

1. Анализ экономичности

Для Ваших клиентов, при их размышлениях о модернизации отопительной системы, очень часто решающим критерием оказывается анализ экономичности. В этой главе Вы узнаете, как учитывая расход топлива и используя относительно простые методы расчетов, можно определить состояние старой системы, необходимые инвестиционные затраты при модернизации установки, а также – возможную экономию на издержках.

1.1. Модернизация отопительной системы

Если в настоящее время владелец дома или квартиры размышляет о проблеме «Модернизация отопительной системы», то для этого может существовать множество причин. Возможно, что благодаря многочисленным разговорам с друзьями и родственниками он понял, как много топлива потребляет его устаревшая отопительная установка по сравнению с современными системами. Возможно также, что трубочист при ежегодных измерениях отходящих газов проинформировал его о том, что его старый водогрейный котел больше не соответствует строгим предельным параметрам нового положения о маломощных отопительных установках (1. BImSchV) и что он должен быть заменен на новый в течение определенного переходного периода. Возможно также, что благодаря объявлению или рекламному письму Вашей фирмы он проявил любопытство и захотел подробнее познакомиться с возможностями и величиной экономии затрат на потребляемую энергию.

Наверняка Вы задумываетесь еще и о многих других причинах, которые могут играть роль при рассмотрении этой проблемы Вашим клиентом. При этом безусловно только одно: когда Вы разговариваете с Вашим клиентом о предстоящей модернизации отопительной системы, в качестве абсолютно решающего критерия всегда следует обосновывать также **экономичность**. Другими словами: в первую очередь и прежде всего клиента интересует, каких затрат требует модернизация старой системы, а также – возможная при этом экономия средств. Поэтому перед Вами, как специалистом в области отопительной техники, стоит задача оценить состояние старой системы, а затем - посредством сравнения с данными производительности какой-либо современной отопительной системы – рассчитать возможную экономию затрат на энергию.

На следующем этапе Вы проводите непосредственный расчет экономичности, а именно: Вы определяете период времени, в пределах которого инвестиционные издержки оправдываются благодаря экономии расходов на энергию. В результате, как для Ваших клиентов, так и для Вас, как для практического специалиста, речь идет об ответах на следующие вопросы, которые будут детально рассматриваться нами ниже:

1. Насколько высок среднегодовой коэффициент использования имеющейся отопительной системы?
2. Сколько топлива можно сэкономить посредством модернизации старой системы?
3. В течение какого периода времени вернется назад капитал, инвестированный в модернизацию отопительной системы?

1.2. Оценка старой системы

Вы уже знаете, что ежегодные измерения отходящих газов трубочистом еще не позволяют сделать полноценный вывод о состоянии отопительной установки. Даже если трубочист выдает Вашему клиенту свидетельство о том, что потери водогрейного котла на отходящие газы еще находятся в допустимых пределах, коэффициент использования установки может быть еще очень низким. Прежде чем Вы сообщите Вашему клиенту сведения о возможной экономии энергии, Вам необходимо как можно более точно сформировать представление о действительном состоянии существующей установки. В качестве важных эксплуатационных параметров и, соответственно, величин потерь в этом вопросе нас интересуют в первую очередь потери на отходящие газы, потери на излучения и потери на поддержание готовности имеющегося генератора тепла.

1.2.1. Потери на отходящие газы

Под потерями на отходящие газы мы понимаем тепловую энергию, которая при сгорании топлива бесполезно уходит через трубу. Эта величина ежегодно измеряется трубочистом и указывается в виде процентной величины по отношению к тепловой мощности или, соответственно, к номинальной мощности. Как правило, у Вашего клиента имеется последний прокол измерений, поэтому Вы можете получить соответствующие данные. В соответствии с документом 1. BlmSchV потери на отходящие газы q_A вычисляются следующим образом:

$$q_A = (\vartheta_A - \vartheta_L) \cdot \left(\frac{A_1}{CO_2} + B \right)$$

$$q_A = (\vartheta_A - \vartheta_L)$$

ϑ_A – измеренная температура отходящих газов в °C

ϑ_L – температура воздуха около горелки в °C

CO_2 – измеренное содержание CO_2 в отходящем газе в %

A_1 – константа топлива

B – константа топлива

Таблица

Константы топлива

	Легкое котельное топливо EL	Природный газ	Городской газ	Сжиженный газ
A_1	0,50	0,37	0,35	0,42
A_2	0,68	0,66	0,63	0,63
B	0,007	0,009	0,011	0,008

Учебный пример

Результаты измерений при сжигании топлива:

Содержание CO_2 = 10 %
Температура отходящих газов $\vartheta_A = 245$ °C
Температура воздуха около горелки $\vartheta_L = 20$ °C

Пожалуйста, рассчитайте потери на отходящие газы:

$q_A =$ %

1.2.2. Потери на излучение

При этом речь идет о потерях тепла водогрейного котла через его внешнюю поверхность из-за ее теплопроводности, излучения и конвекции. Они определяются качеством теплоизоляции генератора тепла и его рабочей температурой. Точные величины могут быть получены только на испытательном стенде. Потери на излучение q_S водогрейного котла могут быть определены по следующей формуле:

$$q_S = q_B \times 1,5 \times 100 \%$$

1.2.3. Потери на поддержание готовности

Потери на поддержание готовности обусловлены потерями на внешнее излучение, а также внутренними потерями на охлаждение генератора тепла, который не дает системе ни какого полезного тепла. Следовательно, величина q_B включает в себя расход энергии, который требуется для поддержания рабочей температуры. Ее величина, в том числе и в существующих установках, может быть определена посредством относительно просто проводимого исследования.

