

## **К ВОПРОСУ ОБ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ПРОЕКТОВ МОДЕРНИЗАЦИИ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ**

**Н. Д. Денисов-Винский**

*Начальник отдела энергетических обследований ООО  
«Промтехэкспертиза»*

**В. А. Афанасьев**

*Директор по научной работе ЗАО «НИИРЦ «Сириус»*

Энергетическое обследование объектов генерации, которое сегодня рассматривается как некая «обязаловка», должно стать первым этапом создания перспективного с инвестиционной точки зрения проекта модернизации котельной с заменой изношенного оборудования или надстройкой мини-ТЭЦ. Оценить потенциал его инвестиционной привлекательности позволяет методика экспресс-анализа источника или группы источников тепловой энергии.

Основная задача энергетического обследования (ЭО) котельных сводится к составлению баланса между потребленными топливно-энергетическими ресурсами (ТЭР) и количеством выработанной тепловой энергии, которая в виде пара или горячей воды идет на нужды потребителя. Следствием ЭО может быть оценка потенциала энергосбережения, а также выбор тех мероприятий, с помощью которых он может быть в той или иной степени реализован. Любая модернизация подразумевает вложение средств в приобретение нового современного оборудования или комплексную замену исчерпавших свой ресурс узлов. Благодаря снижению себестоимости тепловой энергии за счет меньшего использования ТЭР при условии сохранения количества отпускаемой продукции прибыль будет увеличиваться, что сделает внедрение энергосберегающих программ на данном объекте потенциально привлекательными для инвесторов. Таким образом, из вышесказанного следует, что чем энергозатратнее

объект с точки зрения работы оборудования, тем больше приток инвестиций. Подобное утверждение справедливо в том случае, если котельная не является убыточной, то есть затраты на производство тепловой энергии (включая расходы на оплату труда персонала, ремонт и обслуживание установок) как минимум равны выручке от ее продажи.

Для получения тепловой энергии в котельной необходимо топливо, электрическая энергия (ЭЭ), тепло, вода, а также оборудование по сбросу сточных вод в систему канализации. Если за единицу тепловой энергии от котельной принять одну гигакалорию — 1 Гкал, то относительные величины, показывающие, какое количество того или иного ресурса идет на выработку 1 Гкал тепловой энергии, могут быть обозначены так: для топлива (природного газа) —  $\text{нм}^3/\text{Гкал}$ , для ЭЭ —  $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{Гкал}$ , для тепловой энергии —  $\text{Гкал}/\text{Гкал}$ , для воды —  $\text{м}^3/\text{Гкал}$  и для «канализации» —  $\text{м}^3/\text{Гкал}$ . Все указанные параметры полностью характеризуют технологический процесс производства тепловой энергии в котельной и будут варьироваться при его усовершенствовании.

Однако стоит напомнить, что в себестоимость тепловой энергии входят также затраты на содержание персонала котельной, покупку расходных материалов, проведение плановых и внеплановых ремонтов оборудования. Модернизация же нацелена на их сокращение — как за счет использования современных средств автоматизации и контроля, так и за счет запуска новых установок, не требующих особых затрат на ремонт и обслуживание.

В зависимости от эффективности работы котельных эти показатели будут меняться. Чем экономнее объект расходует ТЭР, тем они меньше, и наоборот.

Для оценки потенциала энергосбережения источников тепловой энергии в качестве исходных возьмем данные экспресс-обследования

14 котельных МУП «Теплосеть» Московской области за 2004 г. (табл. 1), работающих на природном газе. На основании полученных результатов можно будет подготовить техническое задание на проведение комплексного энергетического обследования, технико-экономическое обоснование внедрения энергосберегающих мероприятий, рассчитать их стоимость, а также срок окупаемости предполагаемых инвестиций. Поскольку комплексное энергетическое обследование требует немалых финансовых и временных затрат, перед его осуществлением следует выявить котельные с максимальным потенциалом энергосбережения. Сделать это можно с помощью представленной в статье методики.

Табл. 1. Потребленные энергоресурсы и количество выработанной тепловой энергии котельными МУП «Теплосеть» (Московская область) за 2004 г.

