Исследование влияния параметров газодиффузионного слоя на вольт-амперные характеристики водородного топливного элемента

Д. Д. Фазуллин*, Ч. А. Гимазетдинова, М. М. Ганиев

*Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета, г. Набережные Челны, 423812, Россия, *e-mail: denr3@yandex.ru*

Поступила в редакцию 18.05.2026
После доработки 07.07.2026
Принята к публикации 13.07.2026

Исследование направлено на выявление зависимости плотности тока водородно-воздушных топливных элементов с протонообменной мембраной (ПОМТЭ) от параметров газодиффузионных слоев: толщины и наличия микропористого слоя. В качестве газодиффузионного слоя мембранно-электродного блока (МЭБ) использовали углеродную бумагу с толщиной от 180 до 235 мкм. Для оценки электрохимических характеристик МЭБ получены поляризационные кривые. Результаты исследования показали, что толщина газодиффузионного слоя влияет на производительность ПОМТЭ. Увеличение толщины углеродной бумаги, способствует повышению плотности тока в результате эффективного удаления воды из каталитического слоя, предотвращая его затопление.

Ключевые слова: газодиффузионный слой, углеродная бумага, мембранно-электродный блок, водородно-воздушный топливный элемент, плотность тока

УДК 544.6.076.242; 621.352
https://doi.org/10.52577/eom.2026.62.4.75

ВВЕДЕНИЕ

Водородные топливные элементы с протонообменной мембраной (ПОМТЭ) являются перспективным решением благодаря своей высокой энергоэффективности и экологичности, поскольку они не производят вредных выбросов. Эти технологии уже находят применение в наземном транспорте, беспилотниках и портативных зарядных устройствах, причем на рынке уже представлены коммерческие модели автомобилей с ПОМТЭ, предлагающие приемлемый запас хода и производительность. В основе работы ПОМТЭ лежит электрохимическая реакция между водородом и кислородом, продуктом которой является вода [1, 2].

Основными компонентами топливного элемента являются протонообменная мембрана, каталитические слои, газодиффузионные слои и газораспределительные пластины.

Газодиффузионные слои (ГДС) в составе ПОМТЭ выполняют несколько функций, таких как газораспределение, токосъем и отвод побочных продуктов реакции: воды и тепла.

ГДС обычно представляет собой материал на основе углерода, состоящий из макропористой подложки (МПП) и поверхностного микропористого слоя (МПС). Также ГДС может быть изготовлен из металлических волокон. МПП состоит из горизонтально и анизотропно уложенных углеродных волокон (7–10 мкм) и находится в непосредственном контакте с газораспределительной пластиной, выступая в качестве моста для переноса массы, тепла и электронов [3, 4].

Способность ГДС к переносу массы, тепла и электронов представлена его эффективными транспортными свойствами: коэффициентом диффузии, проницаемостью, смачиваемостью поверхности, теплопроводностью и электропроводностью соответственно. Для условий двухфазного потока абсолютная и относительная проницаемость являются репрезентативными для транспорта жидкости через ГДС, в то время как капиллярное давление указывает на характеристики смачиваемости его поверхности. Транспортные свойства ГДС тесно связаны с его морфологическими, микроструктурными и физическими характеристиками, которые сильно зависят от его материала и конструктивных параметров.

В настоящее время используются ГДС из углеродных бумаги и ткани. Но для топливных элементов чаще всего применяется углеродная бумага толщиной от 80 до 400 мкм из-за более высокой плотности и способности поддерживать форму, что позволяет наносить на поверхность бумаги каталитические слои. Углеродная бумага обычно изготавливается из углеродных волокон и полимерного связующего (5–15% от массы ГДС).

Для улучшения гидрофобных характеристик углеродную бумагу обычно обрабатывают гидрофобными соединениями, такими как перфторалкоксиполимер (ПФА), политет-

Таблица 1. Параметры ГДС

Параметр	Sigracet SGL 28BC	JNT 20-A6l	JNT 22BA-BA5Cl	HPC020-P
Толщина, мкм	235	250	205	190
Пористость, %	37	65	65	75
Содержание ПТФЭ в ГДС/МПС, %	5/23	10/25	10/25	10
Удельная площадь, г/м^2	105	100	80	80
Электрическое сопротивление, мОм·см^2	8,5	<15	<15	2,5
Электрическое сопротивление в плоскости, мОм/см	5	4,7	5	–
Газопроницаемость, см^3/см^{2}с	0,7	1	<0,5	–

рафторэтилен (ПТФЭ), фторированный этилен-пропилен (ФЭП), гексаметилдисилоксан (ГМДСО), поливинилиденфторид (ПВДФ) [3, 5, 6]. Содержание гидрофобных компонентов в ГДС может составлять до 30% [5].

