

УДК 62-5

**ЗАВИСИМОСТЬ ДЛИНЫ ПЛАМЕНИ ПРИ СЖИГАНИИ
ПРИРОДНОГО ГАЗА В ТОПКАХ ТРЕХХОДОВЫХ ЖАРОТРУБНЫХ
ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ ОТ ИХ МОЩНОСТИ
THE DEPENDENCE OF THE FLAME LENGTH DURING THE
COMBUSTION OF NATURAL GAS IN THE FURNACES OF THREE-WAY
HEAT-TUBE HOT WATER BOILERS ON THEIR CAPACITY**

А.Д. Астренков

Научный руководитель – Ю.П. Ярмольчик, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

pte@bntu.by

A. Astrenkov

Supervisor – Yu. Yarmolchick, Candidate of Technical Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

***Аннотация:** В данном исследовании рассмотрена зависимость длины пламени при сжигании природного газа от мощности трехходовых жаротрубных котлов.*

***Abstract:** This study examines the dependence of the flame length when burning natural gas on the power of three-pass fire-tube boilers.*

***Ключевые слова:** длина, топка, пламя, мощность.*

***Keywords:** length, firebox, flame, power.*

Введение

Длина пламени при сжигании газообразного топлива в значительной степени определяет конструкцию топки и, прежде всего, её длину. Излишняя длина топки, очевидно, ведёт к дополнительному расходу металла и увеличивает стоимость котельного агрегата. С другой стороны, недостаточная длина топки приводит к пережогу задней стенки котла и, в конечном итоге, к её разрушению. Следовательно, определение максимальной длины пламени при данной мощности котла позволяет оптимизировать геометрию топки и, как основную конструкционную характеристику, её длину.

Основная часть

В зависимости от значительного числа факторов факел может быть определен как ламинарный или как турбулентный. При ламинарном пламени горючий газ контактирует с кислородом воздуха на поверхности струи. Поток газа внутри факела не контактирует с кислородом подаваемого с периферии воздуха, что наблюдается как темный участок, окруженный светлой горячей оболочкой. В ламинарном факеле по его сечению фронт горения постепенно приближается к оси струи от периферии вплоть до окончания факела, где происходит полный дожёг горючего газа. При турбулентном пламени выгорание горючего газа происходит во всем объеме струи газо-воздушной смеси. Структура факела приобретает форму конуса. При розжиге турбулентной струи газо-воздушной смеси процесс горения начинается также на периферии. Образующиеся продукты сгорания вместе с воздухом проникают

вглубь струи, перемешиваясь с ещё не окисленным горючим газом. Таким образом, постепенно происходит диффузия очагов горения внутрь конуса факела (рис. 1). Процесс горения из поверхностного превращается в объемный.



Рисунок 1 – Диффузия горения в конус турбулентного пламени.

Распространение пламени по реальной газо-воздушной смеси определяется внешними возмущающими воздействиями, обусловленными полями массовых сил, конвективными потоками, трением, пристеночными турбулентными завихрениями. Поэтому реальные скорости распространения пламени всегда отличаются от теоретических. При этом окислительное пламя расположено в конечной, самой горячей части пламени, где горючие вещества практически полностью превращены в продукты сгорания.

Целью настоящего исследования было определение максимальной длины пламени для наиболее применяемого комплекса котлов средней мощности ($N_k = 100 - 20\,000$ кВт) в Республике Беларусь: трехходовых жаротрубных водогрейных котельных агрегатов с вентиляторными горелками с внутренним смесительным устройством с подаваемым принудительно воздухом.

На рис. 2 представлен пример указанной зависимости для жаротрубных трехходовых водогрейных котлов ICI-Caldaie (Италия) двух серий. В результате исследования была определена зависимость типа:

$$L_{max} = a \cdot N_T^x, \quad (1)$$

где L_{max} – максимальная длина пламени, м;

N_T – мощность топки, МВт.

