

УДК: 62.697

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕПЛОИСТОЧНИКОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

*Елистратов С.Л.<sup>1</sup>, Елистратов Д.С.<sup>2</sup>*

1. *Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск*
2. *Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, г. Новосибирск*

Все процессы, связанные с производством, транспортировкой, переработкой, хранением и сжиганием органических видов топлива являются источниками антропогенного воздействия на окружающую природную среду. Воздействие выделяющихся при этом в атмосферу загрязняющих веществ (ЗВ) может проявляться на **локальном** (в зоне размещения источника), **региональном** (трансграничный перенос ЗВ на сотни километров) и **глобальном** (изменение климата, разрушение озонового слоя) уровнях. Наибольшую опасность для здоровья человека при этом представляют не имеющие средств очистки дымовых газов многочисленные теплоисточники малой мощности, использующие твердые и жидкие топлива и размещаемые в пределах населенных пунктов.

### Сравнительная энергоэффективность теплоисточников

Как экологически чистые на локальном уровне в настоящее время наряду с устройствами прямого преобразования электрической энергии в тепловую могут рассматриваться тепловые насосы (ТН) на базе местных возобновляемых (тепло воды подземных и поверхностных источников, грунта, окружающего воздуха и т. п.) и вторичных (сбросное тепло водоохлаждающих систем, очищенных и неочищенных сточных вод и др.) источников низкопотенциального (5...40°C) тепла. Однако, производство и транспортировка электроэнергии для их работы от ТЭС или ТЭЦ также сопряжены с загрязнением окружающей среды, которое проявляется на региональном и глобальном уровнях. В связи с этим, объективный анализ экологичности теплоисточников должен производиться с учетом этого обстоятельства.

Соответствующие теплоисточникам удельные затраты  $b$  условного топлива на единицу отпущенной энергии (см. рис.1) находим по формулам:

- для топливных котлов (без учета затрат электроэнергии на тягодутьевые, механические устройства топливоподачи и золоудаления):

$$b_K = \frac{1}{\eta_K \cdot q}; \quad (1)$$

- для электрокотлов и других устройств прямого преобразования электрической энергии в тепловую (с учетом технологических затрат на транспортировку электроэнергии по линиям электропередачи от конденсационной ТЭС):

$$b_{Эл.К} = \frac{1 + \lambda}{\eta_{Эл.К} \cdot q \cdot \eta_{Эл.}^{ТЭС}}; \quad (2)$$

- для ТН с электроприводом:

$$b_{ТН} = \frac{1 + \lambda}{\varphi \cdot q \cdot \eta_{Эл.}^{ТЭС}}, \quad (3)$$

где:  $q = 29,31$  МДж/кг у.т. - теплотворная способность единицы условного топлива;  $\eta_K$  - КПД топливного котла;  $\lambda$  - доля технологических потерь электроэнергии при транспортировке от энергоисточника до потребителя [7];  $\eta_{Эл.К}$  - КПД электрического котла;  $\eta_{Эл.}^{ТЭС}$  - КПД выработки электроэнергии на конденсационной ТЭС.

Значение безразмерного коэффициента преобразования  $\varphi$  в (3) определено как:

$$\varphi = \frac{Q}{N} = 1 + \frac{Q_{ННТ}}{N}, \quad (4)$$

где:  $Q$  - тепло, отпущенное потребителю;  $N$  - суммарные затраты электроэнергии на приводы компрессора и устройств, обеспечивающих подачу низкопотенциального теплоносителя (вода возобновляемых и вторичных источников тепла) в испаритель ТН;  $Q_{ННТ}$  - количество тепла возобновляемого или вторичного источника, преобразованного в тепло, отпущенное от ТН потребителю.

