

Исследование работы газовых клапанов конвекционных котлов малой мощности

А. Л. Торопов, ООО «Инженерный центр «Апрель»», toropov@aprilgroup.ru

Ключевые слова: газовый котел, клапан, мощность котла, энергетическая эффективность, экология, атмосферная горелка

В статье рассмотрены вопросы работы и настройки газовых клапанов настенных газовых котлов малой мощности с атмосферными горелками. Данные котлы широко используются в качестве генератора теплоты в системах индивидуального отопления и горячего водоснабжения. Правильный подбор и настройка работы газового клапана влияют на показатели энергетической эффективности системы отопления и величину выбросов CO_2 . В работе определены значения динамических сопротивлений газовых клапанов и необходимые значения динамических давлений газа в магистралях, обеспечивающие полноценное функционирование котельного оборудования. Получены графики мощности работы настенных котлов в зависимости от статических и динамических значений давления газа в трубопроводе.

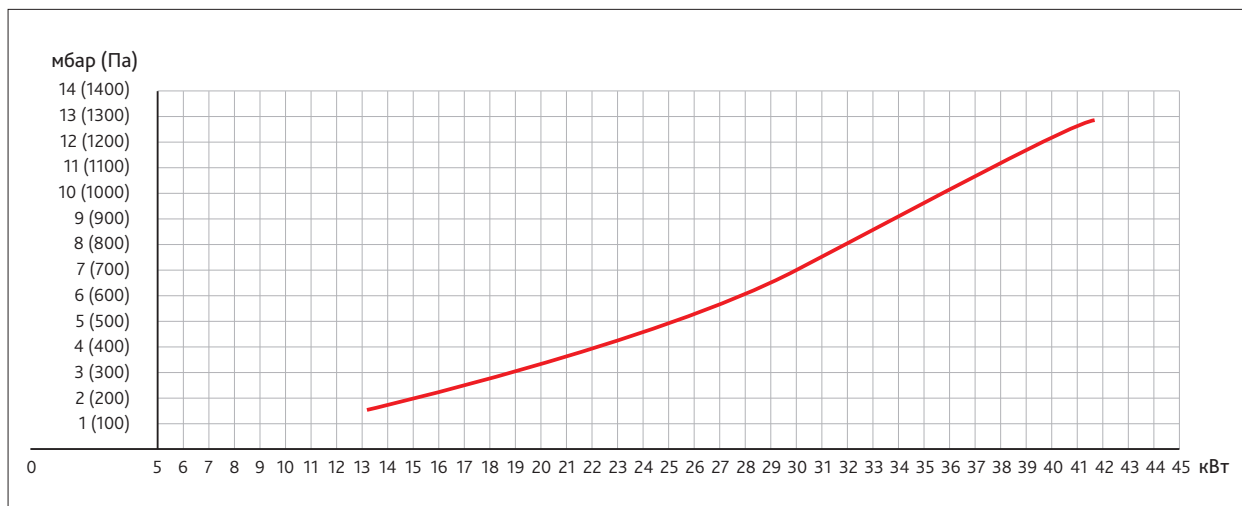
Согласно исследованиям, проведенным в странах Евросоюза, доля отопления и горячего водоснабжения в общем энергобалансе зданий составляет 70 и 14 % соответственно [1]. С целью снижения годового потребления энергии в странах ЕС принята директива 2010/31/ЕС [2], в России разработан ГОСТ Р 56295–2014 «Энергоэффективность зданий. Методика экономической оценки энергетических систем в зданиях» [3].

Исследованиям современных вариантов данных систем посвящен ряд работ российских и зарубежных специалистов, например [4, 5]. В большинстве случаев рекомендации использования настенных газовых котлов для индивидуального отопления сводятся к целесообразности применения конденсационных настенных котлов малой мощности, обладающих более высокими коэффициентами энергетической

эффективности и более высокими экологическими характеристиками.

