

И. Башмаков

Опыт оценки параметров ценовой эластичности спроса на энергию¹

Эффективность ценовой политики на энергоносители привлекает все больше внимания в России: падение скорректированных на инфляцию цен на электроэнергию явилось одним из факторов ускорения роста ее потребления, а запланированный рост цен на газ нацелен на ограничение роста его потребления. Для оценки эффектов ценовой политики необходима оценка ценовой эластичности спроса. В данной работе рассмотрены основные концепции оценки параметров ценовых эластичностей спроса и проведен анализ богатого зарубежного и пока еще очень ограниченного российского опыта по оценке параметров ценовых эластичностей функций спроса на энергию. Практическая реализуемость этих подходов зависит от наличия или возможности сбора надежной статистики для формирования достаточно длинных статистических выборок.

1. Функции спроса на энергию и теоретические основы оценки параметров эластичности спроса на электроэнергию по цене

1.1. Традиционные функции спроса на энергию

При повышении цен на энергию ее потребитель для максимизации прибыли (функции полезности), или минимизации затрат при жестких бюджетных ограничениях старается снизить приобретение подорожавшего ресурса. В краткосрочном плане он может заменить один ресурс другим или снизить интенсивность использования имеющегося энергопотребляющего оборудования, а в более долгосрочном плане – заменить часть парка оборудования на более эффективное.

В функциях спроса на энергию и электроэнергию часто используется коэффициент эластичности спроса по цене. Это безразмерный коэффициент, который показывает, на сколько процентов изменится спрос на энергию под воздействием изменения ее цены на 1%. За многие годы накоплен значительный опыт оценки функций спроса на энергию. Обобщая его, еще в 1981 г. Дж. Коурис² пришел к выводам, которые не утратили своей справедливости и поныне:

- ⇒ Оценка коэффициентов эластичности критическим образом зависит от наличия данных, спецификации модели и структуры экономики в каждый момент времени;
- ⇒ Понятие «истинной эластичности» – это, скорее, иллюзия, чем реальность;
- ⇒ Коэффициенты эластичности меняются во времени под воздействием причинно-следственных связей;
- ⇒ Прогнозы спроса на энергию должны базироваться не на статистически оцененных, а на прогнозных эластичностях.

Х. Велш также приходит к выводам, что не существует единой модели спроса на энергию для каждой страны, и нельзя использовать одинаковую модель для разных стран³.

¹ Данная работа написана по материалам отчета подготовленного для РАО «ЕЭС России».

² Kouris G. Elasticities – science or fiction? *Energy Economics*. April 1981. pp. 66-70.

³ Welsch H. The reliability of aggregate energy demand functions. *Energy Economics*. October 1989. pp. 285-292.

Классические функции спроса на энергию можно записать следующим образом:

$$E_{it} = f \{ E_{it-1}; (p_{et} / p_{it}); (p_{et-1} / p_{it-1}); Y_{it}; U_{it}; S_t; ATP_{it}; W_t \} \quad (3.1)$$

$$E_{it} = f \{ E_{it-1}; (sh_{et}); (sh_{et-1}); Y_{it}; U_{it}; S_t; ATP_{it}; W_t \} \quad (3.2)$$

где: E_{it} и E_{it-1} – потребление энергии в i -ом секторе в моменты времени t и $t-1$;
 p_{et} и p_{et-1} – средняя цена на энергоносители в i -ом секторе в моменты времени t и $t-1$;
 p_{it} и p_{it-1} – средняя цена продукции или услуги в i -ом секторе в моменты времени t и $t-1$;
 sh_{et} – доля расходов на энергию в валовом доходе в момент времени t ;
 Y_{it} – уровень экономической активности в i -ом секторе в момент времени t ;
 U_{it} – уровень загрузки производственных мощностей в i -ом секторе в момент времени t ;
 ATP_{it} – показатель автономного технического прогресса;
 S_t – индекс обеспеченности оборудованием в момент времени t ;
 W_t – показатель погодных условий (число градусо-суток отопительного или «охладительного» (для кондиционеров) периода в момент времени t .

В моделях анализа общего равновесия (см. ниже) список факторов, определяющих спрос на энергию, существенно шире. Он включает эффекты от изменения спроса и цен на все основные факторы производства: труд, капитал и материалы.

Набор переменных и форма функциональных зависимостей могут быть очень разными. Коэффициенты функций могут определяться методами математической статистики или аналитическим методом аналогов. Наиболее часто используются логарифмические функции, что существенно упрощает оценку их параметров. Для оценки коэффициентов ценовой эластичности также широко используется транслогарифмическая аппроксимация функции производственных издержек. Главными факторами функции спроса являются: уровень экономической активности (его характеризуют разные показатели для разных секторов энергопотребления), относительная цена на энергию (или доля энергетических издержек в структуре стоимости продукции) и так называемый показатель автономного технического прогресса, отражающий изменение (как правило, снижение) удельных расходов энергии новым оборудованием по сравнению со средним значением для существующего парка применяемого оборудования.

Обычно в качестве простейшей функциональной формы связи в уравнении (3.2) используется мультипликативная функция типа Кобба-Дугласа с распределенным запаздыванием Койка⁴:

$$E_{it} = A * E_{it-1}^\alpha * (p_{et} / p_{it})^\beta * Y_{it}^\gamma \quad (3.3).$$

Логлинейная функция спроса существенно облегчает статистическую оценку параметров эластичности. В этом случае они определяются следующим образом:

краткосрочная эластичность спроса на энергию по доходу равна γ ;

долгосрочная эластичность спроса на энергию по доходу равна $\gamma / (1 - \alpha)$;

краткосрочная эластичность спроса на энергию по цене равна β ;

долгосрочная эластичность спроса на энергию по цене равна $\beta / (1 - \alpha)$.

Дж. Коурис рассматривал несколько модификаций модели спроса, но только с двумя параметрами: ВВП и цена на энергию. Использование модели с распределенным запаздыванием Койка позволило ему наряду с краткосрочными оценить и долгосрочные эластичности по цене и доходу.

1.2. Анализ опыта оценки коэффициентов эластичности

⁴ Common M.S. Implied elasticities in some UK energy projections. *Energy Economics*. July 1981. pp. 153-158; Naas R., L. Shipper. Residential energy demand in OECD countries and the role of irreversible efficiency improvements. *Energy Economics*. (20) 1998. pp. 421-442.

традиционных функций спроса на энергию по цене для зарубежных стран

В зарубежной специальной литературе опубликованы сотни статей, посвященных оценке параметров ценовой эластичности спроса на энергию. Анализ этих оценок для всей экономики показал, что (см. табл. 1.1):

- ⇒ Средняя краткосрочная эластичность спроса по цене составила $-0,3$, а средняя долгосрочная эластичность $-0,5$;
- ⇒ Коэффициенты эластичности меняются во времени: параметры ценовой эластичности существенно выросли после повышения цен на энергоносители в 70-х и начале 80-х годов и, напротив, снизились после снижения реальных цен на энергоносители в 90-х годах.

Р. Хаас и Л. Шиппер показали, что для многих стран в период роста цен ценовые эластичности выше, чем в период стабильных цен. Начальная поведенческая реакция на рост цен может затем быть компенсирована в период снижения цен, и часть энергосберегающего эффекта может быть потеряна. Однако авторы пришли к выводу, что обратимая часть энергосберегающего эффекта роста цен довольно мала. Еще один важный вывод: запаздывание эффекта от роста цен больше, чем от роста дохода. Иными словами, потребители энергии быстрее реагируют на рост дохода, чем на изменение цен. В своем анализе Р. Хаас и Л. Шиппер применяют интересный ценовой индекс – максимальная цена энергии за период. Изменчивость цен на энергию на фоне инерционности развития производства энергоэффективного оборудования, принятия и реализации инвестиционных решений и, что более важно, инерционности динамики его парка, вынуждают и производителей, и потребителей при принятии инвестиционных решений ориентироваться не только на цену данного или прошлого периода, но и на некоторые средние или максимальные цены за прошедший период, которые могут выполнять функцию ценовых ожиданий. Поэтому они конструируют переменную скользящего максимума цены. Для большинства стран эластичность к динамике такого ценового параметра оказалась существенно выше, чем к традиционному индикатору цены.

Таблица 1.1. Анализ оценок параметров эластичности спроса на энергию по доходу и ценам для всей экономики

| Авторы | Страна | Год окончания временной выборки | Эластичность по доходу | | Эластичность по цене | |
|----------------|----------------|---------------------------------|------------------------|---------------|----------------------|---------------|
| | | | кратко-срочная | долго-срочная | кратко-срочная | долго-срочная |
| Kouris | Великобритания | 1973 | 0,700 | | -0,045 | -0,052 |
| | Великобритания | 1979 | 0,660 | 0,640 | -0,240 | -0,240 |
| Common | Великобритания | 1978 | 0,476 | | -0,214 | |
| Beenstock | Великобритания | 1982 | 1,100 | | -0,228 | -0,358 |
| | США | 1984 | 0,025 | 0,091 | -0,140 | -0,515 |
| | Германия | 1984 | 1,858 | 2,174 | -0,303 | -0,459 |
| | Япония | 1984 | 0,807 | 1,229 | -0,424 | -0,859 |
| | Франция | 1984 | 1,650 | 5,553 | -0,301 | -0,249 |
| | Великобритания | 1984 | 0,535 | 0,706 | -0,093 | -0,109 |
| | Италия | 1984 | 0,526 | 2,273 | -0,732 | -0,732 |
| | Голландия | 1984 | 1,332 | 1,690 | -0,609 | -0,758 |
| Welsch | Канада | 1984 | 0,544 | 0,720 | -0,505 | -1,085 |
| Hunt | Великобритания | 1997 | | 0,563 | | -0,233 |
| Среднее | | | 0,851 | 1,564 | -0,320 | -0,471 |

Источники: Kouris G. (1980). Elasticities – science or fiction? *Energy Economics*. April 1981. pp. 66-70; Welsch H. The reliability of aggregate energy demand functions. *Energy Economics*. October 1989. pp. 285-

292; Beenstock M, A. Dalziel. The demand for energy in the UK. A general equilibrium analysis. *Energy Economics*. April 1986. pp. 90-98; Hunt L., G. Judge, Y. Ninomiya. Underlying trends and seasonality in UK energy demand: a sectoral analysis. *Energy Economics*. (25) 2003. pp. 93-118.

Важно учитывать, что оценки для экономики в целом могут скрывать существенные различия в параметрах эластичности в отдельных секторах экономики. Наиболее часто оцениваются параметры эластичности спроса на энергию для промышленности и населения. Довольно мало работ по оценке эластичностей для сферы услуг или сельского хозяйства.

