

Определение значимости видов регулирования для повышения энергоэффективности в северных регионах

Determining the significance of regulatory types for improving energy efficiency in the northern regions

УДК 338.27:330.42

С. Л. Садов, Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук (Сыктывкар, Россия)

S. L. Sadov, Institute of socio-economic and energy problems of the North, Komi Science Centre, Ural Branch of the Russian academy of sciences (Syktyvkar, Russia)

В статье рассматривается проблема моделирования значимости управляющих воздействий в сфере повышения энергоэффективности на Севере, а также нахождения их оптимального соотношения. В качестве инструмента решения этой задачи выбран метод анализа иерархий Томаса Саати. В соответствии с ним была построена 3-уровневая иерархия, связывающая энергоэффективность с управляющими воздействиями шести факторов. Все матрицы приоритетности заполнены оценками парных сравнений, полученных экспертным путём. Вычисления показали, что рыночные механизмы позволяют реализовать потенциал роста энергоэффективности лишь на 24 %. Остальное достижимо под воздействием экономического регулирования (46 %) и мер административной регламентации (30 %). Этот результат свидетельствует о важности разработки и совершенствования регулирующих механизмов в области повышения энергоэффективности.

Ключевые слова: повышение энергоэффективности, северные регионы, значимость регулирующих воздействий, оптимальное соотношение, метод анализа иерархий.

The article deals with the problem modeling of the significance of control impacts on the energy efficiency in the North, and finding their optimal ratio. As a tool for solving this problem, an Analytic Hierarchy Process by Thomas L. Saaty is selected. In accordance with it, a 3-level hierarchy, linking energy efficiency with control actions through 6 factors, was built. All matrices of priority are filled with estimates of pair comparisons obtained by an expert. The calculations showed that market mechanisms allow realizing the potential for energy efficiency increasing only by 24%. The rest is achievable under the influence of economic regulation (46%)

and administrative regulation measures (30%). This result demonstrates the importance of developing and improving regulatory mechanisms for energy efficiency increasing.

Keywords: energy efficiency increasing, the northern regions, the significance of control impacts, the optimal ratio, Analytic Hierarchy Process.

Введение

Фактор эффективности энергообеспечения при планировании освоения и развития территорий с суровыми климатическими условиями является одним из важнейших. В этой связи важно, чтобы субъекты экономической деятельности и население на Севере в полной мере использовали возможности энерго- и ресурсосберегающих технологий и практик. Воздействовать на экономических агентов, чтобы подвигнуть их к переходу на более энергоэффективные способы производства или удовлетворения потребностей, можно различными путями. В статье рассмотрены три укрупнённые группы таких воздействий, представляющих собой представительный и исчерпывающий набор альтернатив: во-первых, носящие директивный, обязательный характер предписания и нормативы, во-вторых, меры экономического воздействия, как положительного, так и негативного характера, и в-третьих, влияние рыночных механизмов, побуждающих к повышению конкурентоспособности, в данном случае за счёт повышения энергоэффективности. Для определения приоритетности и «удельного веса» воздействий необходимо выбрать метод на основе анализа применимости существующего экономико-математического

инструментария, пригодного для решения поставленной задачи. Такого рода методы обсуждаются в работе [3], наиболее привлекательным из которых является метод анализ иерархий [2]. Его главное достоинство состоит в способности приводить чисто качественные сравнительные оценки к более привычному и понятному численному виду. Правда, он требует построения иерархии, моделирующей взаимосвязи в подвергаемой анализу социально-экономической системе. Потребуется выявить факторы, влияющие на уровень энергоэффективности — представительный набор таких факторов можно найти в [1], из него и следует отобрать наиболее существенные.

Постановка задачи

Способы воздействия на факторы, от которых зависит энергоэффективность, можно объединить в три большие группы. Они представляют основные альтернативы в этой сфере и носят исчерпывающий характер. Первыми, ввиду их распространённости и «простоты», в ряду видов регулирования стоит отметить регулятивно-административные методы, напрямую запрещающие или регламентирующие применение энергорассточительных устройств и технологий, устанавливающие предельные сроки или график их «выбытия». Показательный пример такого рода воздействия из недавнего прошлого — запрет на оптовую и розничную продажу лампочек накаливания мощностью 100 ватт и выше.