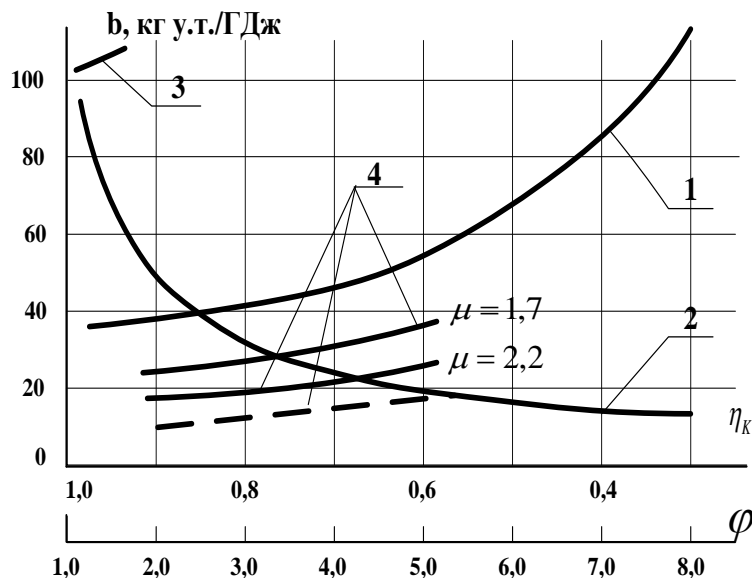


Рис.1. Удельные затраты условного топлива на выработку тепловой энергии:

1 - котлы и домовые печи, использующие органические виды топлива (уголь, мазут, дрова, природный газ и т.п.); 2 - ТН парокомпрессионного типа (ПКТН) с электроприводом\*; 3 - электродкотлы\*; 4 - ТН абсорбционного типа (АБТН) с тепловым приводом.

----- - перспективные с многоступенчатой регенерацией,  $\mu > 2,2$ .

\* - учтено, что электроэнергия поставляется от ТЭС с затратами 0,33 кг у. т. / кВт·ч и 10% потерями в подводящих сетях.

Относительная экономия топлива при замене традиционных теплоисточников на ТН может быть определена для практического диапазона параметров их работы так:

$$\Delta G = G_K \left(1 - \frac{\eta_K}{\varphi \cdot \eta_{ПР}}\right) = G_K \left\{1 - \left[\frac{(0,9 \div 0,4)}{(3,0 \div 5,0) \cdot 0,33}\right]\right\} = (0,1 \div 0,75) G_K \quad (5)$$

$$\Delta G = G_K \left(1 - \frac{\eta_K}{\mu \cdot \eta_{ПР}}\right) = G_K \left\{1 - \left[\frac{(0,9 \div 0,4)}{(1,7 \div 2,2) \cdot 0,85}\right]\right\} = (0,37 \div 0,79) G_K \quad (6)$$

где:  $G_K$  - расход топлива в топливной котельной, т у.т.;  $\eta_{IP}$  - обобщенный показатель полезного использования энергии исходного топлива при выработке и доставке электроэнергии от КЭС или ТЭЦ до электропривода ПКТН или теплоты для термопривода абсорбционного АБТН;  $\mu$  - коэффициент термотрансформации АБТН (отношение выработанного количества теплоты к затратам теплоты на регенерацию раствора).

### Удельные показатели вредных выбросов в атмосферу

Такие удельные экологические показатели, как выбросы в атмосферу того или иного вещества на единицу сожженного топлива или единицу отпущенной потребителям энергии, являются базовой информацией для оценки влияния теплоисточников на окружающую природную среду. В технических регламентах на котельные установки производительностью до 100 кВт [1] и от 0,1 до 4,0 МВт [2] установлены лишь самые общие требования к энергетической и экологической эффективности их работы в части достижения нормативных значений КПД на сортовых видах топлива и ограничениям на выбросы окислов азота и монооксида углерода при определенных условиях сжигания топлива. На практике, как правило, эти требования не выполняются по причинам физического износа котельного оборудования, низкого качества используемого топлива и неудовлетворительного обслуживания. В табл.1 представлены экспериментальные данные [3], характеризующие уровень вредных выбросов в атмосферу для типовых теплоисточников малой мощности.

Таблица 1. Средние значения удельных показателей атмосферных выбросов для теплоисточников малой мощности.

Топливо	Выбросы, кг /ГДж					Выбросы, г /ГДж	
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	Твердые частицы	Сажа *	ПАУ	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub> * *
Водогрейный слоевой котел НРС-18 (0,8 МВт; ручная загрузка)							
Черемховский уголь	1,30	0,29	2,70	0,80	0,58	4,54	0,21
Азейский уголь	0,90	0,22	2,50	0,55	0,36	3,57	0,18
Домовая печь (кирпичная кладка; мощность до 35 кВт, среднесуточная - 3кВт)							
Черемховский уголь	1,30	0,31	4,00	0,60	0,52	2,58	0,26
Азейский уголь	0,90	0,21	3,10	0,50	0,31	18,10	0,45
Дрова (сосна)	0	0,10	3,00	0,15	0,10	0,19	0,018
Мазутный котел (1,0 МВт; механические форсунки)							
Мазут М 100	0,7	0,2	0,7	0,06	0,038	0,011	0,0003

\* - в составе летучих твердых частиц.