Таблица 1.2. Анализ оценок параметров эластичности спроса на энергию по отдельным секторам экономики

| Автор | Сектор | Страна | Год окончания временной выборки | Эластичность по доходу | | Эластичность по цене | |
|------------------|------------------|-----------------|---------------------------------|------------------------|---------------|----------------------|---------------|
| | | | | кратко-срочная | долго-срочная | кратко-срочная | долго-срочная |
| Hunt L., | Обр. пром. | Велико-британия | 1997 | | 0,72 | | -0,20 |
| | Транспорт | Велико-британия | 1997 | | 0,79 | | -0,13 |
| Beenstock | Промышл. | Велико-британия | 1982 | 0,10 | 0,26 | -0,18 | -0,47 |
| Haas and Shipper | Население | США | 1993 | 0,12 | 0,17 | -0,10 | -0,13 |
| | | Япония | 1993 | 0,53 | 1,02 | -0,11 | -0,19 |
| | | Швеция | 1993 | | | -0,09 | -0,11 |
| | | Германия | 1993 | 0,27 | 0,42 | -0,11 | -0,14 |
| | | Велико-британия | 1993 | 0,33 | 0,40 | -0,22 | -0,13 |
| | | Дания | 1993 | | | | -0,27 |
| | | Норвегия | 1993 | 0,5 | 0,81 | | |
| | | Франция | 1993 | 0,31 | 0,31 | | |
| | | Австрия | 1993 | 0,7 | 1,11 | -0,21 | -0,33 |
| Италия | 1993 | 0,21 | 0,21 | | | | |
| Hunt | Население | Велико-британия | 1997 | | 0,3 | | -0,22 |
| Nesbakken | Население | Норвегия | 1995 | | | | -0,50 |
| Среднее | Население | | | 0,37 | 0,53 | -0,14 | -0,22 |

Источники: Hunt L., G. Judge, Y. Ninomiya. Underlying trends and seasonality in UK energy demand: a sectoral analysis. *Energy Economics*. (25) 2003. pp. 93-118; Beenstock M, A. Dalziel. The demand for energy in the UK. A general equilibrium analysis. *Energy Economics*. April 1986. pp. 90-98; Haas R., L. Shipper. Residential energy demand in OECD countries and the role of irreversible efficiency improvements. *Energy Economics*. (20) 1998. pp. 421-442; Nesbakken R., Price sensitivity of residential energy consumption in Norway. *Energy Economics*. (21) 1999. pp. 493-515.

Для населения среднее значение краткосрочной эластичности спроса на энергию по цене равно $-0,14$, а долгосрочной - $-0,22$ (см табл. 1.2). В работе К. Врингера и др.⁵ определено отсутствие связи между уровнем энергопотребления населением и исповедуемыми домохозяйствами ценностями. Например, озабоченность проблемой изменения климата мало влияет на реальный размер энергопотребления. Поэтому политика побуждения населения к энергосбережению, основанная преимущественно на ценностных апелляциях, например, к экологической ответственности, в целом, малоэффективна. Напротив, при низкой эластичности по ценам стандарты по энергоэффективности являются эффективным средством энергетической политики.

В этой же работе показано, что при выделении в группах населения с низкими (30% населения) и высокими доходами (30% населения) подгрупп с низкими и высокими уровнями

⁵ Vringer K., T. Aalbers and K. Block. Household energy requirement and value pattern. *Energy Policy*. 35 (2007), pp. 553-566.

потребления энергии разрыв в потреблении составляет 1,5-2 раза, а вот доли расходов на энергию в семейном доходе у этих подгрупп практически не различаются. Потребители, имеющие доступ к более дешевым ресурсам, расходуют их менее эффективно. Или, потребители, использующие более качественные и, следовательно, более дорогие энергоресурсы, расходуют их более эффективно. Другой вывод: уровень потребления определяется преимущественно средними ценами на энергоносители при довольно жестком ограничении на долю энергетических издержек в бюджете семьи. Доли энергетических издержек у групп с низкими и высокими доходами, потребляющими как много, так и мало энергии, оказались примерно одинаковы. Если на основе представленных авторами данных оценить ценовую эластичность, то получим для малоимущих групп $-0,5$, а для групп с высокими доходами $-0,25$.

Помимо оценки обобщенных функций спроса для всех энергоносителей, есть литература по оценке функций спроса только на электроэнергию. Среднее значение коэффициента эластичности по цене электроэнергии для промышленности равно $-0,4$ - $-0,46$. Однако по отраслям промышленности в зависимости от ряда факторов эти коэффициенты существенно различаются (см. табл. 1.3).

Таблица 1.3. Анализ оценок параметров эластичности спроса на электроэнергию в промышленности

| Авторы | Отрасли промышленности | Страна | Год окончания временной выборки | Эластичность по доходу | | Эластичность по цене | |
|---|---------------------------|----------|---------------------------------|------------------------|--------------|----------------------|--------------|
| | | | | краткосрочная | долгосрочная | краткосрочная | долгосрочная |
| Kamerschen | промышленность | США | 1998 | | | -0,55 | |
| Longva | промышленность | Норвегия | 1988 | | | -0,40 | |
| Beenstock | промышленность | Израиль | 1995 | | | -0,20 | |
| Bjorner | промышленность | Дания | 1996 | 0,60 | | -0,48 | |
| | стройматериалов | Дания | 1996 | 0,29 | | -0,21 | -0,43 |
| | пищевая | Дания | 1996 | 0,55 | | -0,44 | -0,58 |
| | легкая | Дания | 1996 | 0,46 | | -0,36 | -0,50 |
| | деревообработ. | Дания | 1996 | 0,63 | | -0,20 | -0,36 |
| | бумага и печать | Дания | 1996 | 0,54 | | -0,45 | -0,61 |
| | химическая | Дания | 1996 | 0,65 | | -0,58 | -0,67 |
| | резина и пластики | Дания | 1996 | 0,68 | | -0,52 | -0,55 |
| | добывающая | Дания | 1996 | 0,60 | | -0,34 | -0,56 |
| | металлургия | Дания | 1996 | 0,63 | | -0,53 | -0,58 |
| | машиностроение | Дания | 1996 | 0,63 | | -0,51 | -0,58 |
| | электро и инструменты | Дания | 1996 | 0,60 | | -0,54 | -0,61 |
| | транспортное оборудование | Дания | 1996 | 0,57 | | -0,54 | -0,59 |
| мебель и др. | Дания | 1996 | 0,64 | | -0,61 | -0,70 | |
| Longva | добывающая | Норвегия | 1988 | | | -0,70 | |
| Longva | энергоёмкие отрасли | Норвегия | 1988 | | | -0,60 | |
| По доле электроэнергии в издержках | | | | | | | |
| Bjorner | очень низкая | Дания | 1996 | | | -0,32 | |
| | низкая | Дания | 1996 | | | -0,45 | |
| | высокая | Дания | 1996 | | | -0,55 | |
| | очень высокая | Дания | 1996 | | | -0,58 | |
| Средняя | | | | 0,58 | | -0,46 | -0,56 |

Источники: Kamerschen D., D. Porter. The demand for residential, industrial and total electricity, 1973-1978. *Energy Economics*. (26) 2004. pp. 87-100; Longva S., O. Olsen and S. Strom. Total elasticities of

energy demand analyses within a general equilibrium model. October 1988. pp. 298-308; Beenstock M, E. Goldin, and D. Nabot. The demand for electricity in Israel. *Energy Economics*. (21) 1999. pp. 168-183; Bjorner T. B., M. Togeby, H.H. Jensen. Industrial companies' demand for electricity: evidence from a micropanel. *Energy Economics*. (23) 2001. pp. 595-617.

В работе Т. Бьёрнера и др. параметры эластичности спроса на электроэнергию по цене оценены на основе данных о почти 3000 промышленных предприятиях Дании с численностью занятых более 20 человек за 5 временных периодов с 1983 г. до 1996 г. В условиях реформы электроэнергетики, когда цены на электроэнергию меняются каждый день, значение средней цены на электроэнергию получается в результате деления расходов на покупку электроэнергии на объем ее потребления. Оценки проведены для условий, когда цена на электроэнергию снижалась. Авторы пришли к следующим выводам:

- ⇒ Среднее значение коэффициента эластичности по доходу составило 0,6, а по цене – -0,48;
- ⇒ Размер компании, измеренный, например, по показателю добавленной стоимости, не влияет на значение коэффициентов эластичности;
- ⇒ Напротив, доля расходов на энергоносители в совокупном доходе является очень существенным фактором, определяющим значения параметров эластичности: для предприятий с очень низкой долей энергетических издержек эластичность равна - 0,317, а для предприятий с очень высокой долей – -0,584⁶.

Существует не так много исследований параметров ценовой эластичности спроса на электроэнергию в сфере услуг. Существенно больше исследований параметров ценовой эластичности спроса на электроэнергию для населения. В среднем, краткосрочная эластичность спроса населения на электроэнергию по цене равна -0,18, а долгосрочная – -0,64 (см. табл. 1.4).

Таблица 1.4. Анализ оценок параметров эластичности спроса на электроэнергию в сфере услуг и у населения

| Авторы | Группы потребителей | Страна | Год окончания временной выборки | Эластичность по доходу | | Эластичность по цене | |
|----------------|---------------------|------------------|---------------------------------|------------------------|--------------|----------------------|--------------|
| | | | | краткосрочная | долгосрочная | краткосрочная | долгосрочная |
| Longva S. | Сфера услуг | Норвегия | 1988 | | | | -0,70 |
| Ghalwash | Сфера услуг | Швеция-отопление | 2002 | | 0,46 | | -0,14 |
| Средняя | | | | | 0,46 | | -0,42 |
| Beenstock | Население | Израиль | 1995 | | | -0,20 | -0,53 |
| Kahn | Население | США | 1982 | | | -0,16 | -0,52 |
| Berknot | Население | Голландия | 1996 | | 0,61 | | -0,55 |
| Bernard | Население | Канада | 1983 | | | | -0,55 |
| Longva | Население | Норвегия | 1988 | | | | -0,54 |
| Kamerschen | Население | США | 1998 | | | | -0,85 |
| Kamerschen | Население | США | 1998 | | | | -0,94 |
| Средняя | | | | | 0,61 | -0,18 | -0,64 |

Источники: Bernard J-T., M. Lemieux, S. Triverge. Residential energy demand. *Energy Economics*. July 1987. pp. 139-144; Longva S., O. Olsen and S. Strom. Total elasticities of energy demand analyses within a general equilibrium model. October 1988. pp. 298-308; Berknot P.H.G., A. Ferrer-i-Carbonell, J.C. Muskens. The ex post impact of energy tax on household energy demand. *Energy Economics*. (26) 2004. pp. 297-317; Kamerschen D., D. Porter. The demand for residential, industrial and total electricity, 1973-1978. *Energy Economics*. (26) 2004. pp. 87-100; Ghalwash T. Energy taxes as a

⁶ Bjorner T.B., M. Togeby, H.H. Jensen. Industrial companies' demand for electricity: evidence from a micropanel. *Energy Economics*. (23) 2001. pp. 595-617.

signaling device: An empirical analysis of consumer preferences. *Energy Policy*. 35 (2007). pp. 29-38;
Kahn E., J. Sathaye and D. Robins. An engineering-economic approach to estimate the price elasticity of residential electricity demand. *Energy Economics*. April 1986. pp. 118-126.

В качестве одного из подходов к прогнозу коэффициентов эластичности Е. Кан и др. предложили использовать модель, включающую динамику обеспеченности электробытовыми приборами (ЭБП), использование которых зависит и не зависит от погоды (электрообогреватели, кондиционеры и др.). Они получили краткосрочную эластичность по цене на электроэнергию для населения в диапазоне от -0,06 до -0,16, а долгосрочную – от -0,47 до -0,57⁷. Предложенный ими подход дает возможность прогнозировать коэффициенты эластичности в зависимости от роста обеспеченности ЭБП и повышения их эффективности. П. Беркнот и др. получили почти такой же коэффициент эластичности по цене электроэнергии (-0,57) для населения Голландии⁸. Они пришли к выводу, что потребление электроэнергии в быту намного более эластично к цене, чем потребление газа.

