

осветительных установок повышает точность полученных результатов при разработке электрических балансов и норм электропотребления на промышленных предприятиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. С п р а в о ч н и к по проектированию электроснабжения / под ред. Ю. Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 576 с.
2. К н о р р и н г, Г. М. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Г. М. Кнорринг, И. М. Фадин, В. Н. Сидоров. – СПб.: Энергоатомиздат, 1992. – 448 с.
3. И н с т р у к ц и я по проектированию силового и осветительного электрооборудования промышленных предприятий: СН357–77. – М.: Стройиздат, 1977. – 96 с.
4. К о з л о в с к а я, В. Б. Электрическое освещение: справ. / В. Б. Козловская, В. Н. Радкевич, В. Н. Сацкевич. – Минск: Техноперспектива, 2007. – 255 с.
5. К н о р р и н г, Г. М. Осветительные установки / Г. М. Кнорринг. – Л.: Энергоиздат, 1981. – 288 с.
6. Ф е д о р о в, А. А. Основы электроснабжения промышленных предприятий / А. А. Федоров. – М.: Энергия, 1972. – 416 с.

Представлена кафедрой
электроснабжения

Поступила 22.02.2008

УДК 621.311:658.86

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ФАКТОРНОЙ ДЕКОМПОЗИЦИИ К ЗАДАЧАМ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДОЛГОСРОЧНОГО СПРОСА НА ЭНЕРГИЮ В АРМЕНИИ

Кандидаты техн. наук ГНУНИ Т. С., САРКИСЯН В. О., КОЛЯН Г. Л.

ЗАО «Научно-исследовательский институт энергетики», Республика Армения

Выбор перспективной схемы развития энергетических систем сопряжен с прогнозированием долгосрочного спроса на энергетические ресурсы. Данная проблема выходит за рамки чисто энергетической и во многом определяется факторами экономического характера.

Настоящая статья посвящена вопросам оценки величины долгосрочного спроса на энергоресурсы, основанной на развитии методических подходов, используемых в теории стратегического управления [1, 2] и теории подобия [3, 4].

При прогнозировании долгосрочного спроса на энергию, особенно в развивающихся странах и странах с переходной экономикой, следует учитывать следующие основные факторы:

- экономическое развитие приведет к росту спроса на энергию;
- по мере экономического развития будет иметь место изменение структуры внутреннего валового продукта (ВВП);

- повышение энергоэффективности используемых технологий обеспечит сдерживание темпов роста спроса на энергию.

Для оценки величины долгосрочного спроса на энергоресурсы в Армении воспользуемся основными принципами широко используемого в мировой практике метода декомпозиции [5]. Суть данного метода заключается в факторной декомпозиции эффектов от различных изменяющихся во времени влияющих факторов, в результате чего становится возможным анализ спроса на энергию по различным секторам экономики в соответствии со следующей формулой:

$$E = A \sum_j S_j \varepsilon_j, \quad (1)$$

где E – суммарное потребление энергоресурса, выраженное в энергетических единицах, например, в т. н. э.; A – суммарный объем произведенной продукции, выраженный, например, в объеме ВВП; S_j – структура экономики, выраженная, например, в виде долевого участия в ВВП произведенного по каждому сектору j валового продукта (ВП); ε_j – энергоемкость по каждому сектору j , выраженная, например, в энергопотреблении на производство единицы ВП; j – индекс сектора.

В такой постановке задача сводится к выявлению степени влияния на перспективный энергетический спрос трех основных компонент:

- объемов производства продукции (выход технологий);
- структуры (состав продукции по секторам);
- энергоемкости (затраченной на производство единицы продукции энергии).

Анализ тенденций изменения макроэкономических показателей стран мира [6, 7] позволяет прийти к заключению о том, что по мере роста ВВП по паритету покупательной способности (ППС) в Армении будут наблюдаться эволюционные изменения в структуре ВВП (ППС).