\*\* - в составе полициклических ароматических углеводородов (ПАУ).

Среди них бенз(а)пирен C<sub>20</sub>H<sub>12</sub> является одним из наиболее токсичных компонентов, который отнесен к первому классу опасности ЗВ. Условия его образования в процессе сжигания органического топлива наиболее благоприятны при уровне температур 700...900°C и поэтому возможности его образования благоприятны в топливоиспользующих установках малой мощности со слоевым сжиганием твердого топлива, широко используемых в коммунальной энергетике. Агрегатное состояние бенз(а)пирена в дымовых газах - аэрозольное; сажа способна его абсорбировать, приобретая при этом канцерогенные свойства. Напротив, в выбросах дымовых труб ТЭС концентрация бенз(а)пирена составляет всего 0,1...1,0% допустимой приземной концентрации, что делает нецелесообразным нормирование выбросов для ТЭС этого крайне опасного для здоровья человека вещества.

Условия сжигания топлива в мощных котлах ТЭС неблагоприятны также для образования монооксида углерода СО и сажи. Атмосферные выбросы СО и сажи на ТЭС при сжигании углей ничтожно малы и могут не приниматься во внимание при оценке экологического воздействия на окружающую природную среду. В отличие от угольных котельных малой мощности на ТЭС очистка дымовых газов от угольной золы производится в электрофильтрах, а угольной пыли - в системах топливоподачи в пылеуловителях; фильтры и циклоны также применяются при переработке золошлаковых отходов, что значительно сокращает количество выбросов взвешенных веществ в атмосферу. Принципиально важно, что максимальные концентрации ЗВ благодаря высоким дымовым трубам не превышают в приземном слое установленных санитарно-гигиеническими нормами для населенных мест значений ПДК: по окислам серы 0,1 ПДК, по окислам азота - 0,33 ПДК, по их суммарному воздействию - 0,44 ПДК, по золе - 0,53 ПДК [4]. К загрязняющим веществам, выбрасываемым с дымовыми газами ТЭС и подлежащим нормированию и мониторингу, относятся только летучая зола, оксиды азота и серы [5]. Значительно более жесткие требования к выбросам определены для перспективных экологически чистых угольных ТЭС [6]. Их создание позволит снизить вредные выбросы: золы в 4...5 раз, окислов серы и азота в 3...4 раза при соответствующем повышении эффективности энергетического оборудования на 5...8 %. Это сделает их в будущем основным энергетическим оборудованием большой теплоэнергетики.

Наши расчеты показали, что замена угольного котла мощностью 1,0 Гкал/ч на ПКТН позволит при  $\varphi = 4,0$  сэкономить до 228 т у.т. за отопительный сезон и уменьшить выбросы загрязняющих веществ в зоне размещения локального теплоисточника: золы на ~ 1,4 т;  $\text{SO}_2$  ~ 2,2 т;  $\text{NO}_2$  ~ 1,7 т; СО ~ 9,1 т; сажи ~ 3,7 т; ПАУ ~ 23 кг и сильно-го канцерогена бенз(а)пирена на ~ 1,1 кг,  $\text{CO}_2$  на ~ 640т.

### **Зависимость уровня загрязнения от энергоэффективности теплоисточников**

На рис. 2, 3, и 4 представлены во взаимосвязи расчетные зависимости изменения удельных показателей энергетической и экологической эффективности для традиционных и альтернативных теплоисточников малой мощности. Для корректного сравнения экологической эффективности необходимо использовать системный подход, учитывающий как характеристики используемых видов топлива, так и месторасположение теплоисточников, осуществляющих загрязнение окружающей среды. Так, например, (см. рис. 2, 3 и 4), в эко-энергетической системе «ТЭС - ЛЭП - теплоисточник» прямое электроотопление (электродкотлы и т.п. устройства) сопряжено со значительно меньшим количеством выбросов твердых частиц, сажи, монооксида углерода и бенз(а)пирена, чем у угольных котлов малой мощности, а уровень вредного воздействия окислов азота и серы будет значительно снижен за счет их рассеивания высокими дымовыми трубами ТЭС на малозаселенных территориях с уменьшением их концентрации в приземном слое атмосферы до значений, меньших ПДК. И наоборот, высокий моральный и физический износ угольных котлов малой мощности предопределяет высокий уровень недожога топлива, ведущий к образованию СО, сажи и бенз(а)пирена. По причине отсутствия очистных устройств и малой высоты дымовых труб их рассеивание происходит в приземном слое атмосферы в пределах населенных пунктов.