Сравнительно новым направлением исследований параметров эластичности стал анализ реакции потребителей на изменение цен на конкурентных рынках электроэнергии. М. Лийесен оценил ее равной -0,03⁹. Т. Йонсен провел анализ факторов спроса на электроэнергию на конкурентном рынке Норвегии и пришел к выводам, что эластичность спроса по цене варьирует в диапазоне от -0,1 до -0,35 (наиболее значительна с октября по ноябрь и наименее значительна летом); эластичность по продолжительности светового дня варьирует в диапазоне от -0,1 до -0,45 (наиболее значительна в декабре и наименее значительна летом); эластичность по внешней температуре варьирует в диапазоне от 0 до -0,4 (снижается до нуля только летом)¹⁰.

1.3. Оценки параметров ценовой эластичности спроса на энергию на моделях транслогарифмической аппроксимации функций издержек

Рассмотренное выше первое поколение традиционных функций спроса на энергию не позволяет оценить взаимодействие между отдельными факторами производства при изменении цен на один из них. Второе поколение моделей спроса дает такую возможность. При нарушении рыночного равновесия за счет изменения цен на энергию происходит изменение в спросе не только на энергию, но и на другие факторы производства. Напротив, при изменении цен на другие факторы производства (труд, капитал, материалы) может происходить изменение спроса на энергию. Недостаток моделей второго поколения заключается в гипотезе о мгновенном восстановлении равновесия, что не дает возможности оценить краткосрочную и долгосрочную эластичность¹¹. Есть третье поколение моделей спроса, в которых учитываются затраты на восстановление рыночного равновесия¹².

Базой для реализации моделей второго поколения является так называемая производственная функция KLEM, которая записывается следующим образом:

$$Y = f(K_i; L; E; M; N) \quad (3.4).$$

где: Y – валовый выпуск; K – основной капитал; L – основной капитал; E – энергия; M – материалы; N – параметр НТП.

⁷ Kahn E., J. Sathaye and D. Robins. An engineering-economic approach to estimate the price elasticity of residential electricity demand. *Energy Economics*. April 1986. pp. 118-126.

⁸ Berknot P.H.G., A. Ferrer-i-Carbonell, J.C. Muskens. The ex post impact of energy tax on household energy demand. *Energy Economics*. (26) 2004. pp. 297-317.

⁹ Lijesen M., The real-time elasticity of electricity. *Energy Economics*. 2006. In print.

¹⁰ Jonsen T.A. Demand, generation and price in the Norwegian market for electric power. *Energy Economics*. 23 (2001). pp. 227-251.

¹¹ Хотя есть попытки преодолеть это ограничение. См. Urga G. and C. Walters. Dynamic translog and linear logit models: a factor demand analysis of interfuel substitution. *Energy Economics*. (25) 2003. pp. 1-21.

¹² Yi F. Dynamic energy-demand models: a comparison. *Energy Economics*. (22) 2000. pp. 285-297.

Согласно теории двойственности этой производственной функции однозначно соответствует дважды дифференцируемая функция стоимости:

$$C = f(p_k; p_l; p_e; p_m; Y) \quad (3.5).$$

где: p_k, p_l, p_e, p_m – цены соответствующих факторов производства.

Транслогарифмическая аппроксимация является аппроксимацией второго порядка любой дважды дифференцируемой функции:

$$\ln C_i = a_o + \sum a_i * \ln p_i + 0,5 * \sum \sum b_{ij} \ln p_i * \ln p_j + \sum d_{iy} \ln p_i * \ln Y + a_y * \ln Y + 0,5 * b_{yy} * (\ln Y)^2 \quad (3.6)$$

Дифференцируя уравнение (3.6) по цене каждого фактора производства получим:

$$d \ln C / d \ln p_i = dC / dp_i * p_i / C = a_i + \sum b_{ij} \ln p_i + d_{iy} \ln Y \quad (3.7)$$

Согласно лемме Шефарда:

$$\partial C / \partial p_i = X_i \quad (3.8)$$

где: X_i - потребление i -ого фактора производства.

Тогда доля i -ого фактора производстве в суммарной стоимости продукта равна:

$$S_i = X_i * p_i / C = a_i + \sum b_{ij} \ln p_i + d_{iy} \ln Y \quad (3.9)$$

при следующих ограничениях:

$$\sum a_i = 1; \sum_i b_{ij} = \sum_j b_{ij} = 0; b_{ij} = b_{ji}; \sum_i d_{iy} = 0 \quad (3.10)$$

Коэффициенты частичной эластичности замены Аллена можно записать:

$$\sigma_{ij} = (b_{ij} + S_i * S_j) / S_i * S_j, \quad i \neq j, i, j = K, L, E, M; \quad (3.11)$$

$$\sigma_{ij} = (b_{ii} + S_i^2 - S_i) / S_i^2 * S_j, \quad i = K, L, E, M; \quad (3.12)$$

Тогда собственные ε_{ii} (изменение спроса на фактор i при изменении цены фактора i на 1%) и перекрестные ε_{ij} коэффициенты эластичности замены (изменение спроса на фактор i при изменении цены фактора j на 1%) можно записать¹³:

$$\varepsilon_{ij} = S_i \sigma_{ij}; \text{ и } \varepsilon_{ii} = S_i \sigma_{ii}; \text{ при этом } \sum_j \varepsilon_{ij} = 0 \quad (3.13)$$

Если $\varepsilon_{ij} < 0$, то факторы являются дополняющими (при росте цены на фактор i происходит снижение потребления фактора j), а при $\varepsilon_{ij} > 0$ – замещающими.

В анализе часто используются коэффициенты эластичности замены Моришимы, которые показывают, как изменится соотношение используемых факторов производства при изменении соотношения цен на них на 1%.

$$\partial \ln(x_i / x_j) / \partial \ln(p_i / p_j) \text{ при условии } p_j = \text{constant} \quad (3.14).$$

Имея информацию о динамике цен на факторы производства и об их долях в структуре затрат, можно оценить параметры эластичности спроса на энергию по своим собственным ценам

¹³ Kim, B.C. and W.C. Labys. Application of translog model of energy substitution to developing countries. *Energy Economics*. October 1988. pp. 313-323; Yi, F. Dynamic energy-demand models: a comparison. *Energy Economics*. (22) 2000. pp. 285-297.

(собственную ценовую эластичность) и по ценам прочих факторов производства (перекрестную ценовую эластичность). Последняя показывает, как изменится спрос на энергию при изменении цен на материалы, труд и капитал. Первоначальный импульс изменения цен на энергию сказывается на изменении всех материальных и ценовых пропорций в экономике. Полный эффект проявляется лишь после того, как рынок приходит в новое равновесное состояние. Поэтому этот класс моделей относится к моделям общего равновесия. Для статистической оценки параметров таких моделей часто используются логит регрессии или итеративный трехэтапный метод наименьших квадратов.

Анализ результатов оценки параметров эластичности по нескольким странам (см. табл. 1.5) дает основания для следующих выводов:

- ⇒ при росте цен на энергию на 1% спрос на нее снижается на 0,1-0,6%, а при росте цен на электроэнергию на 1% спрос на нее снижается на 0,15-0,4%;
- ⇒ капитал и энергия, а также капитал и электроэнергия являются слабо замещающими факторами;
- ⇒ труд и энергия, а также труд и электроэнергия являются преимущественно дополняющими факторами.

Таблица 1.5. Анализ оценок параметров прямой и перекрестной эластичности спроса на энергию и электроэнергию

| | | | | | | | | | | | |
|-------------------|--------------------------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|------|
| Kim | Корея | | Ee-e | Ek-e | El-e | Ee-k | Ee-l | | | | |
| | Промышленность | 1980 | -0,47 | 0,19 | 0,56 | 0,48 | -0,01 | | | | |
| | Пищевая | 1980 | -0,63 | 0,09 | -0,09 | 0,78 | -0,15 | | | | |
| | Текстильная | 1980 | -0,21 | 0,10 | -0,12 | 0,60 | -0,39 | | | | |
| | Деревообrab. | 1980 | -0,33 | 0,14 | -0,02 | 0,40 | -0,07 | | | | |
| | Целл.-бумажн. | 1980 | -0,62 | 0,03 | 0,04 | 0,34 | 0,28 | | | | |
| | Химическая | 1980 | -0,38 | 0,15 | -0,11 | 0,47 | -0,09 | | | | |
| | Стройматериалов | 1980 | -0,40 | 0,37 | 0,13 | 0,36 | 0,04 | | | | |
| | Металлургия | 1980 | -0,50 | 0,28 | 0,06 | 0,47 | 0,03 | | | | |
| | Машиностроение | 1980 | -0,56 | 0,05 | 0,00 | 0,60 | -0,04 | | | | |
| | Прочая пром. | 1980 | -0,11 | 0,06 | -0,06 | 0,43 | -0,33 | | | | |
| | С/хозяйство | 1980 | -0,64 | 0,05 | -0,04 | 0,71 | -0,07 | | | | |
| | Добывающая | 1980 | -0,54 | 0,08 | 0,08 | 0,27 | 0,27 | | | | |
| Строительство | 1980 | -0,43 | 0,04 | 0,02 | 0,21 | 0,22 | | | | | |
| Yi | Швеция | | Eel-el | Eel-f | Eel-l | Eel-k | Ef-el | El-el | Ek-el | Eel-el* | |
| | Пищевая | 1989 | -0,18 | -0,14 | -0,04 | 0,35 | -0,11 | 0,00 | 0,02 | -1,42 | |
| | Текстильная | 1989 | -0,39 | -0,10 | -0,51 | 0,99 | -0,08 | -0,01 | 0,08 | -1,67 | |
| | Деревообrab. | 1989 | -0,33 | 0,09 | 0,26 | -0,03 | 0,14 | 0,01 | 0,00 | -0,14 | |
| | Целл.-бумажн. | 1989 | 0,09 | -0,01 | -0,23 | 0,21 | -0,13 | -0,05 | 0,08 | -0,69 | |
| | Печатание | 1989 | -0,26 | 0,04 | 0,09 | 0,12 | 0,05 | 0,01 | 0,01 | -0,18 | |
| | Химическая | 1989 | -0,36 | 0,05 | -0,08 | 0,39 | 0,09 | -0,01 | 0,06 | -2,63 | |
| | Стройматериалов | 1989 | -0,36 | 0,03 | 0,01 | 0,32 | 0,01 | 0,00 | 0,05 | -2,59 | |
| | Металлургия | 1989 | -0,15 | -0,03 | 0,07 | 0,11 | -0,02 | 0,01 | 0,03 | -0,36 | |
| | Машиностроение | 1989 | -0,21 | -0,03 | -0,22 | 0,45 | -0,03 | 0,00 | 0,04 | -0,52 | |
| | | | Ek-e | El-e | Ee-k | Ee-l | Ee-m | Em-e | Ee-hl | Ehl-e | |
| Welsch and Ochsен | Германия. Произв. сектор | | 1994 | -0,13 | 0,19 | -0,32 | 0,87 | -1,28 | -0,13 | 0,47 | 0,26 |

Обозначения: e – энергия; el – электроэнергия; f – топливо; k – капитал; m – материалы; l – труд; hl – высококвалифицированный труд, Eel-el* – коэффициент эластичности для модели обобщенной функции Леонтьева (см. раздел 1.4).

