УДК 661.96

ДАТЧИКИ ВОДОРОДА ДЛЯ БУДУЩЕЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ВОДОРОДНОЙ МОБИЛЬНОСТИ

Ф. Р. ГАЙНУТДИНОВ, Д. Ф. ГАЙНУТДИНОВА,
А. И. ГАЛИМОВ, З. Р. КАМАЛОВА
Казанский государственный энергетический университет
Казань, Россия

Водород рассматривается как универсальный энергоноситель, способный связывать производство электроэнергии из возобновляемых источников с транспортом, промышленностью, теплоснабжением и длительным хранением энергии. Его роль определяется не только возможностью низкоуглеродного получения, но и совместимостью с электрохимическими преобразователями, прежде всего с топливными элементами [1–3]. Расширение водородной инфраструктуры одновременно повышает требования к контролю качества газа, безопасности соединений и оперативной диагностике оборудования.

Качество водорода является самостоятельным техническим параметром. ISO 14687:2025 нормирует характеристики водородного топлива для ряда применений [4]. Для топливных элементов существенны следовые количества монооксида углерода, серосодержащих соединений, аммиака, влаги и кислорода. Их определение основано на специализированных методах [5], тогда как предмет настоящей работы составляет конструктивное обеспечение газоаналитических систем: подвод пробы, размещение сенсорного узла и сборка печатных компонентов.

На стадии создания функционального образца особое значение имеют доступность монтажных зон, надежное сопряжение деталей и возможность согласования печатного газового тракта с выбранным сенсорным узлом. Конструктивное исполнение должно обеспечивать организованный подвод среды, компоновку вспомогательных компонентов и удобство обслуживания без усложнения основной схемы изделия. Задача изготовления корпуса для такого прототипа хорошо согласуется с аддитивным производством. Послойное формирование позволяет быстро изменять внутреннюю компоновку, расположение окон и крепежных элементов, объединять в одной детали монтажные и каналообразующие функции и переходить от цифровой модели к физическому образцу без изготовления оснастки. При этом точность сопряжений, пористость и потенциальная проницаемость стенок определяются параметрами печати и должны учитываться на стадии проектирования.

Цель работы по проекту «3D-печатные решения для анализа примесей в водороде» – создание и функциональная проверка набора полиамидных 3D-печатных компонентов для газоаналитической системы, включающего корпус, съемную монтажную крышку и газовый тракт.

Технические требования первого этапа TT-GAS-3D/2025 использованы как исходная проектная рамка. При реализации учтены предусмотренные ими цифровое моделирование, аддитивное изготовление, сборочное исполнение,

доступность монтажных зон и подключение газовой линии. Конкретные конструктивные интерфейсы адаптированы к выбранному лабораторному образцу.

Разработанный набор включает три 3D-печатных компонента: основной корпус, газовый тракт и съемную монтажную крышку. Функциональная схема ФС-0 построена на двух уровнях: основные блоки определяют назначение печатных компонентов, а промежуточные блоки характеризуют способы их конструктивного сопряжения. Сенсорный узел, модуль индикации и управляющий модуль относятся к устанавливаемому оборудованию и не учитываются как самостоятельные печатные элементы. На рис. 1 представлен образец набора компонентов из полиамида для газоаналитических систем для анализа примесей в водороде.



Рис. 1. Изготовленный образец: внутренняя компоновка, задняя панель и собранное изделие

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. The role of hydrogen and fuel cells in the global energy system / I. Staffell [et al.] // Energy & Environmental Science. – 2019. – Vol. 12. – P. 463–491.

2. Hydrogen energy systems: A critical review of technologies, applications, trends and challenges / M. Yue [et al.] // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2021. – Vol. 146. – P. 111180.

3. **Dawood, F.** Hydrogen production for energy: An overview / F. Dawood, M. Anda, G. M. Shafiullah // International Journal of Hydrogen Energy. – 2020. – Vol. 45, № 7. – P. 3847–3869.

4. Hydrogen fuel quality. Product specification: ISO 14687:2025.

5. Review and Survey of Methods for Analysis of Impurities in Hydrogen for Fuel Cell Vehicles According to ISO 14687:2019 / C. Beurey [et al.] // Frontiers in Energy Research. – 2021. – Vol. 8. – P. 615149.