№ котельной	Топливо,	ЭЭ,	Вода,	Канализация,	Реализованная тепловая энергия
	тыс. м <sup>3</sup>	МВт·ч	тыс. м <sup>3</sup>	тыс. м <sup>3</sup>	Гкал
1	3044,04	990,01	33,86	26,56	11 888,1
2	819,12	221,06	16,72	15,36	5988,43
3	411,3	219,82	10,3	6,59	2909,87
4	505,96	111,86	3,46	1,76	2856,67
5	573,65	89,25	5,16	3,48	3965,11
6	10260	2428,3	113,1	86,64	69 343,45
7	820,75	188,22	24,99	20,64	4716,13
8	15733,62	2876,4	184,87	199,89	93 683,96
9	1432,56	235,96	39,59	36,03	12 650,79
10	8111,62	1557,39	182	157,45	53 442,55
11	237,81	35,25	0,38	0,23	1322,99
12	4453,56	878,66	194,25	160,77	18 975,34
13	3114	507,64	84,74	72,73	20 993,74
14	257,91	58,32	0,51	0,43	1436,06

Как правило, экспресс-обследование включает в себя анализ объема использованного топлива, электрической и тепловой энергии, воды и «канализации», а также тепловой энергии, полученной в котельной за установленный временной интервал. Топливо, ЭЭ, вода и «канализация» — приобретаемые ресурсы, а тепло непосредственно вырабатывается в котельной и частично расходуется на собственные технологические нужды (водоподготовку, подогрев мазута). Поскольку исследование проводится для всей котельной, а не для отдельного агрегата – котла, данные по тепловой энергии для внутренних целей не учитываются, так как они косвенно входят в количество отпущенной тепловой энергии котельной.

Экспресс-обследование ставит перед собой задачу оценить потенциал энергосбережения котельной или группы котельных без какой-либо привязки к конкретному оборудованию. В расчет принимаются только интегральные показатели потребленных ТЭР, а также объем произведенной тепловой энергии. Данная методика не требует длительного присутствия энергоаудитора на объекте, что позволяет экономить время работы этих специалистов, а также денежные средства заказчика. К тому же на основе данных, полученных в рамках экспресс-обследования, можно не только определить самый убыточный источник тепловой энергии из общего числа тестируемых (пример описан в статье), но и указать те ТЭР, которые нерационально расходуются в отдельно взятой котельной. Несмотря на то, что с утверждением Федерального закона от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» практически все котельные подпадают под обязательное энергетическое обследование вне зависимости от того, насколько разумно они используют ТЭР, предложенная методика дает возможность в первом приближении

определить инвестиционную привлекательность проекта модернизации котельной.

Для дальнейших операций взяты действующие на тот момент тарифы на ТЭР:

- природный газ — 1,15 руб./м<sup>3</sup>,
- электроэнергию — 1,3 руб./кВт·ч,
- воду — 8 руб./м<sup>3</sup>,
- «канализацию» – 5,5 руб./м<sup>3</sup>.

Первый этап подразумевает анализ количественной и стоимостной составляющей каждого ТЭР в единице тепловой энергии от котельной. Расчеты по топливу, электроэнергии, воде и «канализации» представлены в таблице 2.

Табл. 2. Удельная составляющая каждого ТЭР в единице выработанной тепловой энергии

№ котельной	Удельное потребление			
	топливо, м <sup>3</sup> /Гкал	ЭЭ, кВт·ч /Гкал	вода м <sup>3</sup> /Гкал	«канализация» м <sup>3</sup> /Гкал
1	256,06	83,28	2,85	2,23
2	136,78	36,91	2,79	2,56
3	141,35	75,54	3,54	2,26
4	177,12	39,16	1,21	0,62
5	144,67	22,51	1,30	0,88
6	147,96	35,02	1,63	1,25
7	174,03	39,91	5,30	4,38
8	167,94	30,70	1,97	2,13
9	113,24	18,65	3,13	2,85
10	151,78	29,14	3,41	2,95
11	179,75	26,64	0,29	0,17
12	234,70	46,31	10,24	8,47
13	148,33	24,18	4,04	3,46
14	179,60	40,61	0,36	0,30
Минимальное значение	113,24	18,65	0,29	0,17
Максимальное значение	256,06	83,28	10,24	8,47

Данные таблицы 2 могут служить отправной точкой анализа работы оборудования котельной. Так, можно заключить, что максимальная доля природного газа и электроэнергии в 1 Гкал тепловой энергии — в котельной № 1, воды и «канализации» — в котельной № 12; минимальная доля природного газа в 1 Гкал тепловой энергии — в котельной № 9, которая оказалась также самой экономичной по затратам электроэнергии. По расходу воды и услугам канализации наиболее экономичной стала котельная № 11.