Для этого водогрейный котел следует полностью отсоединить от обеспечиваемой им системы минимум на 24 часа, чтобы была прекращена любая отдача полезного тепла: следует перекрыть клапаны и смесители и выключить насосы отопительных контуров. К началу испытаний водогрейный котел должен иметь свою обычную рабочую температуру; у старых водогрейных котлов она равна от 75 до 90 °С.

Теперь измеряется получающееся во время испытаний время работы горелки t_L или также соответствующий расход топлива V_V . Теперь:

$$q_B = \frac{tL}{tV} \text{ или}$$

$$q_B = \frac{Bv}{(B \bullet tV)}$$

t_L – измеренное в часах или минутах время работы горелки во время испытаний;

t_V – продолжительность испытаний в часах или минутах;

V_V – измеренный расход топлива в литрах или, соответственно, в м³ за период испытаний;

B – расход топлива в литрах/час или м³/час при номинальной мощности.

Пример:

Продолжительность испытаний
Время работы горелки

$$t_V = 24 \text{ часа} = 24 \times 60 \text{ минут} = 1440 \text{ минут.}$$

$$t_L = 52 \text{ минуты}$$

$$q_B = \frac{tL}{tV} = 0,036 = 3,6 \%$$

Учебный пример

Для старого водогрейного котла при продолжительности испытаний 40 часов (40 часов x 60 минут в час) время работы горелки составляет 110 минут. Рассчитайте, пожалуйста, с точностью до трех разрядов после запятой:

$$q_B = \quad \quad \quad \%$$

Если горелка оборудована счетчиком числа часов работы, то Ваш клиент, после соответствующего инструктажа, может провести такое измерение и сам. Такое привлечение клиента к определению величины q_B часто более эффективно, чем самая убедительная аргументация специалиста отопительной техники. Для него это действительно очень наглядно, убедиться в том, что старый водогрейный в многоквартирном жилом доме расходует, например, 3 литра котельного топлива, хотя все радиаторы выключены и не производится горячая вода. А ведь в году все-таки 365 дней!

1.2.4. Коэффициент полезного действия котла

Прежде чем описывать в следующей главе среднегодовой коэффициент использования старой установки, нам следует кратко рассмотреть вопрос о коэффициенте полезного действия водогрейного котла, так как в дальнейшем мы будем снова возвращаться к нему. Под коэффициентом полезного действия водогрейного котла η_K мы понимаем отношение эффективной передаваемой тепловой мощности котла Q_K (номинальная мощность водогрейного котла) к мощности топки Q_F .

$$\eta_k = \frac{Q_k}{Q_F}$$

η_k – коэффициент полезного действия водогрейного котла при номинальной мощности

Q_k – номинальная мощность водогрейного котла в кВт

Q_F – мощность топки в кВт

Мощность топки Q_F :

$$Q_F = V \cdot H_U$$

H_U – теплота сгорания топлива в кВтчас/литр или, соответственно, кВтчас/м³

Коэффициент η_k можно рассчитать по потерям на отходящие газы и потерям на излучение, либо также следующим образом:

$\eta_k = 100 - q_A - q_S$ [%] или, соответственно, (с десятичным результатом):

$$\eta_k = 1 - \frac{q_A + q_S}{100}$$

Пример:

Потери на отходящие газы $q_A = 11,5$ %

Потери на излучение $q_S = 1,7$ %

Коэффициент полезного действия котла $\eta_k = 100 - 11,5 - 1,7 = 86,8$ %

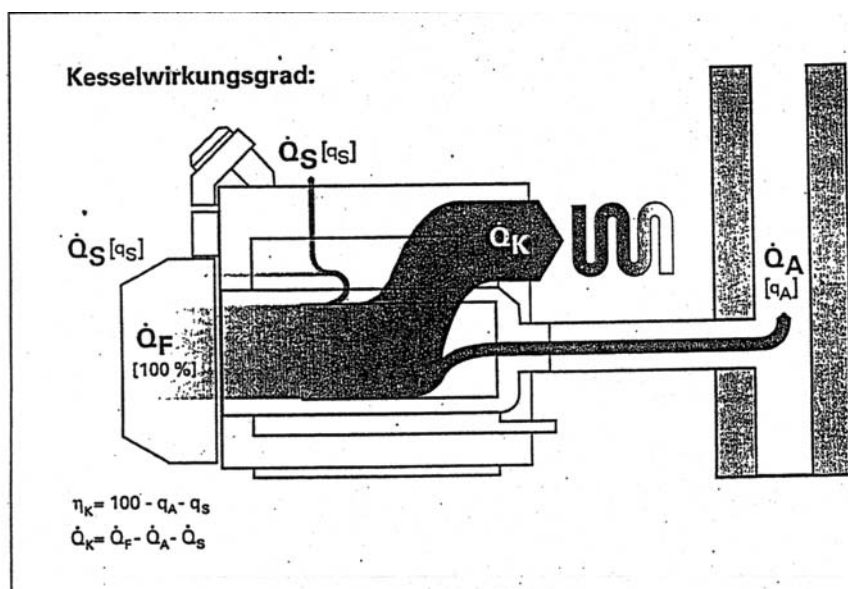


Рис. 1. Коэффициент полезного действия котла

1.3. Среднегодовой коэффициент использования водогрейного котла

Коэффициент использования, как и коэффициент полезного действия, то есть соотношение между использованием и расходами, может оцениваться, естественно, только на достаточно большом интервале времени, как правило – за год эксплуатации. Для среднегодового коэффициента использования установки с водогрейным котлом $\eta_{ак}$ действительно:

$$\eta_{ак} = \frac{Q_{ак}}{B_{а} \cdot H_u}$$

$B_{а}$ – среднегодовой расход топлива в литрах/год или, соответственно, в м³/год.

Здесь $Q_{ак}$ среднегодовая отдача тепла водогрейного котла в кВт·час/год в систему за год работы всем обеспечиваемым котлом потребителям, например системе отопления, вентиляции, обеспечения горячей водой и т.п. Коэффициент полезного действия и коэффициент использования (см. учебное письмо 2) соответствует принятому в Германии коэффициенту теплоты сгорания топлива H_u . Только благодаря этому коэффициент полезного действия для конденсатных котлов может оказываться более 1 (больше 100 %).

1.3.1. Среднегодовой коэффициент использования устаревших отопительных установок

Описанные выше эксплуатационные параметры потерь на отходящие газы, на излучение и на поддержание готовности следует рассматривать как приблизительные константные величины для котлов, которые эксплуатируются при постоянно высокой рабочей температуре от 70 °С до 90 °С. Таким образом, и коэффициент полезного действия водогрейного котла следует рассматривать как константную, статическую величину. Здесь, и только здесь, может оказаться действительным, что водогрейный котел поставляется со своим коэффициентом полезного действия на номинальной мощности в первую очередь для отопления в течение года и что дополнительно возникает расход энергии на потери для поддержания готовности. Исходя из этих рассуждений, выводятся следующие формулы, принятые Союзом немецких инженеров (VDI):

$$\eta_{ак} = \frac{Q_{ак}}{\frac{Q_{ак}}{\eta_k} + (b - b_{vk}) \cdot q_B \cdot Q_F}$$

$$\eta_{ак} = \frac{\eta_k}{\left(\frac{b}{b_{vk}} - 1\right) \cdot q_B + 1}$$

b – среднегодовая продолжительность включения водогрейного котла в часах за год;

ориентировочные величины:

b приблизительно равно 8760 часов в год с обеспечением горячей водой

b приблизительно равно 6500 часов в год без обеспечения горячей водой

b_{vk} – среднегодовая работа генератора тепла с номинальной мощностью для среднегодовой продолжительности работы $Q_{аК}$, так называемое число часов полного использования в часах за год

$$b_{vk} = \frac{Q_{аК}}{Q_K} \text{ часов/год}$$

Документы Союза немецких инженеров VDI 2067 и 3808 являются расчетной основой для новых установок. В соответствии с ними может рассчитываться предполагаемое среднегодовое потребление тепла для отопления, вентиляции, обеспечения горячей водой, включая все потери и вытекающее из этого потребление топлива. При модернизации установки получается совершенно обратная последовательность вычислений.

При этом Вы вместе с Вашим клиентом должны определить, по возможности, максимальную величину среднегодового потребления топлива за последние 5 лет. При этом теперь следует исходить из расчета того, какой была среднегодовая продолжительность работы ($Q_{аК}$) водогрейного котла при

данном расходе топлива и какой расход топлива идет только на потери. В качестве исходной базы примем большой многоквартирный дом, для которого мы уже определили приведенные ниже данные.

Данные проекта

Среднегодовой расход топлива	$V_a \approx 6300$ литров/год
Год изготовления котла	1975
Потери на отходящие газы	$q_A = 12,6 \%$
Величина q_B водогрейного котла	$q_B = 0,035$
Номинальная тепловая мощность котла	$Q_K = 35$ кВт
Продолжительность включения	$b = 8760$ часов/год
Температура воды водогрейного котла (константа)	$T_K = 75$ °C

Первый шаг при расчете среднегодовой продолжительности работы топки:

$$b_{aF} = \frac{V_a}{V} \text{ часов за год}$$

Расход топлива при отсутствии протокола измерений сервисной службы клиентов следует рассчитывать следующим образом:

$$V = \frac{Q_K}{(H_u \cdot \eta_K)} \text{ [литров/час; м}^3\text{/час]}$$

Здесь следует ввести η_K приблизительно от 0,85 до 0,88. При помощи обычной логарифмической линейки «жидкое топливо/газообразное топливо», которая применяется для определения требуемых параметров сопла и давления жидкого топлива или газообразного топлива, специалист по монтажу горелки может определить расход топлива. Для данного примера получаются следующие результаты:

$$V = \frac{35 \text{ кВт}}{(10 \text{ кВт} \cdot \text{час} / \text{литр} \cdot 0,88)} = 4,0 \text{ литра/час}$$

$$b_{aF} = \frac{6300 \text{ литров} / \text{год}}{4 \text{ литра} / \text{час}} = 1575 \text{ часов/год}$$

