

Сравнение вариантов при переводе инженерного оборудования с твердого топлива на природный газ производилось, согласно [2], по минимуму приведенных затрат:

$$ПЗ_{II} - ПЗ_I = (E_H K_{II} + Э_{II}) - (E_H K_I + Э_I),$$

где  $E_H$  — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений ( $E_H = 0,15$ );  $K_I, K_{II}$  — капитальные затраты по системам теплоснабжения в сравниваемых вариантах;  $Э_I, Э_{II}$  — эксплуатационные затраты в сравниваемых вариантах.

Затраты  $Э_I$  и  $Э_{II}$  приблизительно одинаковы, поэтому

$$Э = ПЗ_{II} - ПЗ_I = E_H K_{II} - E_H K_I, \text{ или}$$

$$Э = 0,15 \cdot 1825 - 0,15 \cdot 1308 = 78 \text{ руб.}$$

Таким образом, газификация старого усадебного фонда с сохранением печной системы отопления путем переоборудования отопительных и отопительно-варочных печей выгоднее, чем с устройством водяной системы отопления от теплогенератора заводского изготовления.

#### Список литературы

1. СНиП 2.04.08—87. Газоснабжение. М., 1987. 2. СН 09—78. Инструкция по определению экономической эффективности использования в строительстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. М., 1979.

УДК 662.612.31

И.А.КАРПЮК

### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЖИГАНИЯ ГАЗА В МАЛОГАБАРИТНЫХ ЧУГУННЫХ СЕКЦИОННЫХ КОТЛАХ ТИПА ВНИИСТО-Мч и КЧМ

В местных системах водяного отопления индивидуальных жилых домов и мелких коммунально-бытовых объектов значительное распространение получили чугунные секционные котлы типа КЧМ и ВНИИСТО-Мч.

Котлы собирают из отдельных секций и покрывают снаружи кожухом из кровельной стали по листовому асбесту. Они оборудованы внутренними топками, предназначенными для слоевого сжигания высокосортного твердого топлива (антрацит, брикеты) при естественной тяге. Дымовые газы удаляются непосредственно в дымоход через горизонтальный патрубок, расположенный в верхней части котла, где находится сборная дымовая коробка с шибером, с помощью которого регулируется разрежение в топке котла, а следовательно, и приток воздуха в зону горения топлива. Разрежение в топке должно составлять 20—40 Па для преодоления воздухом значительного аэродинамического сопротивления слоя топлива. Таким образом, при сжигании твердого топлива регулирование скорости горения (производительности котла) осуществляется с помощью шибера и воздушной заслонки зольника.