Применение конденсационных котлов в Евросоюзе регламентировано директивами, разрешающими использование для систем индивидуального отопления только котлов данного типа. В Российской Федерации такого ограничения нет. В работе [6] показано, что доля использования конденсационных котлов для домохозяйств на территории России составляет менее одного процента и в основном используются традиционные конвекционные настенные котлы с закрытой и открытой камерами сгорания с атмосферными горелками. В ближайшее время данная ситуация не изменится [6].

Главными элементами конвекционных котлов, влияющими на энергоэффективность и на количество



■ Рис. 1. График изменения тепловой мощности, кВт, атмосферной горелки с 17 форсунками диаметром 1,35 мм в зависимости от давления газа перед горелкой, мбар (Па)

выбросов в атмосферу продуктов сгорания топлива, являются атмосферная газовая горелка и газовый клапан, определяющий качество смеси воздуха и природного газа – основного вида топлива, применяемого для отопления.

Настенные газовые котлы появились в странах Западной Европы в середине 60-х годов прошлого столетия и стали применяться массово с начала 70-х годов, одновременно с газификацией всей Европы. В России применение настенных котлов получило распространение с отставанием 20 лет в связи с развитием газификации страны и быстрым ростом индивидуального строительства. После 2005 года котлы данного типа стали применяться при строительстве многоквартирных домов как альтернатива централизованному отоплению в районах нового строительства.

Однако с точки зрения параметров газа как вида топлива при предоставлении услуг населению до сих пор существуют нормы, которые сформированы исторически не для современного котельного оборудования индивидуального использования, а для снабжения природным газом как топливом для газовых кухонных плит и газовых приборов подготовки горячей воды (газовых колонок). В частности, нижний порог нормативного давления газа в магистралях для индивидуального использования определен в 12 мбар [7].

С целью определения основных параметров газового клапана конвекционных настенных котлов малой мощности, влияющих на параметры энергетической эффективности и уровень выбросов CO₂, были проведены исследования, результаты которых приведены ниже.

Материал и методы исследования

Испытания проводились на стенде с настенным одноконтурным котлом конвекционного типа с закрытой камерой сгорания, атмосферной горелкой, принудительным дымоудалением с верхним расположением вентилятора (модель котла с трехходовым краном для работы в режиме отопления и бойлером косвенного нагрева объемом 150 литров).

Объектом исследования является газовый клапан с автоматической настройкой параметров работы, предназначенный для работы газовых котлов мощностью до 50 кВт. Тепловая мощность в данном котле реализуется газовой атмосферной горелкой.

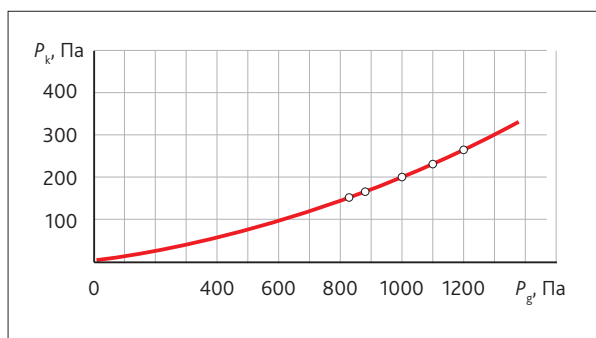
Для определения характеристик работы газового клапана применены дифференциальные газовые манометры с точностью измерения +0,3 %, разрешением – 10 Па. Для определения величины токов срабатывания электромагнитных приводов клапана модуляции использовался мультиметр, точность измерения 0,8 %.

На рис. 1 представлена зависимость мощности атмосферной горелки от давления на выходе из газового клапана. Рекомендуемое максимальное давление 1200 Па.

Результаты исследований и их обсуждение

Результаты испытаний показали следующее.