Таким образом, на основе анализа особенностей технологий выработки тепла, удельных показателей и степени опасности выбросов ЗВ в атмосферу можно сделать заключение о более высокой общей экологической безопасности ТН с электроприводом по сравнению с традиционными теплоисточниками малой мощности, использующими твердые и жидкие виды топлива. Исключение из общего правила может составить только случай, когда поставка электроэнергии для ТН осуществляется от морально и физически устаревших угольных ТЭС в те регионы, где имеются газовые котельные.

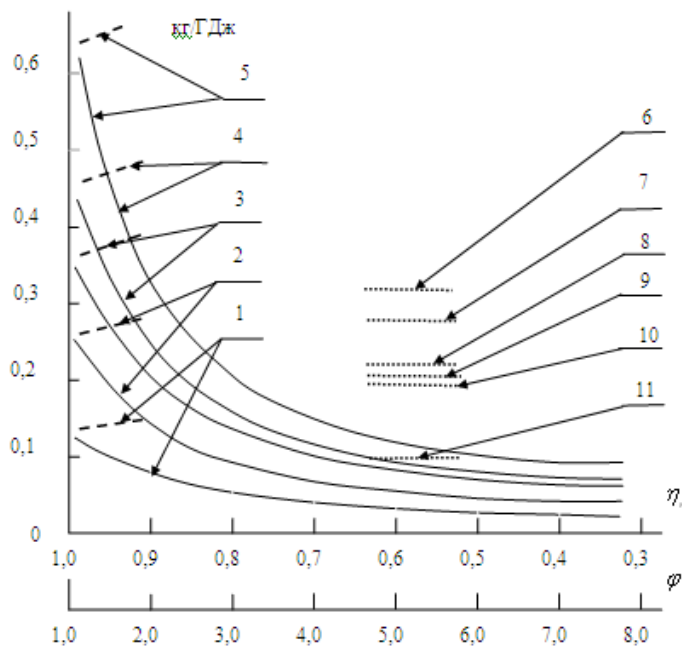


Рис. 2. Удельные выбросы в атмосферу оксидов азота от теплоисточников малой мощности:  
 ..... - экспериментальные значения [3] (6 – домовая печь, черемховский уголь; 7 - котел 0,8 МВт, черемховский уголь; 8 - котел 0,8 МВт, азейский уголь; 9 - домовая печь, азейский уголь; 10 - мазутный котел 1,0 МВт; 11 - домовая печь, дрова);  
 ——— - ПКТН ( $\lambda = 0,1$ ;  $\eta_{эл.}^{TЭС} = 0,37$ ; 1 - ТЭС на природном газе; 2 - на мазуте; 3- на буром угле; 4 - на каменном угле с ТШУ; 5 - на каменном угле с ЖШУ);  
 - - - - - электрокотлы ( $\lambda = 0,3$ ;  $\eta_{эл.}^{TЭС} = 0,37$ ; 1 - ТЭС на природном газе; 2 - на мазуте; 3 - на буром угле; 4 - на каменном угле с ТШУ; 5 - на каменном угле с ЖШУ).

