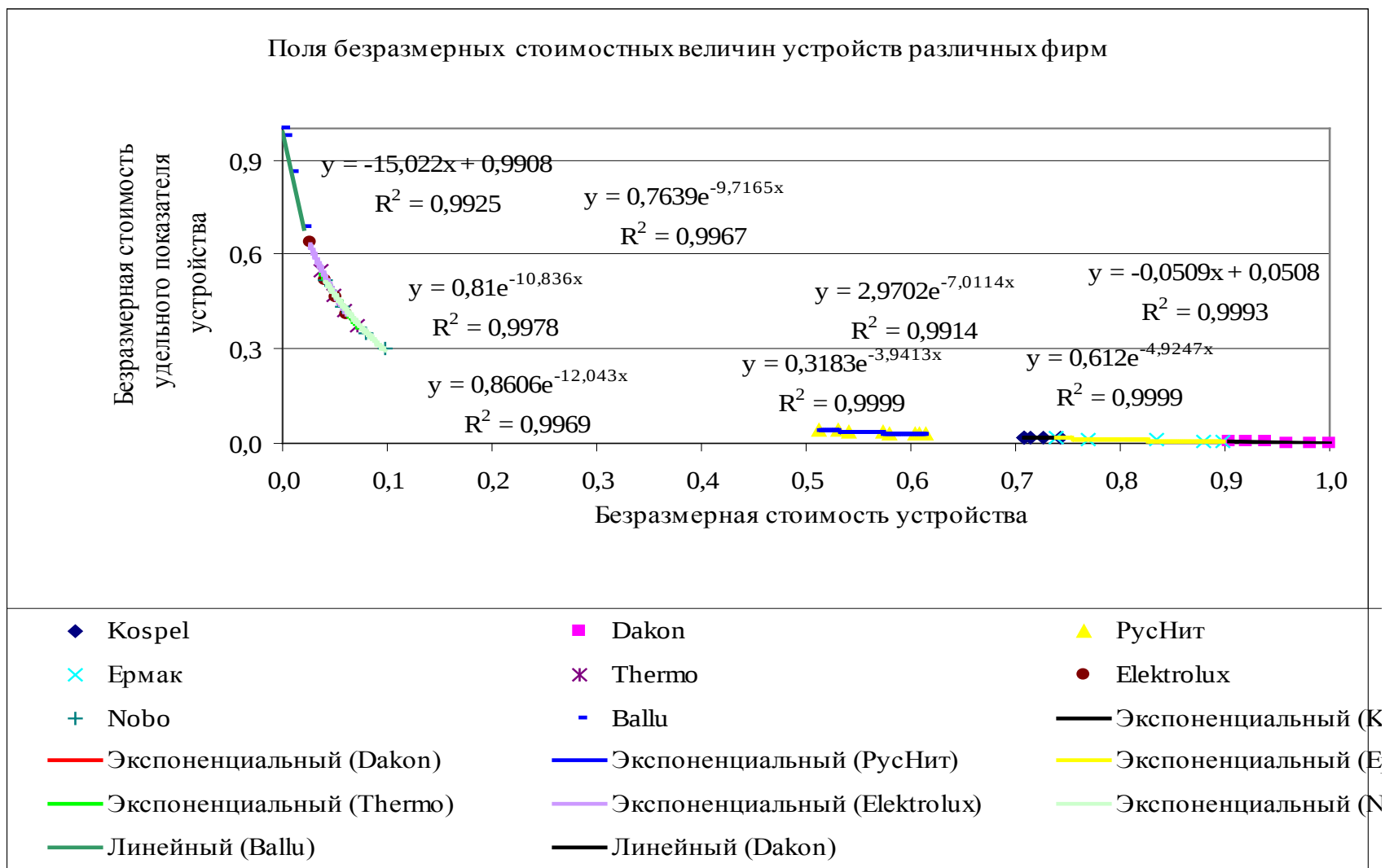


Рис.14. Безразмерное представление в относительных переменных $A = F [B]$

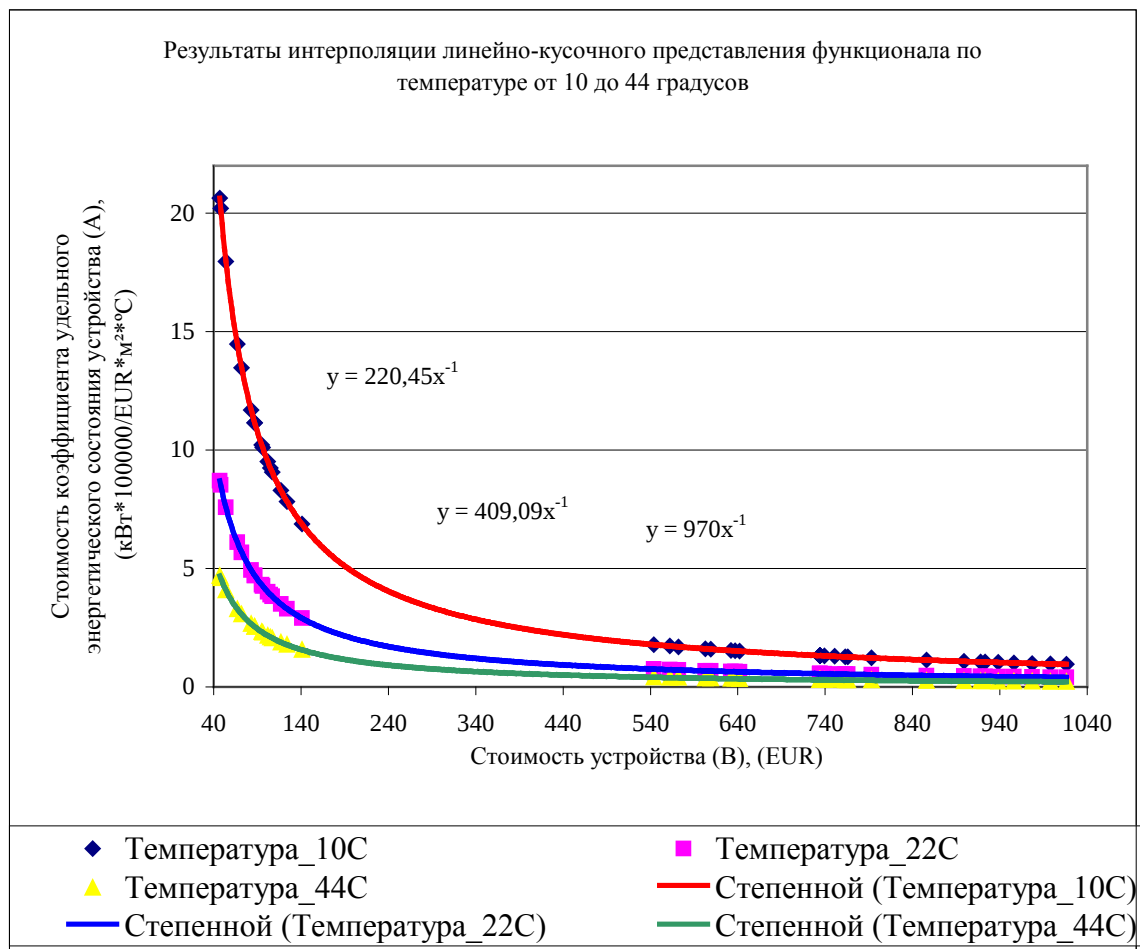


Рис.15.Результаты кусочно- линейной интерполяции графиков, представленных на рис.10.

На рис. 15 показаны результаты обработки кусочно-линейных функциональных зависимостей рисунка 13. Аналогичную полиномиальную обработку легко сделать для обобщенного графического представления рис.12.

Таким образом, в результате исследований получена модель в виде оператора F , который связывает между собой энергетические, стоимостные, энергопотенциальные, конструктивные представления множества микроуровневых энергетических систем.

Обобщенная (макроуровневая) характеристика имеет место для двух групп энергетических устройств одинакового назначения, но разного конструктивного исполнения. Модель открытого типа позволяет прогнозировать стоимостные показатели других подобных энергоустановок.