Обширен арсенал методов экономического стимулирования или принуждения внедрения энергоэффективных технологий и мероприятий, сочетающих как положительные, так и негативные воздействия: повышение тарифов, или, в определённых случаях, снижение финансового бремени внедрения новых технологий и приобретения соответствующего оборудования (вторая группа).

Никто не отменял действия рыночных механизмов, когда хозяйствующие субъекты, желающие повысить свою конкурентоспособность, при наличии финансовых возможностей и разумных сроков окупаемости будут самостоятельно инвестировать в проекты реализации энергосберегающих мероприятий и применения энергоэффективных технологий и оборудования (третья группа).

И здесь возникает вопрос: должно ли какое-либо из этих воздействий иметь подавляющее преимущество перед остальными или же существует какое-то оптимальное в своём роде их сочетание и как в таком случае оценить «удельный вес» различных воздействий? Задача, как видно, трудно формализуема. Неясно также, какие переменные в ней формируют целевую функцию и какие — ограничения. Поэтому выбор экономико-математического метода для решения поставленной задачи сам по себе является непростой проблемой. Для этого необходимо взвесить возможности и ограничения каждого из методов — требования к исходной информации и точность самого метода, способность оперировать неполной и нечёткой информацией и делать на её основе практические выводы. В современных реалиях следует отдавать себе отчёт, что принимать решения приходится в условиях неопределённости, руководствуясь в основном информацией недостаточной и достоверной лишь отчасти. В этой связи следует обратить внимание на такие методы, как методы экспертных оценок, надмедианных рангов, анализа иерархий, комбинаторные методы [3].

Наиболее подходящим инструментом определения степени влияния видов регулирования на повышение энергоэффективности в условиях Севера следует признать метод анализа иерархий (МАИ) [2], универсальный, устойчивый в вычислительном плане и нетребовательный к исходной информации — для его работы достаточно экспертных оценок парного сравнения значимости (приоритетности) элементов иерархии, которая выстраивается под конкретную задачу. Вкратце его суть состоит в структуризации сложных задач на основе системного подхода с помощью иерархий и поиска решения при помощи нахождения отношений между некоторыми парами элементов иерархии. Для этого можно использовать объективные данные и экспертные суждения, количественные параметры и качественные характеристики, не поддающиеся численной оценке. В качестве исходной информации берутся парные сравнения важности альтернатив (вариантов) или показателей (факторов), являющихся элементами иерархии. Таким образом, в рамках системного подхода мы оцениваем воздействие различных компонент системы на всю систему и находим приоритетность (или, другими словами, значимость,

важность или влияние) этих компонент. Предполагается, что элементы любого уровня иерархии зависимы не друг от друга, а от элементов иного уровня. Анализ ситуации и выбор решения в МАИ приближён к интуитивному уровню, он не предполагает нахождения некоего «правильного» решения, а позволяет исследователю в интерактивном режиме найти, выбрать такой вариант или их сочетание, который наилучшим образом согласуется с его пониманием сути проблемы и требований к её решению. Совокупность взаимозависимостей внутри сложной системы невозможно удерживать в голове, чтобы адекватно учесть их при составлении модели. МАИ как бы позволяет по отдельным фрагментам моделируемой системы синтезировать общую картину взаимозависимости элементов системы, а итоговые оценки получаются по результатам расчётов по алгоритму метода.

Математические основы метода

Математический алгоритм метода анализа иерархий заключается в следующих операциях. Составляется квадратная обратная симметричная матрица A размером $n \times n$ (где n — число факторов), элементами которой служат градации попарных сравнений важности факторов и их обратные значения. Обратной симметричной называют матрицу, в которой на симметричных позициях стоят величины, обратные друг другу (рис. 1). Естественно, что на главной диагонали будут находиться единицы. Далее находятся λ_{\max} — наибольшее собственное число матрицы A и соответствующий ему главный собственный вектор ω : $A\omega = \lambda_{\max}\omega$. Компоненты нормированного вектора ω и покажут значимость (важность, приоритетность) каждого фактора.