Естественно, что такая среднегодовая продолжительность работы топки включает также время работы горелки с потерями на поддержание готовности. Однако в уравнение на стр. 5 следует вносить число часов полного использования. Часы работы полного использования вычисляются следующим образом:

$$b_{vK} = \frac{b_{aF} - b \cdot q_B}{1 - q_B} \text{ часов/год}$$

$$b_{vK} = \frac{1575 \text{ часов} / \text{год} - 8760 \text{ часов} / \text{год} \cdot 0,035}{1 - 0,035} = 1314 \text{ часов/год}$$

Теперь разность между временем работы топки и часами работы полного использования есть то время, в течение которого горелка работает только для поддержания рабочей температуры. Расход топлива на среднегодовые потери V_{qB} теперь можно рассчитать просто.

$$V_{qB} = (b_{aF} - b_{vK}) V \text{ (литров/год или м}^3\text{/год)}$$

$$V_{qB} = (1575 \text{ часов/год} - 1314 \text{ часов/год}) \cdot 4,0 \text{ литра/час} = 1044 \text{ литров/год}$$

Расход топлива на ежегодные потери на отходящие газы при создании только полезного тепла:

$$BqA = (Ba - BqB) \cdot \frac{qA}{100} \text{ (литров/год или м}^3\text{/год)}$$

$$BqA = (6300 \text{ литров/год} - 1044 \text{ литров/год}) \cdot \frac{12,6}{100} = 662 \text{ литра/год}$$

Теперь в балансе топлива отсутствует только потребление на потери на излучение:

$$BqS = \frac{bvk \cdot B \cdot qs}{100} \text{ (литров/год или м}^3\text{/год)}$$

Потери на излучение можно рассчитать приблизительно по минимуму по уравнению

$$q_s = q_B \times 1,5 \times 100 \% \text{ (сравните со стр. 2):}$$

$$q_s = 0,035 \times 1,5 \times 100 = 5,25 \%$$

$$BqS = 1314 \text{ часов/год} \times 4 \text{ литра/час} \times 5,25/100 = 276 \text{ литров/год}$$

Теперь среднегодовой коэффициент использования водогрейного котла может быть рассчитан через баланс топлива:

$$\eta_{ak} = \frac{Ba - BqB - BqA - Bqs}{Ba}$$

$$\eta_{ak} = \frac{6300 - 1044 - 662 - 276}{6300} = 0,685 = 68,5 \%$$

Расчет среднегодового коэффициента использования оказывается достаточно растянутым, но все-таки действительно интересным, так как в этом случае возможна определенная оценка по отдельным видам потерь.

Потребление котельного топлива в целом	6300 л/год	100 %
В том числе:		
На полезное тепло	4318 л/год	68,5 %
На потери на поддержание готовности	1044 л/год	16,6 %
На потери на отходящие газы	662 л/год	10,5 %
На потери на излучение	276 л/год	4,4 %

Для сравнения теперь можно произвести еще более простой расчет по формуле Союза немецких инженеров (VDI). Здесь, разумеется, не следует использовать принятый коэффициент полезного действия водогрейного котла, как это было сделано при приблизительном вычислении расхода топлива. Поскольку потери на отходящие газы известны так же, как и потери на излучение, то коэффициент полезного действия водогрейного котла и среднегодовой коэффициент использования можно рассчитать в соответствии с приведенными выше уравнениями:

$$\eta_k = 1 - \frac{qA + qs}{100}$$

$$\eta_k = 1 - \frac{12,6 + 5,25}{100} = 0,8215$$

$$\eta_{ak} = \frac{\eta_k}{\left(\frac{b}{bvk} - 1\right) \cdot qB + 1}$$

$$\eta_{ak} = \frac{0,8215}{\left(\frac{8760}{1314} - 1\right) \cdot 0,035 + 1} = 0,685$$

Баланс топлива с его распределением отдельных потерь позволил четко определить одно: расход энергии на потери на поддержание готовности больше, чем расход энергии на потери на отходящие газы и на излучение вместе взятые. Поэтому непосредственно для старых установок с относительно небольшой мощностью оказывается, что потери на поддержание готовности влияют на среднегодовой коэффициент использования сильнее, чем потери на отходящие газы и на излучение.

Даже если трубочист выдает Вашему клиенту свидетельство о том, что потери водогрейного котла на отходящие газы еще находятся в допустимых пределах, коэффициент использования водогрейного котла может быть все-таки очень низким. Зная только данные о потерях на отходящие газы нельзя дать оценку водогрейного котла.

После того как Вы вычислили среднегодовой коэффициент использования и расход топлива существующей отопительной установки, Ваш клиент, естественно, может узнать, какая экономия топлива может быть получена посредством модернизации.