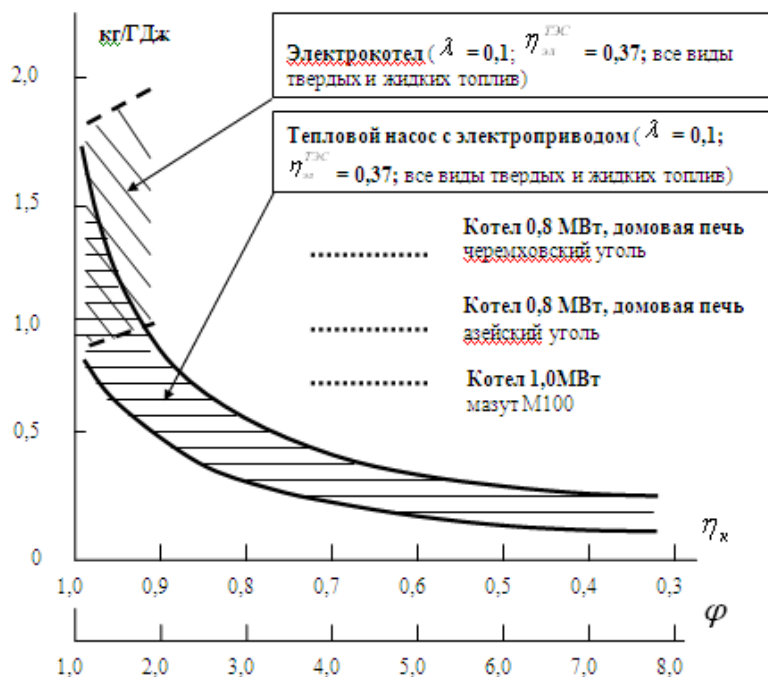


Рис.3. Удельные выбросы в атмосферу оксидов серы от теплоисточников малой мощности:  
 ..... - экспериментальные значения [3];  
 ——— - границы области изменения параметра для ПКТН с электроприводом;  
 - - - - - границы области изменения параметра для электрокотла.

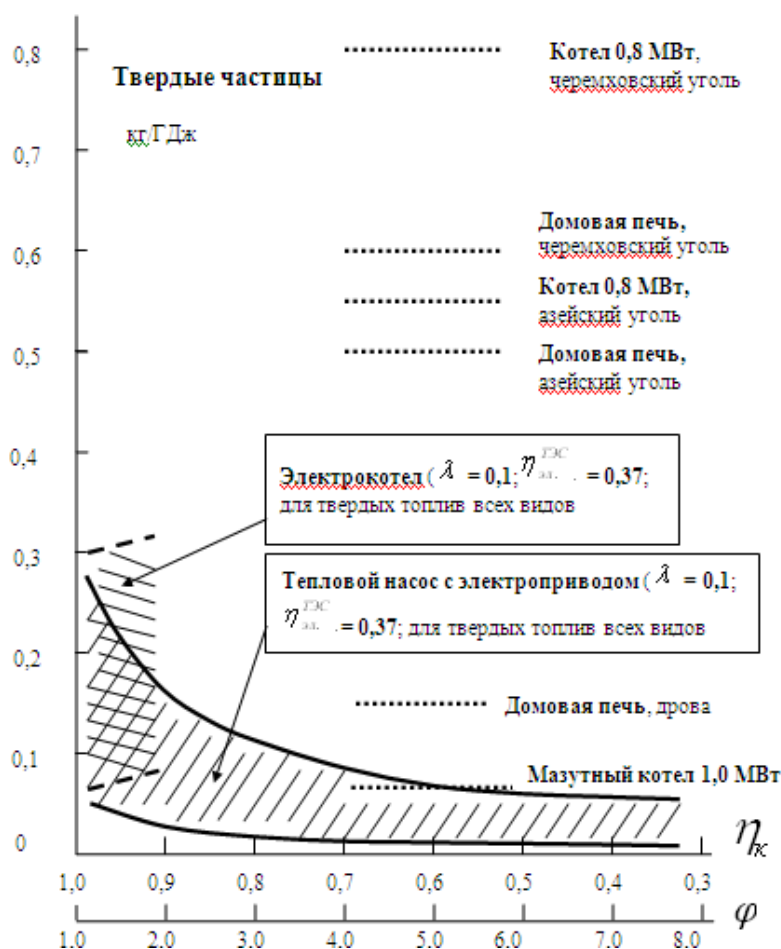


Рис. 4. Удельные выбросы в атмосферу твердых частиц от теплоисточников малой мощности:

- ..... - экспериментальные значения [3];
- - границы области изменения параметра для ПКТН с электроприводом;
- - границы области изменения параметра для электрокотла.

### Перспективные экологически чистые теплоисточники на базе ТН

Хорошие перспективы имеют ТН с газомоторным или гидравлическим приводами. На локальном уровне это позволит в первом случае оптимально эффективно совместить экологические преимущества природного газа как эталонного в энергетике органического топлива и теплонасосных технологий, а во втором - обеспечить экологически чистое производство тепла в труднодоступных районах за счет использования гидравлического и низкотемпературного теплового потенциалов воды горных рек.