Источники: Kim, B.C. and W.C. Labys. Application of translog model of energy substitution to developing countries. *Energy Economics*. October 1988. pp. 313-323; Yi, F. Dynamic energy-demand models: a comparison. *Energy Economics*. (22) 2000. pp. 285-297; Welsch H. and C. Ochsен. The determinants of aggregate energy use in West Germany: factor substitution, technological change, and trade. *Energy Economics*. (27) 2005. pp. 93-111.

Х. Велш и К. Оксен используют в модели два параметра для описания труда: труд низкой и высокой квалификации (с техническим или высшим образованием)¹⁴:

- ⇒ Возможности замещения энергии и других факторов существуют, но очень ограничены. То есть в результате ценовых шоков производственные издержки могут существенно расти;
- ⇒ Энергия в большей части случаев не может быть замещена другими факторами производства. Именно этим объясняется сравнительно низкая эластичность спроса на энергию по цене;
- ⇒ Только в период очень значительного роста цен на энергию она может замещаться малоквалифицированным и, в меньшей степени, высококвалифицированным трудом. То есть в период опережающего роста цен на энергию растет спрос на малоквалифицированный труд, поэтому снижение потребления энергии отчасти компенсируется ростом применения низкоквалифицированной рабочей силы;
- ⇒ При росте относительных цен на энергию снижается отношение потребления энергии к прочим факторам производства (кроме материалов); напротив, при росте относительных цен на прочие факторы производства спрос на энергию растет;
- ⇒ В долгосрочном плане доля энергии в структуре затрат стабильна, а все изменения, связанные с замещаемостью факторов производства, со временем взаимно гасятся;
- ⇒ Возможность замены факторов производства играет значительную роль в максимизации прибыли в краткосрочном плане, а технический прогресс – в долгосрочном;
- ⇒ Технический прогресс в целом экономит энергию и малоквалифицированный труд, но расходует капитал и высококвалифицированный труд;

На базе подобных по математической форме моделей можно также оценивать функции спроса на электроэнергию как элемента энергобаланса, то есть в зависимости от соотношений динамики цен на все виды энергоносителей (см. табл. 1.6).

Таблица 1.6. Анализ оценок параметров прямой и перекрестной эластичности спроса на электроэнергию и другие виды топлива

| | | | | | | | | | |
|------------------|--------------------------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Kim | Корея | | Eel-el | Ec-el | Eel-c | Eo-el | Eel-o | | |
| | С/хозяйство | 1978 | -1,88 | 0,17 | 0,83 | 0,05 | 1,05 | | |
| | Добывающая | 1978 | -0,21 | 4,32 | 0,21 | 0,01 | 0,01 | | |
| | А-легкая | 1978 | -0,29 | 0,66 | 0,07 | 0,13 | 0,22 | | |
| | В-легкая | 1978 | -0,27 | 5,62 | 0,29 | -0,03 | -0,03 | | |
| | А-тяжелая | 1978 | -1,08 | 1,08 | 0,69 | 0,33 | 0,39 | | |
| | В-тяжелая | 1978 | -0,69 | 6,59 | 0,82 | -0,14 | -0,11 | | |
| | Строительство | 1978 | 1,51 | 4,56 | 0,29 | -0,12 | -1,81 | | |
| | Коммерческие здания | 1978 | 0,04 | -0,07 | -0,04 | 0,01 | 0,01 | | |
| | Сфера общ. услуг | 1978 | 0,17 | -0,2 | -0,14 | -0,01 | 0,03 | | |
| Правительство | 1978 | -0,27 | -0,12 | 0,07 | 0,09 | 0,34 | | | |
| Mahmud | Пакистан. Обработ. пром. | | Eel-el | Ec-el | Eel-c | Eo-el | Eel-o | Eel-g | Eg-el |
| | | 1993 | -0,06 | | | 0,09 | 0,01 | 0,06 | 0,32 |
| Urga and Walters | США | 1979 | -0,10 | -0,37 | 0,07 | -0,01 | -0,04 | 0,08 | 0,09 |

Обозначения: el – электроэнергия; с – уголь; о – нефть; g – газ.

¹⁴ Welsch H. and C. Ochs. The determinants of aggregate energy use in West Germany: factor substitution, technological change, and trade. *Energy Economics*. (27) 2005. pp. 93-111.

Источники: Kim, B.C. and W.C. Labys. Application of translog model of energy substitution to developing countries. *Energy Economics*. October 1988. pp. 313-323; Mahmud S. The energy demand in the manufacturing sector in Pakistan: some further results. *Energy Economics*. (22) 200. pp. 641-648.

Анализ данных этой таблицы позволяет сформулировать следующие выводы:

- ⇒ Газ и электроэнергия являются замещающими видами энергоносителей. Однако при опережающем росте цен на газ спрос на электроэнергию растет медленнее, чем спрос на газ при опережающем росте цен на электроэнергию, поскольку электроэнергия является более качественным энергоносителем;
- ⇒ Уголь и электроэнергия являются преимущественно замещающими видами энергоносителей. Наиболее значимой ценовая конкуренция угля и электроэнергии является для черной металлургии, строительства и добывающей промышленности. При опережающем росте цен на уголь спрос на электроэнергию растет медленнее, чем спрос на уголь при опережающем росте цен на электроэнергию, поскольку электроэнергия является более качественным энергоносителем;
- ⇒ Нефтепродукты и электроэнергия являются преимущественно замещающими видами энергоносителей. Наиболее значимой ценовая конкуренция нефтепродуктов и электроэнергии является для сельского хозяйства.

Е. Галваш пришел к выводу (на данных для Швеции), что коэффициент эластичности спроса на электроэнергию на нужды отопления по цене (-0,14) выше, чем для централизованного теплоснабжения (-0,08), но существенно ниже, чем для топливной нефти (-0,86)¹⁵. К. Реданц пришел к похожему выводу: эластичность спроса на топливо по цене на нужды отопления жилищ выше, чем в целом для всех энергоносителей: для газа – -0,6, а для топливной нефти – -1,9¹⁶.

Обобщая эти выводы, можно сказать следующее:

- ⇒ при относительном удорожании топлива спрос на электроэнергию растет, однако;
- ⇒ при относительном удорожании электроэнергии спрос на другие энергоносители растет быстрее, чем спрос на электроэнергию при относительном удорожании других энергоносителей.

Следуя этой логике, можно отметить, что в России в последние годы быстрое удорожание нефтепродуктов и опережающий рост цен на газ явились факторами повышенного спроса на электроэнергию.

1.4. Оценки параметров ценовой эластичности спроса на энергию на моделях Леонтьева

Обобщенная функция затрат производственной функции Леонтьева (модели межотраслевого баланса) при условии изменения цен на все используемые ресурсы можно записать так:

$$C_t = y_t^\omega Q_t^{1-\omega} \sum_i \sum_j a_{ij} (p_{it} * p_{jt})^{0,5} \exp(dT) \quad (3.15).$$

где: y – выпуск продукции, Q – производственная мощность по выпуску продукции; p_i, p_j – цены соответствующих факторов производства.

¹⁵ Ghalwash T. Energy taxes as a signaling device: an empirical analysis of consumer preferences. *Energy Policy* 35 (2007). pp. 29-38.

¹⁶ Rehdanz, K. Determinants of residential space heating expenditures in Germany. *Energy Economics*. (28) 2006. In press.

На основе математических преобразований этой модели можно получить не только краткосрочные, но и долгосрочные коэффициенты эластичности¹⁷. Однако, используя эту модель для обрабатывающей промышленности Пакистана, С. Махмуд получил одинаковые кратко- и долгосрочные коэффициенты эластичности спроса на энергию по цене: -0,25. Напротив, для Швеции Ф. Ий получил существенную разницу в кратко- и долгосрочных коэффициентах (см. крайний правый столбец в табл. 1.5). В целом же, он пришел к выводу, что оценки по модели обобщенной функции Леонтьева на одинаковых данных дают менее надежные результаты, чем оценки по модели транслогарифмической аппроксимации.

1.5. Функции спроса на энергию с асимметричной эластичностью

Дж. Коурис еще в 1981 г. отметил, что коэффициенты эластичности меняются во времени под воздействием причинно-следственных связей.¹⁸ С тех пор было предпринято немало попыток учесть в функциях спроса на энергию асимметричность эластичности по ценам. Первоначально эти попытки ограничивались трендовой экстраполяцией коэффициентов эластичности. Однако затем их динамика стала описываться на основе статистического анализа гипотез о причинно-следственных связях. Так, в работе автора был определен дрейф коэффициентов функции спроса на энергию для стран ОЭСР. Диапазон изменения коэффициента эластичности составил от -0,25 до -0,05¹⁹. При резком росте цен коэффициент эластичности рос, а при их падении - снижался. Было установлено, что дрейф коэффициента эластичности по цене (e_p) можно описать функцией трехлетней скользящей средней скорректированной на инфляцию средней цены на энергоресурсы (PR):

$$E_t = A_t * Y_t^{e_y} PR_t^{e_p}; \quad e_p^t = -0,042 + 0,29e_p^{t-1} + 0,0006\overline{PR}_t \quad (3.16)$$

Камершен и Портер²⁰ построили модель спроса с асимметричной эластичностью, которую в общем виде можно записать следующим образом:

$$\ln E = a_1 + a_2 * \ln Y + a_3 * \ln P + a_4 / P \quad (3.17)$$

тогда коэффициент эластичности по цене равен $a_3 - a_4 / P$, то есть при $a_4 < 0$ рост цены приводит к росту коэффициента эластичности, поскольку $a_3 < 0$. А. Сория в модели ГЕРМЕС также использует встроенную функцию, позволяющую отразить асимметричность ценовой эластичности²¹.

По нашему мнению²², главная причина наличия асимметрии ценовой эластичности кроется в существовании порогов платежной способности потребителей энергии, что порождается наличием очень жестких экономических пропорций²³. Экономика представляет собой органическое взаимодействие системы постоянных и переменных. Анализу постоянных характеристик экономического роста незаслуженно уделяется очень мало внимания. Однако ряд пропорций является крайне жестким, что существенно ограничивает свободу экономического маневра.

¹⁷ См. Yi, F. Dynamic energy-demand models: a comparison. *Energy Economics*. (22) 2000. pp. 285-297; Mahmud S. The energy demand in the manufacturing sector in Pakistan: some further results. *Energy Economics*. (22) 2000. pp. 641-648.

¹⁸ Kouris G. (1980). Elasticities – science or fiction? *Energy Economics*. April 1981. pp. 66-70.

¹⁹ И. Башмаков. Энергопотребление и экономический рост: факторы и пределы изменения пропорций. *Энергетика. Актуальные проблемы*. Вып. 1. 1988.

²⁰ Kamerschen D., and D. Porter. The demand for residential, industrial and total electricity, 1973-1978. *Energy Economics*. (26) 2004. pp. 87-100.

²¹ Soria A., 2006. Low-Carbon Scenarios: European Commission Development Method. POLES: A world energy model and its applications. Expert Workshop on “Developing visions for a Low-Carbon Society through sustainable development”, Tokyo, June 14-16, 2006.