1.3.2. Модернизация отопительной системы и экономия топлива

Чтобы определить требуемую подачу тепловой энергии и номинальную мощность нового генератора тепла, следует в первую очередь знать среднегодовую подачу тепловой энергии существующей отопительной системы. Под этим следует понимать среднегодовую работу водогрейного котла для отопления, вентиляции, обеспечения горячей водой, для обеспечения прочих потребителей, включая потери на распределение, возникающие в подключаемой системе. Эта работа рассчитывается по формуле для среднегодового коэффициента использования (см. стр. 5) следующим образом:

1.3.2.1. Среднегодовая подача тепла существующей отопительной установки

$$Q_{ak} = V_a \times H_u \times \eta_{ak}$$

$$Q_{ak} = 6300 \text{ литров/год} \times 10 \text{ кВтчас/литр} \times 0,685 = 43155 \text{ кВтчас/год}$$

Если обеспечение горячей водой производится через подключенный к водогрейному котлу емкостной водонагреватель, то достаточно оценить долю обеспечения горячей водой в среднегодовой подаче тепловой энергии (точные расчет соответственно предписаниям VDI). В общем эту долю можно принять равной приблизительно 12 %. При непропорционально большом количестве людей, особенно высоких требованиях и очень хорошей тепловой защите здания эта доля может быть вполне повышаться до величины около 20 %.

При долевого коэффициенте a_w величиной приблизительно от 0,12 до 0,2 получается:

$$Q_{aw} = Q_{ak} \times a_w \text{ [кВтчас/год]}$$

$$Q_{aw} = 43155 \text{ кВтчас/год} \times 0,12 = 5180 \text{ кВтчас/год}$$

Аналогично этому для среднегодовой подачи тепла для отопления получается:

$$Q_{акн} = Q_{ak} \times (1 - a_w) \text{ [кВтчас/год]}$$

$$Q_{акн} = 43155 \text{ кВтчас/год} \times (1 - 0,12) = 37980 \text{ кВтчас}$$

1.3.2.2. Мощность нового водогрейного котла

В соответствии с документом "HeizAnIV" номинальная тепловая мощность водогрейного котла должна соответствовать рассчитанной по стандарту DIN 4701 потребности здания в тепле $Q_{N,geb}$. Здесь низкотемпературные и конденсатные водогрейные котлы выведены за скобки и могут рассчитываться несколько щедрее. Добавка от 10 до 15 % по опыту очень холодных зим 1984/85 и 1985/86, а также 1995/96 и 1996/97 годов, вполне целесообразна и ни в коем случае не минимизирует коэффициент использования.

Соответствующим практике является расчет мощности по заданным часам полного использования b_{vs} . Для жилых домов следует предусматривать максимум 1800 часов полного использования, когда даже при суровых зимах в распоряжении пользователей должна быть достаточная мощность. Тогда необходимая мощность нового низкотемпературного или конденсатного водогрейного котла равна:

$$Q_k = Q_{ak} / b_{vs} \text{ [кВт]}$$

b_{vs} – заданные часы полного использования номинальной тепловой мощности водогрейного котла в часах за год (около 1600 – 1800 часов за год).

$$Q_k = 43155 \text{ кВтчас/год} : 1800 \text{ часов/год} = 24 \text{ кВт}$$

1.3.2.3. Среднегодовая подача тепла модернизированной установки

Если обновляется только генератор тепла, причем с сохранением идентичного или равноценного регулировочного оборудования, то среднегодовая подача тепла Q_{ak} новой системы остается приблизительно одинаковой.

Однако в ходе модернизации системы Вам следует постараться улучшить также регулировочное оборудование, например посредством внедрения погодозависимого регулятора водогрейного котла с программой выдержек времени. Вам следует также обязательно предусмотреть соответствующую рекомендациям тепловую изоляцию трубопроводов распределительной системы отопления и горячей воды, по крайней мере в пределах их доступности.

Для мероприятий такого рода может производиться приближенный расчет с приведенными ниже коэффициентами уменьшения f_n для отопления и f_w для горячей воды:

Мероприятие:	f_n	f_w
1. Дооснащение погодозависимым регулятором с программой выдержек времени	0,95	
2. Теплоизоляция трубопроводов системы отопления (в пределах доступности)	0,98	
3. Теплоизоляция трубопроводов горячей воды (в пределах доступности)		0,92
4. Новый емкостной водонагреватель		0,95

Примечание. Корректный расчет производится в соответствии с Положением VDI 3808.

В приводимом здесь примере следует принять, что проводятся все указанные выше мероприятия по модернизации. В таком случае легко рассчитать ожидаемую после модернизации среднегодовую подачу тепла для отопления Q_{an} и, соответственно, горячей воды Q_{aw} .

$$Q_{an} = Q_{ak} \times f_{n1...n} \text{ [кВтчас/год]}$$

$$Q_{an} = 37980 \text{ кВтчас/год} \times 0,95 \times 0,98 = 35360 \text{ кВтчас/год}$$

