

Формирование модели минимизации издержек при поставках энергоносителей

М.В. Дебиев, З.С. Садаева

Грозненский государственный нефтяной технический университет

им. акад. М.Д. Миллионщикова

Аннотация: В статье рассмотрены вопросы минимизации издержек при поставках энергоносителей. Распределить потоки поставок энергоресурсов от поставщиков к потребителям требуется таким образом, чтобы суммарная величина затрат, потерь и издержек была минимальной с учетом выполнения всех балансовых ограничений. В связи с этим, построена формализованная модель, которая позволяет реализовать более эффективную технологию транспортировки энергоресурсов с учетом требований по устойчивости функционирования энергосистемы.

Ключевые слова: анализ, энергоотрасль, распределение, негативные последствия, минимизации издержек, величина затрат, модель, энергоресурс.

В энергетической отрасли России, как и в экономике в целом, возник и развивается ряд новых явлений и тенденций, которые создают дополнительные проблемы в развитии энергетики. В связи с этим, наряду с необходимостью активного внедрения в отрасли реальных рыночных механизмов, повышение эффективности использования энергоресурсов, внедрение новых перспективных и альтернативных источников является одной из важнейших задач инновационного развития энергетической отрасли России [1].

Много внимания уделяется системным вопросам развития энергетической отрасли за рубежом [2]. Имеются отдельные издания по литературным обзорам по различным аспектам развития энергетики; в частности, по эффективности использования энергии в промышленности, экологическим проблемам, потреблению в домашних хозяйствах, инновации в энергетике, динамике потребления, связи между объемами потребления энергии и развитием экономики, минимизации издержек при поставках тепло- и энергоносителей [3].

Проблема доставки тепловой и электрической энергий от производителя к потребителю относится к числу наиболее проблемных и ответственных для производителя. Неудовлетворительное решение этой проблемы в условиях

рыночных отношений может привести к значительным потерям для производителей, к сбоям в работе производственных и иных объектов, недовольству потребителей [4]. В то же время появился ряд новых факторов, усложняющих ее решение [5]. Это – блокирование и задержка поставок со стороны различных посредников (сбои в работе, проблемы во взаиморасчетах, действия конкурентов), несанкционированные отборы и хищения со стороны как посредников, так и отдельных юридических и физических лиц, возможные хулиганские диверсионные и иные злоумышленные действия на различных участках транспортной магистрали, недобросовестность потребителей, прежде всего, по вопросам оплаты за поставленный ресурс [6].

Таким образом, при проектировании, эксплуатации и совершенствовании систем транспортировки энергоресурсов необходимо учитывать не только факторы, связанные с издержками на транспортирование и ограничениями по пропускной способности отдельных сечений, но и факторы, относящиеся к надежности, безопасности, безаварийности и устойчивости процесса поставок [7].

Перейдем к описанию модели. В наиболее упрощенном рассмотрении систему энергоснабжения можно рассматривать как совокупность из трех взаимодействующих подсистем [8]:

а) производитель энергоресурсов - источник энергоресурсов (все объекты, которые выдают газ, тепло- и энергоресурс: установки комплексной подготовки газа, газоперерабатывающие заводы, подземные хранилища газа как источник поставок газа, электрические станции, теплоцентрали, котельные и т.п.);

б) сеть транспортных магистралей (участки газопроводов с компрессорными станциями, линии электропередач, тепловые магистрали и т.п.);

в) потребители – все объекты и субъекты, осуществляющие отбор газо-, электро- и теплоресурсов из транспортных магистралей.

Описанная система может быть формализована в виде взвешенного ориентированного графа, содержащего $n = n_{noc} + n_{nom} + n_{np}$ узлов, где n_{noc} - число поставщиков, n_{nom} - число потребителей, n_{np} - число транзитных (промежуточных) пунктов, связанных, в частности, с посредническими услугами, и m дуг, соединяющих эти узлы. Число входных узлов графа равно n_{noc} , число выходных - n_{nom} . Обозначим через N_{noc} и N_{nom} множества номеров поставщиков и потребителей соответственно. Для каждой дуги задается пропускная способность e_{ij} , то есть предельно допустимый объем потока энергоресурсов, который эта дуга может пропустить, c_{ij} - затраты, связанные с доставкой единичного потока энергоресурса из i -го узла в j -ый, а также векторы $\{d_{ij}(k) \ (k = \overline{1,4})\}$ и $\{L_{ij}(k) \ (k = \overline{1,4})\}$, где $d_{ij}(1)$ - оценка вероятности возникновения аварии на данном участке магистрали, $d_{ij}(2)$ - оценка вероятности несанкционированного хищения энергоресурса, $d_{ij}(3)$ - оценка вероятности злонамеренного действия, повреждающего или разрушающего участок магистрали, $d_{ij}(4)$ - оценка вероятности повреждения участка в результате различных стихийных (природных) явлений, техногенных аварий, $L_{ij}(k, x_{ij})$ - суммарная величина потерь и издержек, связанных с ликвидацией последствий каждого из перечисленных типов негативного воздействия на участок магистрали, соединяющий i -ый и j -ый узлы при условии, что объем поставок энергоресурса по данной дуге равен x_{ij} . Если i -ый и j -ый узлы непосредственно не связаны дугой, то полагаем $x_{ij} = 0$. Аналогичные векторы $\{d_i(k) \ (k = \overline{1,5})\}$ и $\{L_i(k, x_i) \ (k = \overline{1,4})\}$ задается для каждого узла, где $d_i(k)$ и для $k = \overline{1,4}$ интерпретируются аналогично $d_{ij}(k)$ применительно к i -ому узлу, а $d_i(5)$ и $L_i(5, x_i)$ - оценка вероятности блокировки узла и связанных с этим

