

УДК 681.3

З.Х. Борукаев, К.Б. Остапченко, О.И. Лисовиченко

## **АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ ДАННЫХ ДИНАМИКИ ЭНЕРГОРЫНКА С ИЗМЕНЕНИЯМИ ЦЕН НА РЫНКАХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ**

*Аннотация:* Работа посвящена анализу текущего состояния взаимосвязи рынков электроэнергии и энергоносителей с целью обоснования выбора эконометрических моделей создания компьютерной модели мониторинга динамики энергорынка в условиях изменения цен на энергоносители.

*Ключевые слова:* энергорынок электроэнергии, рынок энергоносителей, компьютерная модель мониторинга динамики энергорынка

### **Введение**

Экономическая эффективность организационного управления электроэнергетическим производством в рыночных условиях существенно зависит от возможности органа управления непрерывно отслеживать текущее состояние взаимосвязанных рынков энергоносителей, проводить его анализ, прогнозировать развитие ситуации и адекватно обстановке планировать свою деятельность по управлению на рынке электрической энергии (энергорынке). Поэтому представляется необходимым создание компьютерной модели мониторинга динамики энергорынка (КМДЭ) в условиях изменения цен на рынках энергоносителей. Ее основным назначением является информационно-технологическая поддержка решения функциональных задач организационного управления энергорынком с целью обеспечения наиболее рациональной стратегии поведения тепловыми генерирующими компаниями на рынках энергетического угля, природного газа, топочного мазута, таких, например, как:

- прогноз динамики цен на энергоносители;
- планирование поставок энергоносителей, управление запасами;
- учет и анализ топливного баланса энергокомпаний, энергорынка;
- оптимизация, регулирование и контроль эффективности использования энергоресурсов;
- оценка влияния изменения цен на энергоносители на формирование конкурентной заявленной цены блоков электростанций;
- планирование оптимальных объемов производства электроэнергии с использованием различных энергоносителей;

- прогноз оптовой цены покупки электроэнергии на оптовом рынке.

Создание КМДЭ такого класса требует решения следующих основных взаимосвязанных задач: анализ исходных данных модели; разработка математического модельного инструментария для прогноза динамики изменения цен на электроэнергию и энергоносители; разработка вычислительных алгоритмов и программ; разработка информационно - аналитических средств и методик анализа ценовых показателей функционирования ТЭС и ТЭЦ в условиях изменения цен на энергоносители.

Настоящая работа посвящена вопросам анализа взаимосвязи исходных данных динамики энергорынка и цен на энергоносители. Проведение такого анализа необходимо для обоснования выбора математического инструментария для разработки эконометрических моделей зависимости отпускных цен на электроэнергию от изменений цен на энергоносители для КМДЭ.

1. Анализ динамики цен на электрическую энергию. В структуре предприятий основных производителей электроэнергии на Оптовом рынке электроэнергии (ОРЭ) представлены генерирующие компании - АЭС, ТЭС, ГЭС, ГАЭС, ВЭС, СЭС. Каждая из генерирующих компаний имеет свои особенности взаимодействия с ОРЭ, закрепленные в Правилах ОРЭ [1], в части формирования конкурентной оптовой цены покупки электроэнергии. В таблицах 1, 2, 3 приведены данные динамики отпускных средневзвешенных цен продажи электроэнергии генерирующими компаниями в ОРЭ в 2011, 2012, 2013 годах, сформированные с использованием данных приведенных на сайте ГП "Энергорынок" [2].

Анализ данных показывает, что диапазон колебаний средневзвешенной (в дальнейшем сокращенно - средней) цены продажи электроэнергии находится в пределах 317,01- 422,57 грн. за МВт.час в 2011 году, 401,40 - 451,63 грн. за МВт.час в 2012 году, и 417, 61 - 480,98 грн. за МВт.час в 2013 году. Средняя цена в 2012 году по сравнению с 2011 годом выросла на 12,27%. а средняя цена 2013 года выросла по сравнению с 2012 годом на 7,54%.

Сравнительный анализ поквартальной динамики средних цен за те же годы показывает, что в разные периоды рост цен происходил неравномерно. Например, в первом квартале 2013г., по сравнению с I кв. 2012 г., цены выросли на 5,59%, во втором квартале на 9,4%, в третьем квартале на 5,1 %, в четвертом квартале на 10,1 %. Характер поквартального изменения отпускных цен только ГК ТЭС совпадает с приведенными данными. В первом квартале 2013 г. по сравнению с первым кварталом 2012 года, цены выросли на 3,2%, во втором квартале на 10,79%, в третьем квартале на 2,5%, в четвертом на 5,58%

Наличие текущих колебаний средневзвешенных цен от месяца к месяцу, согласно данным анализа [2], объясняется, как прави-

Таблица 1

Динамика средневзвешенной цены продажи электроэнергии в ОРЭ производителями в 2011 году (грн/МВт.час)

Месяц	АЭС	ГК ТЭС	ГК ГЭС	ТЭЦ	Зеленый тариф	ВЭС	Средняя цена
Январь	159,85	440,81	117,32	754,70	4890,69	1227,70	317,01
Февраль	180,64	464,31	113,15	745,21	4969,14	1227,70	345,96
Март	184,81	494,47	119,81	754,92	5001,77	1231,90	358,26
Апрель	185,21	538,90	138,04	839,50	4691,61	1271,10	365,73
Май	185,25	690,73	109,65	831,19	4295,07	1313,80	387,39
Июнь	184,92	633,90	133,98	854,58	4228,05	1284,60	389,19
Июль	185,14	636,36	144,79	956,53	1285,74	1298,20	400,62
Август	185,64	587,24	141,85	918,54	1367,91	1280,80	392,47
Сентябрь	184,36	646,34	192,97	927,55	1379,78	1296,90	393,41
Октябрь	184,73	557,21	157,38	990,14	996,43	1227,70	394,83
Ноябрь	225,05	557,78	164,43	995,23	958,80	1245,40	422,57
Декабрь	225,01	511,61	176,40	988,78	933,40	1227,70	409,17
Средняя цена за год	189,21	563,305	142,45	879,74	2916,53	1367,12	381,37