²² И. Башмаков. Цены на нефть: пределы роста и глубины падения. *Вопросы экономики*. №3, 2006;

²³ Подробнее о законе долгосрочной стабильности отношения стоимости энергоносителей к ВВП и доходам населения см. Bashmakov, I. Three Laws of Energy Transitions. *Energy Policy*. 35 (2007). 3583-3594.

Прямая статистика по суммарным расходам на энергоносители есть только в ограниченном числе стран, включая США²⁴. С 2005 г. Международное энергетическое агентство начало публикацию данных о динамике средних цен на энергоносители для конечных потребителей энергии²⁵. На основе этих данных и данных энергетических балансов удалось оценить динамику отношения суммарных расходов на энергоносители к ВВП не только для США, но и для всех стран ОЭСР (см. рис. 1.1). Анализ полученных данных дает очень интересную пищу для размышлений.

Для стран ОЭСР, за исключением США, характерна высокая доля налогов в стоимости топлива (например, в цене бензина – 20% в США, 50% и 63% в Японии и Южной Корее и 60-75% в Европе). Поэтому отношение расходы на энергию/ВВП в целом по ОЭСР несколько выше, чем в США. Тем не менее, динамика отношений для ОЭСР и США очень похожа и близка. Диапазон изменения рассматриваемого отношения ограничен пределами 6-14%. Однако зона устойчивых колебаний намного уже. После достижения верхнего уровня (14%) в начале 80-х годов отношение резко упало, а после достижения нижней границы (8% для ОЭСР и 6% для США) оно, напротив, возросло. Всякий раз, как маятник, подчиняясь силам экономической гравитации, эта пропорция возвращается в зону равновесия или устойчивой динамики (8-10% от ВВП для США и 9-11% для ОЭСР, или 4,0-5,5% от валового выпуска). Снижение пропорции для ОЭСР в целом ниже 8% от ВВП, привело к ускоренному росту спроса на энергоносители, что создало условия для последующего роста цен. Если для ОЭСР это отношение меньше 11%, то оно никак не связано с темпами экономического роста. Напротив, при «перешагивании» уровня в 11% такая зависимость становится очевидной и отрицательной: чем выше доля энергетических затрат, тем ниже темпы экономического роста²⁶ (см. рис. 1.2). Точно такие же выводы можно сделать и на основе данных по США, только верхний предел равен 10%.

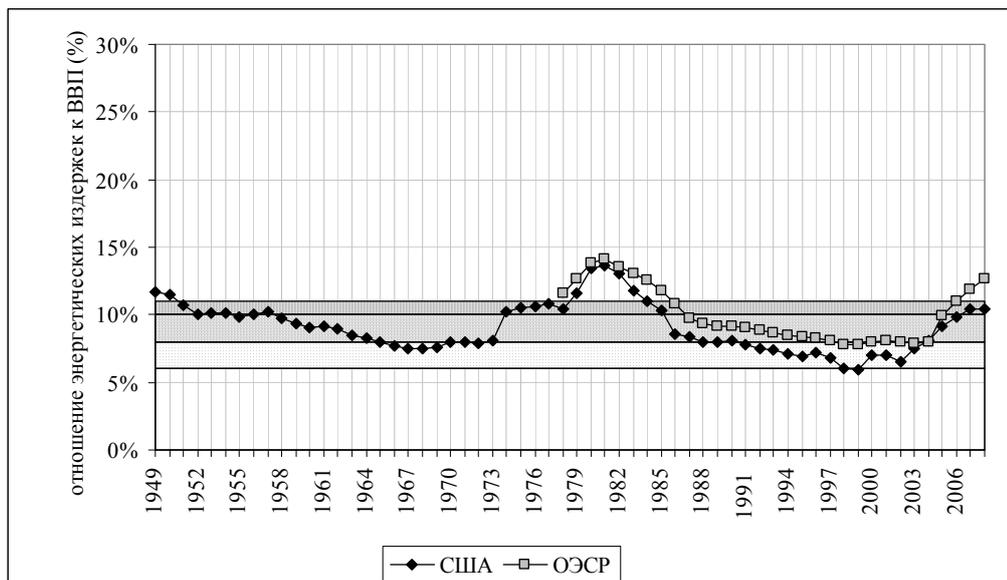


Рис. 1.1. Эволюция отношения суммарных расходов на покупку энергии всеми потребителями в ВВП стран ОЭСР и США

Энергоносители являются малоэластичными к динамике цен товарами только при удержании изменения отношения стоимости энергоресурсов к ВВП в устойчивых пределах. За этими пределами эластичность по цене резко возрастает. При «перешагивании» порога экономический рост замедляется или прекращается. В этом случае допущение о

²⁴ Annual Energy Review 2004. DOE/EIA. 2005.

²⁵ Energy Prices and Taxes. Quarterly statistics. Second Quarter, 2005. IEA/OECD. Paris. 2005.

²⁶ См. подробнее И. Башмаков. Цены на нефть: пределы роста и глубины падения. *Вопросы экономики*. №36 2006.

независимости фактора дохода (Y -ВВП) и цен (P), положенное в основу обычных функций спроса на энергию ($E=A*Y^{e_y}*P^{e_p}$), не выполняется. Темп прироста спроса на энергию (T_e) можно записать следующим образом: $T_e=e_y*T_y + e_p*T_p$, где T_p – темп прироста цен на энергоносители, T_y – темп прироста ВВП, а e_y и e_p – эластичности спроса по доходу и цене. При высокой доле расходов на энергоносители в ВВП имеем $T_y=T_{ур}-b*T_p$, где $T_{ур}$ – потенциальный темп прироста ВВП. То есть $T_e=e_y*T_{ур} + (e_p - e_y*b)*T_p$. Коэффициент эластичности по цене (e_p) ниже нуля и он абсолютно увеличивается на величину e_y*b . Таким образом, функции спроса на энергию оказываются функциями с динамичными коэффициентами эластичности. При приближении к верхнему порогу отношения затраты на энергию/ВВП рост цен на энергоносители сопровождается ростом коэффициента эластичности по цене. Министерство энергетики США, обобщая исследования по асимметрии ценовой эластичности, отмечает: во время нефтяных ценовых шоков эластичность темпов роста ВВП к росту нефтяных цен в два раза выше, чем при менее значительном росте цен на нефть²⁷. При росте цен на нефть на 10 долл./барр., или примерно на 25%, рост ВВП замедляется на 0,2% в том же году и на 0,5% в следующем. То есть, по их оценке, $b=-0,02$.

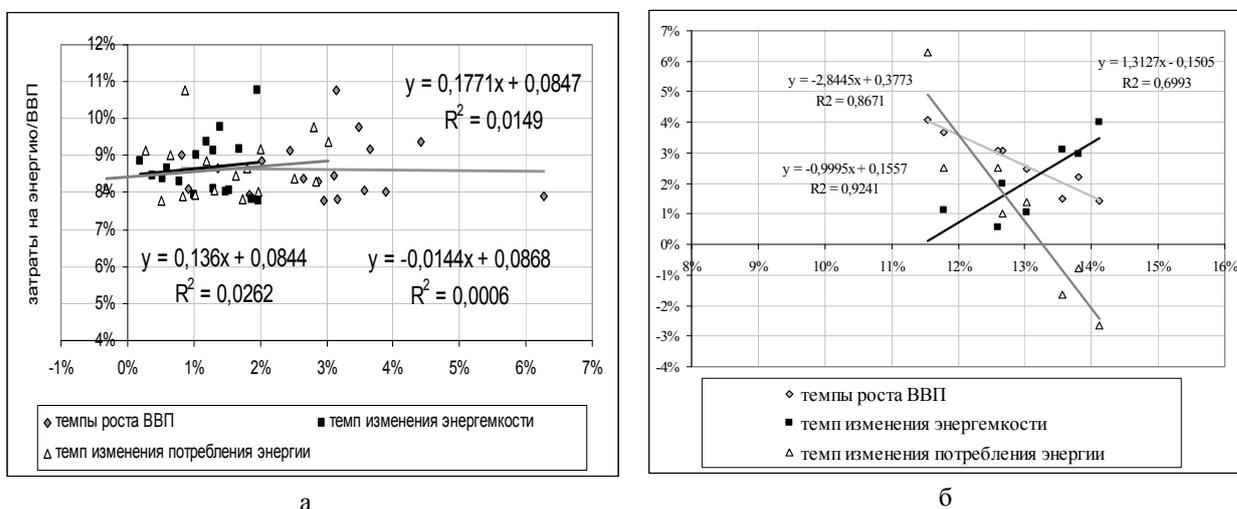


Рис. 1.2. Зависимость темпов экономического роста, темпов изменения энергоемкости и энергопотребления для ОЭСР при сохранении отношения затраты на энергоносители/ВВП ниже 11% (а) и выше 11% (б)²⁸

Уровень пропорции затраты на энергию/ВВП в 10-11% от ВВП можно считать верхней границей переключения экономических ресурсов на приобретение энергии, при которой еще возможна реализация потенциального экономического роста. В 1980-1981 гг. эта пропорция сильно «зашкалила», что и обусловило торможение роста ВВП. При низких значениях отношения расходов на энергию к ВВП реализуется потенциальный экономический рост, определяемый сочетанием других факторов производства. Напротив, при выходе за пределы платежеспособного спроса экономический рост тормозится по причине недостатка уже этих факторов производства. При переходе верхнего рубежа платежной способности снижаются возможности замещения факторов производства, норма прибыли понижается, часть капитала обесценивается, в бизнесе остаются только те, чья индивидуальная норма прибыли выше средней.

Коэффициенты эластичности приобретают динамичность именно по причине наличия пороговых значений изменения отдельных экономических пропорций. Эластичность спроса по цене растет по мере приближения к этим порогам и заступа за них и падает по мере

²⁷ DOE/EIA, 2006. *Annual Energy Outlook 2006*, DOE/EIA-0383(2006) (Washington, DC, February 2006), pp. 35-36, web site www.eia.doe.gov/

²⁸ Bashmakov, I. Three Laws of Energy Transitions. *Energy Policy*. 35 (2007). 3583-3594.

отдаления от них. Зависимость спроса на энергию и платежной дисциплины за энергию от доли расходов на энергию имеет форму крыла как для темпов экономического роста в США (см. рис. 1.3), так и для ЖКУ в России (см. рис. 1.4). К этому же классу функций относятся функции собираемости налогов по их ставке. По мере приближения к порогу платежной способности эластичность растет, а затем она повышается до -1. Иными словами, поставщик энергии не получает дополнительного дохода от повышения цены. Цены начинают снижаться, а ускорение инфляции постепенно «съедает» часть эффекта их относительного повышения, и пропорция стоимость энергоресурсов/ВВП возвращается в зону устойчивой динамики.