Статическое давление газа перед газовым клапаном составляет 2450 Па. Динамическое (при работающем котле на максимальной мощности) давление газа перед газовым клапаном составляет 2350 Па. В результате испытаний получен график динамического



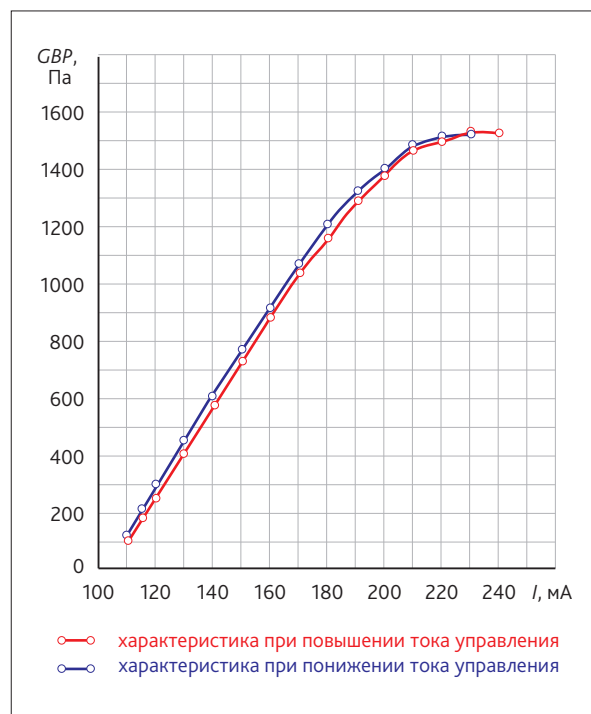
■ Рис. 2. График изменения динамического сопротивления газового клапана P_k , Па, в зависимости от динамического давления газа на входе в клапан P_g , Па

сопротивления газового клапана в зависимости от давления газа на входе в клапан (рис. 2). Из графика видно, что при рекомендуемом заводом-производителем динамическом давлении газа для выхода котла на максимальную мощность, равном 1200 Па, динамическое сопротивление газового клапана составляет 265 Па.

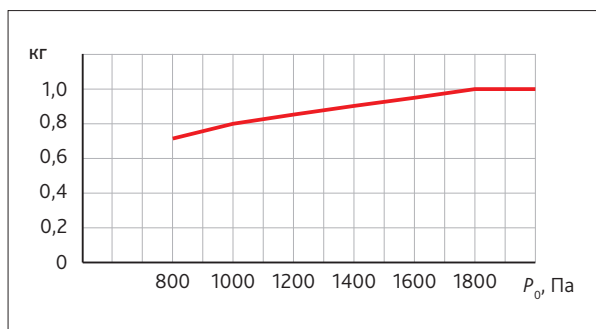
Соответственно, в рассматриваемом случае для обеспечения давления газа 1200 Па на выходе из клапана динамическое давление на входе в клапан должно быть равно 1465 Па. Если на входе в газовый клапан динамическое значение давления газа будет равно 1200 Па, что соответствует допустимому значению давления газа согласно [7], то давление газа на выходе из клапана будет равно 935 Па. Из графика на рис. 1 видно, что при значении давления газа, равном 935 Па, тепловая мощность газовой горелки составляет 34 кВт, или около 85 %, от рекомендованной производителем максимальной мощности котла при давлении 1200 Па. Выход на максимальную мощность котла возможен только при значении динамического давления газа перед клапаном выше 1465 Па (14,65 мбар), что выше установленного нормативами минимального значения 1200 Па на 22 %. Динамические сопротивления газовых клапанов при максимальной мощности работы атмосферных горелок конвекционных настенных котлов других брендов находятся в диапазоне от 200 до 400 Па – следовательно, значение динамического природного газа для индивидуальных систем отопления при использовании котлов данного типа не должно быть меньше 1600 Па. В противном случае отопительные котлы не способны обеспечить заявленные характеристики максимальной тепловой мощности. В руководствах по эксплуатации котлов импортного или российского производства указано,

что характеристики оборудования справедливы при динамическом давлении газа в магистрали 2,0 кПа. Это обусловлено тем, что горелочные устройства обеспечивают возможность выхода на максимальную мощность при давлении газа перед горелкой 1,2 кПа. Газовый клапан имеет сопротивление потоку и рассматривается как местное сопротивление. Разница между статическим и динамическим давлением газа перед клапаном определяется длиной, диаметром и состоянием магистралей подвода газа к котлу, сопротивлением счетчика расхода газа. Минимальное требование к значениям статического давления газа, равного 2000 Па в магистралях конечного потребителя, является оправданным и правильным.