На основе указанных в таблице 2 значений можно выстроить графики, в количественном выражении отражающие потенциал энергосбережения каждой котельной. Это наглядно демонстрируют рисунки 1 и 2, где горизонтальной линией обозначен уровень наименьшего удельного потребления того или иного ТЭР и «канализации» на получение 1 Гкал тепловой энергии (для природного газа и электрической энергии соответственно). Разница между величиной удельного потребления ТЭР и «канализации» в котельной и наименьшим относительным значением характеризует потенциал энергосбережения по тому или иному топливно-энергетическому ресурсу. В таблице 3 приведены данные расчета по удельным показателям, в таблице 4 — по показателям в денежной форме (в соответствии с указанными выше тарифами).

### Удельное потребление топлива

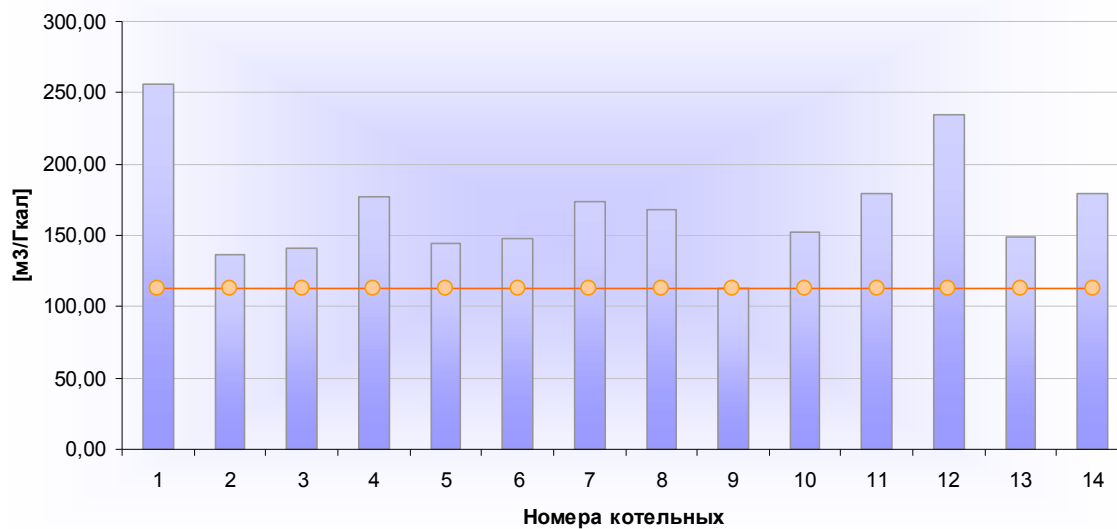


Рис. 1. Удельное потребление топлива котельными на выработку 1 Гкал тепловой энергии. Потенциал экономии топлива