$$Q_{aw} = Q_{ak} \times f_{w1...n} \text{ кВтчас/год}$$

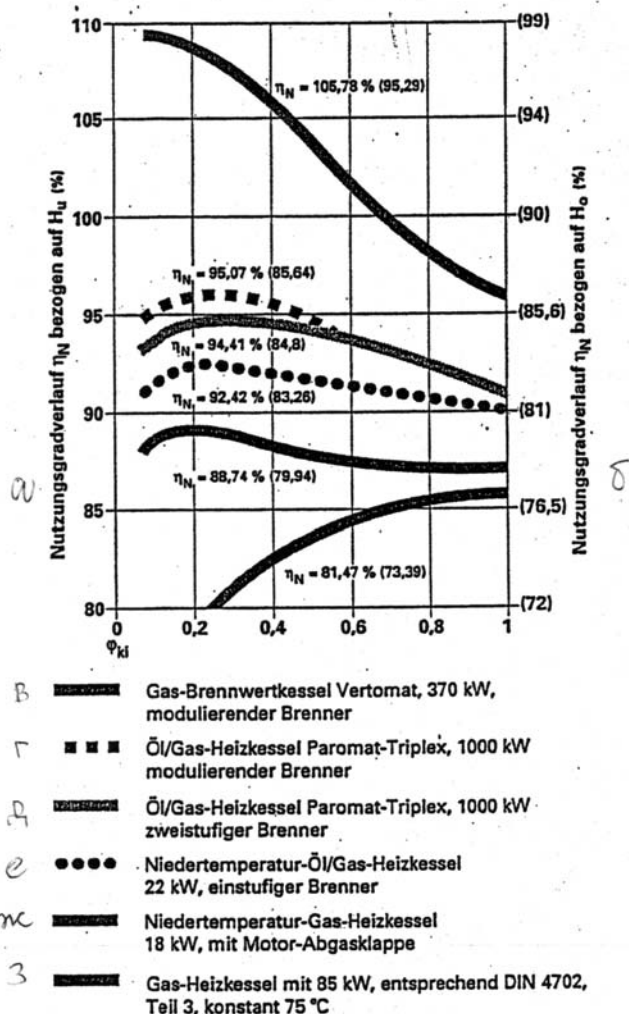
$$Q_{aw} = 5180 \text{ кВтчас/год} \times 0,92 \times 0,95 = 4527 \text{ кВтчас/год}$$

1.3.2.4. Среднегодовой коэффициент использования современного генератора тепла

У всех водогрейных котлов, которые работают со скользящей рабочей температурой, следовательно в низкотемпературных и конденсатных котлах, эксплуатационные параметры q_A , q_S и q_B являются не статическими, а динамическими величинами. Они заметно улучшаются непосредственно в важном режиме частичной нагрузки. Коэффициент использования такого водогрейного котла заметно возрастает.

тает в области частичной нагрузки, а среднегодовой коэффициент использования всегда больше, чем коэффициент использования при номинальной нагрузке.

Характеристика коэффициента использования в режиме частичной нагрузки и нормированный коэффициент использования η_N соответственно стандарту DIN 4702, часть 8, для различных водогрейных котлов представлены на рис. 2 (см. ни-



же).

Рис. 2. Характеристики коэффициента использования и нормированного коэффициента использования, измеренные при кривой отопления 75/60 °С, с отклонением от стандарта DIN 4702, часть 8, с экспонентой кривой отопления 1,33:

а – характеристика коэффициента использования η_N относительно H_u в процентах; б - характеристика коэффициента использования η_N относительно H_o в процентах; в – газовый конденсатный котел Vertomat, 370 кВт, модулирующая горелка; г – работающий на жидком котельном топливе и на газе водогрейный котел Paromat-Triplex, 1000 кВт, модулирующая горелка; д - работающий на жидком котельном топливе и на газе водогрейный котел Paromat-Triplex, 1000 кВт, двухступенчатая горелка; е - работающий на жидком котельном топливе и на газе низкотемпературный водогрейный котел, 22 кВт, одноступенчатая горелка; ж – низкотемпературный газовый водогрейный котел, 18 кВт, с заслонкой газохода, управляемой двигателем; з – газовый водогрейный котел, 85 кВт, соответственно стандарту DIN 4702, часть 3, константа 75 °С

Существенное изменение нового стандарта DIN 4702 заключается в том, что при испытании на допуск конструктивного исполнения следует измерять не только коэффициент полезного действия генератора тепла при номинальной мощности. Дополнительно должен измеряться также коэффициент использования при частичной нагрузке вплоть до минимальной нагрузки 13 %, что показано на рис. 2. Нормированный коэффициент использования вычисляется по зарегистрированным коэффициентам использования при частичной нагрузке, в общем берутся пять точек нагрузки, и почти соответствует, таким образом, фактически достижимым среднегодовым коэффициентам использования: $\eta_{ak} \approx \eta_N$.

Для количественной оценки результатов модернизации могут использоваться указанные в расположенной ниже таблице среднегодовые коэффициенты использования, если генератор тепла установлен только для отопления. Ориентировочные величины для среднегодовых коэффициентов использования генераторов тепла, применяемых только для обеспечения горячей водой, уже были указаны в учебном письме 4 (глава 1.2.3).

Среднегодовые коэффициенты использования современных генераторов тепла

	Номинальная тепловая мощность 15 кВт – 1000 кВт
Низкотемпературный водогрейный котел Конденсатный котел:	$\eta_{ак} = 0,92 – 0,95$
Температура системы 75/60 °С	$\eta_{ак} = 1,00 – 1,06$
Температура системы 40/30 °С	$\eta_{ак} = 1,03 – 1,09$

Вернемся к нашему примеру: для модернизации должен быть предусмотрен низкотемпературный водогрейный котел. Кроме того, принимается, что проводятся также упомянутые до этого дополнительные мероприятия. В таком случае среднегодовой расход топлива после модернизации:

$$V_{aH} = \frac{Q_{aH}}{H_u \cdot \eta_{ак}} \text{ [литров/год; м}^3\text{/год]}$$

$$V_{aH} = \frac{35360 \text{ кВт} \cdot \text{час} / \text{год}}{10 \text{ кВт} \cdot \text{час} / \text{литр} \cdot 0,92} = 3843 \text{ литров} / \text{год}$$

$$V_{aW} = Q_{aW} / (H_u \times \eta_{ак}) \text{ [литров/год; м}^3\text{/год]}$$

$$V_{aW} = (4527 \text{ кВт} \cdot \text{час} / \text{год}) : (10 \text{ кВт} \cdot \text{час} / \text{год} \times 0,83) = 545 \text{ литров} / \text{год}$$

(Надпись от руки: $\eta_{ак}$ при обеспечении горячей водой. Примеч. переводчика).