Современные коммерческие образцы углеродной бумаги имеют поверхностный микропористый слой, который обычно состоит из частиц углерода и полимерного связующего. В зависимости от спецификаций производственного процесса толщина МПС может сильно варьировать, обычно от 10 до 100 мкм [3].

Формирование микропористого слоя осуществляется с использованием углеродных материалов, таких как Vulcan, Ketjenblack, Black Pearls и Acetylene Black, благодаря их комплексному соответствию предъявляемым требованиям, включая электро- и теплопроводность, а также коммерческую доступность. В качестве альтернативных материалов могут быть применены гранулированная сажа, углеродные нанотрубки (УНТ), производные кокса, коммерческий или синтезированный графен и аморфный графит.

В рамках исследования [4, 7, 8] было проведено изучение влияния толщины и пористости газодиффузионных слоев на рабочие характеристики топливных элементов. Экспериментально были исследованы ГДС с варьируемой толщиной в диапазоне от 110 до 330 мкм. Результаты исследования свидетельствуют о том, что оптимальные параметры достигаются при толщине ГДС, превышающей 300 мкм. Корреляция между плотностью тока и толщиной ГДС проявляется наиболее отчетливо при более высоких значениях плотности тока.

Цель работы заключается в исследовании влияния параметров газодиффузионного слоя на плотность тока мембранно-электродного блока топливного элемента.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В данной работе получены образцы мембранно-электродных блоков (МЭБ) водородных топливных элементов методом распыления каталитического слоя (КС) на протонообменную мембрану. Для исследования были изготовлены пять образцов МЭБ отличающихся ГДС. В качестве ГДС топливных элементов использовали углеродную бумагу.

Изготовленные образцы МЭБ состояли из семи слоев: протонообменной мембраны, рамки мембраны, катодного и анодного каталитических слоев, катодного и анодного ГДС. Для изготовления МЭБ использовали мембрану марки Gore-select M788.12. В качестве ГДС анода и катода использовали углеродную бумагу марок Sigracet SGL 28BC, JNT20-ABl, JNT 22BA-BASCl, HPC020-P (без МПС) и HPC020-P с микропористым слоем из углерода, полученным в лабораторных условиях.

Параметры ГДС по данным изготовителей представлены в табл. 1.

Внесенные в табл. 1 ГДС представляют собой углеродную бумагу, отличающуюся толщиной слоя, наличием или отсутствием микропористого слоя, а также содержанием гидрофобного компонента политетрафторэтилена.

Процесс изготовления мембранно-электродных блоков включал формирование каталитических слоев анода и катода непосредственно на протонообменной мембране. Для этого использовалась техника деколь, позволяющая переносить готовые слои с временной подложки. В качестве подложки выступала полиимидная пленка, на которую предварительно наносились каталитические чернила.

Процесс изготовления каталитических чернил включал смешивание электрокатализатора на основе платины (Pt/C, 60% Pt, марка PM-60) с 5%-й суспензией иономера Nafion. В качестве растворителя применялась смесь изопропилового спирта и деионизированной воды в соотношении 1:2. Для достижения однородности дисперсии чернила подвергались ультразвуковой обработке в течение 40 мин.

Подложку с каталитическим слоем катода и анода разрезали на нужные размеры (20,0×20,0 мм), далее методом деколь КС перенесли из подложки на мембрану. Площадь активной зоны МЭБ составила 4,0 см^2, загрузка патины на катоде – 0,4 мг/см^2, на аноде – 0,2 мг/см^2.

После изготовления МЭБ в область активной зоны приклеивались ГДС анода и катода, представленные в табл. 1.

По описанному способу были получены пять образцов МЭБ с площадью активной зоны 4 см^2, отличающихся параметрами ГДС.