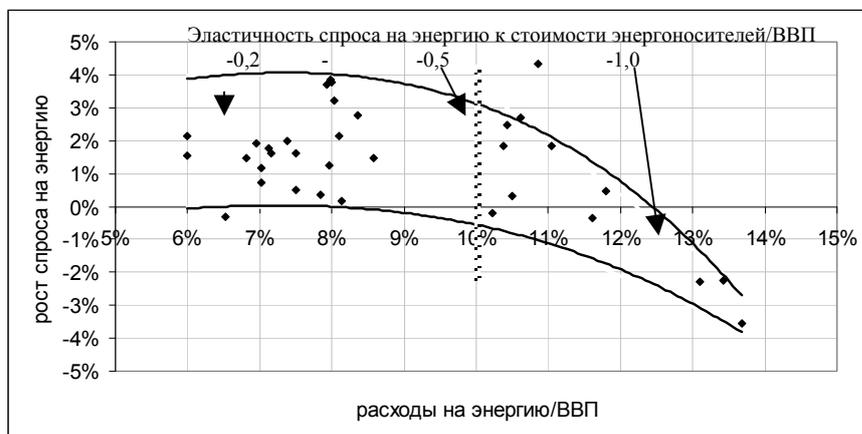
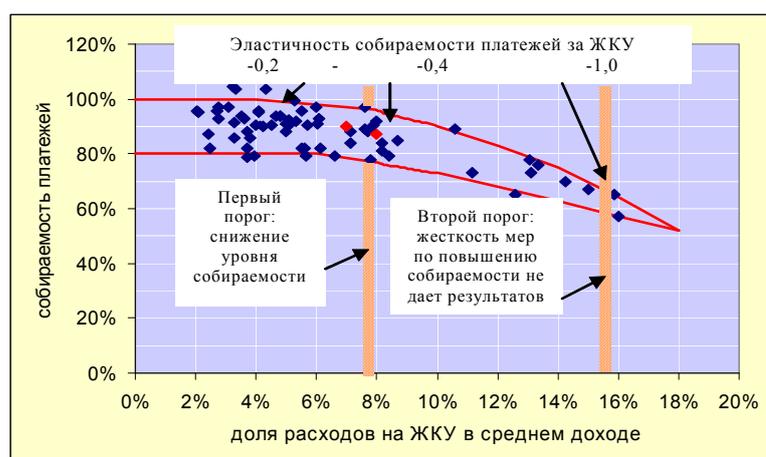


Рис. 1.3. «Крыло» зависимости темпов роста спроса на энергию от доступности энергии для потребителей США

Е. Галваш²⁹ показал, что для населения эластичность спроса на энергию по цене асимметрична, поскольку эластичность по отношению к налоговой части цены, которая в Швеции в 2002 г. составляла от 47 до 61% цены, выше, чем по отношению к ее базовой части. Это еще раз подтверждает гипотезу о том, что эластичность спроса по цене растет по мере роста самой цены, а вслед за ней и доли энергетических издержек в доходе. Правда, Р. Несбаккен на основе анализа ценовой эластичности для норвежских семей с разными доходами пришел к выводу, что эластичность по цене у семей с более низкими доходами ниже³⁰. Это противоречит результату, полученному ранее Р. Баркером³¹.



²⁹ Ghalwash T. Energy taxes as a signaling device: An empirical analysis of consumer preferences. *Energy Policy*. 35 (2007). pp. 29-38.

³⁰ Nesbakken R., Price sensitivity of residential energy consumption in Norway. *Energy Economics*. (21) 1999. pp. 493-515.

³¹ Barker P., Blundell R., Miclewright, J., 1989. Modeling household energy expenditures using microdata. *Economic Journal*. 99. pp. 720-738.

Рис.1.4. «Крыло Башмакова». Собираемость платежей за ЖКУ и пороговые значения доступности ЖКУ для российских муниципальных образований³² и Российской Федерации в целом (красные точки). Доля расходов на энергию (электроэнергия, тепло, горячая вода, газ и др. топливо) составляет более половины стоимости ЖКУ для населения)

Похожее «крыло» – зависимость использования производственных мощностей в промышленности от доли энергетических затрат в структуре стоимости продукции существует и для промышленности. Устойчивая доля расходов на энергию в стоимости промышленной продукции зависит от структуры промышленности и варьирует в диапазоне 10-13% от валовой стоимости промышленной продукции. Велш и Оксен пришли к выводу, что для производственного сектора немецкой экономики колебания доли энергетических издержек и вызываемые ими изменения в композиции используемых факторов производства со временем взаимно гасятся, и эта доля в долгосрочном плане остается стабильной³³. Бьерген и др. на примере датской промышленности показали, что коэффициенты эластичности спроса на энергию от цены прямо зависят от доли энергетических издержек в структуре стоимости продукции (см. раздел 1.2).

Сказанное выше можно резюмировать следующим образом:

- ⇒ Существуют очень узкие диапазоны устойчивого изменения доли расходов на энергию в ВВП, стоимости промышленной продукции или в доходах населения;
- ⇒ При заступе за верхний порог этих диапазонов экономический рост замедляется, а спрос на энергию резко снижается;
- ⇒ Коэффициенты эластичности спроса на энергию по цене могут достичь значения -1, то есть поставщик энергии не будет получать дополнительного дохода от дальнейшего роста цены;
- ⇒ При заступе за нижний порог коэффициенты ценовой эластичности снижаются по абсолютной величине, что ведет к ускорению роста спроса на энергию вообще и электроэнергию в частности.

1.6. Оценка эластичностей с применением сложных энерго-экономических моделей

Можно выделить группу исследований, в которых эластичность по цене определяется по результатам имитационных расчетов на сложном комплексе моделей, позволяющем учесть все прямые и косвенные эффекты от изменения цен. С. Лонгва и др. провели исследование для Норвегии и получили следующие выводы:

- ⇒ эластичность спроса по цене на электроэнергию во всех секторах экономики выше эластичности по цене на топливо;
- ⇒ для энергоемких отраслей эластичность по цене на электроэнергию выше, чем для прочих отраслей;
- ⇒ рост цен на электроэнергию на 1% ведет к росту спроса на топливо в быту на 0,2%, а рост цен на топливо на 1% ведет к росту спроса на электроэнергию в быту на 0,3%;

³² Москва, Липецк, Норильск, Воркута, Сусуманский район Магаданской области, Березники Пермской области, Сегежский и Кондопожский районы Республики Коми, Нижневартовск и Нижневартовский район, Лангепас, Югорск, Урай и Мегион Ханты-Мансийского автономного округа, Невельск и Смирныховский район Сахалинской области – все эти муниципальные образования очень различаются по составу населения и уровню доходов. Данные, использовавшиеся для построения графика, были тщательно выверены в ходе работы ЦЭНЭФ по различным проектам во всех этих муниципальных образованиях.

³³ Welsch H. and C. Ochsен. The determinants of aggregate energy use in West Germany: factor substitution, technological change, and trade. *Energy Economics*. (27) 2005. pp. 93-111.

⇒ в сфере услуг эластичность по цене примерно такая же, как и для энергоемких отраслей промышленности³⁴.

Еще одним инструментом анализа коэффициентов эластичности может быть так называемый мегаанализ, то есть анализ эластичностей, полученных при использовании в качестве выборки прогнозных данных, полученных на сложных моделях. При отсутствии доступа к самим моделям, но наличии доступа к подробным прогнозным оценкам по доходу, ценам, и спросу на энергию для отдельных сценариев есть потенциальная возможность оценить параметры эластичности.

2. Анализ опыта оценки коэффициентов эластичности спроса на электроэнергию по цене для России и ее регионов

2.1. Опыт ЦЭНЭФ для трех энергосистем (1994-1996 гг.)

ЦЭНЭФ выполнил одну из первых работ для послереформенной России по оценке параметров ценовой эластичности для трех энергосистем³⁵. В работе для трех российских регионов (Калининградская и Ростовская области и Краснодарский край) была построена модель тарифы-доходы (МТД содержит 5 блоков и 36 уравнений), ядром которой являются функции спроса на электрическую мощность и электроэнергию для различных секторов экономики. Параметры модели оценивались на квартальной статистике за 1994-1996 гг. Авторы провели специальный анализ надежности исходной статистической информации. Были обнаружены существенные расхождения в данных как по структуре электропотребления, так и по ряду макроэкономических индикаторов. Для тех лет в качестве дефлятора для промышленности использовался индекс цен промышленной продукции, а для прочих секторов – курс доллара. Помимо чисто ценовых характеристик модель содержит большое число макроэкономических индикаторов, а также параметры средних температур и искусственные переменные для отражения изменения жесткости политики сбора платежей (Постановления Правительства 1994 г. и 1995 г., разрешившие отключать за неуплату отдельные группы потребителей).

В полном соответствии с экономической теорией 19 из 27 краткосрочных коэффициентов эластичности оказались отрицательными (см. табл. 2.1). Все коэффициенты оказались меньше -1, то есть рост цен не компенсируется снижением потребления и ведет к росту доли расходов на электроэнергию в бюджете потребителя.

Коэффициент эластичности спроса на заявленную мощность для крупных промышленных потребителей по цене оказался довольно высоким: -0,2-0,85. Иными словами, рост платы за мощность является эффективным инструментом ограничения роста заявленной крупными потребителями мощности. Для реализации программ управления спросом на электроэнергию знание этого параметра эластичности трудно переоценить.

К потребителям с достаточно высокой эластичностью реакции на рост цен на электроэнергию можно отнести промышленность, сельское хозяйство и население. Электрифицированный транспорт и непромышленные потребители, а также перепродавцы практически не реагировали на изменение цен на электроэнергию. В случае с электрифицированным транспортом это связано с отсутствием возможности заменить энергоноситель и снизить его удельное потребление в ограниченный промежуток времени. В случае с бюджетной сферой и

³⁴ Longva S., O. Olsen and S. Strom. Total elasticities of energy demand analyses within a general equilibrium model. October 1988. pp. 298-308.

³⁵ I. Bashmakov, S. Sorokina and A. Perevoschikov. Evaluation of tariff policy impacts on a utility's revenues. CENEF, Moscow. 1996; См. также: И. Башмаков, С. Сорокина. Мудрая тарифная политика - ключ к решению проблемы неплатежей. *Энергетическая Эффективность*, №13, 1996. ЦЭНЭФ; И. Башмаков. «Энергоэффективность: от риторики к действию». ЦЭНЭФ, 2000.

сферой услуг это, в основном, результат мягких бюджетных ограничений, когда организации могли пользоваться электроэнергией, не оплачивая ее, а накапливая значительную задолженность. В целом, краткосрочные коэффициенты эластичности по цене в российских регионах оказались довольно близки их значениям для стран с рыночной экономикой.

Таблица 2.1. Сравнение оценок коэффициентов эластичности по цене электроэнергии в функциях спроса для различных групп потребителей по 4 российским энергосистемам

| Группа потребителей | Оценка ЦЭНЭФ (1994-1996 гг.) | | | Оценка В. Нахаты и др. для Новосибирскэнерго (1992-2000 гг.) | |
|---|------------------------------|---------------|---------------|--|---------|
| | Кубань-энерго | Ростов-энерго | Янтарь-энерго | Б | А |
| Заявленная мощность для крупных промышленных потребителей | -0,849 | -0,496 | -0,197 | | |
| Потребление крупными промышленными потребителями | -0,297 | -0,117 | -0,190 | -0,490* | -0,450* |
| Потребление средними и мелкими промышленными потребителями | -0,175 | -0,04 | -0,143 | 0 | 0 |
| Покупка оптовыми перепродавцами | 0 | | 0 | 0 | 0 |
| Потребление электрифицированным железнодорожным транспортом | -0,068 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Потребление электрифицированным городским транспортом | 0 | -0,180 | 0 | 0 | 0 |
| Потребление сельхозпотребителями на производственные нужды | -0,015 | -0,20 | -0,271 | -0,180 | -0,130 |
| Потребление непромышленными потребителями (сфера услуг) | -0,069 | -0,08 | 0 | 0 | 0 |
| Потребление населением | -0,180 | 0 | -0,204 | | |
| городским | | | | -0,170 | -0,165 |
| сельским | | | | -0,270 | -0,280 |

А – с учетом сезонного фактора.