Рассмотрим некоторые макроуровневые функциональные соотношения. Анализ (17) и (18) показал, что среднеинтегральные значения $A_{1,k}^{сум} \neq A_{2,k}^{сум}$ не равны. Так $A_{1,k}^{сум} = 5,32$, а $A_{2,k}^{сум} = 0,57$ кВт/EUR*м²*град. Значения отличаются в 9.3 раза. С уменьшением элементов матрицы A значения

элементов матрицы **B** увеличиваются, т.е. увеличиваются цены при одном и том же коэффициенте удельного энергетического состояния.

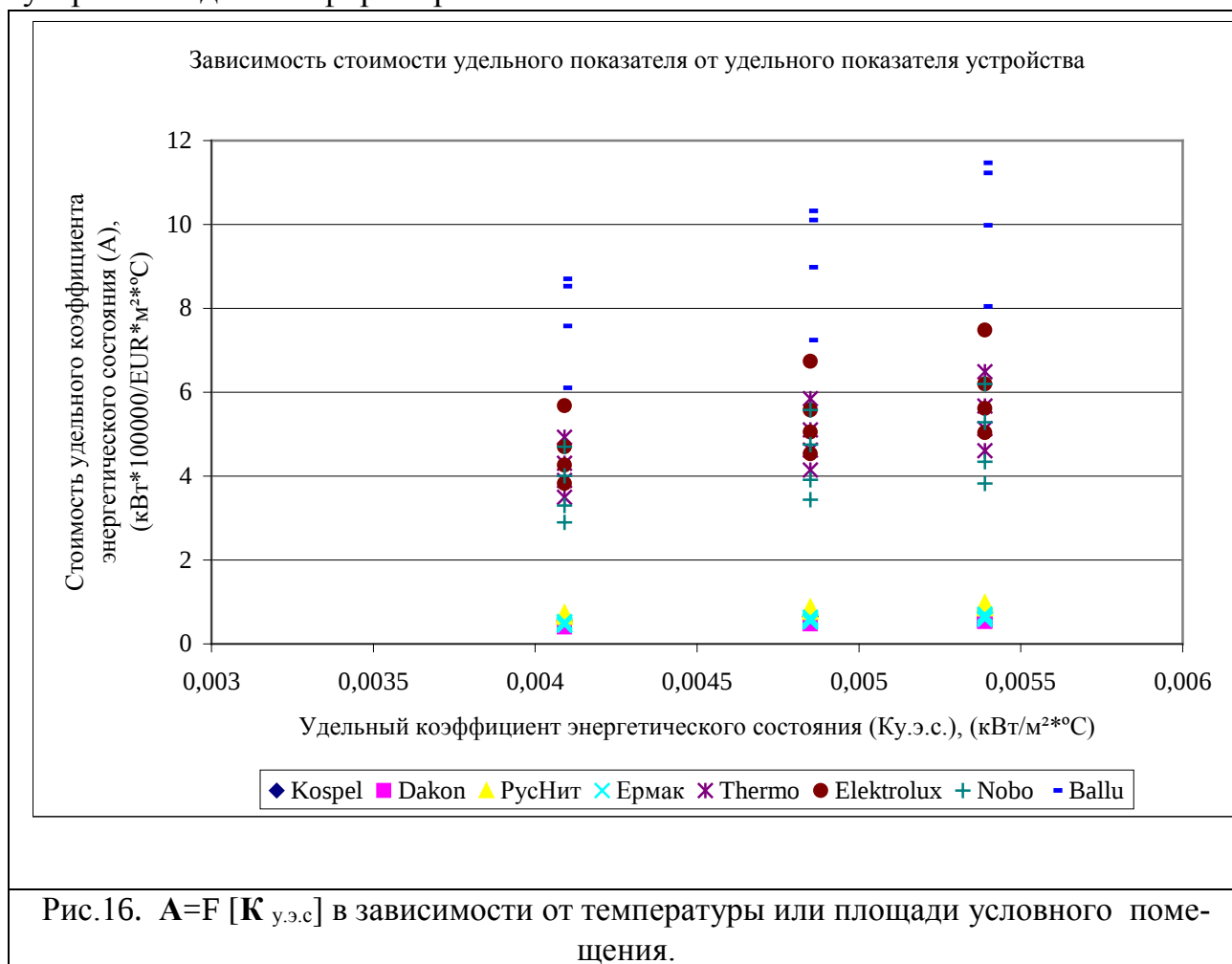
Анализ функциональных связей в (9) и (19) показывает, что за одну денежную единицу можно воспроизвести меньшее или большее удельное энергетическое состояние.