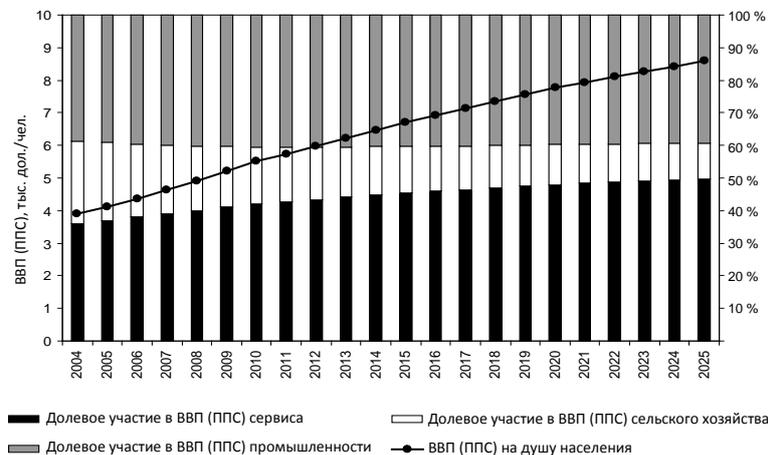


Рис. 1. Прогнозируемые изменения макроэкономических показателей Армении до 2025 г.

При прогнозируемых темпах развития экономики Армении к 2025 г. ожидается увеличение объема производства продукции, выраженного в ВВП (ППС) на душу населения, в 2,21 раза, ВП (ППС) сервиса на душу населения – в 3,06 раза, а промышленности – в 2,24 раза. Вместе с тем долевые составляющие ВП (ППС) сервиса и промышленности в ВВП (ППС)

увеличатся соответственно в 1,38 и 1,02 раза, а сельского хозяйства – уменьшатся в 2,3 раза.

По данным Международного энергетического агентства [8] и Национальной статистической службы Армении [9], конечное энергопотребление Республики Армения в 2004 г. характеризовалось структурой, приведенной в табл. 1.

Таблица 1

Структура конечного энергопотребления Республики Армения за 2004 г., кг н. э.

Сектор экономики	Уголь (дрова)	Сырая нефть	Нефте-продукты	Природный газ	Электро-энергия	Тепловая энергия	Всего
Население	1,4	0	0,5	259,1	141,4	11	413,4
Промышленность	0	0	0	397,5	79,1	13	489,7
Транспорт	0	0	247,1	52,5	10,3	0	309,9
Коммерческий и сфера услуг	0	0	3,7	28,6	28,1	0	60,4
Сельское хозяйство	0	0	121,1	0	27,5	0	148,6
Не определено	0	0	0	0	57,6	0	57,6
Не энергетическое	0	0	0	7,4	0	0	7,4
Всего	1,4	0	372,5	745,1	344,0	24	1487,0

По данным об уровне ВВП Армении в 2004 г., составлявшем 2,88 млрд дол., а также с учетом приведенной на рис. 1 структуры ВВП и данных табл. 1, могут быть рассчитаны показатели энергоемкостей секторов экономики. Так, в 2004 г. показатели энергоемкостей по секторам экономики Армении имели следующие значения:

- сервис и транспорт – 361,2 кг н. э./тыс. дол.;
- промышленность – 436,0 кг н. э./тыс. дол.;
- сельское хозяйство – 203,2 кг н. э./тыс. дол.

Очевидно, что прогнозируемые изменения в структуре ВВП при сохранении названных выше значений энергоемкостей приведут к изменению спроса на энергетические ресурсы (табл. 2).

