

Конденсационные котлы

Введение

При выборе газового котла для автономного отопления, как правило, интересуются прежде всего, вопросом экономии денежных средств на работу системы. Поэтому, предпочтения отдаются котлу, который работает эффективно, обеспечивая необходимую тепловую мощность, и потребляет меньше топлива. Чтобы расход газа был минимальным, котел должен иметь высокий коэффициент полезного действия (КПД). Сократить расходы на работу системы автономного теплоснабжения возможно за счет применения современных конденсационных котлов, которые имеют наивысший среди газовых котлов КПД, а также высочайшие экологические показатели безопасности по уровню выбросов вредных веществ в атмосферу.

Такие эффективные режимы работы конденсационного котла обеспечиваются особенностями его конструкции и возможностью получения максимального количества теплоты от газообразного топлива, используя теплоту конденсации водяных паров, образующихся при горении. Их принцип работы основан на использовании, так называемой, «высшей теплоты сгорания топлива».

Преимущества конденсационных котлов неоспоримы:

1. Экономичность. Высокий КПД на уровне 97-98% (по высшей теплоте сгорания), по сравнению с обычными газовыми котлами 81-82% (по высшей теплоте сгорания), позволяет снизить расход топлива (при работе в конденсационном режиме) на 10-11%.
2. Экологичность. Количество вредных выбросов (CO_2 , NO_x) в уходящих дымовых газах конденсационных котлов в 5-7 раз ниже, количества вредностей в уходящих газах традиционных газовых котлов, что позволяет минимизировать загрязнения окружающего воздуха.

Некоторые **недостатки** конденсационных котлов все же имеются. К недостаткам можно отнести то, что стоимость конденсационного котла выше стоимости традиционного газового котла при одной и той же мощности. Такая цена обусловлена использованием в конструкции дорогостоящих коррозионностойких материалов. Однако, в процессе эксплуатации конденсационный котел будет экономически выгоднее за счет снижения расхода природного газа, цена которого постоянно возрастает. Также для работы котла в конденсационном режиме необходимо, чтобы теплоноситель нагревался до температуры не более 55°C . В случае, если необходимо получать теплоноситель с температурой выше 55°C , конденсационный режим не будет обеспечиваться, а КПД котла снизится до 92% (по высшей теплоте сгорания), что все же выше КПД традиционного газового котла.

Принцип действия конденсационного котла

При сгорании природного газа образуются продукты сгорания, за счет которых происходит нагрев воды в котле. После охлаждения до заданной температуры продукты сгорания удаляются в дымовую трубу. Температура уходящих дымовых газов в традиционных газовых котлах поддерживается не менее 120 °С. При этом потери теплоты с дымовыми газами (из-за высокой их температуры) достаточно высоки. Это означает, что значительная часть теплоты топлива не используется полезно, а теряется в атмосферу.

Повысить эффективность работы котлов возможно путем снижения температуры уходящих дымовых газов до 60-70 °С. Однако, в продуктах сгорания природного газа содержится большое количество водяного пара (H_2O), который при охлаждении будет конденсироваться.

В зависимости от того, происходит ли конденсация продуктов сгорания, различают *нижнюю* и *высшую теплоту сгорания*. *Нижняя теплота сгорания* газа – это количество теплоты, которое выделяется при сжигании 1 м³ топлива без учета конденсации водяного пара из продуктов сгорания. Для природного газа нижняя теплота сгорания составляет около $Q_H = 33,5$ МДж/м³. *Высшая теплота сгорания* – это теплота сгорания топлива, но с учетом дополнительной теплоты конденсации водяного пара из продуктов сгорания. Для природного газа она равна $Q_B = 37,7$ МДж/м³.

В процессе конденсации, образовавшаяся из паров вода, при взаимодействии с углекислым газом (CO_2) и оксидом азота (NO_x) из продуктов сгорания, будет образовывать слабые растворы соответственно угольной и азотной кислот, что приведет к коррозии газопроводов котла. По причине коррозии элементов конструкции в традиционных котлах поддерживается такой режим работы, при котором конденсация водяных паров из продуктов сгорания гарантированно отсутствует.

Применение коррозионностойких материалов в современных конденсационных котлах позволило решить эту проблему. При снижении температуры уходящих дымовых газов становится возможным использование не только теплоты самих продуктов сгорания, но и дополнительной теплоты конденсации водяного пара. В конденсационных котлах потери с уходящими дымовыми газами сокращаются до 2%, что повышает эффективность работы конденсационных котлов на 10-11% по сравнению с традиционными котлами.

Коэффициент полезного действия (КПД) котла может быть определен по формуле:

$$\eta = \frac{Q}{B Q_T}, \quad (1.1)$$

где Q - тепловая нагрузка на котел, кВт;

B - расход топлива, м³/с;

Q_T - теплота сгорания топлива, кДж/м³.