В отличие от газовой котельной природный газ в ТН с газомоторным приводом используется более эффективно, т. к. позволяет дополнительно использовать тепловую энергию в размере  $Q_{ННТ}$ . Количество тепла, отпущенного от ПКТН с газомоторным приводом с учетом использования части сбросного тепла выхлопных газов для дополнительного нагрева теплоносителя после конденсатора, можно представить как:

$$Q_{ТН}^{ГМП} = Q_H^P [\varphi \cdot \eta_t \cdot \eta_M (1 - \xi_1) + 1 - \eta_t - \xi_2 - \xi_3] \quad (7)$$

где:  $Q_H^P$  - низшая рабочая теплота сгорания природного газа;  $\eta_M$  - механический КПД, учитывающий потери от трения в системе «привод - компрессор ТН»;  $\eta_t$  - термический



КПД преобразования тепла в механическую работу на валу привода;  $\xi_1$  и  $\xi_2$  - соответственно доли потерь тепла за счет теплообмена с окружающей средой нагретых элементов ТН и привода с теплообменником – утилизатором;  $\xi_3$  - доля неутилизованного тепла дымовых газов.

Например, при реально достижимых на практике  $\varphi = 3,0$ ;  $\eta_i = 0,3$ ;  $\eta_M = 0,98$ ;  $\xi_1 = \xi_2 = 0,05$  и  $\xi_3 = 0,2$  согласно (7) получим  $Q_{ТН}^{ГМП} = 1,29 Q_H^P$ . При таких же значениях тепловых потерь  $\xi_2$ ,  $\xi_3$  и  $\eta_i = 0$  полезное тепло при работе газовых котлов составит  $Q_K^Г = 0,75 Q_H^P$ , т. е. в 1,7 раза меньше, чем для ПКТН с газомоторным приводом. Использование ПКТН с газомоторным приводом на локальном уровне приведет соответственно к снижению удельных выбросов в атмосферу оксидов азота до уровня даже меньшего, чем при сжигании природного газа в бытовых газонагревательных устройствах.

Отметим также, что в межотопительный период для утилизации тепла выхлопных газов газомоторного или газотурбинного привода можно использовать машины абсорбционного типа для производства умеренного холода для систем кондиционирования и хранения пищевых продуктов. То есть, на локальном уровне может быть реализован принцип тригенерации, обеспечивающий выработку в рамках единого энергосберегающего комплекса трех важнейших продуктов: электроэнергии, тепла и умеренного холода для автономных систем жизнеобеспечения при максимально высоких показателях энергетической и экологической эффективности. В перспективе на базе ТН с газомоторным приводом может быть реализован принцип квадрогенерации, когда образующийся  $CO_2$  используется для выращивания и хранения сельхозпродукции.

По сравнению с ТН с электроприводом, суммарное воздействие ТН с газомоторным приводом на окружающую природную среду ограничивается, если не считать загрязнений при разработке и транспортировке природного газа к месту потребления, только сравнительно небольшими выбросами в приземный слой атмосферы окислов азота. Следует отметить, что вместо природного газа может использоваться биогаз и при соответствующей предварительной очистке продукты газификации местных некондиционных топлив, горючих бытовых и сельскохозяйственных отходов.

Использование гидропривода, осуществляющего преобразование кинетической энергии потока в механическую энергию привода компрессора ТН, позволяет получить полностью экологически чистое тепло, т. к. при этом отсутствует сжигание каких-либо органических видов топлива. Протообразом гидропривода для ТН могут служить малые гидротурбины с высокой эффективностью преобразования энергии водного потока в механическую энергию привода. Однако, ТН с гидроприводом должен размещаться в непосредственной близости от водного потока, что значительно сужает область его практического применения по сравнению ТН с электрическим или газомоторным приводами.

### **Сравнительная экономическая оценка экологичности теплоисточников**

В соответствии с законодательством России вредное воздействие на окружающую природную среду должно быть скомпенсировано соответствующими платежами, нормирование которых пока является главным способом ограничения использования отсталых энергетических технологий [8]. В табл. 2 выборочно приведены базовые показатели таких платежей для основных выбросов ЗВ в атмосферу от топливных источников различной мощности, а в табл.3 корректирующие их в сторону повышения коэффициенты.

Таблица 2. Размеры платы за выбросы ЗВ в атмосферный воздух [9].

Загрязняющее вещество	Норматив платы, руб./т	
	В пределах установленных допустимых нормативов выбросов	В пределах установленных лимитов выбросов
Азота диоксид	52	260
Ангидрид серный (серы триоксид), ангидрид сернистый (серы диоксид), кислота серная	21	105
Углерода окись (углерода оксид)	0,6	3
Бенз(а)пирен (3,4 –бензпирен) C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	2049801	10249005
Сажа	80	400
Пыль каменноугольная	13,7	68,5
Взвешенные твердые вещества (нетоксичные соединения, не содержащие ПАУ, металлов и их солей, диоксида кремния)	13,7	68,5

Таблица 3. Повышающие коэффициенты к нормативам платы за выбросы в атмосферу [9].