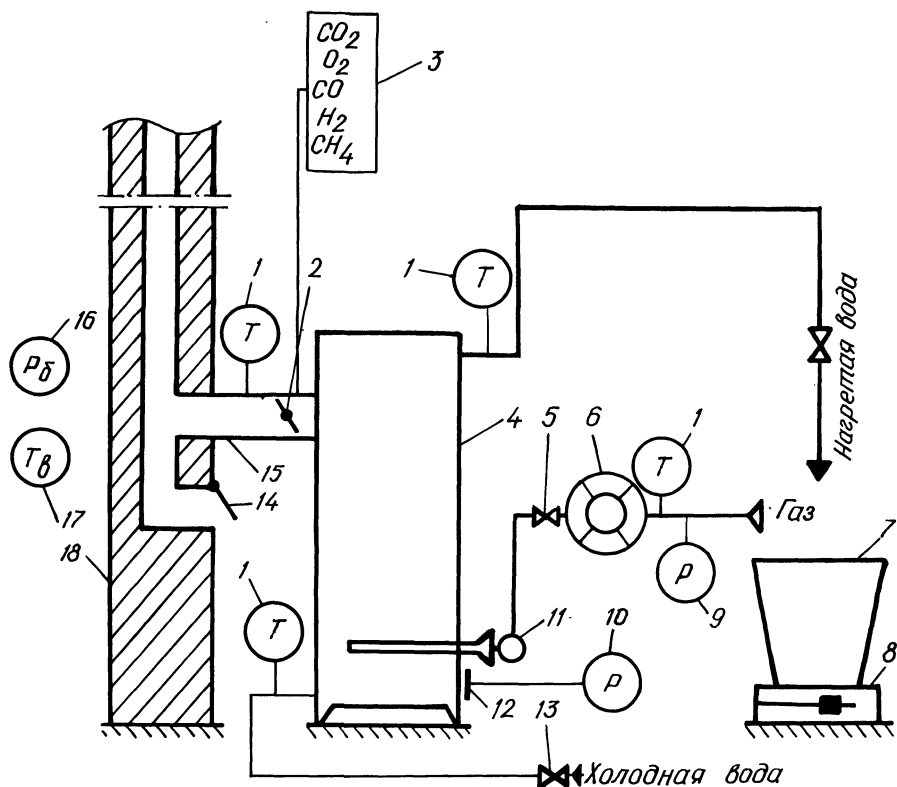


Рис. 1. Схема опытно-промышленной установки для испытания котла:

1 — термометр лабораторный; 2 — шибер; 3 — газоанализатор; 4 — котел пятисекционный ВНИИСТО-Мч; 5 — кран газовый; 6 — счетчик газовой фирмы "Ромбах"; 7 — сосуд для воды; 8 — весы почтовые; 9 — манометр водяной V-образный; 10 — микроманометр; 11 — газогорелочный блок АПОК-1; 12 — воздушная заслонка; 13 — вентиль; 14 — дверка прочистного люка (вьюшка); 15 — патрубок дымоотводящий; 16 — барометр-анероид; 17 — термометр комнатный; 18 дымоход

В связи с массовой газификацией жилого фонда в городах и в сельской местности и дефицитом специальных газовых малогабаритных котлов промышленностью освоено серийное производство блочных инжекционных горелок ряда типоразмеров с комплектом автоматики безопасности и регулирования (АПОК-1 и АПОК-20) для переоборудования котлов типа ВНИИСТО-Мч и КЧМ с твердого топлива на природный газ.

Для нормальной работы инжекционных газовых горелок низкого давления разрежение в топочной камере достаточно поддерживать в пределах 3–5 Па, так как аэродинамическое сопротивление топки при сжигании газа значительно меньше, чем при сжигании твердого топлива. Поэтому газовые котлы и водогрейные аппараты подключают к дымоходу с помощью вертикального участка соединительной трубы, на котором устанавливают прерыватель тяги. Назначение последнего — обеспечение не только устойчивой работы

газовой горелки, но и постоянства расхода вторичного воздуха в топке при колебаниях разрежения в дымоходе.

Однако, как показала проверка проектов, разработанных в Латвии, при переводе на газ чугунных секционных котлов переделка узла подключения к дымоходу с устройством тягопрерывателя не предусматривается, так как его установка не всегда возможна по конструктивным соображениям из-за отсутствия свободного пространства за котлом и необходимости перемонтажа существующей системы отопления. В настоящее время в эксплуатации находятся сотни газифицированных малогабаритных котлов без прерывателей тяги, но эффективность сжигания газа в них не анализировалась из-за отсутствия приборов учета расхода газа. В ряде случаев устанавливали вторые дополнительные газифицированные котлы там, где до перевода на газ достаточно было одного, работающего на твердом топливе.

В связи с этим в Рижском политехническом институте была исследована эффективность работы чугунного секционного котла типа ВНИИСТО-Мч на природном газе с использованием серийных газовых горелок с системой автоматики АПОК-1. Исследования проводили на опытно-промышленной установке (рис. 1). Определение показателей эффективности сжигания газа и теплотехнические расчеты выполняли согласно [1].

Программа испытаний котла включала два этапа.

На первом этапе проводили предварительные испытания с целью определения эффективности сжигания газа при наличии и отсутствии тягопрерывателя на дымоходе котла, оборудованного блоком горелок заводского изготовления без изменения диаметров сопел и огневых отверстий. Сначала испытанию подвергали котел без уплотнений щелей между секциями в нижней части и у переднего щитка. Затем все щели в котле были уплотнены асбестом. Опыты проводили при различном положении шибера и воздушной заслонки, а также при открытой дверке прочистного люка дымохода (вьюшки), изменяя разрежение в топке котла и определяя состав продуктов сгорания в дымоходе перед шибером.