1	1/3	8	3	3	7
3	1	9	3	3	9
1/8	1/9	1	1/6	1/5	2
1/3	1/3	6	1	1/3	6
1/3	1/3	5	3	1	6
1/7	1/9	1/2	1/6	1/6	1

Рис. 1. Пример обратносимметричной матрицы размерности 6×6

Для заполнения обратно симметричной матрицы используется предложенная разработчиком метода 9-балльная шкала сравнения факторов:

9 баллов означает, что фактор A по значимости абсолютно превосходит фактор B ;

7 — что A явно важнее B ;

5 — A значительно важнее B ;

3 — A незначительно важнее B ;

1 — A и B одинаково важны.

Чётные баллы 8, 6, 4 и 2 выражают промежуточные градации.

Если алгоритмическая часть метода разработана и обоснована чётко и ясно, то с центральной процедурой метода — построением иерархии — не всё просто. Иерархия в общем случае — абстракция реальной структуры, которая должна отразить главные черты моделируемой системы, отбросив второстепенные, с точки зрения решаемой задачи. Важно, чтобы она не была слишком сложной и запутанной. Т. е. необходимо соблюсти компромисс между простотой иерархии, её соответствием реальной структуре и пригодностью для решения поставленной задачи.

Простая иерархия включает по меньшей мере 3 уровня (сверху вниз):

— целевая установка;

— факторы, влияющие на достижение цели;

— способы воздействия на факторы, из которых мы можем выбирать или один или несколько в оптимальной пропорции.

Иерархия считается полной, если элемент верхнего уровня связан с каждым элементом более низкого уровня. При необходимости над уровнем факторов вводится уровень групп факторов, а над ней — уровень частных целей. Такая иерархия уже не будет полной.

Для задачи определения оптимального состава воздействий на региональную энергоэффективность иерархия выглядит следующим образом (рис. 2). Нижний уровень образуют три типа воздействия на субъекты хозяйствования, средний — шесть важнейших факторов, влияющих на энергоэффективность [1]. Чтобы не загромождать схему иерархии многочисленными линиями, отражающими связь между её элементами, достаточно выделить три уровня иерархии, заключив второй уровень в фигурные скобки (поскольку в одну строку он не помещается). В качестве исходных данных выступают одна обратная симметричная матрица размером 6×6 для определения влияния факторов на энергоэффективность и шесть матриц размером 3×3 для определения воздействия мер регулирования различных типов на факторы.

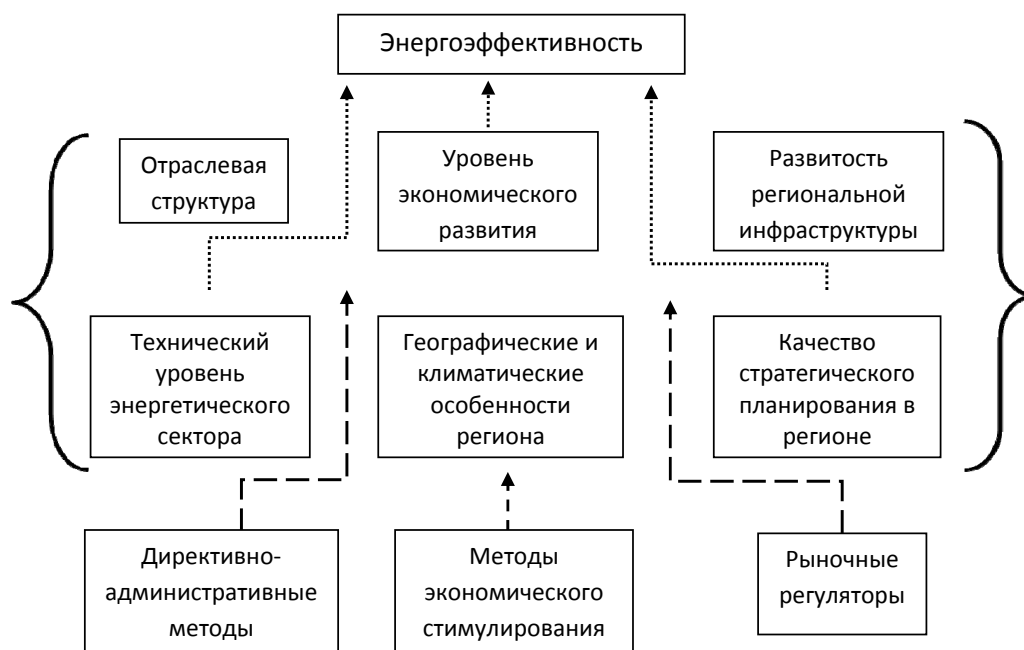


Рис. 2. Трёхуровневая иерархия региональной энергоэффективности

Вернёмся к исходным данным для работы по МАИ. Для них всегда актуален вопрос согласованности элементов обратно симметричной матрицы. Различают кардинальную (числовую) согласованность и порядковую. Кардинальная согласованность требует выполнения соотношений