Для улучшения рабочих характеристик на поверхность углеродной бумаги марки HPC020-P нанесли микропористый слой методом распыления. В качестве поверхностного слоя использовали углерод (электропроводящую сажу) с размерами частиц от 50 до 80 нм, в качестве связующего и гидрофобного компонента использовали дисперсию ПТФЭ марки Teflon PTFE DISP30 с размером частиц 220 нм. Для определения размеров частиц углерода и дисперсии ПТФЭ был применен метод динамического светорассеяния (Dinamic Light Scattering – DLS), или фотонная корреляционная спектроскопия. Метод основан на определении коэффициента диффузии частиц дисперсной фазы в жидкости за счет броуновского движения с последующим преобразованием величины диффузии в размер частиц и распределении их по размерам с помощью соотношения Стокса–Эйнштейна. Измерения производились с применением анализатора размеров частиц и дзета-потенциала LA-960 Nano Brook Omni. Перед проведением измерений размера частиц дисперсной фазы образцы подвергались ультразвуковой обработке.

Определение толщины образцов углеродной бумаги производилось методом магнитной индукции. Метод основан на определении изменений магнитного сопротивления участка цепи. Для проведения измерений использовали толщиномер покрытий марки В7-557 с точностью ± (0,03×Н+1) мкм.

Поверхность модифицированной углеродной бумаги была исследована с помощью сканирующей электронной микроскопии при увеличении от 300 до 20000 раз. Цель – визуально оценить пористость и шероховатость поверхности. Микрофотографии были получены на сканирующем электронном микроскопе марки SM–50.

В рамках проведенного исследования определялась открытая пористость образцов ГДС, представляющая собой отношение объема открытых пор (имеющих сообщение с внешней средой и возможность быть заполненными смачивающей жидкостью) к общему объему образца, так как открытые поры определяют транспортные показатели ГДС для распределения и транспортировки топлива и окислителя до катализатора. Открытая пористость определялась методом гидростатического взвешивания: анализируемый образец подвергался взвешиванию, будучи погруженным в жидкость, хорошо смачивающую материал образца. В качестве такой смачивающей жидкости применялся н-декан. Согласно закону Архимеда, изменение показаний весов при погружении образца определяется плотностью жидкости, объемом твердой фазы и закрытых пор. После высушивания образца КС до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре 105 °С измерялись размеры образца: длина (*L*) и ширина (*B*). С помощью толщиномера покрытий определялась толщина (*h*) КС.

Основными характеристиками, определяемыми в ходе испытаний, являются: НРЦ (напряжение разомкнутой цепи) – потенциал и ток, при которых достигается оптимальная работа МЭБ; ВАХ (вольт-амперная характеристика) – зависимость тока от приложенного напряжения, отражающая кинетику электрохимических реакций, влияние омических потерь и диффузионных ограничений. Испытания полученных МЭБ проводились в составе единичного топливного элемента (ЕТЭ) на испытательном стенде 100W Fuel Cell Test Equipment.

Определение НРЦ осуществлялось в соответствии с процедурой, регламентированной ГОСТ IEC/TS 62282-7-1-2016. Данное испытание включало в себя измерение напряжения электродвижущей силы на испытательном стенде в режиме разомкнутой цепи на протяжении 15 мин. При этом расход топлива и окислителя поддерживался на постоянном уровне. Перед тем как снимать вольт-амперную характеристику (ВАХ), была выполнена активация мембранно-электрохимического блока в течение 90 мин, при этом напряжение на ячейке поддерживалось постоянным и составляло 0,4 В.

Определение ВАХ и плотности тока ЕТЭ осуществлялось в соответствии с требованиями ГОСТ IEC/TS 62282-7-1-2016. Испытания проводились путем последовательного увеличения плотности тока ЕТЭ в диапазоне от 0 до 16 А. Скорость изменения плотности тока составляла 0,2 А на шаг, с выдержкой в каждом положении в течение 90 с. На основе полученных данных были рассчитаны плотность тока и плотность мощности полимерных электролитно-мембранных топливных элементов, а также построены их соответствующие вольт-амперные характеристики.

Испытания образцов водородных топливных элементов проводились при следующих условиях: расход водорода – 0,35 дм^3/мин, расход воздуха – 3,5 дм^3/мин, давление топлива и окислителя – 150 кПа, температура ячейки – 80 °С, температура газов – 73 °С, увлажнение газов на катоде и аноде – 100%, площадь активной зоны МЭБ – 4 см^2, топливо – газообразный водород 99,99%, окислитель – атмосферный воздух.