Анализ графиков на рис. 2 показывает, что эффективность использования газа в котле, оборудованном стандартной газовой горелкой, весьма низкая ( $\eta = 22\text{--}48\%$ ). Значение  $\eta$  повышается при ограничении притока в топку вторичного воздуха за счет уплотнения щелей между секциями в топочной камере (в среднем на 6 %, см. кривые 1 и 2), снижения степени разрежения в

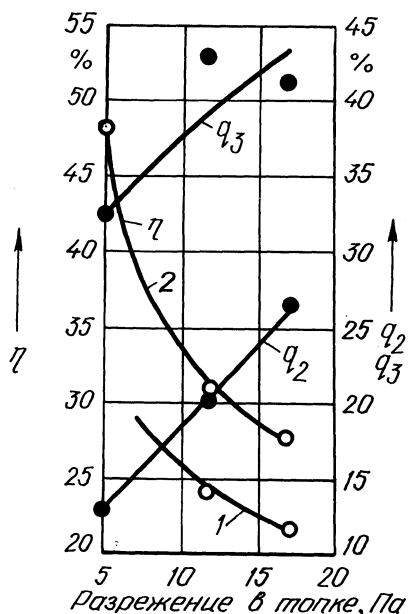


Рис. 2. КПД котла ( $\eta$ ), относительные потери теплоты с уходящими газами ( $q_2$ ) и за счет химического недожога топлива ( $q_3$ ) в зависимости от разрежения в топке

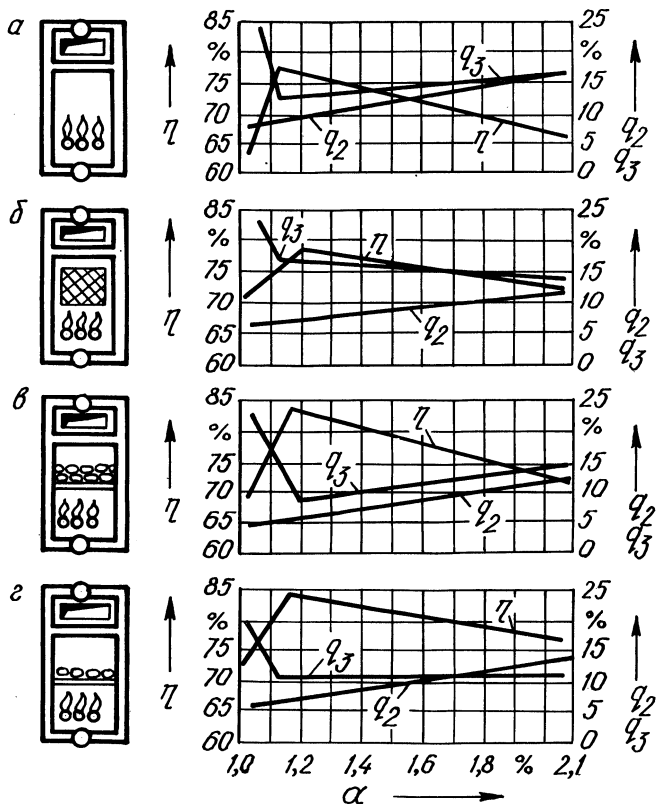


Рис. 3. Зависимость  $\eta$ ,  $q_2$  и  $q_3$  от коэффициента избытка воздуха  $\alpha$

топке с помощью шибера (в среднем на 3 %, см. кривую 2), установки тягопрерывателя на дымоходе (в среднем на 17 %).

Сравнительно низкие значения  $\eta$  обусловлены большим избытком ( $\alpha = 2,8-4,6$ ) воздуха, поступающего в топку: снижается температура в топке, ухудшается теплоотдача в топочной камере, увеличиваются потери теплоты с уходящими дымовыми газами, о чем свидетельствует высокая температура дымовых газов (245–285 °С).

Низкий КПД котла связан также с наличием больших потерь теплоты от химического недожога топлива из-за нерасчетных режимов работы горелок (при малой подаче первичного воздуха) с отрывом пламени от огневых отверстий.