### Удельное потребление электроэнергии

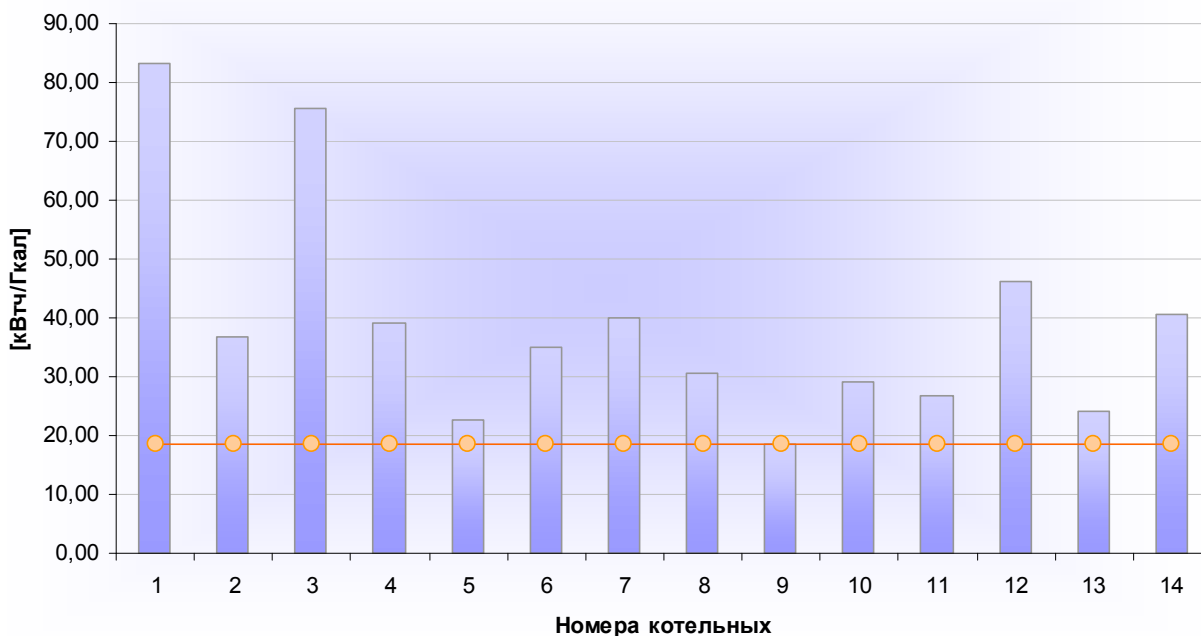


Рис. 2. Удельное потребление электроэнергии котельными на выработку 1 Гкал тепловой энергии. Потенциал экономии ЭЭ

Табл. 3. Потенциал энергосбережения для каждой котельной в удельных показателях ТЭР

№ котельной	Потенциал энергосбережения ТЭР			
	топливо, м <sup>3</sup> /Гкал	ЭЭ, кВт·ч /Гкал	вода, м <sup>3</sup> /Гкал	канализация, м <sup>3</sup> /Гкал
1	142,82	64,63	2,56	2,06
2	23,54	18,26	2,50	2,39
3	28,11	56,89	3,25	2,09
4	63,88	20,51	0,92	0,45
5	31,43	3,86	1,01	0,71
6	34,72	16,37	1,34	1,08
7	60,79	21,26	5,01	4,21
8	54,70	12,05	1,68	1,96
9	0,00	0,00	2,84	2,68
10	38,54	10,49	3,12	2,78
11	66,51	7,99	0,00	0,00
12	121,46	27,66	9,95	8,30
13	35,09	5,53	3,75	3,29
14	66,36	21,96	0,07	0,13

Табл. 4. Потенциал энергосбережения для каждой котельной в удельном денежном выражении. Суммарный потенциал на единицу выработанной тепловой энергии 1 Гкал

Номер котельной	Потенциал энергосбережения, руб.				Суммарный потенциал, руб./Гкал
	Топливо, руб./Гкал	ЭЭ, руб./Гкал	Вода, руб./Гкал	Канализация, руб./Гкал	
1	164,24	84,02	20,48	11,33	280
2	27,07	23,74	20,00	13,15	84
3	32,33	73,96	26,00	11,50	144
4	73,46	26,66	7,36	2,48	110
5	36,14	5,02	8,08	3,91	53
6	39,93	21,28	10,72	5,94	78
7	69,91	27,64	40,08	23,16	161
8	62,91	15,67	13,44	10,78	103
9	0,00	0,00	22,72	14,74	37
10	44,32	13,64	24,96	15,29	98
11	76,49	10,39	0,00	0,00	87
12	139,68	35,96	79,60	45,65	301
13	40,35	7,19	30,00	18,10	96
14	76,31	28,55	0,56	0,72	106

«Денежный» потенциал энергосбережения получен умножением данных таблицы 3 на соответствующий тариф и позволяет с помощью интегрального показателя суммарного перерасхода ТЭР (ст. 6 табл. 4) выявить котельные, где относительные затраты на отдельные виды ТЭР, а также услуги по приему сточных вод системой канализации на 1 Гкал тепловой энергии являются максимальными.

Из таблицы 4 видно, что наибольший потенциал энергосбережения имеет котельная № 12. Однако необходимо помнить, что это значение отнесено к 1 Гкал тепловой энергии и не является общим показателем потенциальной экономии денежных средств, так как не учитывает объемы выработанного тепла. Так, если брать во внимание количество тепловой энергии, произведенное конкретной котельной в заданный промежуток времени, то рейтинг котельных по потенциальной экономии денежных средств может измениться (табл. 5).