Таблица 2

Динамика средневзвешенной цены продажи электроэнергии в ОРЭ производителями в 2012 году (грн/МВт.час)

Месяц	АЭС	ГК ТЭС	ГК ГЭС	ТЭЦ	Зеленый тариф	ВЭС	Средняя цена
Январь	227,86	575,34	215,26	973,11	1072,19	1227,70	401,40
Февраль	227,79	484,00	220,93	970,14	1151,35	1227,70	413,90
Март	212,59	567,39	169,23	982,36	1205,09	1227,70	417,19
Апрель	212,82	671,21	178,51	957,60	1289,15	1227,70	425,63
Май	212,92	671,29	147,01	933,65	1530,85	1227,70	408,08
Июнь	212,55	686,85	177,37	932,85	1630,49	1227,70	438,30
Июль	212,94	611,24	290,50	943,78	1938,79	1227,70	450,98
Август	212,64	612,98	307,06	1129,20	3454,37	1227,70	451,63
Сентябрь	212,53	620,77	327,22	1072,98	3608,37	1227,70	442,62
Октябрь	212,68	584,24	229,85	1064,14	2796,14	1227,70	429,74
Ноябрь	212,44	634,14	184,59	1057,35	2171,66	1227,70	433,63
Декабрь	212,44	550,32	195,12	1040,20	1802,11	1227,70	424,82
Средняя цена за год	215,18	605,81	220,22	1001,78	1970,88	1227,70	428,16

ло, изменением структуры производителей и состава включенного генерирующего оборудования, а, следовательно, и объемов прои-

Динамика средневзвешенной цены продажи электроэнергии в ОРЭ производителями в 2013 году(грн/МВт.час)

Месяц	АЭС	ГК ТЭС	ГК ГЭС	ТЭЦ	Зеленый тариф	ВЭС	Средняя цена
Январь	206,93	583,52	168,64	1080,29	1680,66	1227,70	433,35
Февраль	217,72	503,72	216,91	1069,00	1816,49	1227,70	417,61
Март	217,86	590,57	185,09	1070,54	2025,49	1227,70	451,16
Апрель	217,72	736,46	149,15	1069,01	2440,41	1227,70	457,47
Май	217,70	827,28	154,76	1072,14	3085,78	1227,70	468,87
Июнь	218,35	684,73	168,01	1065,21	3028,48	1227,70	465,28
Июль	219,38	587,51	286,03	1064,30	3063,84	1227,70	457,93
Август	223,43	645,03	332,06	1080,80	3151,11	1227,70	475,03
Сентябрь	224,76	660,01	312,80	1100,42	2459,36	1227,70	480,98
Октябрь	223,75	638,87	218,63	1052,08	2586,99	1227,70	481,40
Ноябрь	223,87	605,12	211,92	1059,77	2301,85	1227,70	464,90
Декабрь	223,76	623,50	224,05	1054,62	1940,51	1227,70	470,74
Средняя цена за год	219,60	640,53	219,00	1069,85	2465,08	1227,70	460,39

зведенной ими электроэнергии, имеющих разную отпускную цену. Например, уменьшение доли производства НАЭК “Энергоатом” и увеличение доли генкомпаний ТЭС приводит к росту средней месячной оптовой цены продажи электроэнергии в ОРЭ. Однако, как показывает анализ факторов, влияющих на изменения цен, к ним относятся и меры принимаемые Регулятором рынка по уменьшению или увеличению регулирующих коэффициентов при определении цен на рабочую мощность и маневренность блоков ТЭС. В определенные периоды времени уменьшение регулирующих коэффициентов приводило к уменьшению оптовой цены продажи даже в условиях увеличения доли блоков ТЭС в структуре производства. Определенное влияние на ценообразование оказывает и объем производства электроэнергии генкомпаниями ГЭС.

Приведенные данные показывают и общую тенденцию роста по годам средней цены.

Причем, как видно из приведенных таблиц, изменения средних цен на электроэнергию происходят при практически неизменных, директивно устанавливаемых ценах на электроэнергию для АЭС, ГЭС, ВЭС, на относительно длительные периоды.

Учитывая это обстоятельство, а также то, что в себестоимости электроэнергии ТЭС и ТЭЦ значительную часть принадлежит топливной составляющей - до 80%, а АЭС, ГЭС, ВЭС и другие нетрадиционные источники энергии отпускают на ОРЭ электроэнергию по фиксированным, на определенные периоды времени, ценам, мо-

жно предположить, что именно изменение цен на энергоносители, является определяющим фактором, влияющим на динамику цен на электроэнергию.

2. Структура потребления энергоресурсов. Для определения структуры потребления энергоресурсов необходимо проведение анализа их использования в технологическом процессе генерации компаниями ТЭС и ТЭЦ. Очевидно, что не все установленные мощности генерирующего оборудования были задействованы в выработке электроэнергии, в рассматриваемый нами период времени 2011-2013 гг., о чем свидетельствуют данные коэффициентов использования установленной мощности, приведенные в [3-5]. Учитывая то обстоятельство, что реально отследить состав включенного генерирующего оборудования в течение этого периода не представляется возможным, нами для исследования используются только суммарные месячные данные объемов потребления основных энергоносителей - энергетического угля, природного газа, топочного мазута и средних месячных цен на них. Необходимые данные получены с использованием источников [3-9]. Очевидно, что они могут нести в себе как методическую погрешность, так и погрешность случайного характера. Однако они в целом отражают динамику использования и изменения цен на энергоносители. Рассмотрим динамику изменения цен на энергоносители в течение 2011-2013гг.

