

УДК 338.001.36

Беляев Евгений Игнатьевич, Куклите Йола Яновна

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯМИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Для повышения энергоэффективности управления предприятием тепловых сетей необходимо объективно сравнить управленческую деятельность разных компаний отрасли, работающих в разных регионах и в разных условиях, чтобы понять положение конкретной компании по уровню энергоэффективности управления. Имеющиеся предложения в этой области не учитывают объективно разные условия работы предприятий теплосетей.

Выполнены исследования нескольких предприятий теплосетей за период 2011–2015 годы. Предложен показатель для сравнения эффективности управления предприятиями тепловых сетей в области энергоэффективности, работающих в разных условиях – коэффициент энергоэффективности управления. Предложена методика и расчетные формулы для определения этого коэффициента.

Ключевые слова: Тепловые сети, предприятие, энергоэффективность, эффективность управления, удельный расход условного топлива, разность температур, тепловые потери.

Evgeniy Beliaev, Iola Kuklite

COMPARATIVE EVALUATION OF EFFECTIVENESS OF MANAGEMENT OF THE ENTERPRISES OF THERMAL NETWORKS

To improve the efficiency of the management of the enterprise of thermal networks it is necessary to objectively compare the management activities of different companies working in different regions and in different conditions to understand the specific situation of the company's energy efficiency management. Existing proposals in this area do not take into account objectively different conditions of operation of enterprises of heating systems.

The studies of several enterprises of heating systems over the period 2011–2015. The proposed measure for comparing the efficiency of management of the enterprises of thermal networks in the field of energy efficiency, working in different conditions – the coefficient of efficiency of management. The proposed method and calculation formulas for determining this factor.

Key words: Thermal network, enterprise, energy efficiency, management efficiency, specific consumption of conventional fuel, the temperature difference, the heat loss.

Введение / Introduction. В настоящее время в системе жилищно-коммунального хозяйства существует масса проблем, среди которых значительную долю занимают проблемы теплоснабжения жилого фонда. Решение многих из них напрямую связано с уровнем управления предприятиями тепловых сетей. Энергоменеджмент таких компаний должен быть «энергоэффективным». Для повышения энергоэффективности управления необходимо объективно сравнить управленческую деятельность разных компаний отрасли, работающих в разных регионах и в разных условиях, чтобы понять положение конкретной компании по уровню эффективности управления.

Материалы и методы / Materials and methods. В качестве объектов исследования были выбраны предприятия тепловых сетей, обеспечивающие теплом жилой сектор и административные здания. Использовались технико-экономические показатели этих предприятий за последние три-пять лет, находящиеся в открытом доступе. Кроме того, в ходе исследований использовались методологические данные в соответствующих расчетах.

Результаты и обсуждение / Results and discussion. Анализ литературных данных показывает, что за последние годы было сделано несколько попыток предложить те или иные показатели для объективной оценки эффективности работы предприятий тепловых сетей.

В работе [1] был предложено семь групп (!) показателей, применение которых достаточно громоздко. Другим подходом является предложение использовать в качестве базиса показателей размеры теплосети – суммарные значения объемов и поверхностей, образующих эту теплосеть, определяемых по их внутренним диаметрам и протяженностям на всех участках [2]. Сравнительную эффективность работы теплосетей предлагается оценивать отношением плотности теплопотерь к плотности потока тепловой энергии через виртуальное сечение этой же сети для транспорта теплоты. Эти показатели чисто технически очень сложно рассчитать. Теплосеть не имеет столько точных данных по своей структуре. Кроме того, этот показатель затрагивает только лишь эффективность передачи тепла потребителю по тепловой сети, т. е. тепловые потери. Работу же котельных данный показатель не охватывает. В работе [3] был сделан анализ эффективности теплоснабжающих организаций Европейской части России по результатам работы за 2012 год. Сравнительным показателем был выбран удельный расход условного топлива. Однако ни размер организации, ни характер объектов, ни климатические условия, которые отличаются для каждого объекта, не были учтены. Следовательно, известный показатель условного расхода топлива без учета конкретной ситуации не может являться сравнительным показателем работы разных теплосетей.

