

*О.А. Дабдина, А.Г. Даниленко*

(Тульский государственный университет; e-mail: olga.dabdina@yandex.ru)

## **АНАЛИЗ ИСТОЧНИКОВ ПОТЕРЬ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ**

*Проведён анализ основных источников потерь при производстве тепловой энергии на примере котельной, расположенной в Тульской области. Материалы могут быть полезны при решении проблем техносферной безопасности.*

*Ключевые слова: основные источники потерь, котельная.*

*O.A. Dabdina, A.G. Danilenko*

## **ANALYSIS OF THE SOURCES OF LOSS OF HEAT ENERGY**

*The analysis of the main sources of losses in the production of heat energy by the example of the boiler room located in the Tula region. The material can be helpful in solving the problems of technosphere safety.*

*Key words: the main sources of losses, boiler room.*

Согласно основным положениям (Концепции) технической политики в электроэнергетике России на период до 2030 г., на объектах теплоснабжения должна быть создана информационно-аналитическая база данных и организован мониторинг всех действующих систем теплоснабжения для определения реальных затрат энергоресурсов, расходуемых на теплоснабжение.

Для оценки эффективности работы любой системы, в том числе теплоэнергетической, обычно используется обобщённый физический показатель – **коэффициент полезного действия (КПД)**, представляющий собой отношение величины полученной полезной работы (энергии) к затраченной. Последняя, в свою очередь, представляет собой сумму полученной полезной работы (энергии) и потерь, возникающих в системных процессах. Таким образом, увеличения КПД системы (а значит и повышения её экономичности) можно достигнуть только снижением величины непроизводительных потерь, возникающих в процессе работы. Это и является главной задачей энергосбережения.

Основной же проблемой, возникающей при решении этой задачи, является выявление наиболее крупных составляющих этих потерь и выбор оптимального технологического решения, позволяющего значительно снизить их влияние на КПД. Причём каждый конкретный объект – цель энергосбережения – имеет ряд характерных конструктивных особенностей и составляющие его тепловых потерь различны по величине. И всякий раз, когда речь заходит о повышении экономичности работы теплоэнергетического оборудования (например, системы отопления), перед принятием решения в пользу использования какого-нибудь технологического новшества, необходимо обязательно провести детальное обследование самой системы и выявить наиболее существенные каналы потерь энергии. Разумным решением будет использование только таких технологий, которые существенно снизят наиболее крупные непроизводительные составляющие потерь энергии в системе и при минимальных затратах значительно повысят эффективность её работы.

Однако, несмотря на уникальность в общем случае факторов, вызывающих потери в каждой конкретной тепловой системе, отечественные объекты имеют ряд характерных особенностей. Они очень похожи друг на друга, что связано с тем, что строились они по общим для "Союза" проектным нормам во времена, когда тепловая энергия стоила "копейки". Характерные проблемы и основные каналы тепловых потерь в энергосистемах "постсоветских" объектов хорошо изучены специалистами нашего предприятия. Решение подавляющего большинства проблем энергосбережения на них отработано нами на практике, что позволяет провести анализ, рассмотреть наиболее характерные ситуации с тепловыми потерями и предложить варианты их решения с прогнозированием результатов, основываясь на нашем опыте работы с подобными ситуациями на других объектах.

Ниже рассмотрены наиболее характерные проблемы существующих тепловых объектов, описаны наиболее существенные каналы непроизводительных потерь тепловой энергии.

Любую теплоэнергетическую систему с целью анализа можно условно разбить на три основных участка: участок производства тепловой энергии (котельная), участок транспортировки тепловой энергии потребителю (трубопроводы тепловых сетей) и участок потребления тепловой энергии (отапливаемый объект).

Каждый из приведенных участков обладает характерными непроизводительными потерями, снижение которых и является основной функцией энергосбережения [2].

