

подобия. Автоматическая система управления нагревом, перемещающая зону локального нагрева по сечению дна емкости, может быть реализована на базе доступных микроконтроллеров общего назначения.

Работа выполнена в рамках проекта РНФ № 23-73-01200.

Литература

1. Afshar Ghotli R. et al. Liquid-liquid mixing in stirred vessels: a review // Chemical Engineering Communications. – 2013. – Т. 200. – № 5. – С. 595-627.
2. Cai G. et al. A review on micromixers // Micromachines. – 2017. – Т. 8. – № 9. – С. 274.
3. Lee C. Y. et al. Microfluidic mixing: a review // International journal of molecular sciences. – 2011. – Т. 12. – № 5. – С. 3263-3287.
4. Misyura S. Y. et al. Evaporation and heat exchange of a thin liquid layer under various heating methods: Advantages of local heating over uniform heating of the wall // International Communications in Heat and Mass Transfer. – 2023. – Т. 149. – С. 107138.
5. Misyura S. Y. et al. Forming the convective flows and a cluster of particles under spot heating // Nanoscale and Microscale Thermophysical Engineering. – 2021. – Т. 25. – № 1. – С. 46-63.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ВИХРЕВЫМ СЖИГАНИЕМ БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА В ПРОМЫШЛЕННОМ ГОРЕЛОЧНОМ УСТРОЙСТВЕ

Верходанов Д.А., Ашихмин А.Е.

Научный руководитель доцент М.В. Пискунов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В современном мире стремление к экологически чистым и устойчивым источникам энергии становится все более насущной потребностью. В этом контексте биодизельное топливо занимает особое место, представляя собой перспективный альтернативный источник энергии, который имеет потенциал уменьшить негативное воздействие на окружающую среду.

Множество исследований и научных работ посвящено изучению процессов сжигания биодизельного топлива и его влияния на окружающую среду [4, 2]. Однако эффективное сжигание биодизеля напрямую зависит от целого ряда факторов, среди которых ключевыми являются давление при подаче топлива и отношение воздуха к топливу в дымовых газах [1]. В работе [3] авторы утверждают, что концентрация кислорода в камере сгорания влияет на полноту сгорания и образование сажи. Поэтому контроль параметров топливовоздушной смеси в камере сгорания играет важную роль в снижении вредных выбросов при сжигании топлива. Автоматизированные системы управления как раз решают проблему постоянного поддержания расхода воздуха и давления в системе, что делает процесс сжигания топлив эффективным и экологичным.

Целью данной работы является проектирование автоматизированной системы управления вихревым сжиганием биодизельного топлива на базе горелочного устройства, которая обеспечит оптимальное горение топлива с минимальным воздействием на окружающую среду. Данный стенд ориентирован на малую энергетику и является частью цикла проверки стабильности сжигания биодизельного топлива. Тестирование топлива на стенде позволяет определить его качество и соответствие стандартам, что помогает снизить расходы на обслуживание, увеличить срок службы оборудования и обеспечить стабильную и надежную работу системы.

Автоматизированная система управления проектируется на базе лабораторного стенда по сжиганию биодизельного топлива, который состоит из бака с топливом, газового баллона, горелки, камеры сгорания, теплообменника, бака с теплоносителем, газоанализатора и измерительных приборов (рис.1). Бак с топливом представляет металлический стакан. В верхней части стакана установлены следующие составляющие: манометр (2), датчик температуры (3), узел загрузки топлива, патрубок выпуска газа в атмосферу с регулирующим клапаном и патрубок заполнения резервуара газом с регулирующим клапаном. Заполнение резервуара газом производится с помощью газового баллона, заправленного азотом, и редуктора. Подача топлива производится непосредственно через дизельную форсунку, над которой установлены электроды воспламенения для формирования искры. Для контроля подачи топлива в камеру сгорания используются электрический клапан. Перед камерой сгорания установлен завихритель потока, предназначенный для дополнительного смешивания топлива с потоком воздуха. В камере сгорания расположены датчик температуры (5) и датчик пламени (4). После камеры сгорания установлен датчик концентрации кислорода (6), показывающий соотношение воздух/топливо. Регулирование данного соотношения осуществляется с помощью частотного преобразователя центробежного вентилятора. Для снижения температуры дымовых газов используется водяной теплообменник газового котла Navien ACE Coaxil, Deluxe с мощностью 13-24 кВт (материал изготовления – нержавеющая сталь, вид конструкции – спиральный). Данный теплообменник охлаждает выхлопные газы путем теплопередачи между нагретой (выхлопные газы) и холодной (вода) средой. Рециркуляция воды по теплообменнику реализуется посредством циркуляционного насоса. В баке с теплоносителем с помощью датчиков осуществляется контроль температуры (7) и уровня (8). После охлаждения дымовые газы через патрубок выпускаются в атмосферу. Однако в случае, когда необходима работа системы рециркуляции дымовых газов открывается дроссель-клапан и включается внутриканальный вентилятор. Для определения компонентного состава газовой смеси использовался газоанализатор Тест – 1, предназначенный для измерения отдельных компонентов газовой смеси при длительном непрерывном измерении относительно высоких концентраций и зонд-шуп, установленный в кожух теплообменника.