Таким образом, появляется задача разработки достаточно простого показателя сравнительной эффективности работы предприятий тепловых сетей, который будет учитывать технические характеристики объекта, климатические условия, сжигаемое топливо и другие характеристики. Такой показатель позволит сравнивать разные предприятия тепловых сетей, находящихся в разных регионах, и станет инструментом для повышения эффективности работы предприятия тепловых сетей.

Таким показателем может быть удельный расход условного топлива на единицу реализованной теплоэнергии, г/Гкал. В этом случае наличие потерь тепла будет ухудшать данный показатель, и, наоборот, повышение энергоэффективности усилиями руководства будет повышать этот показатель. В результате на данный показатель будут влиять объективные факторы, связанные с конкретными условиями, в которых работает компания, и субъективные факторы, которые зависят от уровня энергоэффективности управления предприятием тепловых сетей. Для решения этой задачи были проанализированы показатели работы предприятий теплосетей за период с 2011 по 2015 годы, находящиеся в открытом доступе, по городам Ставрополю, Краснодару, Волгограду, Нижнему Новгороду, Самаре, Смоленску [4].

В качестве объективных факторов, влияющих на предложенный показатель, были первоначально определены:

- длительность отопительного периода, дней;
- средняя температура отопительного периода, °С ;
- средняя скорость ветра за отопительный период, м/с;
- удельная нагрузка теплосети (потребители), Гкал/км;
- суммарная длина тепловых сетей, км;
- средняя разность внутренней и наружной температур за отопительный период, °С.

Кроме того, на величину удельного расхода условного топлива влияет вид сжигаемого топлива. Если сжигается газ, то в пересчете на условное топливо его величина будет меньше, чем если бы это был, например, уголь. Поэтому при сравнении разных предприятий тепловых сетей необходимо учитывать виды сжигаемого топлива в общем объеме. Чтобы исключить влияние сжигания разных видов топлива при сравнении эффективности управления в разных компаниях, необходимо привести конкретный набор видов топлива в сжигаемом объеме к одному виду. Таким топливом удобно выбрать газ. Тогда для предприятий, сжигающих только газ, удельный расход условного топлива останется без изменений, а для предприятий, сжигающих и другие виды топлива, эта величина будет скорректирована в меньшую сторону, чтобы получить приведенный (к газу) удельный расход топлива. Такое приведение выполнялось при помощи данных [5], а результаты представлены в таблице.

Таблица

Нормативы расхода топлива

Виды топлива	Средненормативный расход условного топлива, г/Гкал	Поправочный коэффициент расхода условного топлива, KPT_i
Газ	155,3	1
Мазут	158,4	1,02
Уголь	176,6	1,137
Дрова	173,8	1,119

Если использовать KPT_i , то можно получить для каждой компании поправочный коэффициент расхода условного топлива с учетом сжигания разных его видов в разных пропорциях по формуле

$$KPT = \sum KPT_i \cdot K_i, \quad (1)$$

где, KPT_i – коэффициент расхода условного топлива для мазута, угля, дров или газа; K_i – доля газа, мазута, угля и дров в общем расходе условного топлива.

В этом случае приведенный расход условного топлива на 1 Гкал отпущенной тепловой энергии с учетом поправочного коэффициента определится соотношением:

$$B_{\text{пр}}^{\Phi} = B_{\Phi} / KPT, \quad (2)$$

где B_{Φ} – фактический расход топлива.

Если теперь использовать полученное значение приведенного расхода условного топлива в качестве функции, то можно исследовать влияние указанных выше факторов на ее величину независимо от видов сжигаемого топлива. В результате решения этой задачи можно получить уравнение следующего вида:

$$y = A_0 + A_1 x_1 + A_2 x_2 + A_n x_n, \quad (3)$$

где y – приведенный расход условного топлива на 1 Гкал реализованной теплоэнергии; $A_0, A_1, A_2, \dots, A_n$ – коэффициенты регрессии в соответствии с факторами влияния; x_i – значения факторов.

Регрессионный анализ собранной базы данных позволяет найти A_0 и коэффициенты при выбранных факторах.