В нашем случае эффект обесценения энергии составляет примерно 9.3 раза. Такие же выводы можно сделать, если сопоставить элементы матриц (17) и (18).

Для обеспечения удельного энергетического состояния, которое формируется параметрами (14) и другими условиями, входящими в функционал (19), мы можем платить разные цены.

Коэффициент стоимости удельного энергетического состояния внутри группы для разных фирм разный, для одного и того же диапазона изменения энергопотенциала.

Таким образом, чем больше коэффициент **A**, тем больше энергии при прочих равных условиях можно воспроизвести с помощью данного устройства данной фирмы рис.16.



Зависимости, полученные на рис.16, похожи на зависимости рис.11. Разница состоит в том, что они отслеживают вариации функционала (11) путем изменения температуры или площади условного помещения. Здесь по

прежнему $K_{у.э.с}$ соответствует востребуемому энергетическому состоянию данного устройства данной группы при соответствующей температуре и площади условного помещения, а A представляет собой удельную ценовую его характеристику.

Так, для изделий первой и второй групп (ЭТК и ЭТГК) коэффициент удельного энергетического состояния с изменением варьируемого параметра в матрице (16) меняется в основном по линейному закону. Он имеет свои значения для изделий данной фирмы и зависит от цены и энергетического наполнения. A меняется для каждой фирмы по разным, но в основном, линейным законам.

Иначе говоря, мы видим, что для обеспечения одного и того же удельного энергетического состояния, все фирмы предлагают разные цены. Значит, имеют место процессы диссипации ценовой и других форм энергии, как в случае диссипации тепловой энергии, приведенной для примера на рис.2. Диссипационные (энергетические) ценовые процессы можно вычислить, сравнивая внутри группы разные численные значения коэффициентов стоимости удельного энергетического состояния изделия, представляющие собой элементы матриц (19), (20). На Рис.14 появились четыре возрастающих функции $A=F(k_{у.э.с})$ для четырех фирм. В (21) обозначим $\Gamma = F_1(F_{пом}, t_{пом.})$, тогда получим зависимость (22)

$$A = F [(K_{п.м.}, \Gamma_{пом.})]. \quad (22)$$

Эта зависимость для восьми предприятий показана на рис.17.