Таким образом, наибольший КПД котла достигается при открытой вышке на дымоходе, которая имитирует прерыватель тяги.

Перед вторым этапом испытаний был выполнен поверочный расчет горелки, который показал, что основные конструктивные размеры ее соответствуют расчетным, за исключением диаметров сопла и огневых отверстий. Диаметр сопла оказался больше необходимого для обеспечения паспортной мощности горелки, а диаметры огневых отверстий — меньше расчетных, что обуславливает значительное повышение скорости выхода газозвушной смеси, превы-

шающей предельную скорость отрыва пламени. Поэтому при регулировке такой горелки (чтобы избежать отрыва пламени) приходится снижать расход газозвушной смеси за счет уменьшения подачи первичного воздуха. Расчет показал, что максимальное значение коэффициента избытка первичного воздуха для испытуемой горелки не превышало  $\alpha' = 0,3$  (рекомендуемое значение — 0,6), что и приводит к значительному химическому недожогу топлива. Поэтому в дальнейшем исследовали горелки, основные конструктивные размеры которых были приведены к расчетным.

На втором этапе проводили полные теплотехнические испытания котла, оборудованного газогорелочным блоком с соплами и огневыми отверстиями расчетных диаметров. Цель исследования — определение отдельных составляющих теплового баланса, оптимальных значений коэффициента избытка воздуха и обоснование наиболее эффективных мероприятий по дооборудованию топки для повышения эффективности использования газа.

Были проведены четыре серии опытов: котел имел только один газогорелочный блок типа АПОК-1-1 с соплами и огневыми отверстиями расчетных диаметров (рис. 3, а); в топку котла помещали вставку из шамотного кирпича на специальной подвеске (рис. 3, б); над горелкой в топке котла размещали многослойную (рис. 3, в) и однослойную (рис. 3, г) горку из битого шамотного кирпича на специальном колоснике.

Подачу воздуха изменяли с помощью шиберов, воздушной заслонки на фронтальном щитке и путем открытия вьюшки на дымоходе. Измеряли разрежение в топке котла и определяли состав продуктов сгорания в дымоходе перед шибером.

Результаты опытов обработаны на ЭВМ с использованием методов математической статистики. По полученным уравнениям построены графики, показанные на рис. 3.

Анализ полученных результатов (табл. 1) позволяет сделать следующие выводы.

1. Эффективность использования газа в чугунных секционных котлах типа ВНИИСТО-Мч и КЧМ за счет установки комплекта стандартных горелок типа АПОК-1 или АПОК-20 (без установки тягопрерывателя) весьма низкая (30 % против 75–80 %, требуемых [2]).

2. Наличие прерывателя тяги на дымоходе позволяет повысить КПД котла на 11–12 % в случае тщательного уплотнения щелей в топочной камере и отсутствия неконтролируемого подсоса воздуха и на 17–18 % при наличии неплотностей в топке. Прерыватель тяги позволяет поддерживать в топке котла оптимальное разрежение (4–5 Па) независимо от колебаний тяги в дымоходе и обеспечивает возможность осуществления процесса сжигания газа с коэффициентом избытка воздуха  $\alpha < 2$ , т.е. способствует значительному снижению потерь теплоты с уходящими дымовыми газами.

3. При установке комплектов стандартных горелок имеют место потери теплоты от недожога топлива (33–45 %), что объясняется несоответствием основных конструктивных размеров горелок заводского изготовления расчетным значениям и паспортной характеристике, а также наличием полностью экранированной камерной топки. Это не позволяет без дополнительных мероприятий по интенсификации процесса горения осуществить сжигание газа без

Табл. 1. Результаты испытания котла ВНИИСТО-Мч при различных вариантах оборудования топки

Показатель	Топка с газогорелочным блоком	Топка с вставкой из шамотных кирпичей	Топка с горкой из битого шамотного кирпича	
			многослойной	однослойной
Коэффициент полезного действия котла, %:				
максимальный	77	77	85	85
средний (при $\alpha < 2$ )	72	76	80	80
Потери теплоты с уходящими дымовыми газами, %	13	9,5	9	9,5
Потери теплоты из-за недожога топлива, %	15	15	10,5	10,5
Предельные значения $\alpha$ при $\eta > 75$ %	1,1–1,3	1,1–1,3	1,1–1,9	1,1–2,1
Температура уходящих дымовых газов, °С	210–250	150–180	140–180	150–180
Разрежение в топке, Па	3–5	3–5	3–5	3–5