Удельный расход условного топлива в каждой компании можно представить в виде постоянной и переменной частей, что следует из уравнения регрессии. Переменная часть будет зависеть от значений факторов, а постоянная часть не будет зависеть от значений факторов, а определится уровнем эффективности управления компанией.

Если из уравнения приведенного расхода условного топлива вычесть переменную составляющую, то останется постоянная часть:

$$A_0 = y - \sum_1^n A_i x_i. \quad (4)$$

Если имеются данные по приведенному расходу условного топлива (2), то, рассчитав переменную часть, зависящую от объективных факторов, можно найти и постоянную часть приведенного расхода топлива по формуле (4).

Если далее ввести понятие коэффициента энергоэффективности управления (КЭУ), то можно записать

$$A_{0i}^{\Phi} = A_0 / KЭУ_i, \quad (5)$$

где среднестатистическое значение A_0 , полученное в уравнении регрессии будет связано с индивидуальной для каждой компании постоянной частью условного расхода топлива через коэффициент энергоэффективности управления:

$$KЭУ_i = A_0 / A_{0i}^{\Phi}, \quad (6)$$

Таким образом, если $KЭY_i > 1$, то руководство компании работает более эффективно, чем среднестатистическое предприятие. Если $KЭY_i < 1$, значит, компания менее эффективна по отношению к среднестатистическим данным.

Объединяя приведенные выше соотношения, можно получить:

$$\frac{B_{\text{у.т.}}^{\Phi}}{KPT} = A_{0i}^{\Phi} \cdot KЭY + \sum_1^n A_i x_i, \quad (7)$$

где $B_{\text{у.т.}}^{\Phi}$ – фактический расход условного топлива; KPT – коэффициент расхода топлива (учет разных видов топлив используемых в компании).

В результате применения указанного подхода для сравнения энергоэффективности управления предприятиями тепловых сетей [4] было получено искомое уравнение регрессии по форме (3). При этом использовалась приведенная матрица значений факторов в относительных единицах (по отношению к средним значениям факторов). Уравнение приведено ниже:

$$y = 136,56 - 8,37x_1 + 18,29x_2 + 11,71x_3 + 6,08x_4, \quad (8)$$

где x_1 – длительность отопительного периода, дней; x_2 – средняя скорость ветра за отопительный период, м/с; x_3 – удельная нагрузка теплотрассы, Гкал/км; x_4 – средняя разность внутренней и наружной температур за отопительный период, °С.

Из уравнения видно, что факторы в соответствии с полученным уравнением либо увеличивают приведенный удельный расход условного топлива, либо его уменьшают. Наиболее сильное влияние оказывает средняя скорость ветра за отопительный период. Наименьшее влияние оказывает средняя разность внутренней и наружной температур за отопительный период. Средняя температура отопительного периода и суммарная длина тепловых сетей практически не оказывают влияния и в уравнение регрессии не вошли. Эта часть первоначально выбранных факторов была исключена в ходе регрессионного анализа по причине очень малой значимости.

Разработанная методика применения показателя энергоэффективности управления для повышения эффективности работы предприятия тепловых сетей представлена ниже.

1. Определяется поправочный коэффициент расхода условного топлива в зависимости от видов используемого топлива:

$$KPT = \sum KPT_i \cdot K_i, \quad (9)$$

где KPT_i – коэффициент расхода условного топлива для мазута, угля, дров и газа (таблица); K_i – доля газа, мазута, угля и дров в общем расходе условного топлива.

2. Вычисляется приведенный расход условного топлива на 1 Гкал реализованной тепловой энергии с учетом поправочного коэффициента:

$$B_{\text{пр}}^{\Phi} = B_{\Phi} / KPT, \quad (10)$$

где B_{Φ} – фактический расход условного топлива предприятия на 1 Гкал реализованной тепловой энергии.