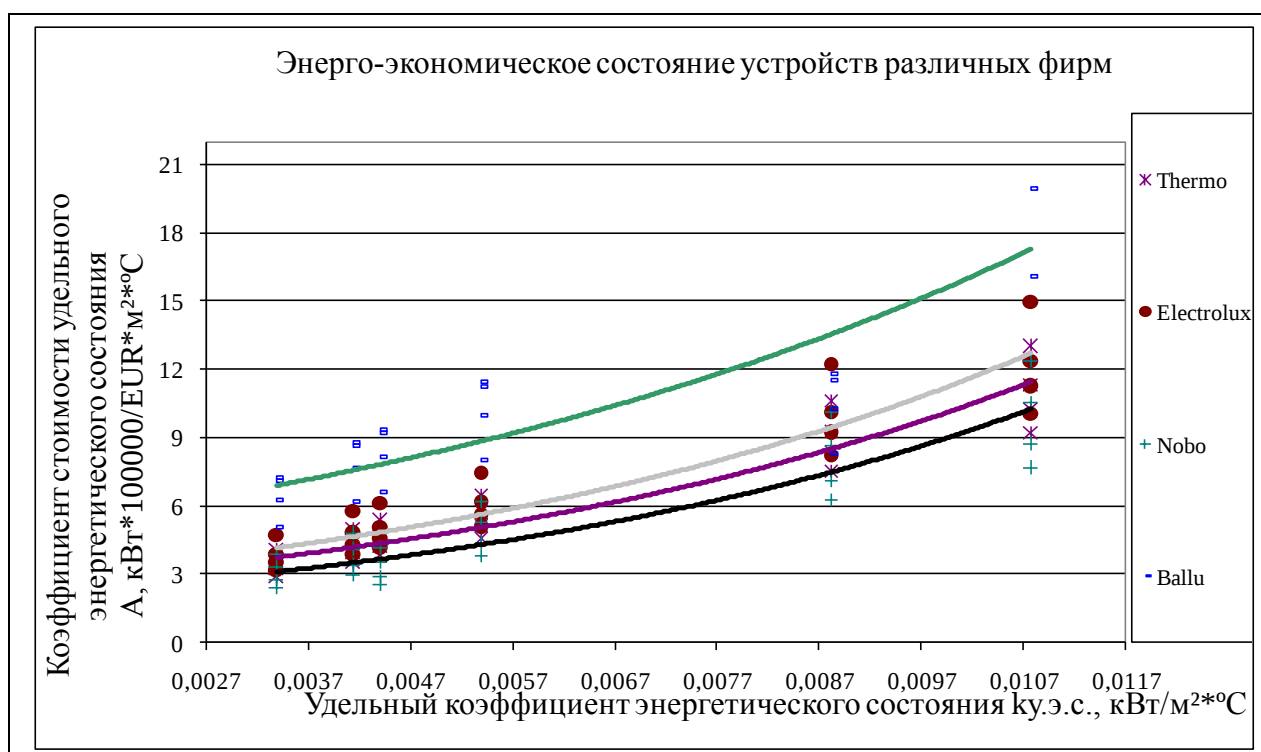


Рис. 17 -Зависимость $A=F(k_{y.э.с})$ для четырех предприятий

Из (15) видно, что для группы ЭТГК устройств функция $A=F(\Gamma)$ практически линейна и меняется от нуля до двух единиц A . Зависимости для ЭТК имеют нелинейный характер.

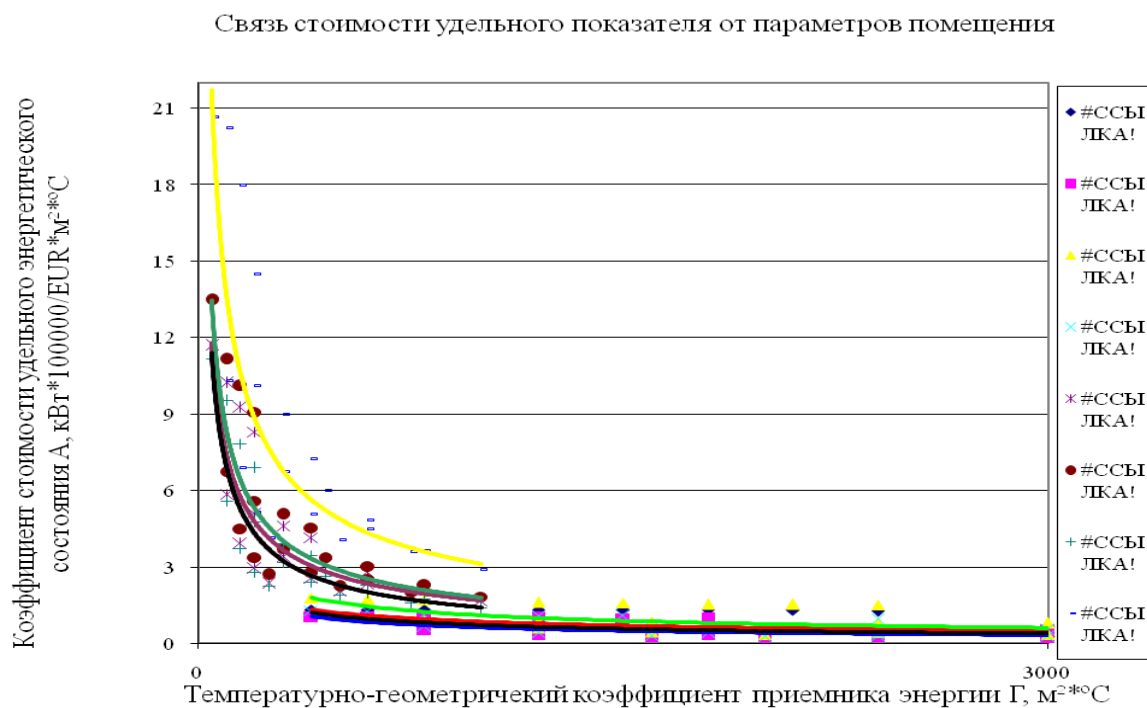


Рис. 18-Зависимость $A=F(\Gamma)$ для устройств восьми фирм.