Примечание: здесь коэффициент $\eta_{ак}$ должен быть как в учебном письме 4, глава 1.2.3.

Следовательно, общий расход жидкого котельного топлива $V_{аг}$ **равен:**

$$V_{аг} = 3843 \text{ литра} / \text{год} + 545 \text{ литров} / \text{год} = 4388 \text{ литров} / \text{год}$$

Ожидаемая экономия топлива за год $V_{ае}$ равна:

$$V_{ае} = 6300 \text{ литров} / \text{год} - 4388 \text{ литров} / \text{год} = 1912 \text{ литров} / \text{год}$$

Это соответствует экономии округленно до 30 %. Если бы здесь был осуществлен переход на природный газ и применен конденсатный котел, то имела бы место экономия даже около 40 %.

1.4. Расчет экономических результатов

Само собой разумеется, что Ваш клиент заинтересован в конкретном успехе запланированных мероприятий по модернизации. Наглядная экономия энергии одинаково выражает это условие двояким образом: во первых, благодаря незначительному потреблению топлива и ничтожному выбросу вредных веществ заметно ослабляется их воздействие на окружающую среду. Во вторых – и это для многих также действительно убедительный аргумент – заметно снижаются ежегодные расходы на отопление. Поэтому Вы, как специалист в области отопительной техники, всегда должны разъяснять вопрос о соотношении между ожидаемой пользой (экономия денежных средств) и необходимыми расходами на модернизацию отопительной системы (стоимость инвестиций). Другими словами речь идет о ответе на вопрос: “Выгодно ли это?”.

Как Вам уже известно, для многих Ваших клиентов и так уже предстоит обновление из отопительной установки из-за обострения проблемы потери на отходящие газы. Следовательно, обсуждается только принятие решения о том, ожидать ли конца установленного переходного срока или следует прово-

дить модернизацию заранее. В такой ситуации лицу, пользующемуся установкой должно быть ясно, что полезный эффект тем больше, чем раньше будет обновлена его система: кто первым модернизирует, то первым также экономит! Ведь момент модернизации придет к нему неизбежно. Если он модернизирует немедленно, то также немедленно он получает выгоду от модернизации.

Это так же действительно в случае финансирования, так как экономия средств на отопление существенно выше, чем затраты на финансирование. Так, например, фирма Viessmann предлагает своим клиентам удовлетворительные условия финансирования, при которых процентная норма – фактические годовые проценты равны 3,99 % при сроке действия 2 года, находится действительно ниже обычных банковских процентов.

Приведем пример. Vitola-300 при сравнении со старым водогрейным котлом, имеющим срок службы 15 лет, экономит до 30 % энергии. За период в 2 года это соответствует сумме 1400 марок ФРГ. Расходы на финансирование составляют только около 500 марок ФРГ – в результате для Вашего клиента получается экономия около 900 марок ФРГ.

Разумеется, что Ваш клиент интересуется не только возмещением расходов на финансирование, но и возмещением всех инвестиционных издержек. Частному лицу, как правило, достаточно соответствующего **времени окупаемости капитала**, которое должно быть меньше предполагаемой продолжительности использования новой отопительной системы. Оно рассчитывается по следующей формуле:

$$n_r = K_i / E \text{ [лет]}$$

n_r – время окупаемости капитала в годах

K_i – инвестиции в марках ФРГ

E – среднегодовая экономия средств в марках ФРГ/год

Среднегодовая экономия стоимости топлива при цене жидкого горючего в настоящее время около 0,35 марки ФРГ/литр, соответствующая приведенному примеру:

$$E = 1912 \text{ литров/год} \times 0,35 \text{ марки ФРГ/литр} = 669 \text{ марок ФРГ/год}$$

(Записано от руки: 0,50 марки ФРГ/литр; 956 марок ФРГ/литр. Примеч. переводчика).

Предположим, что Ваше предложение по модернизации установки составляет в сумме $K_i = 12\,000$ марок ФРГ. В таком случае

$$n_r = 12\,000 \text{ марок ФРГ} : 669 \text{ марок ФРГ/год} \approx 18 \text{ лет.}$$

(Записано от руки: 956 марок ФРГ; ≈ 12 лет. Примеч. переводчика).

Принимая во внимание относительно небольшую мощность этой установки и очень низкие, в настоящее время, цены на жидкое минеральное топливо, этот результат для частного лица следует рассматривать как оправданный, так как инвестируемый капитал окупается благодаря экономии расходов на топливо в пределах периода использования его новой отопительной установки, который может считаться равным приблизительно 20 годам. Период окупаемости капитала для Ваших клиентов может сокращаться еще больше, поскольку уверенно можно ожидать рост расходов, в частности из-за роста цен на топливо.