Коэффициент	Назначение и область действия
$k_1 = 2,0$	Для особо охраняемых природных территорий, в т.ч. для лечебно-оздоровительных местностей и курортов, районов Крайнего Севера и приравненных к ним местностей Байкальской природной территории и зон экологического бедствия.
$k_2 = 1,0 \dots 2,0$	Учитывает особенности экономических районов России для атмосферного воздуха (Северный - 1,4; Северо-Западный - 1,5; Центральный - 1,9; Волго-Вятский - 1,1; Центрально-Черноземный - 1,5; Поволжский - 1,9; Северо-Кавказский - 1,6; Уральский - 2,0; Западно-Сибирский - 1,2; Восточно-Сибирский - 1,4; Дальневосточный - 1,0; Калининградская область - 1,5)
$k_3 = 1,2$	Применяется как дополнительный к $k_2$ при выбросе ЗВ в атмосферный воздух городов.
$k_4 = 1,21$	Применяется при пересчете нормативов платы с учетом временного фактора.

Для расчета экономического эффекта в качестве базового расчетного периода примем среднюю продолжительность отопительного сезона для регионов Сибири 5500 часов, в течение которого выработка тепла на нужды отопления отдельными теплоисточниками или группой теплоисточников (например, домовыми печами) суммарной установленной мощностью 1,0 МВт составит величину порядка  $10^4$  ГДж/год. Расчетные данные о количестве выбросов и платы за них с учетом вышеуказанных данных по удельным выбросам ЗВ представлены в табл.4.

Можно видеть (см. табл. 4), что несмотря на исчисляемый десятками тонн высокий уровень выбросов ЗВ непосредственно в приземный слой атмосферы от традиционных источников малой мощности, размер платы за вред наносимый ими окружающей природной среде и здоровью населения является крайне низким. Это сдерживает процесс замены экологически неэффективных способов производства тепловой энергии на альтернативные энергосберегающие теплоисточники.



Таблица 4. Сравнительные показатели выбросов и размеров платы за загрязнения атмосферного воздуха теплоисточниками малой мощности при отпуске  $10^4$  ГДж тепла в год.

Рабочее топливо	В числителе - выбросы в атмосферу, т/год В знаменателе - плата в пределах допустимых нормативов, руб./год						
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	Летучая зола*		C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	ВСЕГО
				Твердые частицы	Сажа		
<b>Водогрейный слоевой котел (НРС-18 (0,8 МВт; ручная загрузка)</b>							
Черемховский каменный уголь	<u>13,00</u> 273	<u>2,90</u> 151	<u>27,00</u> 16	<u>2,20</u> 30	<u>5,80</u> 464	<u>0,0021</u> 4305	<u>50,90</u> 5239
Азейский бурый уголь	<u>9,00</u> 189	<u>2,20</u> 114	<u>25,00</u> 15	<u>1,9</u> 26	<u>3,60</u> 288	<u>0,0018</u> 3690	<u>41,70</u> 4322
<b>Домовая печь (кирпичная кладка; мощность до 35 кВт; среднесуточная - 3 кВт)</b>							
Черемховский уголь	<u>13,00</u> 273	<u>3,10</u> 161	<u>40,00</u> 24	<u>0,8</u> 11	<u>5,20</u> 416	<u>0,0026</u> 5329	<u>62,10</u> 6214
Азейский уголь	<u>9,00</u> 189	<u>2,10</u> 109	<u>31,00</u> 19	<u>1,90</u> 26	<u>3,10</u> 117	<u>0,0045</u> 9224	<u>47,10</u> 9684
Дрова (сосна)	-	<u>1,00</u> 52	<u>30,00</u> 18	<u>0,50</u> 7	<u>1,00</u> 80	<u>0,00018</u> 369	<u>32,50</u> 526
<b>Мазутный котел (1,0 МВт; механические форсунки)</b>							
Мазут М 100	<u>7,00</u> 147	<u>2,00</u> 104	<u>7,00</u> 4	<u>0,22</u> 3	<u>0,38</u> 30	<u>3,0*10<sup>-6</sup></u> 6	<u>16,60</u> 294
<b>Электрокотел (<math>\eta_{эл.к} = 0,95</math>; <math>\lambda = 0,1</math>; <math>\eta_{эл.}^{ТЭС} = 0,37</math>; нормативы выбросов ЗВ для котлов ТЭС)</b>							
Черемховский уголь (ТШУ)	<u>14,00</u> 294	<u>5,32</u> 277	-	<u>3,13</u> 43	-	-	<u>22,45</u> 614
Азейский уголь	<u>12,50</u> 263	<u>3,42</u> 178	-	<u>3,13</u> 43	-	-	<u>19,05</u> 484
Мазут	<u>12,50</u> 263	<u>2,69</u> 140	-	-	-	-	<u>15,19</u> 403
Природный газ	-	<u>1,35</u> 70	-	-	-	-	<u>1,35</u> 70
<b>Тепловой насос (<math>\varphi = 4,0</math>; <math>\lambda = 0,1</math>; <math>\eta_{эл.}^{ТЭС} = 0,37</math>; нормативы выбросов ЗВ для котлов ТЭС)</b>							
Черемховский уголь (ТШУ)	<u>3,32</u> 70	<u>1,26</u> 66	-	<u>0,74</u> 10	-	-	<u>5,32</u> 146
Азейский уголь	<u>2,97</u> 62	<u>0,81</u> 42	-	<u>0,74</u> 10	-	-	<u>4,52</u> 114
Мазут	<u>2,97</u> 62	<u>0,64</u> 33	-	-	-	-	<u>3,61</u> 95
Природный газ	-	<u>0,32</u> 17	-	-	-	-	<u>0,32</u> 17