В функциональном плане удобно иметь график $\Gamma=F(k_{y.э.с})$. Он представлен на рис.18. Вариация функционала 21 по параметрам требует много вычислительной работы. Последние два графика рис. 16 и 18 позволяют определять множество параметров термоэкономического состояния изделия, которое выпускает та или иная фирма. Последовательность действий такая. По температуре или площади помещения можно найти коэффициент энергоэкономического состояния. По его значению определить энергоценовой коэффициент для любого устройства из множества рассмотренных фирм, а значит учесть все возможные диссипационные, энергетические ценовые процессы о которых шла речь выше.

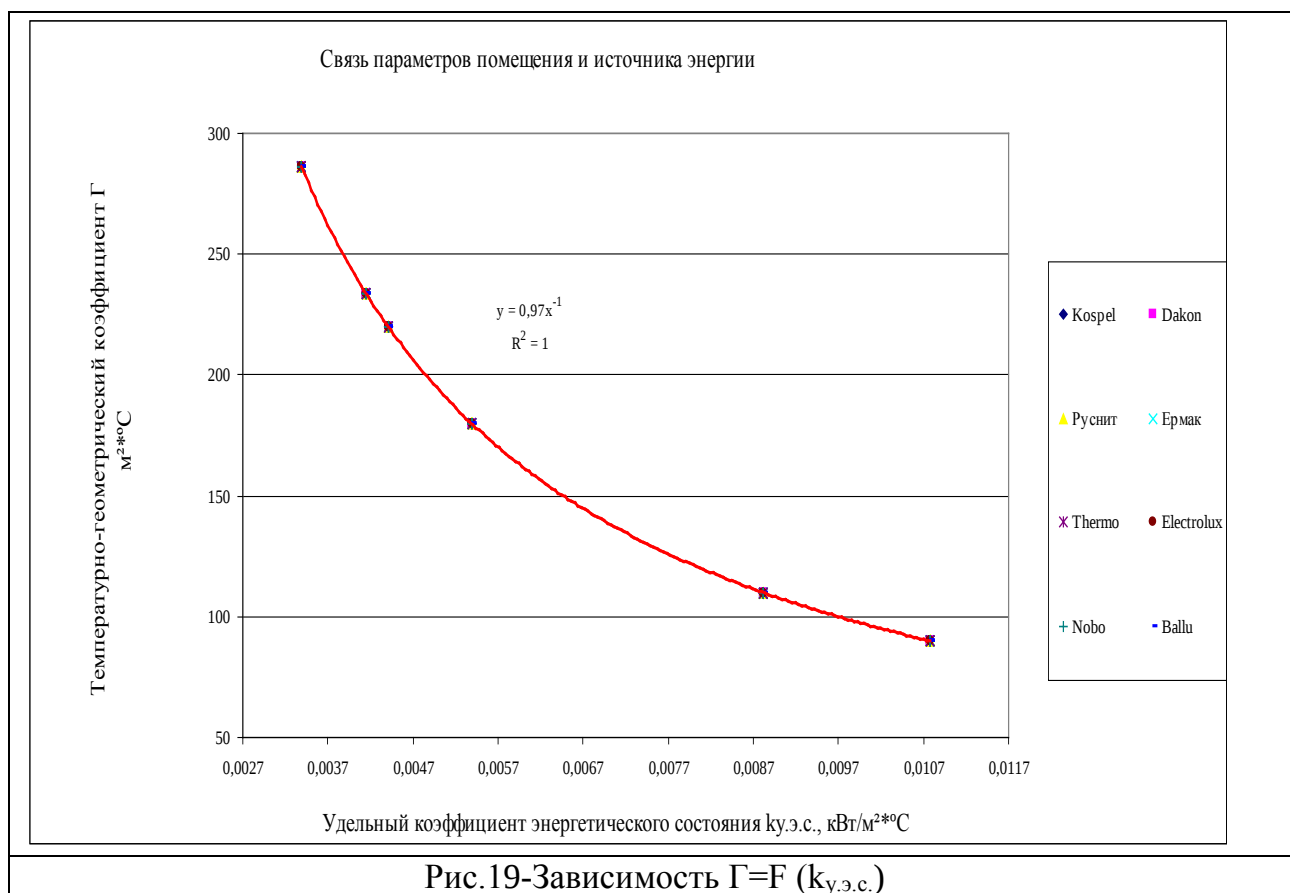


Рис.19-Зависимость $\Gamma=F(k_{y.э.с.})$

ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ.

Рассмотрены особенности применения методов системного анализа для группы энергетических устройств одинакового назначения. Показано, что системный подход позволяет для разных по конструктивному принципу групп устройств найти обобщенные показатели, характеризующие не только удельное энергетическое, но стоимостное состояние. Это дает возможность получать полевые параметрические изображения для любой группы устройств данного целевого назначения.

Знание локальных обобщенных характеристик позволяет говорить не только о микроуровневом моделировании рассматриваемых систем, но и строить иерархические модели макроуровневого содержания.

Показаны пути построения обобщенного энергетического анализа с помощью первого и второго законов термодинамики, записанных в диссипативной формулировке с использованием понятий неравновесной термодинамики и синергетики.

Для иллюстрации рассмотрены схемы энергообмена двух групп устройств выпускаемыми разными фирмами. Это устройства электротермогидравлического и электротермического типов. Они служат для создания микроклимата в помещениях одного типа. Построена система номограмм позволяющая по температурно-геометрическому показателю помещения определять все параметры, которые характеризуют мощность и минимальную стоимость на рынке предложений изделий конвекторного типа.