Табл. 2. Эффективность мероприятий по повышению КПД котлов, работающих на природном газе

Мероприятие	Достижимое повышение КПД, %
Установка тягопрерывателя или выюшки на дымоходе котла	17
Наладка газогорелочного блока	25
Установка горки из битого шамотного кирпича в топке над горелкой на специальном колоснике	8

химического недожога (даже при нормально работающей горелке потери теплоты составляют 13–17 %).

4. Дооборудование топки чугунных секционных котлов типа КЧМ и ВНИИСТО-Мч колосником с горкой из битого шамотного кирпича, расположенной над горелкой, дает возможность повысить КПД котла до 85 % и снизить в 1,5 раза потери теплоты из-за недожога топлива и с уходящими дымовыми газами. Эффективность использования газа по сравнению с котлами, оборудованными только газогорелочными блоками, увеличивается на 8 %. Наличие шамотной горки обеспечивает КПД котла более 75 % в широком диапазоне значений коэффициента избытка воздуха ( $\alpha = 1,15–2,0$ ), что позволяет предполагать большую вероятность достижения такого КПД в эксплуатационных условиях.

5. При отсутствии тягопрерывателя можно использовать открывающуюся дверку (вьюшку) на прочистном люке дымохода (не менее чем на 250 мм ниже места подключения дымоотводящего патрубка котла к дымовой трубе).

6. Наладка газогорелочных блоков перед их установкой на котел (приведение диаметров сопла и огневых отверстий к расчетным в соответствии с паспортной характеристикой горелки) позволяет увеличить КПД котла на 25 % за счет снижения потерь теплоты из-за недожога газа.

Как видно из табл. 2, КПД котлов, оборудованных газогорелочными блоками АПОК-1 (АПОК-20), может быть повышен до 80 % (КПД котлов до реконструкции составляет 30 %).

На основании результатов проведенных исследований разработаны рекомендации по переводу малогабаритных отопительных котлов на природный газ и повышению эффективности его использования в котлах, находящихся в эксплуатации.

#### Список литературы

1. Равич М.Б. Эффективность использования топлива. М., 1977.
2. ГОСТ 11032—80. Аппараты водонагревательные емкостные газовые бытовые. Технические условия. М., 1980.
3. Zieleniewski R. Sprawność kotłow grzewczych, gazowych, wodnych/Gaz, woda. Warszawa, 1988, Г. 62, № 7.

УДК 696/697 + 69.53

И.И. РЕУТСКИЙ

### О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ ДОМОВ УСАДЕБНОГО ТИПА В СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ БССР

В настоящее время состояние теплоснабжения сельских населенных мест республики характеризуется низким уровнем инженерного оборудования, незначительным охватом домов жилищно-коммунального сектора системами центрального отопления, использованием низкосортных видов топлива и высоким удельным весом самозаготовок топлива.

В период двух зимних сезонов 1987 и 1988 гг. в сельских населенных пунктах Минской области проведены натурные инструментально-визуальные обследования домов усадебного типа различных конструктивных и планировочных решений [1] Эти обследования показали, что до настоящего времени проблема обеспечения комфортного микроклимата в жилищах еще не решена. Отсутствие опыта многотипового домостроения в условиях сельской местности сказывается на качестве строительства, вызывает отступление от проектных решений при устройстве систем отопления: используются другие элементы оборудования, изменяется количество отопительных приборов и т.п. Указанная выше задача осложняется из-за отсутствия не только апробированных схем и систем отопления, но и опыта их эксплуатации. Большинство населения не имеют навыков правильной эксплуатации инженерных устройств. Выявлен повышенный расход топлива (в 4—5 раз) по сравнению с проектным. Однако параметры микроклимата жилищ неудовлетворительны, имеют место промерзание и отсыревание ограждающих конструкций.