2.1. Динамика цен на энергетический уголь. На ТЭС и ТЭЦ, в качестве энергоносителей, используются практически все марки энергетического угля, который добывается на угольных предприятиях Украины – А, АПШ, Б, Г, Д, ДГ, Ж, Т. Вопросы ценообразования на рынке регулировались государственным органом путем установления дотаций для угольных шахт, а также надбавок к базовой цене в зависимости от зольности, влажности и теплотворной способности [10]. Например, по данным [11], цена угля марки Т составила 70\$ за тонну, марки Г -76\$, марки Д -65\$ без НДС в течение первого квартала 2011 г. Колебания отпускных цен происходили практически по каждой марке угля и в течение месяца, квартала и календарного года. Поэтому, как и в случае с средними ценами на электроэнергию, нами определены средневзвешенные месячные цены и их динамика по данным, приведенным в [7,8,10,11], которые представлены в таблице 4 и на рис.1.

2.2. Динамика цен на природный газ. Изменения цен на рынке природного газа происходили в соответствии с постановлениями Регулятора рынка. Для проведения исследований данные об этих изменениях нами сформированы на основании Постановлений Национальной комиссии регулирования электроэнергетики (НКРЭ), опубликованных в [6] и приведены в таблице 5 и на рис. 2.

2.3. Динамика цен на топочный мазут. Как показал анализ различных источников, наиболее динамичным оказался рынок то-

## Средневзвешенные месячные цены и их динамика

Месяц	Цена на уголь энерг. (Оптовая цена, грн/т)		
	2011	2012	2013
Январь	566,72	718,52	640,60
Февраль	566,72	718,52	640,60
Март	566,72	718,52	640,60
Апрель	637,56	640,60	640,60
Май	637,56	640,60	640,60
Июнь	637,56	640,60	640,60
Июль	637,56	640,60	640,60
Август	637,56	640,60	640,60
Сентябрь	637,56	640,60	640,60
Октябрь	637,56	640,60	640,60
Ноябрь	637,56	640,60	640,60
Декабрь	637,56	640,60	640,60

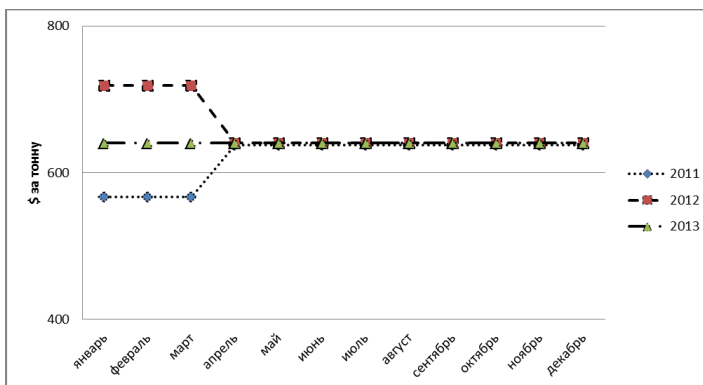


Рис. 1 – Динамика цен на энергетический уголь

почного мазута. Значительная его часть, используемая для нужд тепловой энергетике в технологическом производстве электроэнергии, в основном импортируется. Реально отследить цены на все закупки мазута с требуемой месячной дискретностью в течение 2011 – 2013 гг. весьма затруднительно. Поэтому для формирования исходных данных о динамике средневзвешенных месячных цен на мазут топочный для проведения исследования были использованы данные, которые приведены на сайте [9]. В таблице 6 и на рис.3 представлены расчетные данные, полученные путем вычисления средних месячных цен с использованием 5-6 значений цен в течение расчетного месяца. Несмотря на возможные отклонения приведенных количественных данных от реальных, их исполь-

## Изменения цен на рынке природного газа

Месяц	Цена на природный газ (грн. за 1000 м <sup>3</sup> )		
	2011	2012	2013
Январь	2309,59	3551,11	3551,11
Февраль	2309,59	3551,11	3551,11
Март	2309,59	3551,11	3551,11
Апрель	2583,84	3551,11	3551,11
Май	2583,84	3551,11	3551,11
Июнь	2583,84	3551,11	3551,11
Июль	3059,78	3551,11	3500,51
Август	3059,78	3551,11	3500,51
Сентябрь	3059,78	3551,11	3500,51
Октябрь	3059,78	3551,11	3500,51
Ноябрь	3422,58	3551,11	3500,51
Декабрь	3422,58	3551,11	3500,51

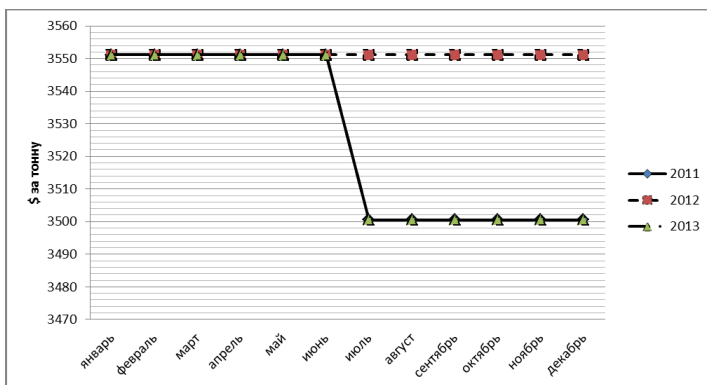


Рис. 2 – Динамика цен на природный газ

зование позволяет учесть характерные особенности динамики цен на рынке топочного мазута.