Работа автоматизированной системы реализована с помощью контроллера и базируется на регулировании расхода воздуха и давления в баке с топливом относительно соотношения воздух/топливо. Данное отношение измеряется при помощи датчика кислорода, установленного после камеры сгорания в воздуховоде. При снижении значения отношения воздух/топлива ниже 14,5 повышается расход воздуха посредством увеличения скорости оборотов центробежного вентилятора. Регулирование скорости вращения вентилятора осуществляется с помощью частотного преобразователя. В случае повышения данного отношения выше значения 15,0 скорость оборотов вентилятора должна быть снижена. Помимо расхода воздуха важно контролировать давление в баке с топливом, при снижении давления в баке необходимо снижать скорость оборотов вентилятора для поддержания оптимального соотношения воздух/топливо. Оптимальные условия для сжигания топлива достигаются при значении расхода воздуха 17,23 г/с и давлении 0,6 МПа, а также при расходе воздуха 18,83 г/с и давлении 1,2 МПа.

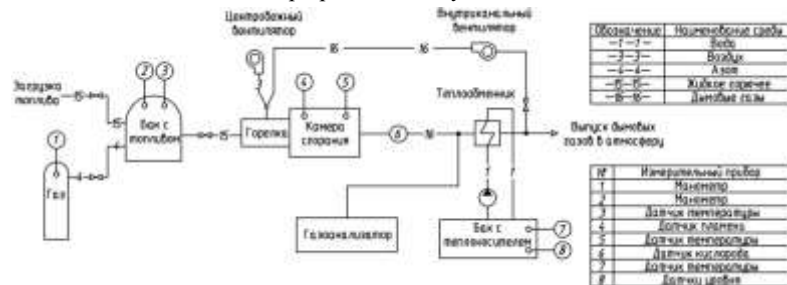


Рис. 1. Схема лабораторного стенда для проведения испытаний по вихревому сжиганию биодизельного топлива

На рисунке 2 представлены результаты газоанализа по сжиганию биодизельного топлива В6. Снижение интенсивности колебаний тренда выбросов NO_x и CO подтверждает положительное влияние внедрения автоматизированной системы на процесс сжигания биодизельного топлива, так как достигаются стационарные значения при незначительных колебаниях показаний. В свою очередь, результаты, полученные до автоматизации, показывают, что при сжигании топлива происходят существенные колебания значений NO_x и CO . Это может быть вызвано человеческим фактором, так как ручное регулирование расхода воздуха менее точно. Такие колебания в выбросах вредных веществ могут приводить к нестабильной работе системы, так как избыток кислорода в камере сгорания приводит к повышению расхода топлива. В свою очередь недостаток кислорода ведет к недожогу и как следствие к увеличению образования сажи и выбросов CO .

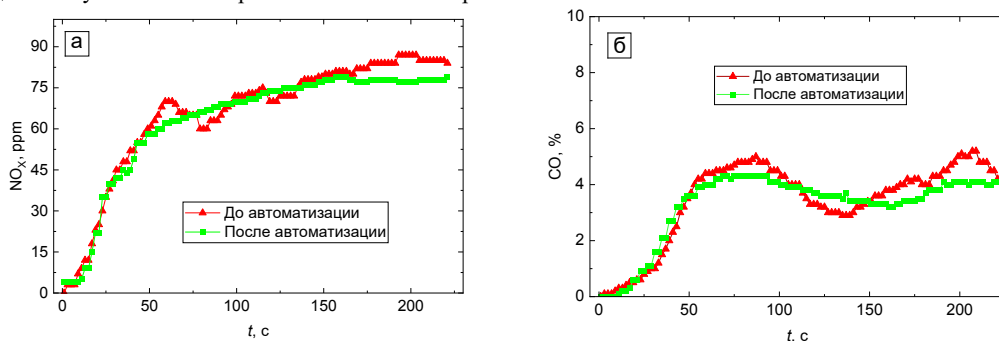


Рис. 2. Динамика изменения количества компонента NO_x (а), CO (б). Условия газоанализа: соотношение воздух/топливо = 14,5, давление на впрыске = 0,6 МПа, расход воздуха = 17,23 л/с

Реализация данной автоматизированной системы управления позволяет поддерживать оптимальные параметры горения топлив, как следствие улучшаются экологические показатели процесса сжигания биодизельного топлива. Таким образом, результаты исследования подтверждают перспективность внедрения автоматизированной системы управления вихревым сжиганием биодизельного топлива в промышленных горелочных устройствах, что способствует повышению эффективности производства и снижению негативного воздействия на окружающую среду.

Работа выполнена при поддержке программы развития Национального исследовательского Томского политехнического университета «Приоритет 2030» (Приоритет-2030-НИИ/ЭБ-038-1308-2024).

Литература

- Chiong M. C. et al. Effects of swirler vane angle on palm biodiesel/natural gas combustion in swirl-stabilised gas turbine combustor // *Fuel*. – 2020. – Т. 277. – С. 118213.
- Józsa V. et al. Ultra-low emission combustion of diesel-coconut biodiesel fuels by a mixture temperature-controlled combustion mode // *Energy Conversion and Management*. – 2020. – Т. 214. – С. 112908.
- Liu H. et al. Combustion characteristics and soot distributions of neat butanol and neat soybean biodiesel // *Energy & fuels*. – 2011. – Т. 25. – № 7. – С. 3192-3203.
- Shen Y. et al. Study on the characteristics of evaporation–atomization–combustion of biodiesel // *Journal of the Energy Institute*. – 2019. – Т. 92. – № 5. – С. 1458-1467.