3. Определяются значения факторов, влияющих на коэффициент расхода условного топлива:
 x_1 – длительность отопительного периода, дней;
 x_2 – средняя скорость ветра за отопительный период, м/с;
 x_3 – удельная нагрузка теплотрассы, Гкал/км;
 x_4 – средняя разность внутренней и наружной температур за отопительный период, °С.
4. Вычисляются относительные значения этих же факторов по отношению к базовым значениям:

$$x_i = \frac{x_{i\text{факт.}}}{x_i^{\text{баз}}}, \quad (11)$$

где $x_1^{\text{баз}} = 91,9$ дня; $x_2^{\text{баз}} = 4,7$ м/с; $x_3^{\text{баз}} = 5\,749$ Гкал/км; $x_4^{\text{баз}} = 14,8$ °С

5. Определяется переменная часть приведенного расхода условного топлива на 1 Гкал реализованной теплоэнергии на основе полученного уравнения регрессии:

$$\sum A_i x_i = -8,37x_1 + 18,29x_2 - 11,71x_3 + 6,08x_4, \quad (12)$$

где x_1 – длительность отопительного периода, дней; x_2 – средняя скорость ветра за отопительный период, м/с; x_3 – удельная нагрузка теплосети, Гкал/км; x_4 – средняя разность внутренней и наружной температур за отопительный период, °С.

6. Вычисляется постоянная часть приведенного удельного расхода условного топлива на 1 Гкал реализованной теплоэнергии, зависящая от энергоэффективности управления предприятием:

$$A_{0i}^{\phi} = B_{np}^{\phi} - \sum A_i x_i. \quad (13)$$

7. Находится коэффициент энергоэффективности управления компанией:

$$КЭУ_i = \frac{A_0}{A_{0i}^{\phi}}, \quad (14)$$

где $A_0 = 136,56$ г/Гкал;

8. На основе определенного коэффициента энергоэффективности управления (КЭУ) делается вывод об успешности или неуспешности управления. Если $КЭУ_i > 1$, то компания работает более эффективно, чем среднестатистическая ($КЭУ = 1$). Если $КЭУ_i < 1$, значит, компания менее эффективна по отношению к средней ситуации в отрасли.
9. На основе полученного объективного сравнения положения предприятия в отрасли определяются причины сложившейся ситуации, на основе которых разрабатывается стратегия повышения энергоэффективности предприятия.

Область применения указанной методики: предприятия тепловых сетей, имеющие собственную генерацию; средняя скорость ветра за отопительный период 4,3–5,2 м/с; средняя разность внутренней и наружной температур воздуха за отопительный период 11,3–19,6 °С; удельная нагрузка теплосети 3172,1–8382,2 Гкал/км; длительность отопительного периода 164–219 дней.

Заключение / Conclusion. По мере развития ситуации в отрасли среднестатистические показатели будут меняться. Поэтому базовые значения факторов, использующихся в разработанной методике, нуждаются в периодическом обновлении.

Применение указанной методики для сравнения энергоэффективности управления предприятиями тепловых сетей городов Краснодар, Ставрополь, и Волгоград дает следующие значения коэффициента энергоэффективности управления: Ставрополь – 0,973; Краснодар – 1,013; Волгоград – 1,027. В данном случае мы видим, что наиболее энергоэффективное управление предприятием тепловых сетей в г. Волгограде.

ЛИТЕРАТУРА И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

1. Колыхаева Ю. А., Филюшина К. Э. Комплексная оценка эффективности функционирования системы теплоснабжения // Экономические проблемы регионов и отраслевых комплексов. Проблемы современной экономики. 2012. № 1 (41). С. 322–325.
2. Байрашевский Б. А. Оценка теплопотерь и эффективности работы тепловых сетей // Блог инженера-теплотехника, 2016 [Электронный ресурс]. URL: <http://teplosniks.ru/teplosnabzhenie/ocenka-teplotopoter-i-effektivnosti-raboty-teplovux-setej.html> (дата обращения: 17.10.2017).
3. Парий А. В., Лысов А. В. Сравнительный анализ эффективности теплоснабжающих организаций Европейской части России по результатам работы за 2012 год // Новости теплоснабжения 2014. № 3 (163). С. 12–17.
4. Беляев Е. И., Подковальникова А. В., Повышение эффективности работы предприятий теплоснабжения. Актуальные проблемы строительства, транспорта, машиностроения и техносферной безопасности // Материалы V-й ежегодной научно-практической конференции Северо-Кавказского федерального университета «Университетская наука – региону», Ставрополь: ООО ИД «ТЭСЭРА» СКФУ, 2017. С. 4–6.