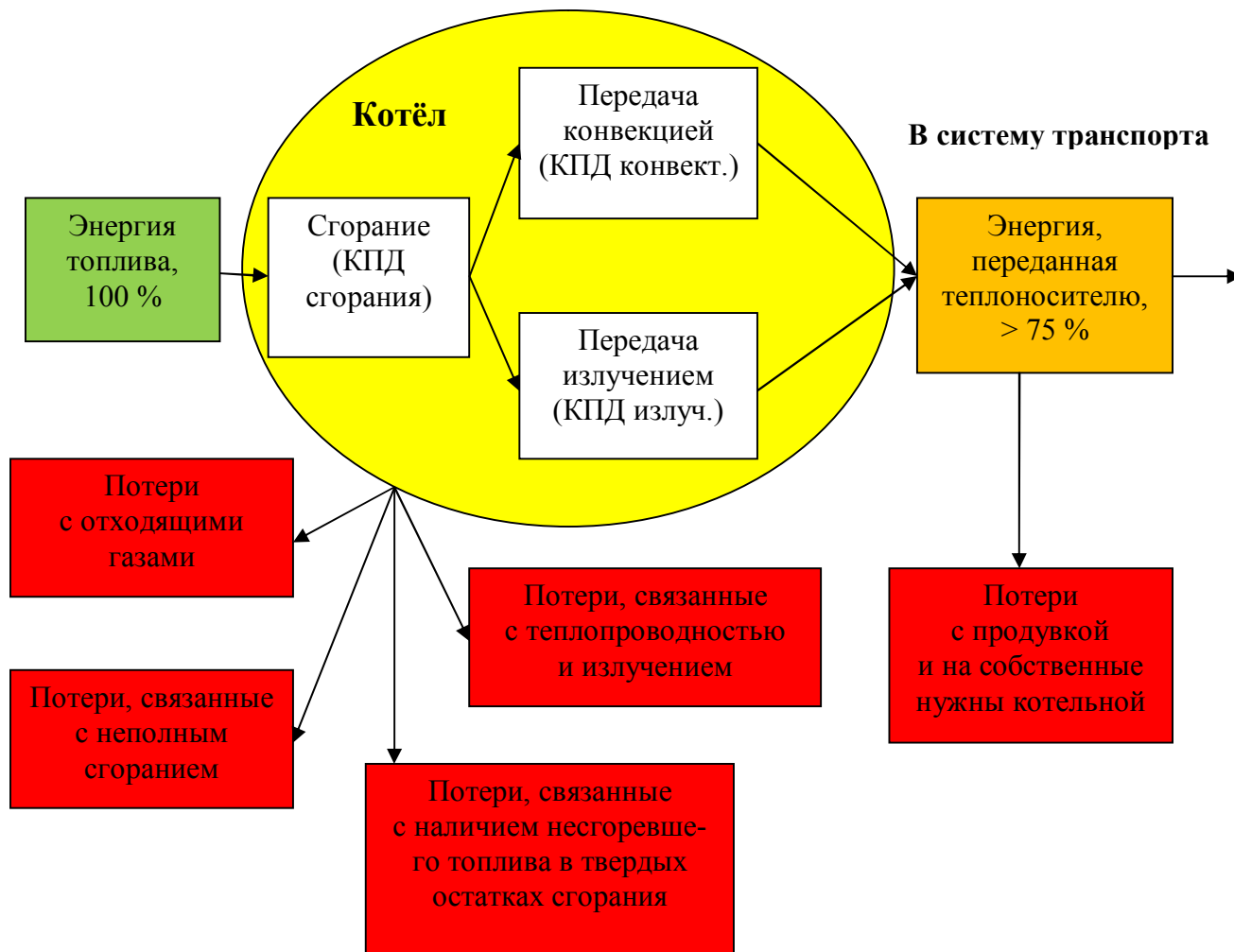
Рассмотрим наиболее подробно участок производства тепловой энергии.

Главным звеном на этом участке является котлоагрегат, функциями которого является преобразование химической энергии топлива в тепловую и передача этой энергии теплоносителю. В котлоагрегате происходит ряд физико-химических процессов, каждый из которых имеет свой КПД. И любой котлоагрегат, каким бы совершенным он ни был, обязательно теряет часть энергии топлива в этих процессах. Упрощенно схема этих процессов изображена на рис. 1.

Тепловая энергия, выделяющаяся при сжигании топлива, передается рабочему телу. Потери энергии, имеющие место при сжигании, могут быть классифицированы следующим образом:

- потери с отходящими газами. Уровень этих потерь зависит от температуры отходящих газов, состава используемого топлива и воздуха (окислителя), а также степени зашлакованности поверхностей нагрева;
- потери, связанные с неполным сгоранием, в результате которого часть химической энергии топлива не преобразуется в тепловую энергию. Неполное сгорание приводит, в частности, к появлению СО и углеводородов в отходящих газах;
- потери, связанные с теплопроводностью и излучением. При производстве пара уровень этих потерь зависит, главным образом, от качества теплоизоляции котла (парогенератора) и паропроводов;

- потери, связанные с наличием несгоревшего топлива в твёрдых остатках сгорания, в частности, с присутствием непрореагировавшего углерода в зольных остатках и золе уноса котлов;
- потери, связанные с продувкой котлов, используемых для производства пара.