Таблица 2

Прогнозируемое изменение спроса на энергетические ресурсы, обусловленное изменением структуры потребления

Показатель	2004 г.	2005 г.	2010 г.	2011 г.	2015 г.	2016 г.	2020 г.	2021 г.	2025 г.
Прогнозируемые темпы роста ВВП к предыдущему году			0,06	0,04		0,03		0,02	
ВВП, млрд дол.	2,88	3,05	4,09	4,25	4,97	5,12	5,76	5,88	6,36
Долевое участие в ВВП, %	Сервис	36,0	37,0	42,0	42,7	45,4	46,0	48,0	49,7
	Сельское хозяйство	25,3	23,8	17,6	16,8	14,3	13,9	12,2	11,0
	Промышленность	38,7	39,2	40,4	40,4	40,3	40,2	39,8	39,7
Спрос на энергию, кг н. э.	Сервис	373,1	406,6	618,5	653,7	813,4	847,3	996,2	1023,4
	Сельское хозяйство	149,5	149,1	146,9	146,6	145,5	145,3	144,4	144,3
	Промышленность	484,5	520,4	719,4	748,8	873,1	897,7	999,9	1017,7
Спрос на энергию всего, кг н. э.	1007	1076	1485	1549	1832	1890	2141	2185	2373

По данным табл. 2 можно рассчитать величину энергоемкости ВВП, динамика изменения которой представлена на рис. 2.

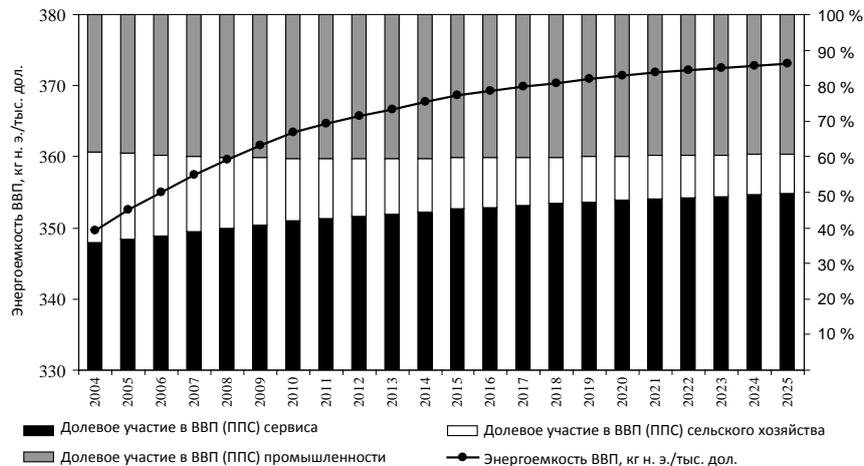


Рис. 2. Динамика изменения энергоемкости ВВП, обусловленная изменением структуры ВВП

Как видно из рис. 2, при соблюдении принятых условий энергоемкость ВВП будет иметь тенденцию к увеличению. Причем в течение первого десятилетия рост энергоемкости ВВП, обусловленный структурными изменениями, будет характеризоваться высокими темпами. Такая тенденция обусловлена тем, что изменение структуры ВВП будет сопровождаться уменьшением долевого участия в нем сельского хозяйства с наиболее низким, по данным 2004 г., значением показателя энергоемкости.

Следующий этап прогнозирования связан с анализом влияния на энергетический спрос показателей энергоемкости ВП по секторам экономики.

На рис. 3 приведены диаграммы зависимостей энергоемкостей ВП по промышленности, сельскому хозяйству и сервису, включая транспорт, от ВВП (ППС) на душу населения в различных странах мира, а также (сплошными линиями) тренды их изменения.

Из приведенных на рис. 3 диаграмм видно, что для развитых стран с высоким уровнем ВВП (ППС) на душу населения характерны низкие значения показателей энергоемкости секторов экономики. Интересные поведенческие свойства проявляет тренд энергоемкости ВП сельского хозяйства. По мере роста макроэкономических показателей уровень энергоемкости сначала увеличивается и затем уменьшается. Такие поведенческие свойства объясняются изменениями в уровне механизации сельского хозяйства.