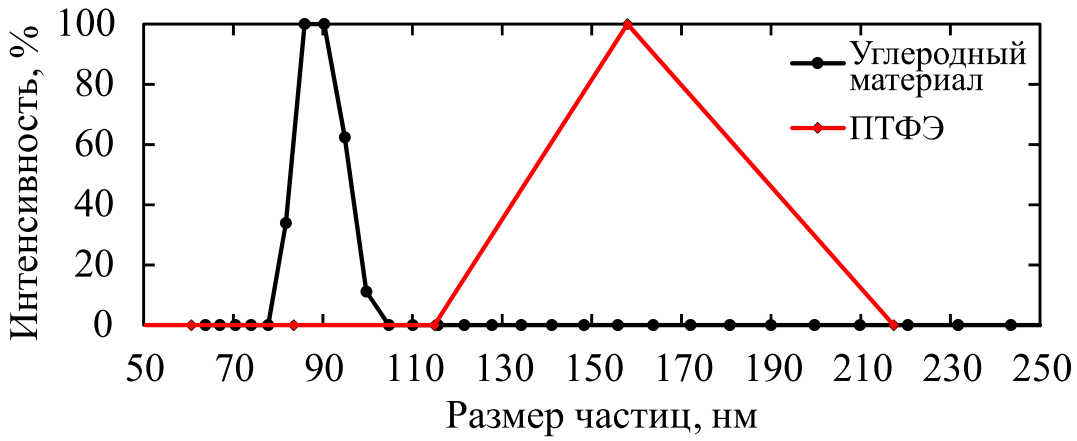


Рис. 1. Графики распределения размеров частиц ПТФЭ марки Teflon PTFE DISP30 (красная линия) и суспензии углерода (черная линия).

Таблица 2. Свойства ГДС

Параметр	Sigracet SGL 28BC	JNT 20-A6l	JNT 22BA-BA5Cl	HPC020-P	HPC020-P с МПС
Наличие микропористого слоя	+	+	+	–	+
Толщина, мкм	210±7	237±8	180±6	190±7	210±7
Открытая пористость, %	52±5	66±7	55±6	72±7	63±6
Содержание ПТФЭ в ГДС/МПС, %	5/23	10/25	10/25	10/–	10/20

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Углеродную бумагу марки HPC020-P модифицировали путем нанесения микропористого слоя из углерода (электропроводящая сажа) и дисперсии ПТФЭ. Результаты исследования размеров частиц углерода и дисперсии ПТФЭ представлены на рис. 1.

По данным рис. 1, размеры частиц в дисперсии ПТФЭ марки Teflon PTFE DISP30 распределены в диапазоне от 114 до 217 нм, основные частицы дисперсии соответствуют размеру 158 нм; по данным производителя, средние размеры частиц соответствуют 220 нм. Размеры частиц суспензии углерода, по результатам исследования, распределены в диапазоне от 78 до 104 мкм; по данным производителя, средние размеры частиц равны 60 нм.

После модифицирования углеродной бумаги HPC020-P исследовали свойства всех образцов ГДС, результаты представлены в табл. 2.

По итогам исследования было установлено, что толщина микропористого слоя, нанесенного на углеродную бумагу марки HPC020-P, составляет 20 мкм. Кроме того, выявлено, что толщина микропористого слоя в коммерческих образцах газодинамических систем ГДС отличается от значений, заявленных производителем. Открытая пористость исследованных образцов КС варьирует в пределах от 52 до 72%. Уровень пористости ГДС зависит от его состава, в частности от соотношения углерода и связующего вещества, а также от наличия и структуры добавок. Максимальная пористость наблюдается у образца ГДС HPC020-P без микропористого слоя. После нанесения микропористого слоя открытая пористость ГДС уменьшается, что связано с тем, что поры в микропористом слое состоят из частиц углерода размером 40–80 нм, тогда как в углеродной бумаге присутствуют более крупные поры размером от 0,5 до 50 мкм, образованные пространством между волокнами углерода.

Результаты исследования сканирующей электронной микроскопией углеродной бумаги марки HPC020-P до и после нанесения микропористого слоя представлены на рис. 2.

По данным рис. 2, исходный образец углеродной бумаги марки HPC020-P представляет собой структуру из переплетенных углеродных волокон, которые образуют поры размерами от 20 до 150 мкм. После нанесения микропористого слоя (рис. 2б) поверхность углеродной бумаги покрылась частицами углерода сферической формы с размерами частиц 50−90 нм, что соответствует результатам исследования частиц электропроводящего углерода (рис. 1) по методу динамического светорассеяния. Образовавшиеся в результате этого покрытия поры имеют размеры в пределах 50–120 нм.