Б – без учета сезонного фактора.

* Средняя стоимость покупки мощности и энергии, отнесенная на электроэнергию.

Модель МТД позволила провести серию прогнозных экспериментов. На их основе был получен вывод о том, что тарифы для населения (одного из наиболее аккуратных плательщиков в те годы) могли бы быть удвоены, что позволило бы повысить реальные доходы энергосистем (без существенного прироста задолженности).

Работа ЦЭНЭФ до 2006 г. оставалась одним из очень немногих опытов по оценке параметров ценовой эластичности в России³⁶. На страницах журнала *Тарифное регулирование и экспертиза* (ранее *Вестник ФЭК России*), помимо ссылки на работу ЦЭНЭФ в октябре 2006 г., удалось найти лишь одно упоминание об эластичности спроса по цене, и то в статье немецкого специалиста, который предлагал использовать модель Рамсея для оценки рациональности перекрестного субсидирования. Он «приписал» российской промышленности коэффициент долгосрочной эластичности спроса на электроэнергию по цене -1,5, а населению – -0,75 и пришел к выводу, что перекрестное субсидирование в России не опасно³⁷. Эти же значения коэффициентов эластичности для крупной промышленности и населения, а также для непромышленных и средних и мелких промышленных потребителей -1,2, а сельскохозяйственных потребителей – -1,2) использовались в работе И. Мацкевича, который,

³⁶ См., например, Н.Г. Любимова. Анализ проблемы перекрестного субсидирования потребителей при существующей системе регулирования тарифов на электрическую и тепловую энергию. *Вестник ФЭК России*. №6, июнь 2003 г.

³⁷ Ф. Хуберт. Перекрестное субсидирование в российской электроэнергетике: зло или благо? *Вестник ФЭК России*. №6, май 2002 г.

используя логику модели Рамсея, попытался определить рациональную систему тарифов для «Удмуртэнерго»³⁸. Как видно из табл. 2.1-2.6 и табл. 3.1, у этих авторов не было никаких оснований, чтобы «приписывать» такие значительные коэффициенты эластичности российским потребителям.

Еще она попытка «приписать» значения коэффициентов эластичности для России реализована в исследовании МЭА, авторы которого не проводили собственных оценок этих коэффициентов и не располагали какими-либо результатами других исследований. При оценке эффекта от ликвидации субсидий они поступили предельно просто: сами «назначили» коэффициенты для России, при этом для всех энергоносителей (в т.ч. и на электроэнергию) и во всех секторах потребления одинаковые: $-0,25$ ³⁹. Исключение составил только спрос на топливо в электроэнергетике, для которого эластичность по ценам «назначили» равной $-0,75$. Ясно, что коэффициенты эластичности даже для одного энергоносителя не могут быть равными для разных секторов, тем более трудно предположить, что они одинаковы не только для всех секторов, но и для всех энергоносителей. В связи с этим приведенные МЭА результаты оценки снижения энергопотребления при отмене субсидий нельзя считать сколь-либо обоснованными.

2.2. Опыт ЦЭНЭФ по оценке коэффициентов эластичности спроса на ЖКУ для населения в 2000-2005 гг.

В составе российских ЖКУ более половины составляют расходы на электроэнергию, тепловую энергию и топливо (см. табл. 2.2). Поэтому оценку коэффициентов эластичности спроса на ЖКУ по цене можно косвенно считать оценкой коэффициентов эластичности спроса на энергию для населения по цене. Сходная ситуация проявляется на рынке приобретения энергоносителей для снабжения жилых домов. Доля расходов на эти цели также предельно стабильна.

Таблица 2.2. Структура потребительских расходов домашних хозяйств в России (%)

| | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 |
|--|------|------|------|------|------|------|
| Потребительские расходы – всего | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| жилищно-коммунальные услуги | 4,7 | 4,6 | 5,2 | 6,2 | 7,2 | 7,7 |
| из них на оплату: | | | | | | |
| жилья | 1,6 | 1,2 | 1,0 | 1,2 | 1,3 | 1,4 |
| энергоресурсов | 2,3 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,1 | 4,3 |
| электроэнергии | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| газа | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,7 | 0,7 |
| центрального отопления | 0,6 | 0,7 | 1,0 | 1,3 | 1,6 | 1,7 |
| горячей воды | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 0,9 |
| воды и других коммунальных услуг | 1,2 | 1,3 | 1,7 | 2,1 | 2,6 | 2,9 |
| Итого энергоносители без прочего топлива | 2,3 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,1 | 4,3 |
| Прочее топливо | 0,12 | 0,14 | 0,2 | 0,26 | 0,32 | 0,34 |
| Итого энергоносители от расходов | 2,4 | 2,6 | 3,2 | 3,8 | 4,4 | 4,6 |
| Доля расходов в доходах | 79 | 76 | 75 | 73 | 69 | 70 |
| Итого от доходов | 1,9 | 2,0 | 2,4 | 2,8 | 3,0 | 3,2 |

Источник: Сборник Росстата "Социальное положение и уровень жизни населения России". 2005.

Анализ помесечных данных о реакции потребителей ЖКУ на изменение доли расходов на ЖКУ в доходе показал, что во всех регионах, где ЦЭНЭФ проводил такой анализ, существует очень быстрая и значительная отрицательная зависимость между дисциплиной оплаты ЖКУ и долей расходов на ЖКУ в доходе (см. рис. 2.1-2.3). Эти графики и оценки параметров

³⁸ И. Мацкевич. Определение Second Best тарифа на электроэнергию для населения. *Энергорынок*. №1, 2005.

³⁹ World Energy Outlook. Looking at Energy Subsidies: Getting the Prices Right. OECD/IEA. Paris. 1999. p. 85.

эластичности (см табл. 2.3) говорят о высокой эластичности спроса населения как по цене, так и по доле энергозатрат в доходах.

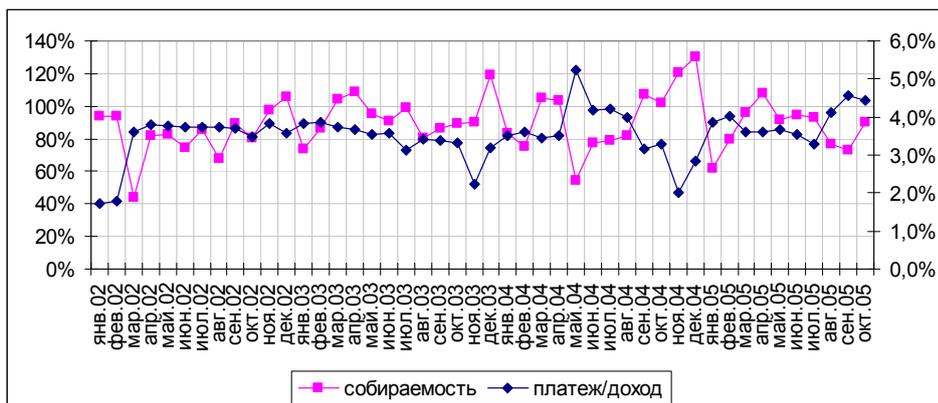


Рис. 2.1. Иллюстрация отрицательной зависимости собираемости платежей от доли оплаты за ЖКУ в личных доходах до налогообложения (за исключением электроэнергии) в г. Норильске

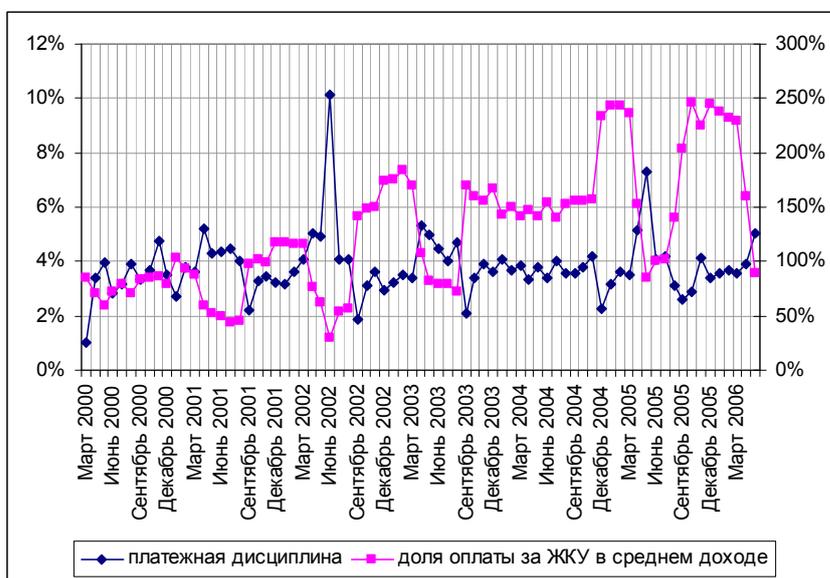


Рис. 2.2. Иллюстрация отрицательной зависимости собираемости платежей от доли оплаты за ЖКУ в личных доходах до налогообложения (за исключением электроэнергии) в г. Березники

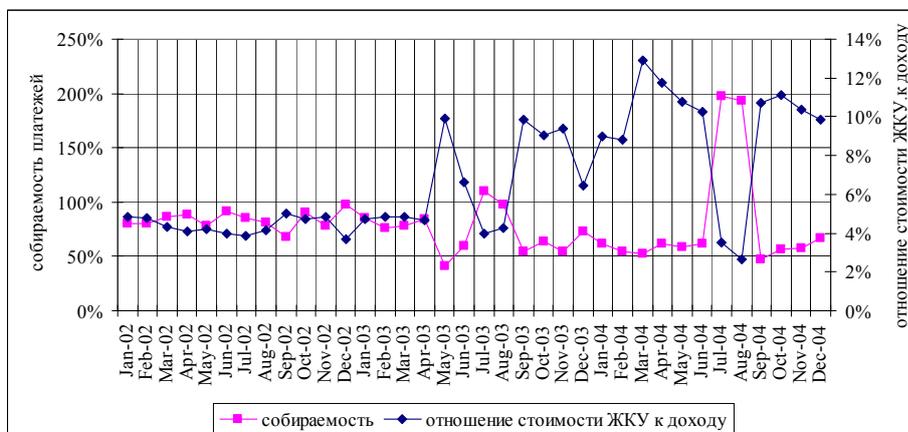


Рис. 2.3. Иллюстрация отрицательной зависимости собираемости платежей от доли оплаты за ЖКУ в личных доходах до налогообложения (за исключением электроэнергии) в г. Воркуте

Таблица 2.3. Оценка коэффициентов эластичности функций собираемости платежей для трех российских городов⁴⁰

| | Константа | Доля расходов на ЖКУ в доходе | Доля безналичного перечисления ЖКУ из заработной платы | Сезонная переменная | Временной тренд | R2 | F-тест |
|---------------------------|-----------|-------------------------------|--|---------------------|-----------------|------|--------|
| Березники | | | | | | | |
| коэффициенты эластичности | -1.57 | -0.351 | | 0.062 | 0.106 | 0.58 | 7.5 |
| <i>t</i> статистика | -4.621 | -4.370 | | 1.380 | 3.941 | | |
| Норильск | | | | | | | |
| коэффициенты эластичности | -1.675 | -0.505 | 0.231 | 0.125 | | 0.79 | 19.4 |
| <i>t</i> статистика | -3.919 | -4.048 | 3.389 | 3.323 | | | |
| Воркута | | | | | | | |
| коэффициенты эластичности | -1.903 | -0.596 | | -0.062 | | 0.85 | 42.6 |
| <i>t</i> статистика | -8.728 | -8.413 | | -1.126 | | | |

* Все эконометрические уравнения в логлинейной форме

На основе данных табл. 2.2 можно сформулировать следующие выводы:

- ⇒ Ключевым фактором, определяющим готовность платить за ЖКУ является экономическая доступность услуг, выраженная долей расходов на ЖКУ в доходе. В полном соответствии с экономической теорией растущая доля расходов на ЖКУ негативно отражается на готовности платить за ЖКУ. В действительности она практически мгновенно ведет к эрозии этой способности;
- ⇒ Заявления об отсутствии в России эластичности спроса на ЖКУ по цене⁴¹ не имеют под собой никаких оснований. Эконометрический анализ по трем муниципальным образованиям России показывает высокое и статистически значимое значение коэффициентов эластичности по доле расходов на ЖКУ в доходах;
- ⇒ Эластичность платежной дисциплины по доходу асимметрична: чем выше доля расходов на ЖКУ (ср. рис. 2.1 для Норильска с рис. 2.3 для Воркуты), тем выше коэффициент эластичности. Или чем значительнее доля превышает верхний порог платежной способности населения (расходы на ЖКУ менее 7% от дохода), тем выше коэффициент эластичности.