На текущем этапе развития экономики Армении показатели энергоемкости ВП по сельскому хозяйству и сервису, обозначенные на рис. 3 затемненными окружностями, находятся достаточно близко к мировым трендам. Относительно низкие значения этих показателей свидетельствуют о низком уровне механизации технологических процессов в данных секторах. Этими же причинами, а также продолжающимися в этом секторе посткризисными явлениями, обусловлено существенно более низкое по сравнению с мировым трендом значение энергоемкости ВП по промышленности.

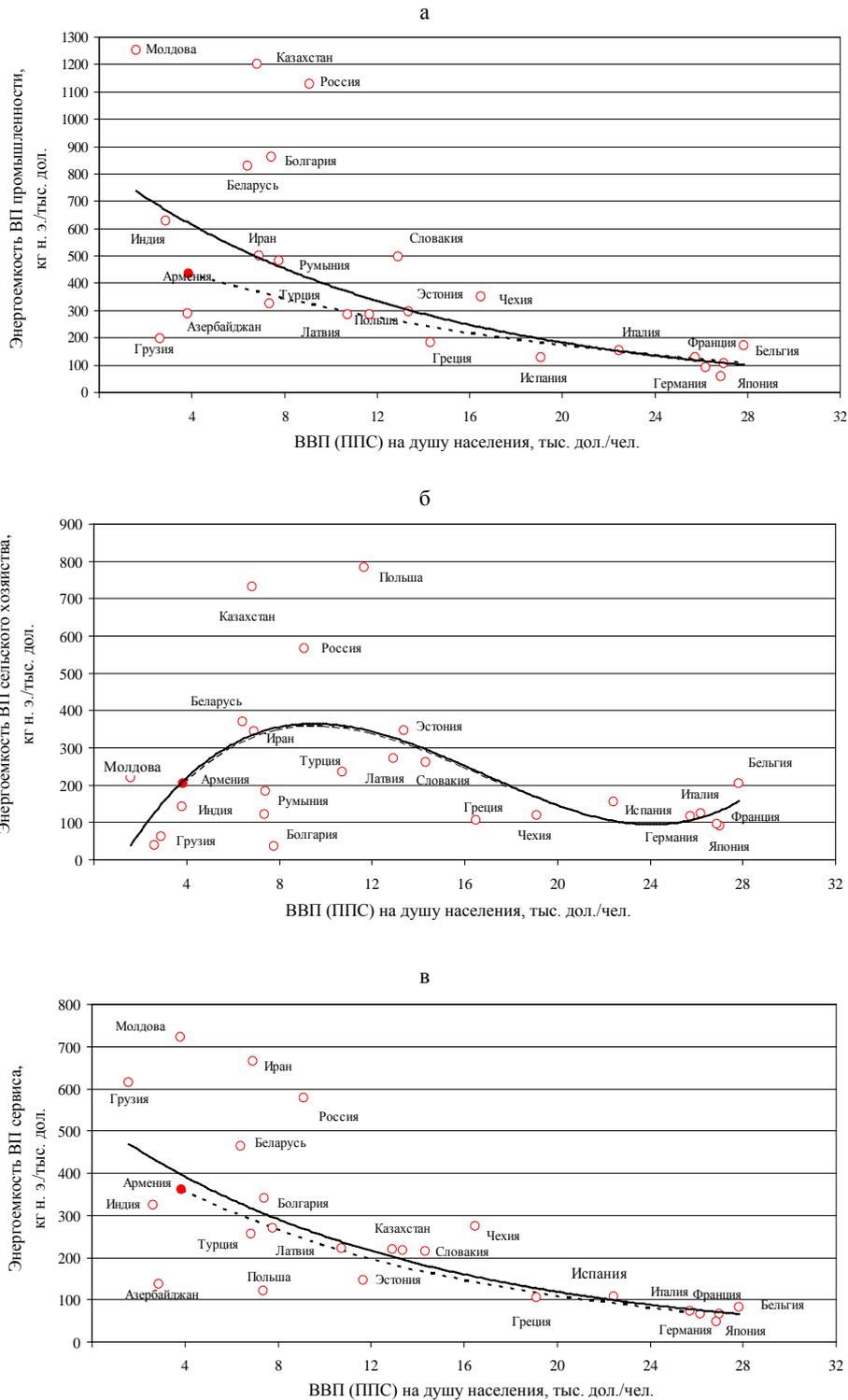


Рис. 3. Зависимость энергоёмкости ВП от ВВП (ППС) на душу населения в 2004 г. по: а – промышленности; б – сельскому хозяйству; в – сервису и транспорту

Тенденции эволюционного приближения показателей энергоёмкости рассматриваемых секторов экономики Армении к трендам приведены на

рис. 3 пунктирными линиями, которые в соответствии с известными методологическими подходами теории подобия и моделирования [3, 4] могут быть описаны следующими выражениями:

$$\varepsilon_{\text{пром}} = 543,3e^{-0,057\text{ВВП (ППС)}}; \quad (2)$$

$$\varepsilon_{\text{с/х}} = 0,175 \text{ ВВП (ППС)}^3 - 8,79 \text{ ВВП (ППС)}^2 + 119,9 \text{ ВВП (ППС)} - 138,7; \quad (3)$$

$$\varepsilon_{\text{серв}} = 480,6e^{-0,074\text{ВВП (ППС)}}; \quad (4)$$

где ε_j – энергоемкость ВП j -й отрасли.

При неизменной, по данным за 2004 г., структуре ВВП, но изменяющихся по мере роста ВВП (ППС) на душу населения показателях энергоемкости по секторам экономики, определенных в соответствии с выражениями (2)–(4), произойдет изменение спроса на энергетические ресурсы, как это показано в табл. 3.