5. Приказ Минэнерго России от 30.12.2008 № 323 (ред. от 30.11.2015) «Об утверждении порядка определения нормативов удельного расхода топлива при производстве электрической и тепловой энергии» (вместе с «Порядком определения нормативов удельного расхода топлива при производстве электрической и тепловой энергии») (Зарегистрировано в Минюсте России 16.03.2009 № 13512). [Электронный ресурс] // Справ.-правовой система «КонсультантПлюс».

REFERENCES AND INTERNET RESOURCES

1. Kolyhaeva Ju. A., Filjushina K. Je. Kompleksnaja ocenka jeffektivnosti funkcionirovanija sistemy teplosnabzhenija, Jekonomicheskie problemy regionov i otraslevyh kompleksov (Complex estimation of efficiency of functioning of heating system) // Problemy sovremennoj jekonomiki. 2012. No 1 (41). Pp. 322–325.
2. Bajrashevskij B. A. Ocenka teplopoter' i jeffektivnosti raboty teplovyh setej. (Evaluation of heat losses and efficiency of heating networks) // Blog Inzhenera-teplotehnika, 2016. URL: <http://teplosniks.ru/teplosnabzhenie/ocenka-teplopoter-i-jeffektivnosti-raboty-teplovyx-setej.html> (data obrashhenija: 17.10.2017).
3. Parij A. V., Lysov A. V. Sravnitel'nyj analiz jeffektivnosti teplosnabzhajushhih organizacij Evropejskoj chasti Rossii po rezul'tatam raboty za 2012 god (Comparative analysis of efficiency of heat supply organizations of the European part of Russia on results of work in 2012) // Novosti teplosnabzhenija. 2014. No 3 (163). Pp. 12–17.
4. Beljaev E. I., Podkoval'nikova A. V., Povyshenie jeffektivnosti raboty predpriyatij teplosnabzhenija. Aktual'nye problemy stroitel'stva, transporta, mashinostroenija i tehnosfernoj bezopasnosti (Improving the efficiency of the heat supply companies. Actual problems of building, transport, machine-building and technosphere safety) // Materialy V ezhegodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii Severo-Kavkazskogo federal'nogo universiteta «Universitetskaja nauka – regionu». Stavropol': OOO ID «TJeSJeRA» SKFU, 2017. Pp. 4–6.
5. Prikaz Minjenergo Rossii ot 30.12.2008 N 323 (red. ot 30.11.2015) «Ob utverzhdenii porjadka opredelenija normativov udel'nogo rashoda topliva pri proizvodstve jelektricheskoi i teplovoj jenerгии» (vmeste s «Porjadkom opredelenija normativov udel'nogo rashoda topliva pri proizvodstve jelektricheskoi i teplovoj jenerгии») (Zaregistrirovano v Minjuste Rossii 16.03.2009 N 13512). [Elektronnyj resurs] // Sprav.-pravovaya sistema «Konsul'tantPljus».

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Беляев Евгений Игнатьевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры теплогазоснабжения и экспертизы недвижимости, Инженерный институт Северо-Кавказского федерального университета. E-mail: e.belyaev@mail.ru

Куклите Иола Яновна, ассистент кафедры теплогазоснабжения и экспертизы недвижимости, Инженерный институт Северо-Кавказского федерального университета. E-mail: iola67@mail.ru

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Evgeniy Beliaev, associate professor, candidate of technical Sciences, associate professor of Department of heat and gas supply and appraisal of real estate, the Engineering Institute of North-Caucasus Federal University, the city Stavropol, Kulakov prospect, 2. E-mail: e.belyaev@mail.ru.

Iola Kuklite, assistant of Department of heat and gas supply and appraisal of real estate, the Engineering Institute of North-Caucasus Federal University, the city Stavropol, Kulakov prospect, 2. E-mail: iola67@mail.ru