2.4. Динамика объемов энергоресурсов. Исходные данные, об использованных для производства электроэнергии в 2011-2013 гг. энергоресурсов, представленные ниже в таблицах 7-9, сформированы по месячным данным основных показателей работы ТЭК Украины, приведенным в [8]. Для последующего их применения для расчетно-экспериментальных исследований реальные количественные данные об объемах угля, природного газа, мазута преобразованы в безразмерные единицы условного топлива.

## Средне-месячные цены на мазут топочный

Месяц	Цена на мазут топочный (\$ за тонну)		
	2011	2012	2013
Январь	1353,29	845,81	1014,97
Февраль	1225,67	765,68	991,22
Март	1231,61	703,35	1101,04
Апрель	1296,90	620,25	1198,97
Май	1285,03	697,42	1213,80
Июнь	1368,13	706,33	1154,45
Июль	1285,03	833,94	1095,10
Август	1175,23	842,83	1026,64
Сентябрь	1145,54	833,94	899,22
Октябрь	1068,39	976,39	1068,39
Ноябрь	1068,39	1062,45	1092,13
Декабрь	970,45	1014,97	1237,54

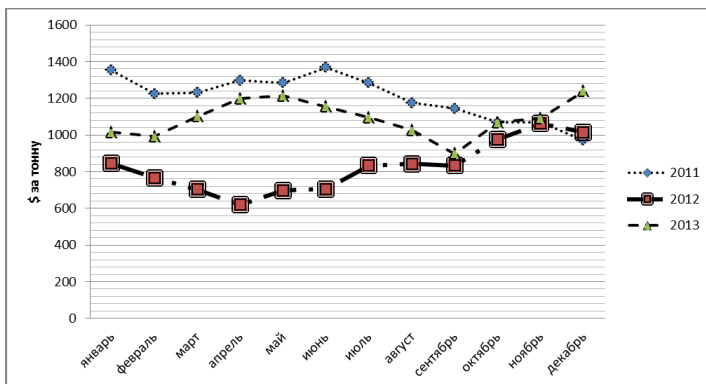


Рис. 3 – Динамика цен на топочный мазут

### 3. Анализ взаимосвязи параметров потребления топлива и производства электроэнергии.

Прогнозируемым показателем анализа взаимосвязи параметров потребления топлива и производства электроэнергии (э/э) является средняя цена ее продажи за расчетный период (месяц), которая рассчитывается как:

$$C_{\text{продажи}} = \frac{(C_{\text{аэс}} * \mathcal{E}_{\text{аэс}} + C_{\text{тэс}} * \mathcal{E}_{\text{тэс}} + C_{\text{тэц}} * \mathcal{E}_{\text{тэц}} + \dots)}{\mathcal{E}_{\text{отпуск}}},$$

$$\mathcal{E}_{\text{отпуск}} = (\mathcal{E}_{\text{аэс}} + \mathcal{E}_{\text{тэс}} + \mathcal{E}_{\text{тэц}} + \dots),$$



Таблиця 7

Динамика об'ємів потрєблення енергоресурсов за 2011 год

Месяц	Уголь (тыс.т.)	Уголь (усл. топ. тыс. т.)	Мазут (тыс.т.)	Мазут (усл.топ. тыс.т.)	Газ (млн. м3)	Газ (усл. топ. тыс. т.)
Январь	3224,4	2824,6	4,2	5,75	740,3	843,9
Февраль	3300,2	2891,0	2,9	3,97	730,0	832,2
Март	3358,4	2942,0	4,7	6,44	672,4	711,8
Апрель	2792,0	2445,8	2,7	3,70	373,5	425,8
Май	3651,7	3198,9	4,0	5,48	774,2	882,6
Июнь	2745,7	2405,2	3,2	4,38	171,3	195,3
Июль	2392,5	2095,8	0,4	0,55	156,6	178,5
Август	2662,9	2327,2	2,7	3,70	209,2	238,5
Сентябрь	2495,2	2185,8	4,5	6,17	345,9	394,3
Октябрь	2749,4	2408,5	1,7	2,33	216,6	246,9
Ноябрь	3943,7	3454,7	5,1	6,89	212,4	242,1
Декабрь	3261,5	2857,1	4,7	6,44	674,8	709,3

Таблиця 8

Динамика об'ємів потрєблення енергоресурсов за 2012 год

Месяц	Уголь (тыс.т.)	Уголь (усл. топ. тыс. т.)	Мазут (тыс.т.)	Мазут (усл.топ. тыс.т.)	Газ (млн. м3)	Газ (усл. топ. тыс. т.)
Январь	3465,3	3035,6	4,4	6,03	748,5	853,3
Февраль	3914,2	3428,8	5,8	7,95	837,4	954,4
Март	3322,5	2910,5	4,9	6,71	622,2	871,1
Апрель	2687,5	2354,3	4,3	5,89	311,0	354,5
Май	2598,8	2276,6	2,3	3,15	195,9	223,3
Июнь	2863,	2508,7	3,0	4,11	196,8	224,4
Июль	3600,7	3154,2	2,3	3,15	145,1	165,4
Август	3468,2	3038,1	2,3	3,15	154,1	175,7
Сентябрь	3036,8	2660,2	4,1	5,62	188,3	214,7
Октябрь	3000,0	2628,0	4,7	6,44	293,5	334,6
Ноябрь	2818,9	2469,4	3,8	5,21	530,9	605,2
Декабрь	3473,6	3042,9	3,8	5,21	748,2	852,9