Из представленных в табл. 1 образцов ГДС методом деколь изготовили МЭБ, параметры полученных МЭБ представлены в табл. 3.

По данным табл. 3, исследованные образцы МЭБ имели активную зону площадью 4 см². Расчетные значения загрузки платины составляли на катоде – 0,4 мг/см², на аноде – 0,2 мг/см². Однако проведенные гравимет-

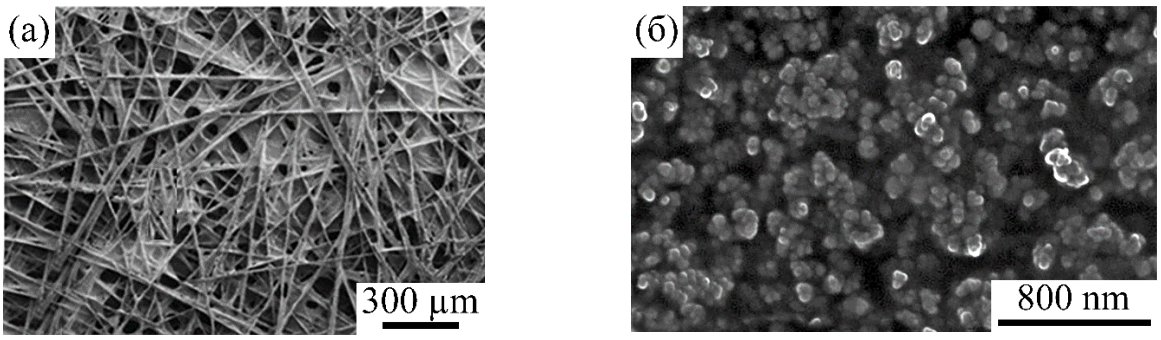


Рис. 2. Микрофотографии углеродной бумаги: (а) – исходный образец углеродной бумаги (при увеличении в 800 раз); (б) – образец углеродной бумаги после нанесения микропористого слоя (при увеличении в 20000 раз).

Таблица 3. Параметры МЭБ

№	Наименование МЭБ	ГДС	Протонообменная мембрана	Загрузка платины на катоде/аноде, мг/см^2	Площадь активной зоны МЭБ, см^2
1	МЭБ-1	Sigracet SGL 28BC	Gore-select M788.12	0,36/0,20	4
2	МЭБ-2	JNT 20-A6l		0,35/0,19	
3	МЭБ-3	JNT 22BA-BA5Cl		0,37/0,19	
4	МЭБ-4	HPC020-P		0,37/0,20	
5	МЭБ-5	HPC020-P с МПС		0,36/0,19	

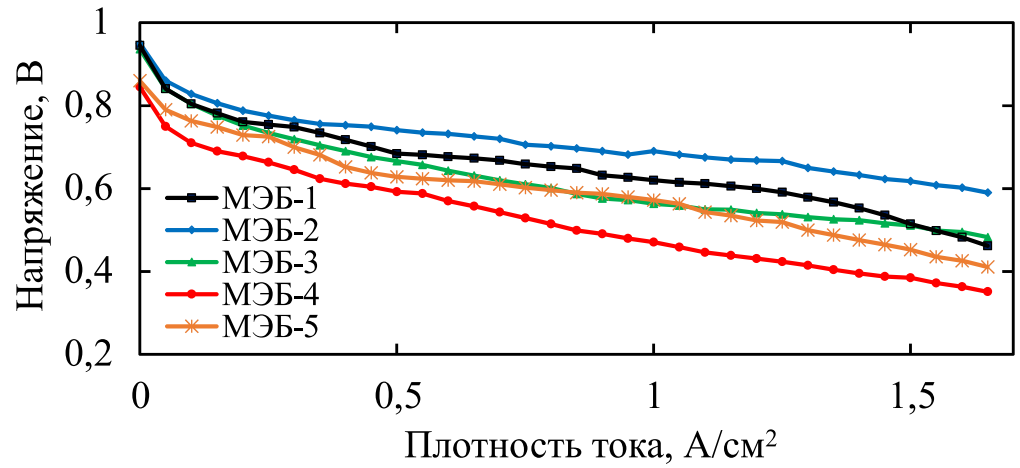


Рис. 3. Вольт-амперные характеристики МЭБ: МЭБ-1 ГДС – 210 мкм; МЭБ-2 ГДС – 237 мкм; МЭБ-3 ГДС – 180 мкм; МЭБ-4 ГДС – 190 мкм; МЭБ-5 ГДС – 210 мкм (Условия тестирования МЭБ: температура ячейки – 80 °С; температура газов – 73 °С; давление топлива и окислителя – 150 кПа; увлажнение топлива и окислителя – 100%; топливо – газообразный водород; окислитель – атмосферный воздух).