потерь и издержек при условии, что суммарный объем энергоресурса, поступающей в i -ый узел, равен x_i . Очевидно, что $x_i = \sum_{j=1}^n x_{ji}$. Если узел i соответствует поставщику (потребителю), то для него задается наибольший предельный объем поставки S_i (наименьший предельный объем потребления T_i соответственно). Отметим, что в качестве потребителей могут выступать и промежуточные узлы, использующие часть ресурса на собственные нужды.

Требуется распределить поток поставок энергоресурсов от поставщиков к потребителям таким образом, чтобы суммарная величина затрат, потерь и издержек была бы минимальной с учетом выполнения всех балансовых ограничений. Данная задача может быть формализована следующим образом:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (c_{ij} x_{ij} + \sum_{k=1}^4 d_{ij}(k) L_{ij}(k, x_{ij})) + \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^5 d_i(k) L_i(k, \sum_{j=1}^n x_{ji}) \rightarrow \min,$$

при условии выполнения следующих соотношений:

а) объем поставок от каждого поставщика не превосходит его предельных возможностей: $\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq S_i$ для всех $i \in N_{noc}$;

б) объем поставок каждому потребителю должен быть не меньше его предельных потребностей: $\sum_{i=1}^n x_{ij} \geq T_j$ для всех $j \in N_{nom}$;

в) объем энергоресурса, передаваемого по каждой дуге, не должен превосходить ее пропускной возможности: $0 \leq x_{ij} \leq e_{ij}$ для всех $i, j = \overline{1, n}$;

г) для каждого узла разность объемов входящего и исходящего объемов энергоресурса должна быть равна объему потребления в этом узле:

$$\sum_{j=1}^n x_{ji} - \sum_{j=1}^n x_{ij} = T_i, \text{ где для } i \notin N_{nom} \text{ полагаем } T_i = 0.$$

В рамках данной модели самостоятельной проблемой является оценка всех ее параметров, и, в частности, функций потерь $L_{ij}()$ и $L_i()$. Анализ

показывает, что во многих ситуациях зависимость функций $L_{ij}(k, x_{ij})$ и $L_i(k, x_i)$ от x_{ij} и x_i имеет квадратичный характер, и в этом случае сформулированная задача представляет собой задачу квадратичного программирования. Наконец отметим, что если некоторый участок транспортной магистрали складывается из отдельных различающихся кусков, то, в предположении независимости нежелательных воздействий на транспортный участок на отдельных кусках магистрали, дополнительные вероятности $1 - d_{ij}(k)$ представляются в виде произведения аналогичных вероятностей для каждого из кусков.

Приведенная модель может быть обобщена на случай, когда возможно наличие потерь ресурса при его транспортировке (например, электроэнергии). Описанная в работе модель не учитывает динамику изменения характеристик системы в течение времени; например, вероятностей $d_{ij}(k)$ изменяются в течение суток, имеют сезонные отличия [9]. Поэтому в рамках данной модели при изменении параметров необходимо рассчитывать заново объемы поставок. Изменения характеристик системы во времени также могут быть учтены в рамках рассматриваемой модели [10].

Построенная формализованная модель позволяет реализовать более эффективную технологию транспортировки энергоресурсов с учетом требований по устойчивости функционирования системы.