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Игонин, В. И. Методология научных исследований и научно-техническое развитие «субъекта»: учебное пособие [для магистров по направлениям 270800 - "Строительство", 140100 - "Теплоэнергетика и теплотехника"] / В. И. Игонин. – Вологда: ВоГТУ, 2013. – 111с.

2. Игонин, В.И. Особенности системного анализа энергетической установки через ее удельные характеристики /В.И.Игонин, Н.В.Мнушкин //Вестник МАНЭБ: научный журнал. – 2012. – №4 (17). – С.66-72.

3. Игонин В.И. К внедрению и выбору новых технологических решений в системах теплоснабжения в учреждениях образовательного типа /В.И.Игонин, Н.В.Мнушкин //Энергоэффективные технологии в современном учреждении: материалы Международного энергетического форума /ВоГТУ. – Вологда, 2013. – С. 39-42.

4. Игонин, В. И. Технологические особенности энергообследования зданий, сооружений и инженерных сетей : курс лекций: [для студентов всех форм обучения, обучающихся по направлениям 270800 - Строительство и 140100 - Теплоэнергетика и теплотехника] / В. И. Игонин. – Вологда: ВоГТУ, 2012. – 107 с.

5. Игонин, В.И. Пути повышения эффективности теплоэнергетических систем: монография / В.И. Игонин. – Вологда: ВоГТУ, 2007. – 119 с. 6. Игонин, В.И. Основные задачи проектирования эффективного теплоснабжения здания: методические указания /сост. В.И. Игонин. – Вологда: ВоГТУ, 2012. – 80с.

7. Научно-исследовательская работа в семестре : лабораторный практикум: [для направлений магистратуры 140100, 270800] / сост.: В. И. Игонин, О. В. Стратунов. Ч. 1. – Вологда: ВоГТУ, 2012. – 67 с.

8. Методические особенности структуризации научно-исследовательских лабораторно-практических занятий на лабораторно-

вычислительном комплексе теплогидравлического типа: методическое пособие к лабораторно-практическим занятиям / сост. В. И. Игонин. – Вологда: ВоГТУ, 2013. – 35 с.