Таблица 3

Прогнозируемое изменение спроса на энергетические ресурсы, обусловленное изменением показателей энергоемкости по секторам экономики

Показатель	2004 г.	2005 г.	2010 г.	2011 г.	2015 г.	2016 г.	2020 г.	2021 г.	2025 г.	
Прогнозируемые темпы роста ВВП к предыдущему году, %		6		4		3		2		
ВВП, млрд дол.	2,88	3,05	4,09	4,25	4,97	5,12	5,76	5,88	6,36	
Энергоемкость ВП, кг н. э. / тыс. дол.	Сервис	361,2	355,0	320,5	315,3	293,6	289,2	271,4	268,3	255,7
	Сельское хозяйство	203,2	216,7	283,0	291,3	321,7	326,7	343,6	345,9	353,1
	Промышленность	436,0	430,3	397,6	392,7	371,6	367,4	349,8	346,8	334,2
Спрос на энергию, кг н. э.	Сервис	373,1	388,8	469,6	480,5	523,3	531,1	560,9	565,6	583,5
	Сельское хозяйство	149,5	169,0	295,4	316,2	408,5	427,3	505,8	519,3	573,8
	Промышленность	484,5	506,9	626,8	643,8	712,8	725,9	777,8	786,4	820,3
Спрос на энергию, всего, кг н. э.	1007	1065	1392	1441	1645	1684	1845	1871	1978	

Анализ данных табл. 3 позволяет заключить, что снижение энергоемкостей сервиса и промышленности, несмотря на значительное увеличение энергоемкости сельского хозяйства, приведет к ограничению роста спроса на энергетические ресурсы. В качестве иллюстрации на рис. 4 приведена диаграмма динамики изменения величины энергоемкости ВВП, обусловленная изменением энергоемкостей ВП секторов экономики.

Сравнительный анализ приведенных на рис. 2 и 4 диаграмм позволяет заключить, что основной потенциал сдерживания перспективного роста спроса на энергоресурсы в условиях Армении сосредоточен в снижении показателей энергоемкости ВП сервиса и промышленности.