т.е. фактически зависит и предопределяется параметрами цены за э/э и об'ємов отпуска АЭС, ТЭС, ТЭЦ, а точнее их соотношениями между собой - долями в общем балансе об'ємов отпуска э/э:

$$K_{\mathcal{E}_{\text{аэс}}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{аэс}}}{\mathcal{E}_{\text{отпуск}}}, K_{\mathcal{E}_{\text{тэс}}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{тэс}}}{\mathcal{E}_{\text{отпуск}}}, K_{\mathcal{E}_{\text{тэц}}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{тэц}}}{\mathcal{E}_{\text{отпуск}}}.$$

Цена  $C_{\text{аэс}}$  устанавливается директивно постановлениями НКРЕ

## Динамика объемов потребления энергоресурсов за 2013 год

Месяц	Уголь (тыс.т.)	Уголь (усл. топ. тыс. т.)	Мазут (тыс.т.)	Мазут (усл.топ. тыс.т.)	Газ (млн. м3)	Газ (усл. топ. тыс. т.)
Январь	3288,4	2880,6	3,4	4,66	735,8	838,8
Февраль	2936,6	2572,5	2,2	3,01	599,4	683,3
Март	3247,0	2844,4	4,3	5,89	679,9	775,1
Апрель	2520,6	2208,1	5,3	7,26	334,7	381,6
Май	2326,9	2038,4	4,9	6,71	144,9	165,2
Июнь	2953,1	2586,9	5,9	8,08	139,3	158,8
Июль	3573,6	3130,1	0,7	0,96	136,6	155,7
Август	3216,1	2817,3	5,5	7,53	163,6	186,5
Сентябрь	3244,6	2842,3	7,0	9,59	147,3	167,9
Октябрь	3472,4	3041,8	3,5	4,80	385,7	439,7
Ноябрь	3295,8	2887,1	5,2	7,12	433,2	493,8
Декабрь	3566,8	3124,4	4,9	6,71	584,8	666,7

и следовательно может рассматриваться как фиксированная. А цены  $C_{тэс}, C_{тэц}$  – определяются Правилами ОРЭ [1] и устанавливаются для каждого расчетного периода.

Цены  $C_{тэс}, C_{тэц}$ , согласно Правил ОРЭ [1], рассчитываются на основе заявок генкомпаний ТЭС, ТЭЦ на выработку э/э и выбранного при планировании нагрузки диспетчером режима сети, который также зависит от возможностей (заявок) станций. Таким образом, можно утверждать, что эти цены фактически зависят от затрат условного топлива на производство э/э.

Поэтому, следует предположить, что показатель средней цены продажи будет в значительной степени предопределяться такой зависимостью:

$$C_{\text{продажи}} = f_1 \left( \begin{array}{l} C_{тэс} (O_{\text{уголь}}, O_{\text{газ}}, O_{\text{мазут}}), \\ C_{тэц} (O_{\text{уголь}}, O_{\text{газ}}, O_{\text{мазут}}), \\ K_{\text{эас}}, K_{\text{этэц}}, K_{\text{этэс}} \end{array} \right).$$

Сами объемы  $\text{Э}_{тэс}, \text{Э}_{тэц}$  также определяются заявками генкомпаний и выбранным диспетчером режимом сети и следовательно зависят от затрат условного топлива на производство э/э. Поэтому, показатель средней цены продажи можно определить и следующей зависимостью:

$$C_{\text{продажи}} = f_2(C_{тэс}(O_{\text{уголь}}, O_{\text{газ}}, O_{\text{мазут}}), C_{тэц}(O_{\text{уголь}}, O_{\text{газ}}, O_{\text{мазут}}), \dots \\ \dots \text{Э}_{\text{отпуск}}, \text{Э}_{\text{ас}}, \text{Э}_{\text{тэц}}(O_{\text{уголь}}, O_{\text{газ}}, O_{\text{мазут}}), \text{Э}_{тэс}(O_{\text{уголь}}, O_{\text{газ}}, O_{\text{мазут}})).$$

Анализ динамики цен на основные виды топлива – уголь, природный газ показывает, что эти цены устанавливаются директивно и для определения закономерностей необходимо переходить к анализу динамики объемов условного топлива  $O_{\text{уголь}}$ ,  $O_{\text{газ}}$ ,  $O_{\text{мазут}}$  или стоимостных затрат условного топлива как интегрального показателя.

В результате, если будут установлены зависимости динамики изменения объемов отпуска э/э  $\mathcal{E}_{\text{аэс}}$ ,  $\mathcal{E}_{\text{тэц}}$ ,  $\mathcal{E}_{\text{тэс}}$  от динамики изменения их доли в балансе отпуска э/э и от объемов условного топлива:

$$\mathcal{E}_{\text{аэс}} = f_{\text{аэс}}(K_{\mathcal{E}_{\text{аэс}}}),$$

$$\mathcal{E}_{\text{тэц}} = f_{\text{тэц}}(K_{\mathcal{E}_{\text{тэц}}}, O_{\text{уголь}}, O_{\text{газ}}, O_{\text{мазут}}),$$

$$\mathcal{E}_{\text{тэс}} = f_{\text{тэс}}(K_{\mathcal{E}_{\text{тэс}}}, O_{\text{уголь}}, O_{\text{газ}}, O_{\text{мазут}}),$$