Однако решающим аргументом в пользу модернизации такой отопительной установки является возможность экономии ежегодно около 2000 литров котельного топлива даже при такой маломощной установке. Поскольку при сгорании 1 литра котельного топлива образуется 2,6 кг двуоксида углерода (CO_2), окружающая среда загрязняется меньше на 5200 кг CO_2 . Современные генераторы тепла в дополнение к сказанному отличаются также значительно более низкими специфическими величинами CO и NO_x выброса пыли. Достигаемое при модернизации установки относительное снижение выброса вредных веществ в результате всегда больше, чем экономия энергии.

Для установок большей мощности наряду с экономическим аспектом следует ожидать также удовлетворительного соотношения между пользой и расходами. Хотя выраженная в процентах экономия топлива оказывается меньшей, абсолютные значения имеют другой порядок величин. Котлы средней и большой мощности уже 25 лет тому назад выпускались с несколько лучшей теплоизоляцией, к тому

же соотношение между поверхностью котла и производительностью котла становится все более удовлетворительным по мере увеличения мощности.

Так например, водогрейный котел мощностью 20 кВт имеет специальную поверхность около 100 м²/МВт, а при мощности 1000 кВт она равна только около 17 м²/МВт. С увеличением производительности становятся все меньшими потери на излучение и на поддержание готовности и следовательно становится все большим среднегодовой коэффициент использования.

Для старого водогрейного котла, имеющего возраст 20 лет, с мощностью, например, 800 кВт вполне может достигаться среднегодовой коэффициент использования около 85 %. При среднегодовом расходе газа 170 000 м³/год среднегодовая выдача водогрейного котла рассчитывается следующим образом:

$$Q_{ак} = 170\,000 \text{ м}^3/\text{год} \times 10 \text{ кВтчас/м}^3 \times 0,85 = 1445\,000 \text{ кВтчас/год}$$

Если здесь предусматривается газовый конденсатный котел примерно равной мощности, то среднегодовой коэффициент использования достигает около 106 %. В таком случае среднегодовой расход топлива модернизированной установки равен:

$$V_a = (1445 \text{ кВтчас/год}) : (10 \text{ кВтчас/м}^3 \times 1,06) = 13620 \text{ м}^3/\text{год}$$

Среднегодовая экономия топлива составляет:

$$V_{ае} = 170\,000 \text{ м}^3/\text{год} - 136\,320 \text{ м}^3/\text{год} = 33680 \text{ м}^3/\text{год}$$

Стоимость модернизации с водогрейным конденсатным котлом, модулирующей горелкой, газоходом и монтажными работами составляет около 65 000 марок ФРГ. Если принять банковский процент равным около 7 % и среднегодовое увеличение стоимости 5 %, то модернизация амортизируется менее чем за четыре года.

В нашем экономическом анализе рассматриваются прежде всего успех и экономичность модернизации установки. При этом были проанализированы экономия топлива, экономия расходов на топливо, инвестиционные расходы и окупаемость капитала. И не учитывались, напротив, расходы на техническое обслуживание и на ремонтные работы, на стоимость электроэнергии для горелок, насосов и регулировочных устройств, стоимость налогов и страховок и т.д. Если в ходе модернизации системы выбранные с запасом параметры насосы заменяются, например, на такие же с зависимыми от разностного давления регуляторами числа оборотов, то могут также заметно уменьшаться расходы на электроэнергию. С точки зрения стоимости технического обслуживания ни какого большого различия нет. В последующие годы клиенты вряд ли будут нести расходы на ремонтные работы.

1.5 Заключение

- Модернизация устаревших отопительных систем и установок снабжения горячей водой всегда является самым надежным средством существенно уменьшить как потребление энергии, так и выбросы вредных веществ.
- В конечном счете Ваша задача заключается в том, чтобы убедить клиентов в необходимости модернизации установки.
- При общем обосновании модернизации отопительной системы с точки зрения клиента важнейшим и решающим аргументом является экономическое обоснование. И здесь Ваш клиент ожидает компетентной оценки специалиста по отопительной технике.
- Экономические расчеты предназначены для определения периода времени, в течение которого инвестиционные расходы вновь оправдываются экономией энергией.
- На первом этапе рассчитывается среднегодовой коэффициент использования старой установки. При этом вычислении через баланс топлива в основу кладется максимальное среднегодовое потребление топлива старой установкой, за вычетом величин расхода на отходящие газы, на излучение и на поддержание готовности. Оценка величин потерь делает очевидным, что расход энергии на потери поддержания готовности выше, чем расход энергии на потери на отходящие газы и на потери на излучение вместе взятые.
- На втором этапе определяется среднегодовая экономия топлива благодаря модернизации установки. При этом наряду с заменой генератора тепла предусматриваются и другие мероприятия, которые способствуют экономии энергии.
- Уровень среднегодовой стоимости топлива зависит, с одной стороны, от размеров установки и, с другой стороны, от действующих цен на топливо.
- При расчете экономических показателей для частного лица решающим является, как правило, время окупаемости капитала, которое должно быть меньше, чем предусматриваемая продолжительность использования модернизируемой установки.
- Поскольку Ваши клиенты – в долгосрочной перспективе – имеют также финансовые выгоды, то момент модернизации должен выбираться как можно более ранним, ведь кто первым модернизирует, тот первым также и экономит.