Рассмотрим результирующее влияние на перспективный спрос измененный обеих компонент – структуры и показателей энергоемкости ВП по сек-

торам экономики. В табл. 4 приведены данные об изменении прогнозируемого спроса на энергоресурсы, обусловленного эволюционными изменениями структуры потребления (табл. 2), и показателей энергоёмкости ВП по секторам экономики (табл. 3).

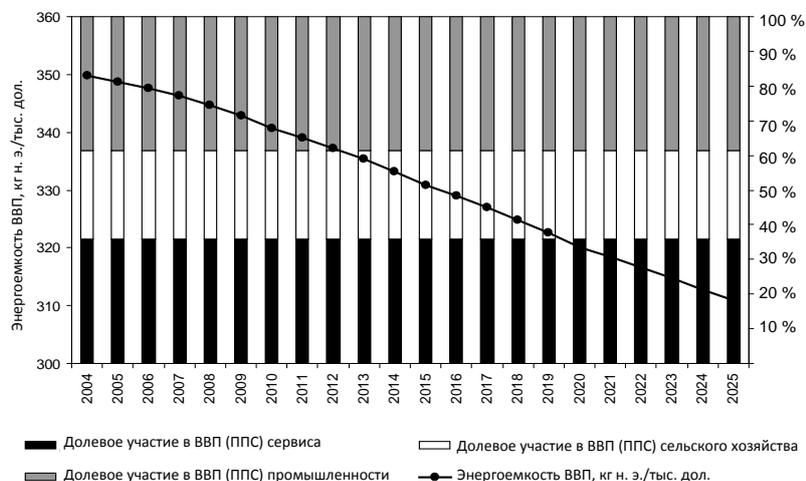


Рис. 4. Динамика изменения энергоёмкости ВВП, обусловленная изменением показателей энергоёмкости ВП по секторам экономики

Таблица 4

Прогнозируемое изменение спроса на энергетические ресурсы, обусловленное изменением структуры ВВП и показателей энергоёмкости по секторам экономики

Показатель		2004 г.	2005 г.	2010 г.	2011 г.	2015 г.	2016 г.	2020 г.	2021 г.	2025 г.
ВВП, млрд дол.		2,88	3,05	4,09	4,25	4,97	5,12	5,76	5,88	6,36
Долевое участие в ВВП, %	Сервис	36,0	37,0	42,0	42,7	45,4	46,0	48,0	48,3	49,7
	Сельское хозяйство	25,3	23,8	17,6	16,8	14,3	13,9	12,2	12,0	11,0
	Промышленность	38,7	39,2	40,4	40,4	40,3	40,2	39,8	39,7	39,3
Энергоёмкость ВП, кг н. э. / тыс. дол.	Сервис	361,2	355,0	320,5	315,3	293,6	289,2	271,4	268,3	255,7
	Сельское хозяйство	203,2	216,7	283,0	291,3	321,7	326,7	343,6	345,9	353,1
	Промышленность	436,0	430,3	397,6	392,7	371,6	367,4	349,8	346,8	334,2
Спрос на энергию, кг н. э.	Сервис	373,1	399,7	548,8	570,7	661,1	678,5	748,5	760,2	806,5
	Сельское хозяйство	149,5	159,0	204,6	210,2	230,3	233,5	244,2	245,6	249,7
	Промышленность	484,5	513,5	656,1	674,5	744,2	756,5	802,3	809,4	835,6
Спрос на энергию, всего, кг н. э.		1007	1072	1410	1455	1636	1669	1795	1815	1892

Сравнительный анализ приведенных в табл. 3 и 4 данных показывает, что после достижения показателей энергоёмкости по секторам экономики определенных уровней структурные изменения начинают оказывать поло-

жительное влияние на сдерживание перспективного роста спроса на энергетические ресурсы. На рис. 5 представлены диаграммы изменения энергоёмкости ВВП, обусловленного изменением всех влияющих на перспективный спрос факторов.