а также зависимости динамики изменения цен отпуска ТЭС, ТЭЦ:

$$C_{\text{тэц}} = h_{\text{тэц}}(O_{\text{уголь}}, O_{\text{газ}}, O_{\text{мазут}}),$$

$$C_{\text{тэс}} = h_{\text{тэс}}(O_{\text{уголь}}, O_{\text{газ}}, O_{\text{мазут}}),$$

то можно будет получить и зависимость для прогнозируемого показателя:

$$C_{\text{продажи}} = f_{\text{прогноз}}(K_{\mathcal{E}_{\text{аэс}}}, K_{\mathcal{E}_{\text{тэц}}}, K_{\mathcal{E}_{\text{тэс}}}, O_{\text{уголь}}, O_{\text{газ}}, O_{\text{мазут}}).$$

В результате задача построения модели прогноза средней цены продажи э/э сводится к формированию пяти прогностических моделей для показателей динамики изменения объемов отпуска э/э и цен отпуска в зависимости от изменения доли в балансе отпуска э/э и объемов потребления условного топлива.

3.1. Анализ динамики изменения баланса объемов отпуска э/э АЭС, ТЭС, ТЭЦ (рис.4)

Доля отпуска э/э ТЭЦ в общем балансе составляет 2-11% за период наблюдения 2011-2013г. Причем, прослеживается четкая закономерность снижения/увеличения объема отпуска в зависимости от окончания/начала отопительного сезона. Максимум приходится на 3 зимних месяца и март, а минимум на июль месяц. Характеристику закономерности можно классифицировать как периодическую колебательную без значительных скачков тренда.

Доля отпуска э/э генкомпаний ТЭС в общем балансе составляет 33–50% за период наблюдения 2011–2013г. Причем, в течении одного календарного года наблюдается 2 максимума доли в балансе отпуска э/э, наибольший приходится на летние месяцы (июль–август), а второй, более равномерный, на зимние месяцы, а наибольший минимум приходится на весну – май месяц. Такую закономерность можно объяснить использованием в весенние месяцы

ГЭС для целей регулирования колебаний мощности в энергосистеме и уменьшением использования для этих целей маневренных блоков ТЭС. При этом летом и зимой возрастает роль ТЭС как маневренных мощностей, летом для стабильного обеспечения э/э промышленных объектов, а зимой – гражданской (коммунальной) инфраструктуры. Следует отметить, что от года к году максимум доли ТЭС возрастает, т.е. в 2011г. он составил 43%, в 2012г. – 47%, в 2013г. – 50%, при сохранении минимума доли в 33-35%. Кроме того, с 2012г. стала наблюдаться тенденция превышения доли ТЭС над АЭС в общем балансе отпуска э/э, что явно проявилось в 2013г. в период с июня по октябрь. Характеристику закономерности можно классифицировать как периодическую колебательную, но с большими перепадами в подъеме и снижении тренда доли.

Доля отпуска э/э АЭС в общем балансе составляет 40-55% за период наблюдения 2011-2013г. Причем, максимум в 55%, наблюдался только в сентябре 2011г., а минимум - в 40% - в июле 2013г. В целом доля АЭС находится в пределах 43-50%. Но начиная с 2013г. наблюдается тенденция к общему снижению доли АЭС в общем балансе отпуска э/э. Характеристика изменения долей АЭС и генкомпаний ТЭС взаимнообратны. Т.е. снижение отпуска э/э АЭС приводит к увеличению доли ТЭС. Однако, саму характеристику закономерности доли АЭС можно классифицировать как периодическую, но более монотонную, чем у генкомпаний ТЭС. Это объясняется тем, что блоки АЭС эксплуатируются исключительно в базовом режиме энергосистемы.

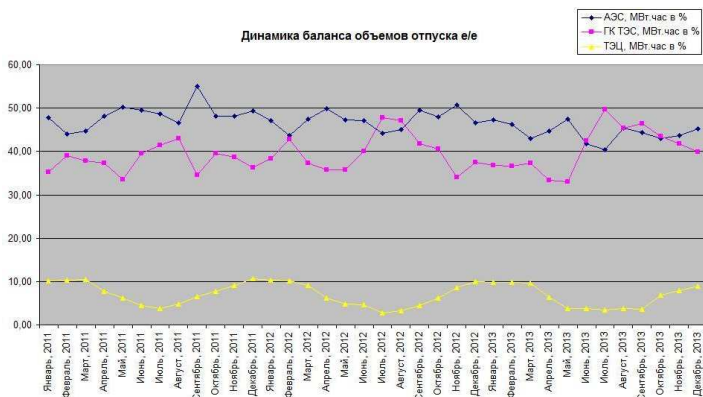


Рис. 4 – Динамика баланса объемов отпуска электроэнергии

3.2. Анализ динамики изменения баланса объемов потребления условного топлива (рис. 5).

Доля мазута в общем балансе объемов потребления условного топлива составляет не более 0,3% за период наблюдения 2011–

2013г. Однако динамика относительного изменения значения доли мазута нестационарная, т.е. наблюдаются значительные скачки собственного относительного изменения доли мазута за период наблюдения. Причем, в 2011г. помесечные подъемы и падения, в 2012г. – первые 4 месяца монотонное слабое падение, затем резкий спад и удержание уровня в течение 3 месяцев с последующим подъемом, а в 2013г. продолжение подъема до середины года, а в дальнейшем колебания с периодом в 2 месяца. Т.е. характеристика закономерности не стабильная и ее связь с технологическим процессом производства э/э практически не выражена в рассматриваемом периоде наблюдения. Это объясняется тем, что для большинства блоков ТЭС и ТЭЦ мазут является вспомогательным топливом либо используется для подсветки в них.