$$a_{ij} = \frac{a_{ik}}{a_{kj}}$$

для всех $i, j, k = \overline{1, n}$ и касается только чисел. Для порядковых переменных согласованность подразумевает выполнение транзитивности: если $A > B$, а $B > C$, то $A > C$. Нарушение транзитивности часто имеет место, если попарное оценивание предпочтительности ведётся группой экспертов, и в этом случае проявляются различия их точек зрения на структуру и взаимоотношения элементов моделируемой системы. Если же нарушение имеет место после заполнения матрицы одним человеком, то это значит, что он не разобрался в поставленной задаче или в моделируемой системе, плохо представляет себе реальные соотношения влияния факторов и другие особенности системы. Либо задача такова, что нарушение транзитивности неизбежно, как это часто бывает при учёте психологических факторов. Но решение рассматриваемой задачи основывается на рациональных предпосылках, поэтому соблюдение условия транзитивности не только желательно, но и необходимо.

Для подготовки исходной информации для решения по МАИ задачи определения степени влияния видов регулирования на повышение энергоэффективности экономики северных регионов потребуется заполнить одну обратно симметричную матрицу 6×6 и шесть матриц 3×3 . Исходная информация основывается на экспертных оценках автора. Для матрицы энергоэффективности матрица попарных сравнений выглядит следующим образом (по строкам и столбцам располагаются факторы):

1	6	3	2	1	3
1/6	1	1/4	1/5	1/7	1/2
1/3	4	1	1/4	1/6	1/4
1/2	5	4	1	1/3	1/5
1	7	6	3	1	1
1/3	2	4	5	1	1

Нормализованный собственный вектор данной матрицы, соответствующий её наибольшему собственному числу, есть [0.284; 0.038; 0.064; 0.122; 0.292; 0.201].

Зависимость факторов и управляющих воздействий выражаются в виде матриц (во всех матрицах строки и столбцы образуют варианты воздействий):

- для отраслевой структуры экономики региона:

1	1/5	1/3
5	1	6
3	1/6	1

нормализованный собственный вектор, соответствующий наибольшему собственному числу [0.094; 0.722; 0.184];

- для общего уровня экономического развития региона:

1	1/7	1/5
7	1	4
5	1/4	1

с нормализованным собственным вектором [0.069; 0.687; 0.244];

- для развитости региональной инфраструктуры:

1	1/3	1/4
3	1	1
4	1	1

с нормализованным собственным вектором [0.126; 0.416; 0.453];

- для технического уровня энергетического сектора:

1	1/5	1/5
5	1	3
5	1/3	1

с нормализованным собственным вектором [0.086; 0.617; 0.297];

- для географических и климатических особенностей региона:

1	1	1
1	1	1
1	1	1

с нормализованным собственным вектором [0.333; 0.333; 0.333];

- и для качества стратегического планирования в регионе:

1	6	9
1/6	1	3
1/9	1/3	1

с нормализованным собственным вектором [0.770; 0.162; 0.068].

Требование транзитивности соблюдается у всех семи матриц, а показатель отношения согласованности находится в приемлемом интервале от 0 до 0.15, что говорит о достаточно высоком качестве исходных данных. После умножения справа матрицы 3×6 , состоящей из столбцов нормализованных собственных векторов всех шести матриц факторов, на нормализованный собственный вектор матрицы энергоэффективности, получается вектор, компонентами которого являются веса (относительные численные показатели значимости) трёх видов воздействия [0.463; 0.300; 0.238].