Рис. 5. Динамика изменения энергоёмкости ВВП, обусловленная эволюционными изменениями влияющих компонент

Из приведенных на рис. 4 диаграмм видно, что в течение первых десяти лет рассматриваемого периода основной потенциал сдерживания роста перспективного спроса на энергетические ресурсы сосредоточен в снижении показателей энергоёмкости ВП по секторам экономики. Структурные изменения в этот же период будут оказывать определенное негативное воздействие на сдерживание роста перспективного спроса. В последующий период наблюдается замедление темпов снижения энергоёмкости ВП по секторам экономики и, как следствие, энергоёмкости ВВП в целом. Однако ожидаемые к этому времени изменения в структуре ВВП, связанные с существенным увеличением долевого участия сервиса при одновременном достижении им низких показателей энергоёмкости, начнут оказывать положительное влияние на сдерживание роста перспективного спроса на энергетические ресурсы.

ВЫВОДЫ

1. Экономическое развитие Армении приведет к росту спроса на энергию во всех отраслях экономики.

2. Ожидаемые изменения структуры ВВП и показателей энергоёмкости ВП по секторам экономики будут оказывать различное влияние на сдерживание темпов роста спроса на энергоресурсы в Армении. Так, если снижение энергоёмкости ВП по секторам экономики будет оказывать положительное влияние на сдерживание роста спроса в течение всего рассматриваемого периода, то эволюционные изменения в структуре потребления в течение первого десятилетия будут оказывать негативное влияние на сдерживание роста энергопотребления. В последующий период структурные

изменения ВВП также начнут оказывать положительное воздействие на сдерживание роста спроса на энергоресурсы.

3. Основным направлением стратегии по сдерживанию перспективного роста спроса на энергоресурсы в Армении является реализация мероприятий по снижению показателей энергоемкости ВП сервиса и промышленности. В качестве стратегической цели энергетической политики Армении следует рассматривать снижение к концу ближайшего десятилетия текущих показателей энергоемкости ВП: по сервису – в 1,19 и по промышленности – в 1,14 раза, а к 2025 г. – соответственно в 1,41 и 1,3 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Забелин, П. В. Основы стратегического управления: учеб. пособие / П. В. Забелин, Н. К. Моисеева. – М.: Информационно-внедренческий центр «Маркетинг», 1998. – 195 с.
2. Kathryn M. Bartol, David C. Martin. Management / Kathryn M. Bartol, David C. Martin. – New York: International Edition, 1994. – 684 p.
3. Веников, В. А. Теория подобия и моделирования применительно к задачам электроэнергетики: учеб. пособие для вузов / В. А. Веников. – М.: Высш. шк., 1984. – 439 с.
4. Кремер, Н. Ш. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. для вузов / Н. Ш. Кремер. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 543 с.
5. Energy Indicators for Sustainable Development: Guidelines and Methodologies. International Atomic Energy Agency, United Nations Department for Economic and Social Affairs, International Energy Agency, Eurostat, European Environment Agency. – Austria: IAEA STI/PUB/1222, April 2005. – 161 p.
6. Гнуни, Т. С. К вопросу прогнозирования долгосрочного спроса на энергию в Армении / Т. С. Гнуни, В. О. Саркисян, Г. Л. Колян // Вестник инженерной академии. – 2007. – № 5. – С. 535–538.
7. <http://devdata.worldbank.org/external/CPProfile>
8. Key World Energy Statistics, 2007 Edition. – Paris: International Energy Agency, 2006. – 82 p.
9. Статистический ежегодник Армении, 2006 / Национальная статистическая служба Армении. http://www.armstat.am/Arm/StatData/Taregirq_06/indexrus.html

Представлена
Ученым советом № 06

Поступила 22.02.2008