Доля угля в общем балансе объемов потребления условного топлива составляет 76-95% за период наблюдения 2011-2013г. Динамика же относительного изменения доли – циклическая, колебательная с полупериодом в 6 месяцев. Причем наибольший рост наблюдается с апреля по октябрь, а затем спад. Характеристика закономерности периодическая колебательная без значительных скачков тренда и частично коррелируется с характеристикой изменения доли отпуска э/э ТЭС.

Доля газа в общем балансе объемов потребления условного топлива составляет 5-23% за период наблюдения 2011-2013г. Динамика относительного изменения доли газа взаимнообратно характеристике изменения доли угля в общем балансе с тем же полупериодом в 6 месяцев. Т.е. снижение потребления газа связано с увеличением доли потребления угля обратно пропорционально.

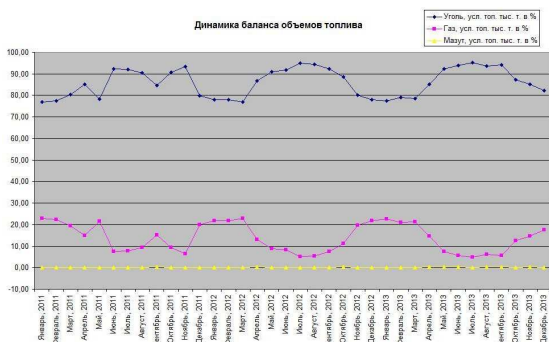


Рис. 5 – Динамика баланса объемов потребления энергоносителей

3.3. Анализ динамики изменения характеристики относительного прироста объемов потребления и стоимости топлива на отпуск э/э.

Характеристика относительного прироста показывает на сколько изменяется объем потребления или стоимость топлива на единицу прироста объема отпущенной э/э (рис.6):

$$ХОП = \frac{\Delta O_m}{\Delta \mathcal{E}_{отпуск}},$$

$$ХОПС = \frac{\Delta C_m}{\Delta \mathcal{E}_{отпуск}},$$

где  $ХОП$  – характеристика относительного прироста объема,  $ХОПС$  – характеристика относительного прироста стоимости,  $\Delta O_m$  – прирост объема потребления топлива за расчетный период,  $\Delta C_m$  – прирост стоимости объема потребленного топлива за расчетный период,  $\Delta \mathcal{E}_{отпуск}$  – прирост объема отпуска  $e/e$  за расчетный период.

$ХОПС$  можно считать более интегральным показателем, т.к. учитывает как объем, так и цену топлива  $C_m = C_m \cdot O_m$ . Поэтому анализ динамики изменения топливной составляющей на производстве э/э можно провести на базе  $ХОПС$ .

$ХОПС$  мазута по сравнению с другими видами топлива имеет несущественные величины за период наблюдения 2011–2013г. Динамика изменений не превышает 100грн./МВт.час, кроме единичных скачков в 2012 и 2013 г. Характеристика закономерности стабильно постоянная без существенных отклонений.

$ХОПС$  угля имеет большой диапазон изменений в пределах 20–10000 грн./МВт.час за период наблюдения 2011–2013г. Но основной тренд находится в пределах 100-300 грн./МВт.час, наблюдается тенденция повышения и существенного превышения обычного уровня  $ХОПС$  в июне-августе и в конце календарного года. Характеристика закономерности носит колебательный характер.

$ХОПС$  газа также имеет большой диапазон изменений в пределах 20-10000 грн./МВт.час за период наблюдения 2011–2013 г. Но основной тренд находится в пределах 200-500грн./МВт.час, наблюдается тенденция повышения и существенного превышения обычного уровня  $ХОПС$  в июне-августе и в конце календарного года. Характеристика закономерности носит колебательный характер, но с большим уровнем значений отклонений.

Зафиксированные существенные превышения значений  $ХОПС$  от основного тренда в июне, декабре-январе календарного года можно объяснить небольшим приростом объема отпуска  $e/e$  и повышенным приростом объема или цены потребленного топлива за расчетный период, что свидетельствует о несвоевременности реакции регулирующего органа на изменения рынка энергоносителей.

3.4. Анализ динамики изменения прироста отпуска электроэнергии.

Тренд общего отпуска – периодический, в первой половине календарного года снижение отпуска э/э до июня с приростом в пре-

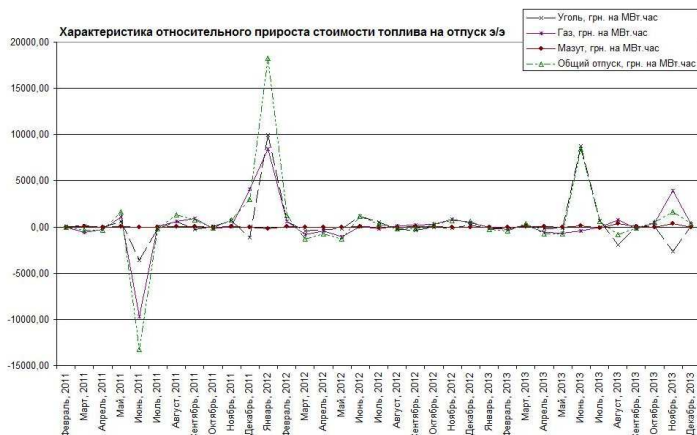


Рис. 6 – Динаміка змінення ХОПС потреби енергоносієв

делах 20–26%, июль – небольшой рост, август-сентябрь возврат к прежнему уровню, а далее с октября – рост отпуска с приростом в пределах 21–24%. В целом характеристика имеет интервалы сниженного отпуска з/з за апрель-сентябрь с минимумом в июне, интервал повышенного отпуска – октябрь-март с максимумом в декабре (рис. 7).