**Рис. 1.** Участок производства тепловой энергии (потери при нормальной работе)

Помимо потерь тепла, необходимо принимать во внимание энергопотребление вспомогательного оборудования (например, систем транспортировки топлива, угольных мельниц, насосов и вентиляторов, систем золоудаления, систем очистки теплопередающих поверхностей и т.д.).

КПД нормального ненового отечественного котла находится в пределах до 75 %. Более совершенные современные котлоагрегаты имеют реальный КПД около 80-85 % и стандартные эти потери у них ниже. Однако они могут дополнительно возрастать:

- если своевременно и качественно не проведена режимная наладка котлоагрегата с инвентаризацией вредных выбросов, потери с недожогом газа могут увеличиваться на 6-8 %;

- диаметр сопел горелок, установленных на котлоагрегате средней мощности обычно не пересчитывается под реальную нагрузку котла. Однако подключенная к котлу нагрузка отличается от той, на которую рассчитана горелка. Это несоответствие всегда приводит к снижению теплоотдачи от факелов к поверхностям нагрева и возрастанию на 2-5 % потерь с химическим недожогом топлива и уходящими газами;

- если чистка поверхностей котлоагрегатов производится, как правило, один раз в 2-3 года, это снижает КПД котла с загрязненными поверхностями на 4-5 % за счет увеличения на эту величину потерь с уходящими газами. Кроме того, недостаточная эффективность работы системы *химводоочистки (ХВО)* приводит к появлению химических отложений (накипи) на внутренних поверхностях котлоагрегата, значительно снижающих эффективность его работы;

- если котел не оборудован полным комплектом средств контроля и регулирования (паромерами, теплосчетчиками, системами регулирования процесса горения и тепловой нагрузки) или если средства регулирования котлоагрегата настроены неоптимально, то это в среднем дополнительно снижает его КПД на 5 %;

- при нарушении целостности обмуровки котла возникают дополнительные присосы воздуха в топку, что увеличивает потери с недожогом и уходящими газами на 2-5 %;

- использование современного насосного оборудования в котельной позволяет в два-три раза снизить затраты электроэнергии на собственные нужды котельной и снизить затраты на их ремонт и обслуживание;

- на каждый цикл "Пуск-останов" котлоагрегата тратится значительное количество топлива. Идеальный вариант эксплуатации котельной – её непрерывная работа в диапазоне мощностей, определенном режимной картой. Использование надёжной запорной арматуры, высококачественной автоматики и регулирующих устройств позволяет минимизировать потери, возникающие из-за колебаний мощности и возникновения нештатных ситуаций в котельной.

Перечисленные выше источники возникновения дополнительных потерь энергии в котельной не являются явными и прозрачными для их выявления. Например, одна из основных составляющих этих потерь – потери с недожогом, могут быть определены только с помощью химического анализа состава уходящих газов. В то же время увеличение этой составляющей может быть вызвано целым рядом причин: не соблюдается правильное соотношение смеси топливо-воздух, имеются неконтролируемые присосы воздуха в топку котла, горелочное устройство работает в неоптимальном режиме и др.

Таким образом, постоянные неявные дополнительные потери только при производстве тепла в котельной могут достигать 20-25 % [5].

На базе материалов, представленных по одной типовой котельной, располагающейся в Тульской области, проведём анализ основных источников теплопотерь при производстве тепловой энергии и разработаны мероприятия для их устранения [1].

В представленных ниже таблицах 1-3 приведена информация об исследуемой котельной.