Табл. 5. Ранжирование котельных по потенциалу энергосбережения (экономии денежных средств) на 1 Гкал тепловой энергии и суммарной выработке тепловой энергии за определенный срок

№ котельной	Потенциал энергосбережения, отнесенный к 1 Гкал,	№ котельной	Потенциальная экономия денежных средств в заданный период,
	руб./Гкал		руб.
12	301	8	9 649 448
1	280	12	5 711 577
7	161	6	5 408 789
3	144	10	5 237 370
4	110	1	3 328 668
14	106	13	2 015 399
8	103	7	759 297
10	98	2	503 028
13	96	9	468 079
11	87	3	419 021
2	84	4	314 234
6	78	5	210 151
5	53	14	152 222
9	37	11	115 100

Из таблицы 5 вытекает следующее: максимальный потенциал энергосбережения на 1 Гкал тепловой энергии у котельной № 12, но самые большие убытки за оговоренный срок принесла котельная № 8, потенциал энергосбережения которой на 1 Гкал почти в три раза меньше; у котельной № 6 потенциал энергосбережения вдвое ниже, чем у котельной № 3, но реальных убытков почти в 13 раз больше.

Таким образом, в первом приближении потенциально привлекательными по вложению средств в модернизацию можно считать первые 6 котельных из правой части таблицы 5. На этих объектах целесообразно провести комплексное энергетическое

обследование, подготовить технико-экономическое обоснование внедрения энергосберегающих мероприятий, определить их стоимость и срок окупаемости предполагаемых инвестиций.

Комплексное энергетическое обследование заключается в детальном изучении источника тепловой энергии, систем транспортировки и функционирования ЦТП. Первый этап, как правило, подразумевает анализ работы котлов, а именно определение КПД каждого агрегата в заданный промежуток времени согласно суточным ведомостям его загрузки. При отсутствии индивидуального учета затрат энергоносителя на каждый котел его работа оценивается по данным суточной ведомости и режимной карты, что позволяет с высокой точностью рассчитать КПД котла. Данные режимной карты в случае давности срока оформления либо каких-либо изменений в конструкции котла, могут быть пересмотрены и уточнены. Результатом такого анализа являются сведения по потребленным ТЭР для каждого котла в каждом месяце (график работы котлов), а также параметрам их функционирования в параллельном режиме (если в котельной установлено несколько параллельно работающих котлов).

После этого оценивается работа вспомогательного оборудования — мазутного хозяйства, систем газоснабжения, подачи и отвода воздуха, химической подготовки воды, горячего водоснабжения, электроснабжения.

Предполагается, что в отчет будут включены следующие пункты:

- назначение котельной и характеристики оборудования;
- анализ тепловой схемы;
- сводные данные по производству и распределению тепловой энергии (в частности, по динамике выработанной и отпущенной потребителям тепловой энергии, динамике тарифов на тепловую энергию и ТЭР и пр.);
- оценка эффективности использования приобретаемых ТЭР;

- анализ эффективности функционирования котельной (котлов и вспомогательного оборудования);

- основные технико-экономические показатели работы системы теплоснабжения котельной.

Отчет также содержит рекомендации по энергосбережению с оценкой их экономической эффективности и срока окупаемости. Они касаются не только модернизации оборудования или покупки нового, но и оптимизации работы существующего.

Сделанные выводы во многом относительны, так как среди обследуемых котельных вряд ли есть объекты с современным оборудованием и, как следствие, оптимальными показателями расхода ТЭР для производства тепловой энергии. Однако если ориентироваться на удельные составляющие каждого ТЭР в единице тепловой энергии, полученной на оснащенной высокотехнологичными установками котельной, то показатели таблиц 3—5 только возрастут. И здесь уже придется говорить не о перспективах модернизации котельной, а о частичной или полной замене оборудования, так как усовершенствование устаревших агрегатов вряд ли позволит достичь результатов использования ТЭР, аналогичных котельной с современным оборудованием.

**ОБ АВТОРАХ:**

**Никита Дмитриевич Денисов-Винский**

*Начальник отдела энергетических обследований ООО «Промтехэкспертиза»*

Окончил МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Энергомашиностроение». Проходил стажировку в Мюнхенском техническом университете, кафедра «Энергетических систем».

Опыт проведения энергетических обследований, энергоаудита и энергосервиса приобрел в Московском институте энергобезопасности и энергосбережения и компании «SIEMENS».

Темой энергетических обследований занимается более 10 лет. Является одним из методологов проведения энергетических обследований.

**Владимир Александрович Афанасьев,**

*Директор по научной работе ЗАО «НИИРЦ «Сириус»*

Ветеран атомной энергетики и промышленности, ведущий специалист в области энергосбережения и энергоэффективности использования топливно-энергетических ресурсов.