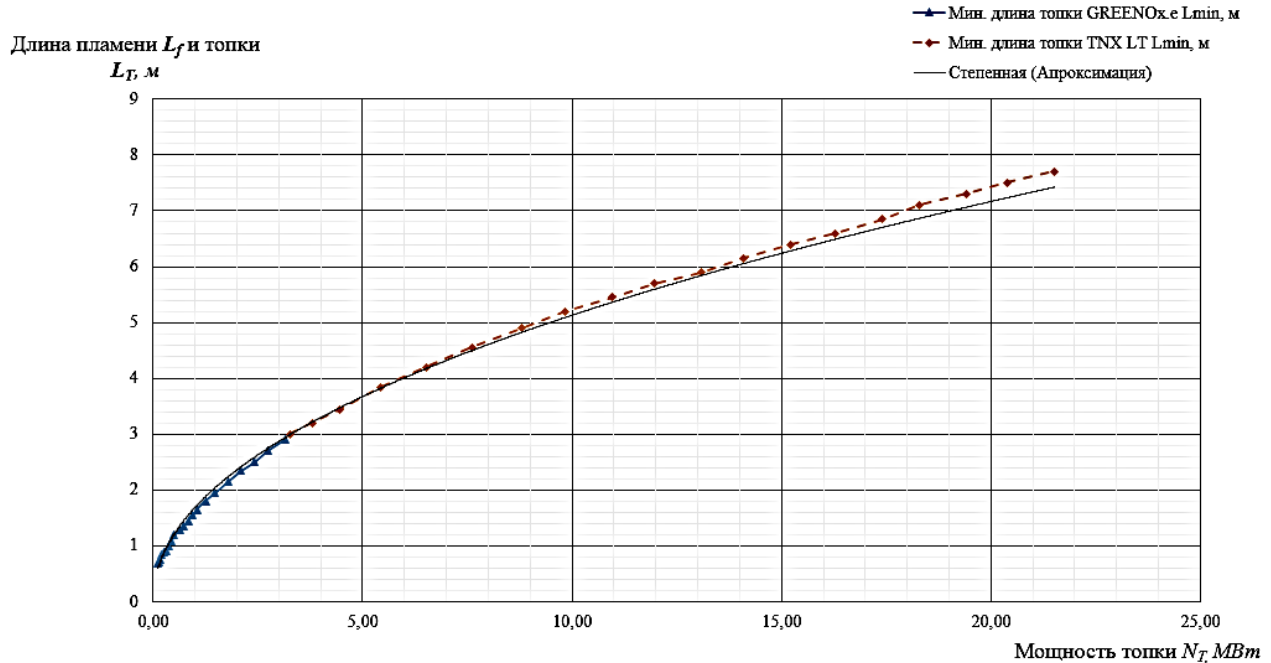


Рисунок 2 – Длина пламени дутьевой горелки в зависимости от мощности топки.

В частности, для указанных серий котлов предложенная зависимость (1) приняла следующую формулу аппроксимации:

Очевидно, что длина топки должна превышать максимальную длину пламени на столько, чтобы избежать непосредственного контакта с задней стенкой котла. На рис. 3 представлена зависимость длин топок тех же выбранных для исследования серий котлов от мощности их топок.

Для указанных серий котлов предложенная зависимость (1) для минимальных длин топок приняла следующую формулу аппроксимации:

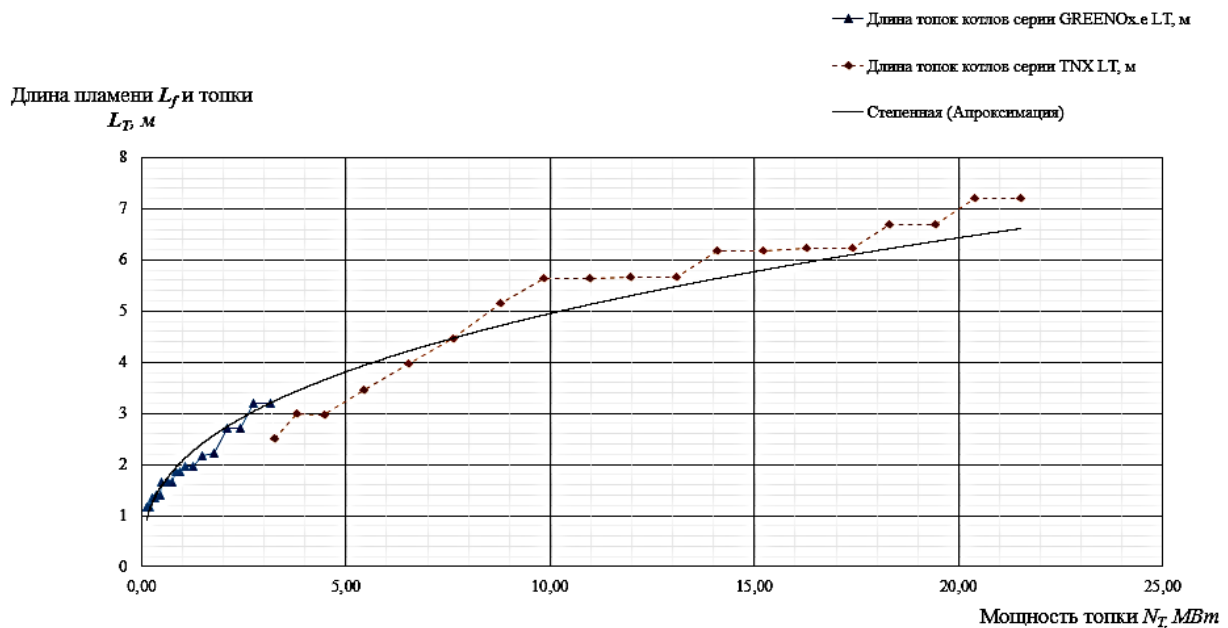


Рисунок 3 – Длина топок котлов в зависимости от мощности.

При сравнении отношений формул (2) и (3) с некоторым запасом (1- 3%) можно утверждать, что для исследованного типа котлов с вентиляторными горелками с внутренним смесительным устройством с подаваемым принудительно воздухом, длина топок котлов для выбранного диапазона мощностей должна составлять +10% к максимальной длине пламени.

Заключение

Полученная формула (3) позволяет определить минимальную длину трехходовых жаротрубных водогрейных котельных агрегатов при сжигании природного газа вентиляторными горелками с внутренним смесительным устройством с подаваемым принудительно воздухом. Следует отметить, что малая длина топki котла не только понижает его надежность и срок службы, но и генерирует дополнительные реверсивные потоки у задней стенки, что увеличивает вероятность образования окислов азота [1]. Изучение предполагаемой зависимости позволит унифицировать полученную в данном исследовании формулу (3) в том числе и с точки зрения оптимизации характеристик топki в соответствии с требуемыми нормами загрязняющих веществ [2].

Литература

1. Yarmolchick, Yu. P. Formation Mechanisms and Methods for Calculating Pollutant Emissions from Natural Gas Combustion Depending on the Burner Emission Class / Yu. P. Yarmolchick // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2019. – № 6. – С. 565-582.
2. Охрана окружающей среды и природопользование. Требования экологической безопасности: ЭкоНиП 17.01.06-001-2017. Минск: Минприроды, 2017. 139 с.