Таблица 1

**Тепловой баланс котельной**

Располагаемая мощность котельной	1,8	<i>Гкал/час</i>
Фактическая мощность котельной	1,6	<i>Гкал/час</i>
Количество вырабатываемого тепла	3133	<i>Гкал/год</i>
Удельный расход топлива	17,3	<i>кг у.т./Гкал</i>
Годовой расход топлива (основное)	54,2	<i>т у.т./год</i>
Годовой расход топлива (резервное)	нет	<i>т у.т./год</i>
КПД котельной	70	<i>%</i>

Таблица 2

**Потери при производстве и транспортировке тепловой энергии**

<b>Потери в котельной, <i>Гкал/год</i></b>	<b>Отпущенная тепловая энергия от котельной, <i>Гкал/год</i></b>	<b>Потери при транспорте тепловой энергии, <i>Гкал/год</i></b>	<b>Выработанная тепловая энергия, <i>Гкал/год</i></b>
877	2068	188	3133

Таблица 3

**Оборудование, используемое на котельной (котлы)**

<b>Тип котла</b>	<b>Год установки</b>	<b>Год кап. ремонта (последний)</b>	<b>Производительность, <i>Гкал/час</i> <i>(тонн/час)</i></b>
КВС-70	1978	1990	0,6
КВС-70	1978	1998	0,6
КВС-70	1978	2001	0,6

Как видно из табл. 3, оборудование, вырабатывающее тепловую энергию, было установлено в 1978 г. и необходимы его реконструкция и модернизация.

На данном этапе для повышения энергоэффективности работы уже существующих котлоагрегатов необходимо:

1. Провести комплексное обследование котлоагрегатов, включая газовый анализ продуктов сгорания. Оценить качество работы периферийного оборудования.

2. Провести режимную наладку котлов с инвентаризацией вредных выбросов. Разработать режимные карты работы котлоагрегатов на различных нагрузках и мероприятия, которые обеспечат работу котлоагрегатов только в экономичном режиме.

3. Произвести чистку наружных и внутренних поверхностей котлоагрегатов.

4. Оборудовать котельную рабочими приборами контроля и регулирования, оптимально настроить автоматику котлоагрегатов.

5. Восстановить теплоизоляцию котлоагрегата, обнаружив и устранив неконтролируемые источники присосов воздуха в топку.

6. Проверить и возможно модернизировать систему ХВО котельной.

7. Произвести перерасчёт сопел горелок под реальную нагрузку.

8. Оборудовать котельную эффективным и экономичным насосным оборудованием, надёжной трубопроводной запорно-регулирующей арматурой [3].

Стоит отметить, что при проектировании и строительстве новой котельной в пределах ценового коридора, выделенного на мероприятия по устранению теплопотерь при производстве тепловой энергии, необходимо тщательно подобрать такое котельное оборудование, которое при высоких КПД и надёжности обеспечивало бы возможность интеграции котла и современных технологий автоматического регулирования процесса производства тепла. Вариант комплектации котельной, место её расположения, способ транспорта теплоносителя потребителю также являются немаловажными факторами, влияние которых способно значительно увеличить или снизить эффективность её работы [4].

Проблематика энергосбережения, сложившаяся сегодня на подавляющем большинстве отечественных объектов производства, транспортировки и потребления тепловой энергии, предлагает варианты их эффективного решения.

### Литература

1. **Панарин В.М., Котлеревская Л.В., Дабдина О.А.** Энергосбережение в жилищно-коммунальном хозяйстве // Матер. междунар. науч.-практ. конф. "Устойчивое развитие. Рациональное природопользование. Технологии здоровья". – Тула: Изд-во "Инновационные технологии", 2011. С. 144-146.

2. **Панарин В.М., Котлеревская Л.В., Дабдина О.А.** Потери тепла при его транспортировке от котельной потребителю // Матер. междунар. науч.-практ. конф. "Устойчивое развитие. Рациональное природопользование. Технологии здоровья". – Тула: Изд-во "Инновационные технологии", 2011. С. 146-149.

3. **Панарин В.М., Дабдина О.А.** Контроль энерго- и теплопотерь на объектах, вырабатывающих тепловую энергию // Матер. всеросс. науч.-практ. конф. "Молодые учёные в решении актуальных проблем науки". Красноярск: СибГТУ, Том 2, 2011. С. 174-176.

4. **Панарин В.М., Дабдина О.А., Даниленко А.Г.** Повышение ресурса и энергосбережения тепловых центров // Матер. XVI междунар. экологической студенческой конф. "Экология России и сопредельных территорий". Новосибирск: Новосибирский гос. ун-т., 2011. С. 317-318.

5. <http://www.teploenergo.od.ua>.

Статья опубликована 29 декабря 2012 г.