Литература

1. Дебиев М.В., Попов Г.А. Анализ схем развития энергетических мощностей в регионе на основе сценарного подхода // Вестник АГТУ. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика, 2012. №1. С. 35-40.
2. Truffer, B., Markard, J., Binz, C., & Jacobsson, S. A literature review on Energy Innovation Systems: Structure of an emerging scholarly field and its



- future research directions. *EIS Radar Paper*. 2012, November. 40p. URL: eis-all.dk/upload/eis/eis_radarpaper_final.pdf.
3. Дебиев М.В., Попов Г.А. Моделирование процессов распределения ресурсов на уменьшение потерь энергоресурсов на примере Чеченской Республики //XXIV Международная научная конференция ММТТ-24. Саратов, 2011.Т.2. С.64-67.
 4. Илькевич Н. И., Исследования влияния цен и тарифов на газ, электро- и теплоэнергию для Уральского региона на стоимость продукции энергоемких потребителей // Известия Российской академии наук. Энергетика. 2007. N 2. С.154-159.
 5. Керимов И.А., Гайсумов М.Я., Ахматханов Р.С. Программа развития энергетики Чеченской Республики на 2011-2030 гг. // Наука и образование в Чеченской Республике: состояние и перспективы развития. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 10-летию со дня основания КНИИ РАН (7 апреля 2011 г., г. Грозный). Грозный, 2011. С.38-63.
 6. Bowden Nicholas, Payne James E. The causal relationship between U.S. energy consumption and real output: A disaggregated analysis, *Journal of Policy Modeling*, Elsevier, 2009, vol. 31(2). Pp. 180-188.
 7. Керимов И.А., Дебиев М.В, Магомадов Р.А-М, Хамсуркаев Х.И. Ресурсы солнечной и ветровой энергии Чеченской Республики // Инженерный вестник Дона, 2012, №1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2012/677.
 8. Керимов И.А., Дебиев М.В, Магомадов Р.А-М, Хамсуркаев Х.И. Использование гидроаккумулирующих агрегатов в энергосистеме Чеченской Республики // Инженерный вестник Дона, 2012, №1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2012/673.
 9. Бобряков Александр Владимирович. Разработка и реализация научно-
-

технических и управленческих методов повышения эффективности отраслевого энергопотребления бюджетной сферы: диссертация доктора технических наук : 05.14.04, 05.13.01; [Место защиты: Моск. энергет. ин-т].- Москва, 2007.- 367 с.: ил. РГБ ОД, 71 07-5/711.

10. Безруких П.П., Сидоренко Г.И. Основные методические положения выбора демонстрационных объектов возобновляемой энергетики (на примере Республики Карелия) // Энергетическая политика, Выпуск 4, 2004. С.8-21.

References

1. Debiev M.V., Popov G.A. Vestnik AGTU. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika, 2012. №1. Pp. 35-40.
2. Bernhard Truffer, Jochen Markard, Christian Binz, Staffan Jacobsson A literature review on Energy Innovation Systems Structure of an emerging scholarly field and its future research directions. 2012, November. 40p. URL: eis-all.dk/upload/eis/eis_radarpaper_final.pdf.
3. Debiev M.V., Popov G.A. XXIV Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya MMTT-24. Saratov, 2011.V.2. Pp.64-67.
4. Il'kevich N. I. Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk. Energetika. 2007. N 2. Pp.154-159.
5. Kerimov I.A., Gaysumov M.Ya., Akhmatkhanov R.S. Nauka i obrazovanie v Chechenskoy Respublike: sostoyanie i perspektivy razvitiya. Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 10-letiyu so dnya osnovaniya KNII RAN (7 aprelya 2011 g., g. Groznyy). Groznyy, 2011. Pp.38-63.
6. Bowden Nicholas, Payne James E. The causal relationship between U.S. energy consumption and real output: A disaggregated analysis, Journal of Policy Modeling, Elsevier, 2009, vol. 31(2). Pp. 180-188.
7. Kerimov I.A., Debiev M.V, Magomadov R.A-M, Khamsurkaev Kh.I.



- Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2012, №1 URL:
ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2012/677.
8. Kerimov I.A., Debiev M.V, Magomadov R.A-M, Khamsurkaev Kh.I.
Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2012, №1 URL:
ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2012/673.
9. Bobryakov Aleksandr Vladimirovich. Razrabotka i realizatsiya nauchno-
tekhnicheskikh i upravlencheskikh metodov povysheniya effektivnosti
otraslevogo energopotrebleniya byudzhetnoy sfery [Development and
realization of scientific-technical and managerial methods to improve the
efficiency of sectoral energy consumption in the budgetary sphere]:
dissertatsiya doktora tekhnicheskikh nauk : 05.14.04, 05.13.01. (Mesto
zashchity: Mosk. energet. in-t). Moskva, 2007. 367 p.: il. RGB OD, 71 07-
5/711.
10. Bezrukikh P.P., Sidorenko G.I. Energeticheskaya politika, Issue 4, 2004.
Pp.8-21.