Обращает на себя внимание в общем ряду фактор географо-климатических особенностей. Казалось бы, он не является фактором в том смысле, что никаким регулирующим воздействием эти особенности не поддаются и поэтому через них нельзя повлиять на энергоэффективность (и это безразличие отражают единицы в соответствующей матрице). Но здесь важна обратная связь — они влияют на успешность мер регулирования всех трёх типов. Так, в регионах с суровыми климатическими условиями резонно ожидать больший эффект от мер энергосбережения, большую восприимчивость, стремление к ним. Здесь должны активнее работать рыночные механизмы, а регулятивные меры должны встречать большее понимание со стороны хозяйствующих субъектов и населения. Обратная связь присутствует и должна учитываться и для других факторов, просто в данном случае она проявляется особенно наглядно.

Заключение

Актуальная для регионов Севера задача повышения энергоэффективности может решаться быстрее при разумном выборе регулирующих воздействий, не оставляя поведение хозяйствующих субъектов и населения под влиянием только рыночных механизмов. Здесь имеется широкое поле деятельности для органов управления различных уровней. Использовать они могут как административно-регламентирующие меры, так и методы экономического воздействия стимулирующего или понуждающего характера. Вопрос заключается в том, каково оптимальное соотношение воздействий разного типа. Данная задача, как показал анализ экономико-математических методов, успешно решается методом анализа иерархий, который наилучшим образом подошёл для решения этой специфической задачи. Применение метода анализа иерархий на основе полученных экспертным путём парных сравнений показало, что без дополнительного регулирования, под воздействием только рыночных механизмов, потенциал повышения энергоэффективности субъектов хозяйствования северных регионов может быть реализован только на 24 %. Ещё 46 % способны дать методы экономического характера, остальные 30 % — меры административной регламента-

ции (количественные результаты округлены до двух значащих цифр). Таким образом, необходимость целенаправленной нормотворческой и регулятивной деятельности в области повышения энергоэффективности при таких показателях значимости последних очевидна, поскольку они способны принести эффект в несколько раз больший, чем без них.

Список литературы

1. Жигалов В. М., Пахомова Н. В. Современная система стратегического планирования энергосбережения и повышения энергоэффективности в России в контексте новой климатической политики // Проблемы современной экономики. 2015. № 3 (55). С. 62—71.
2. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий: пер. с англ. Р. Г. Вачнадзе. М.: Радио и связь, 1993. 278 с.
3. Садов С. Л. Учёт специфики регионов Севера при выборе методов моделирования энергоэффективности // Актуальные проблемы, направления и механизмы развития производительных сил Севера — 2016 (г. Сыктывкар, 19—21 сентября 2018 г.): материалы шестой Всероссийской научной конференции. Сыктывкар: Изд-во КНЦ, 2018. Ч. III. С. 106—112.

References

1. Zhigalov V. M., Pahomova N. V. *Sovremennaya sistema strategicheskogo planirovaniya ehnergoberezheniya i povysheniya ehnergoehffektivnosti v Rossii v kontekste novej klimaticheskoy politiki* [Modern strategic planning system for energy saving and energy efficiency in Russia in the context of a new climate policy]. *Problemy sovremennoj ekonomiki*. 2015. No. 3 (55). pp. 62—71.
2. Saaty, T. L. *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York, 1980.
3. Sadov S. L. *Uchyot specifiki regionov Severa pri vybore metodov modelirovaniya ehnergoehffektivnosti* [Accounting the specifics of the North regions under choosing methods of energy efficiency modeling]. *Materialy shestoj Vserossijskoj nauchnoj konferencii «Aktual'nye problemy, napravleniya i mekhanizmy razvitiya proizvoditel'nyh sil Severa — 2016» (g. Syktyvkar, 19—21 sentyabrya 2018)*. Syktyvkar: KSC Publishing, 2018. Pt. III. pp. 106—112.

Для цитирования: Садов С. Л. Определение значимости видов регулирования для повышения энергоэффективности в северных регионах // Корпоративное управление и инновационное развитие экономики Севера: Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета. 2018. № 4. С. 47—52.

For citation: Sadov S. L. Determining the significance of regulatory types for improving energy efficiency in the northern regions // *Corporate governance and innovative economic development of the North: Bulletin of the Research Center of Corporate Law, Management and Venture Capital of Syktyvkar State University*. 2018. No. 4. P. 47—52.