Тренд отпуска з/з ТЭЦ – периодический, в первой половине календарного года снижение отпуска е/е до июля с месячным приростом в пределах 6-36%, а далее с августа – рост отпуска до декабря с месячным приростом в пределах 25-40%. В целом характеристика отпуска колебательная и имеет интервалы сниженного отпуска за апрель-октябрь с приростом относительно начала года в пределах 40-70% с минимумом в июле и повышенного отпуска за ноябрь-март с приростом относительно начала года в пределах 3-15% с максимумом в декабре.

Тренд отпуска з/з генкомпаниями ТЭС – периодический, в первой половине календарного года снижение отпуска е/е до мая с месячным приростом в пределах 10-15%, а далее с июня – рост с месячным приростом в пределах 10-30% и однократным снижением в сентябре в пределах 20%. В целом характеристика отпуска колебательная и имеет интервалы сниженного отпуска за апрель-июнь с приростом относительно начала года в пределах 20-35% с минимумом в июне и повышенного отпуска за октябрь-март с приростом относительно начала года в пределах 3-20% с максимумом в декабре. Может наблюдаться второй интервал небольшого по сравнению с основным сниженного отпуска в июле-сентябре.

Тренд отпуска з/з АЭС – периодический, в первой половине календарного года снижение отпуска з/з до июня с месячным при-

ростом в пределах 2-10% и с незначительным ростом в марте на 1-2%, июль-август – незначительный рост, а затем снижение к прежнему уровню, а далее с сентября – рост с месячным приростом в пределах 3-15%. В целом характеристика отпуска колебательная и имеет интервалы сниженного отпуска с растущим горизонтом от февраль-сентябрь до февраль-ноябрь с приростом относительно начала года в пределах 15-30% с минимумом в июне и повышенного отпуска за октябрь-январь с приростом относительно начала года в пределах 2-8% с максимумом в январе.

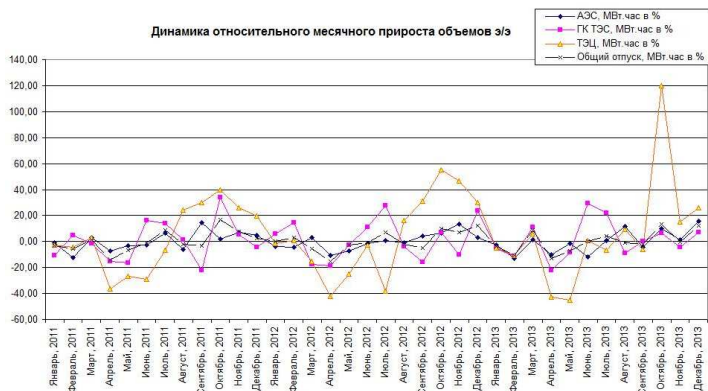


Рис. 7 – Динаміка змінення відносного приросту отпуска електроенергії

## Выводы

Приведений анализ взаимосвязи данных динамики энергорынка и цен на энергоносители показывает наличие определяющей зависимости отпускных цен на электроэнергию от изменения цен на энергоносители. Полученные зависимости и установленные закономерности создают предпосылки к построению эконометрических моделей для прогнозирования отпускных цен на электроэнергию в зависимости от изменения цен на энергоносители, которые будут рассмотрены в последующих работах.

## Список использованных источников

1. Постанова НКРЕ України № 921 від 12.09.2003 “Про затвердження Правил Оптового ринку електричної енергії України в редакції, затвердженій Радою ринку від 4 вересня 2003р.”
2. ДП “Енергоринок”. Функціонування ОРЕ, Аналіз цін в ОРЕ. - [www.er.gov.ua/doc.php?c=5](http://www.er.gov.ua/doc.php?c=5).
3. ПАО ДТЭК. Годовой отчет ДТЭК 2011 г. - [dtek.com/library/file/annual-report-2011-ru.pdf](http://dtek.com/library/file/annual-report-2011-ru.pdf).



4. ПАО ДТЭК. Годовой отчет ДТЭК 2012 г.- [dtek.com/library/file/annual-report-2012-ru.pdf](http://dtek.com/library/file/annual-report-2012-ru.pdf).
5. ПАО ДТЭК. Годовой отчет ДТЭК 2013 г.- [dtek.com/library/file/annual-report-2013-ru.pdf](http://dtek.com/library/file/annual-report-2013-ru.pdf).
6. Інформаційний бюлетень НКРЕ.- Київ, 2011-2013.- №№ 1-12.
7. Державне підприємство “Вугілля України”. Дані ДП “Вугілля України”. - [www.dpvu.com.ua](http://www.dpvu.com.ua).
8. Энергетика. Энергосбережение. Энергоаудит. Информационный журнал учрежден Национальным техническим университетом “Харьковский политехнический институт” . Харьков, 2011-2013.- №№ 1-12.
9. Информационное агентство Бензин Онлайн. Биржевые котировки Мазут.- [www.benzol.ru/graphics/?product\[\]=5](http://www.benzol.ru/graphics/?product[]=5).
10. Стогний О.В. Математична модель оптимальної структури вугільної продукції для ТЕС України/О.В. Стогний, М.М. Макортецький, М.О. Перов//Проблеми загальної енергетики: Науковий збірник/Інститут загальної енергетики НАН України.- Київ, 2013.- Вип.4(35).- С.41-46.
11. Энергобизнес: Информационно-аналитический журнал.- Киев, 2011.-№4. - [www.e-b.com.ua/archive](http://www.e-b.com.ua/archive).

Отримано 20.04.2015 р.