Другой важной характеристикой, определяющей быстроту срабатывания клапана как электротехнического устройства на сигнал системы управления работой котла, является характеристика гистерезиса – зависимость изменения тока управления катушки модуляции газового клапана и давления газа на выходе из него. Указанные параметры для исследуемого газового клапана представлены на рис. 3 в зависимости от направления изменения тока управления, увеличения или снижения. Результаты измерения показывают отличную управляемость



■ Рис. 3. Графики изменения давления газа на выходе из клапана в зависимости от направления изменения тока управления катушки модуляции



■ Рис. 4. График коэффициента тепловой мощности конвекционного настенного котла в зависимости от значения динамического давления газа перед клапаном

работой данного клапана. Ширина петли гистерезиса составляет лишь 40 Па, а характер изменения в зоне регулирования мощности котла от 200 до 1200 Па носит линейный характер.

В российских нормативных документах предоставления услуг по снабжению природным газом населения определено нижнее значение динамического давления газа в 1200 Па [7]. Если горелка котла выходит на максимальную мощность при давлении на входе 1,2 кПа, а динамическое сопротивление клапана в рабочем диапазоне составляет около 200–400 Па, то при нормативном динамическом давлении газа с нижним порогом 1200 Па котел никогда не выйдет на заявленную мощность. Он может работать только на 85 % от заявленной максимальной мощности. Требования к величине динамического давления газа перед клапаном газового котла в 2000 Па являются обоснованными и гарантированными. На рис. 4 представлена обобщенная для разных настенных конвекционных котлов (с разными горелками и клапанами) зависимость коэффициента тепловой мощности от динамического давления газа перед клапаном. Значение коэффициента показывает долю тепловой мощности от максимальной заявленной производителями котлов мощности, определенной при испытательном давлении 2000 Па.

Выводы

1. Динамическое сопротивление исследуемого газового клапана настенного котла составляет 265 Па.

2. Предоставление услуг по снабжению газа для населения со значением нижнего порога давления газа в 1200 Па не позволяет обеспечить выход на заявленную производителями котлов мощность. При

указанном давлении газа максимальная мощность котла будет составлять не более 85 % от заявленной в технической документации.

3. Значение динамического сопротивления газового клапана при номинальном давлении на выходе из клапана 1200 Па. Данный параметр показывает, насколько применим клапан при эксплуатации котлов при пониженном динамическом давлении. Чем меньше данное значение, тем более высокие показатели мощности котла могут быть достигнуты при низких значениях давления газа в магистралях.

4. Ширина петли гистерезиса динамического давления клапана в зависимости от направления изменения токов управления катушкой модуляции является важной характеристикой управляемости газового котла. ☑

Литература

1. European commission, Heat and Cooling Demand and Market Perspective. Luxemburg: Join Res. Center, Inst. Energy and Transport, 2012.
2. European commission, EU-directive 2010/31/EC of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the Energy Performance of Buildings (Recast). Strasbourg (France), 2010.
3. ГОСТ Р 56295–2014 «Энергоэффективность зданий. Методика экономической оценки энергетических систем в зданиях». М., 2014.
4. Al-Ghandoor A., Jaber J. O., Al-Hinti I., Mansour I. M. Residential past and future energy consumption: potential savings and environmental impact // Renew. Sustain. Energy Rev. – 2009.
5. Наумов Н. Р., Марьяндышев П. А., Попов А. Н., Любов В. К. Исследование работы газовых котлов малой мощности // Вестн. Черепов. госун-та. – 2017. – № 4.
6. Литвинчук Г. Г. Исследование рынков систем отопления [электронный ресурс]. URL: <http://www.litvinchuk.ru/marketingovye-issledovaniya/marketingovye-issledovaniya-rynkov-sistem-otopleniya> (дата обращения: 31.12.2019).
7. Постановление Правительства Российской Федерации от 6 мая 2011 г. № 354 «О предоставлении коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов» / Приложение № 1 к Правилам предоставления коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов // Российская газета. – 1 июня 2011 г. № 116 (5492).