\* - летучая зола, присутствующая в уходящих газах отопительных котлов малой мощности (угольных и мазутных), а также домовых печей, обогащена сажей и в отличие от летучей золы ТЭС является биологически активной.

## Выводы

1. Техническое несовершенство традиционных теплоисточников малой мощности, главным образом маломощных угольных котельных, низкое качество применяемого топлива и отсталость российского природоохранного законодательства предопределяют высокий уровень их негативного воздействия на окружающую природную среду и здоровье населения.

2. Реальную экологическую альтернативу традиционным теплоисточникам малой мощности могут составить в настоящее время тепловые насосы и комбинированные теплопроизводящие системы на их основе с использованием местных возобновляемых и вторичных источников низкопотенциального ( $5\div 40^{\circ}\text{C}$ ) тепла.

3. Работа ТН с электроприводом не приводит на локальном уровне к загрязнению окружающей природной среды и не наносит вреда человеку, а с учетом малых выбросов при выработке электроэнергии на ТЭС их системное воздействие на окружающую природную среду на порядок меньше, чем при работе угольных котлов малой мощности.

4. Теплоисточники на базе ТН с газомоторным приводом являются перспективной энергосберегающей экологически чистой технологией производства тепла с использованием природного и других горючих газов и имеют большой потенциал для применения в децентрализованных системах жизнеобеспечения объектов малоэтажной застройки.

### Литература

1. ГОСТ 20548-87. Котлы отопительные водогрейные теплопроизводительностью до 100 кВт. Общие технические условия.
2. ГОСТ 30735-2001. Котлы отопительные водогрейные теплопроизводительностью от 0,1 до 4,0 МВт. Общие технические условия.
3. Филиппов С.П., Павлов П.П., Кейко А.В., Горшков А.В., Белых Л.И. Экологические характеристики теплоисточников малой мощности. /ИСЭМ СО РАН. Препр. № 5., Иркутск, 1999.- 48 с.
4. Пугач Л.И. Энергетика и экология. - Новосибирск.: Изд.-во НГТУ, 2003.- 504с.
5. ГОСТ Р 50831-95. Установки котельные. Тепломеханическое оборудование. Общие технические требования.
6. Саломатов В.В. Природоохранные технологии на тепловых и атомных электростанциях. – Новосибирск: Изд.-во НГТУ, 2006.-853с.
7. Арутюнян А.А. Основы энергосбережения.- М.: ЗАО «Энергосервис», 2007. - 600с.
8. Опекунов А.Ю. Экологическое нормирование и оценка воздействия на окружающую среду: Учебное пособие. - СПб: Известия С-Петербур. ун-та, 2006.- 261с.
9. Постановление Правительства РФ от 12.06.2003г № 344 «О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления (в ред. Постановления Правительства РФ от 01.07.2005г № 410)».