2.3. Опыт оценки коэффициентов эластичности для потребителей Новосибирскэнерго в 1992-2000 гг.

Только одиннадцать лет спустя после выхода работы ЦЭНЭФ в зарубежной печати появилась работа В. Нахаты и др. (2007) по оценке параметров эластичности спроса по цене для потребителей *Новосибирскэнерго*. Оценки сделаны для шести групп потребителей на основе помесечных данных за период 1992-2000 гг.⁴² (см. табл. 2.1).

Несколько комментариев по поводу этих расчетов. При выборе месячного шага наблюдений и временных запаздываний в реакции потребителей на изменение цен важно понимать, как выставляются им счета (бытовые потребители оплачивают электроэнергию в следующем месяце, тогда как промышленные, напротив, авансируют платежи); насколько жестко

⁴⁰ Расчеты из И. Башмаков. Пороговые значения возможности и готовности населения оплачивать жилищно-коммунальные услуги. «Вопросы экономики», № 4, 2004 (также перепечатано в «Вестник ФЭК России» №5, 2004) уточнены с использованием более современных данных.

⁴¹ См. Foundation "Institute for urban economics" (2003).

⁴² Nahata B., A. Izyumov, V. Busygin, and A. Mishura. Application of Ramsey model in transition economy: A Russian Case Study. *Energy Economics*. 29 (2007), pp. 105-125. Paper was received on November 29, 2004.

выдерживается платежная дисциплина (в 1992-2000 гг. жесткость работы с неплательщиками существенно изменялась, но неодинаково для разных групп потребителей; этот параметр в модели вовсе не учтен); в расчетах никак не учитывался погодный фактор (тогда как, судя по приведенным в статье данным, в декабре 1997 г. пик потребления населением был связан именно с низкой температурой). В итоге авторам не удалось добиться высоких значений коэффициентов множественной детерминации в регрессиях. Тем не менее, полученные ими оценки довольно хорошо корреспондируют с результатами, полученными ранее ЦЭНЭФ. Таким образом, ряд полученных ранее выводов для 90-х годов, но уже для четырех довольно разных энергосистем становится довольно универсальным. Однако не ясно, насколько эти выводы применимы к периоду после 2000 г.

2.4. Другие работы

К крайне редким статьям с оценкой эластичности спроса на энергию по цене относится еще только одна работа М.И. Буянова и А.И. Кузовкина⁴³, в которой, правда, используется крайне упрощенный инструментарий, а ряд выкладок делается некорректно. Авторы оценили линейные модели спроса на электроэнергию с включением параметра тарифа для России в целом (1991-2004 гг.) и для Московской энергосистемы (1994-2004 гг.). Они пришли к выводу, что эластичность спроса по цене в 2004 г. для России оказалась положительной и равной 0,2, а по ВВП равной 0,3. Однако их расчет был сделан неверно, при правильном расчете по полученному ими же уравнению регрессии эластичность по цене получается отрицательной и равной -0,07⁴⁴. Аналогичные расчеты для Московской энергосистемы дали эластичность по цене 0,4, а по доходу - 0,62. При правильном же расчете эластичность равна -0,05. Само наличие ошибок в расчете параметров ценовой эластичности ведущими специалистами отрасли свидетельствует об ограниченности опыта использования функций спроса на электроэнергию с фактором цены.

Авторы не дали оценок статистической надежности полученных результатов, что оставляет открытым вопрос о значимости выбранных факторов. Достоинством работы следует признать наличие в ней всех данных, на основе которых были проведены расчеты. Использование логарифмической функции спроса для приведенных в статье данных дает следующий результат:

$$\ln EID = 5,049 + 0,468 \ln GDP - 0,05 \ln P;$$

(31,4) (16,1) (-3,6)

$$R^2 = 0,985; F = 183,9$$

или

$$\ln EID = 4,063 + 0,195 \ln EID + 0,397 \ln GDP - 0,059 \ln P;$$

(15,78) (3,99) (12,06) (-3,6)

$$R^2 = 0,993; F = 220,0.$$

То есть средний краткосрочный коэффициент эластичности спроса по цене получается равным -0,06, а долгосрочный равен -0,073, что почти совпадает с оценкой по линейной модели при правильном расчете. К сожалению, в расчетах авторов не выделены сектора потребления. Не сказано также, как именно определялся средний тариф (учитывалась ли при этом плата за мощность?) и как производилось приведение цен на электроэнергию к сопоставимому виду.

⁴³ Буянов М.И. и А.И. Кузовкин. О прогнозировании спроса на электроэнергию с использованием математических моделей. *Тарифы и тарифное регулирование*. №4, 2006.

⁴⁴ Авторы определили ценовую эластичность по формуле: $e_p = (\Delta E / E) / (\Delta p_c / p_c)$, то есть все изменение в электропотреблении списали только на изменение цены. Поскольку оба частных положительны, эластичность по цене получается также положительной. По результатам оцененного ими самими линейного уравнения коэффициент эластичности вычисляется по формуле: $e_p = (b * \Delta p_c / E) / (\Delta p_c / p_c)$, где b – коэффициент регрессии перед параметром цены на электроэнергию, который получился отрицательным.

От корректности этих расчетных процедур может существенно зависеть оценка параметров эластичности.

Прочие работы по оценке эффекта изменения цен на электроэнергию сконцентрированы не столько на оценке параметров эластичности спроса, сколько на оценке инфляционного «заряда» роста цен на электроэнергию. К этим работам можно отнести аналитический доклад ФЭК Правительству Российской Федерации с очень длинным названием: «*О влиянии цен и тарифов субъектов естественных монополий на экономику России и о мерах государственной тарифной политики в отношении естественных монополий на 2002 год и среднесрочную перспективу*»⁴⁵ и работу М. Узякова⁴⁶. Обе работы, сделанные одной и той же группой, используют ценовую модель межотраслевого баланса, которая при стабильности коэффициентов прямых затрат принципиально неспособна оценить изменение спроса на ресурс ни за счет его замещения, ни за счет повышения эффективности его использования в ответ на изменение относительной цены на него, но позволяет (с точностью до упомянутых ограничений и дополнительных допущений) оценить эффект распространения по всей экономике ценовых импульсов. Эффект от роста цен на энергоносители на инфляцию эта модель оценивает с точностью до гипотез о сохранении уровня прибыли или норматива рентабельности, то есть в любом случае переоценивает этот эффект, поскольку эти допущения не справедливы даже для сверхмонополизированной экономики, а на деле возможно не только снижение норматива рентабельности, но и снижение массы прибыли.

М. Узяков не выделяет эффект от роста только тарифов на электроэнергию, а рассматривает эффект от роста тарифов сразу в трех отраслях (электроэнергетика, газовая промышленность и железнодорожный транспорт). Он доказывает важную теорему: *если доля промежуточного продукта в валовом выпуске отрасли больше, чем в среднем по всей экономике (для электроэнергетики это условие всегда справедливо), то рост цен на продукцию этой отрасли, опережающий рост доходов в целом по экономике, приводит к росту доли промежуточного продукта*. Далее логика сводится к тому, что это может привести к снижению накопления, а затем и к торможению экономического роста. По этой логике, рост доли расходов на электроэнергию в валовом продукте, при прочих равных условиях, ведет к замедлению темпов экономического роста. Авторы *Аналитического доклада ФЭК* утверждают, что значения эластичности ВВП по ценам естественных монополий находится в диапазоне от -0,15 до -0,20, то есть при росте относительных цен на энергию на 10% рост ВВП замедляется на 1,5-2% в год.

На самом деле, логика действия экономического «организма» не так прямолинейна. В экономике есть несколько защитных механизмов погашения тормозящей роли роста тарифов. Первый: ускорение роста цен на другие товары, который в итоге на 40-45% нейтрализует относительный рост цен на электроэнергию. Второй: при росте доли расходов на энергию включаются механизмы замещения энергии не только прочими энергетическими ресурсами, но и малоквалифицированным трудом, а также капиталом при ускорении внедрения энергосберегающих инноваций. Замедление экономического роста происходит только после того, как отношение стоимость энергетических ресурсов/валовый выпуск или стоимость энергетических ресурсов/ВВП достигнет верхнего порога. Этот порог для США равен 10%, а для стран ОЭСР – 11%, в Китае – около 12-13%⁴⁷. Для России, в силу высокоэнергоемкой структуры экономики, он, возможно, также равен 12-13%. В итоге роста доли промежуточного

⁴⁵ Аналитический доклад Правительству Российской Федерации *О влиянии цен и тарифов субъектов естественных монополий на экономику России и о мерах государственной тарифной политики в отношении естественных монополий на 2002 год и среднесрочную перспективу*. Вестник ФЭК России. №6, май 2002 г.

⁴⁶ М.Н. Узяков. Влияние цен на энергетические ресурсы на динамику экономики России. *Регионы и Федерация. Вопросы регулирования ТЭК*. №1, 2004. стр. 14-21.

⁴⁷ И. Башмаков. Цены на нефть: пределы роста и глубины падения. *Вопросы экономики*. №3, 2006. стр. 28-41.

продукта, а также (что невозможно учесть в модели межотраслевого баланса) роста спроса на малоквалифицированный труд и роста заработной платы происходит снижение прибыли, тормозится сначала процесс накопления, а затем и экономический рост.

Чем быстрее растут доходы экономических агентов и чем выше возможности замещения и повышения эффективности использования электроэнергии, тем меньше возможный тормозящий эффект опережающего роста цен на электроэнергию. Поэтому, на самом деле, необходимо определять пределы платежной способности покупателей электроэнергии, иначе вывод авторов *Аналитического доклада ФЭК* о том, что «накануне 2002 г. высокоэнергоемкая экономика России подошла к пределу прочности в отношении дальнейшего роста тарифов естественных монополий» может быть некорректен, поскольку в эти годы в целом по экономике и по промышленности доля энергетических издержек снижалась.