КПД традиционных котлов, рассчитанный по нижней теплоте сгорания, находится на достаточно высоком уровне – 90-95%. Если же эффективность работы традиционного котла оценить по высшей теплоте сгорания, то его КПД снизится и составит 81-82%. В противовес этому, КПД конденсационных котлов по высшей теплоте сгорания составляет порядка 98%. Оценивать КПД конденсационных котлов по нижней теплоте сгорания является технически не правильным, т.к. такой КПД превысит 100%. Иначе, это бы

означало, что изобретен вечный двигатель, а на самом деле, данное представление показателей КПД является маркетинговым ходом, который позволяет ярко преподнести сравнение эффективности работы конденсационного котла с котлом традиционной конструкции. Таким образом, КПД конденсационного котла по низшей теплоте сгорания равный 107% просто показывает, что его эффективность на 12% выше, по сравнению с традиционным котлом, КПД которого составляет 95%.

Эффективность использования топлива конденсационными котлами будет выше при работе в конденсационном режиме. Этот режим возможен в случае нагрева теплоносителя до температуры не выше 55 °С. Если же температура нагреваемого теплоносителя будет выше, то водяной пар не будет конденсироваться из продуктов сгорания и эффективность работы конденсационного котла снизится.

Таким образом, конденсационные котлы эффективны в полной мере при низкотемпературной системе отопления, например, на базе теплого пола. Может показаться, что применение конденсационных котлов в традиционной системе отопления с температурами теплоносителя 95/70 °С является неэффективным, однако это не так. Температура теплоносителя в системе отопления регулируется по температурному графику в зависимости от температуры наружного воздуха, и, в случае установки термодатчика, производится автоматически. В климатических условиях Украины имеются достаточно длинные переходные отопительные периоды (осень-весна), когда среднесуточная температура наружного воздуха составляет 0 °С и выше. В эти периоды работа конденсационного котла будет максимально эффективной даже при традиционной системе отопления.

Тем не менее, при разработке системы автономного теплоснабжения с применением конденсационных газовых котлов для получения максимальной экономии газа рекомендуется использовать низкотемпературную систему отопления с параметрами теплоносителя 50/30 °С. Однако, следует отметить, что эффективность работы конденсационного и традиционного котлов в значительной степени зависит от процессов горения топлива, которые обеспечиваются горелочными устройствами. Процессы горения топлива протекают наиболее эффективно при оптимальном коэффициенте избытка воздуха, подаваемого на горение, к теоретически необходимому. При сжигании газообразного топлива оптимальный коэффициент избытка воздуха находится в пределах $1,05 \div 1,1$. Превышение оптимального значения α приводит к снижению эффективности работы котла ввиду увеличения тепловых потерь с уходящими дымовыми газами. При значениях α меньше оптимального, будет наблюдаться снижение КПД котла из-за химического недожога топлива. В современных конденсационных котлах используются высокоэффективные моделирующие газовые горелки, которые обеспечивают оптимальное значение коэффициента избытка воздуха в широком диапазоне нагрузки котла. Таким образом, конденсационные котлы позволяют эффективно использовать топливо даже при работе в неконденсационном режиме, в отличие от традиционных котлов, КПД которых находится на высоком уровне только при оптимальной тепловой нагрузке.

Расчет экономии газа в конденсационном котле

Для оценки экономии топлива ΔB в конденсационном котле, по сравнению с традиционным котлом, можно воспользоваться формулой:

$$\Delta B = 3,6 \frac{Q \times \Delta \eta}{Q_H \times \eta_T \times \eta_K}, \quad (1.2)$$

где Q – тепловая нагрузка, кВт;

η_T – КПД традиционного котла, доли;

η_K – КПД конденсационного котла, доли;

$\Delta \eta = \eta_K - \eta_T$ – разница между КПД конденсационного и традиционного котла, доли;

Q_H – низшая теплота сгорания топлива. Для газа $Q_H = 33,5 \frac{\text{МДж}}{\text{м}^3}$.

Приведем пример расчета экономии топлива, которую можно получить за счет установки конденсационного котла с КПД равным 108% по сравнению с традиционным котлом с КПД 90%, для отопления дома площадью $F=200 \text{ м}^2$. Тепловая нагрузка на систему отопления составляет $Q = 20 \text{ кВт}$. В соответствии с формулой (1.2) экономия топлива:

$$\Delta B = 3,6 \frac{20 (1,08 - 0,9)}{1,08 \times 0,9 \times 33,5} = 0,4 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}.$$

Таким образом, экономия топлива при применении конденсационного котла, работающего в конденсационном режиме, составит $0,4 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$, что на 17% меньше потребления топлива традиционным котлом.