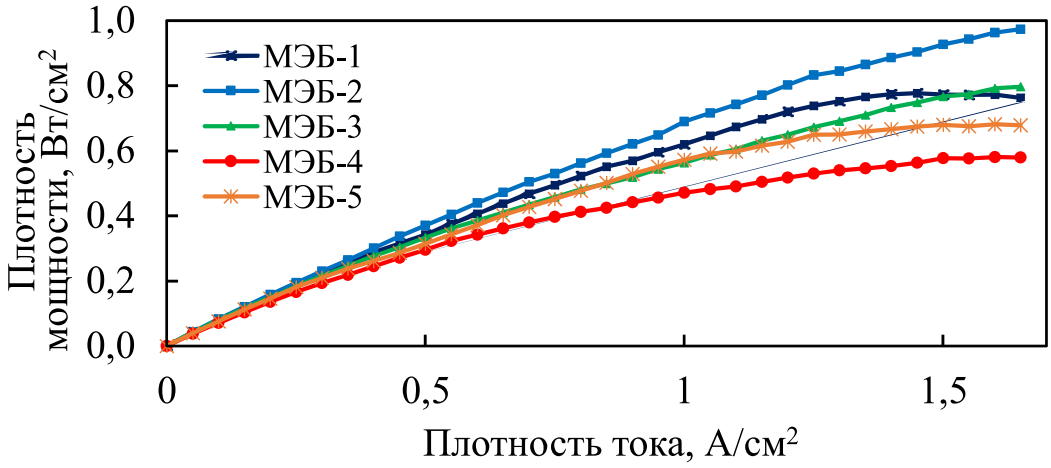


Рис. 4. Ватт-амперные характеристики МЭБ: МЭБ-1 ГДС – 210 мкм; МЭБ-2 ГДС – 237 мкм; МЭБ-3 ГДС – 180 мкм; МЭБ-4 ГДС – 190 мкм; МЭБ-5 ГДС – 210 мкм (Условия тестирования МЭБ: температура ячейки – 80 °С; температура газов – 73 °С; давление топлива и окислителя – 150 кПа; увлажнение топлива и окислителя – 100%; топливо – газообразный водород; окислитель – атмосферный воздух).

Таблица 4. Рабочие характеристики МЭБ

№	МЭБ	Марка ГДС	Толщина ГДС, мкм	НРЦ, В	Плотность тока при 0,6 В, А/см^2	Плотность мощности при 0,6 В, Вт/см^2
1	МЭБ-1	Sigracet SGL 28BC	210	0,945	1,25	0,74
2	МЭБ-2	JNT 20-A6l	237	0,950	1,65	0,97
3	МЭБ-3	JNT 22BA-BA5Cl	180	0,936	0,8	0,48
4	МЭБ-4	HPC020-P	190	0,845	0,35	0,2
5	МЭБ-5	HPC020-P с МПС	210	0,861	0,8	0,48

рические измерения показали, что реальное содержание платины на электродах оказалось ниже этих расчетных значений.

Далее провели вольтамперные испытания полученных лабораторных образцов МЭБ, отличающихся параметрами ГДС в условиях 100% влажности подаваемых газов, при постоянном расходе газа и по программе приращения тока ПОМТЭ от 0 до 16 А. На основании данных, полученных в ходе испытания МЭБ1-5 в составе единичных топливных элементов, были построены кривые поляризации МЭБ в зависимости от плотности тока (рис. 3) и соответствующая ватт-амперная характеристика по плотности мощности (рис. 4).

Исследование данных, представленных на рис. 3 и 4, выявило прямую корреляцию между толщиной ГДС и эксплуатационными характеристиками МЭБ, а именно плотностью тока и плотностью мощности. Установлено, что увеличение толщины ГДС приводит к улучшению этих показателей. В частности, при напряжении 0,6 В плотность тока демонстрировала следующую зависимость от толщины ГДС: 237 > 210 > 180 мкм. Особенно различия становятся заметными при более высоких плотностях тока, что связано с образованием большого количества воды при высокой нагрузке. В таких условиях газодиффузионные слои с увеличенной толщиной демонстрируют повышенную эффективность в удалении и отводе образующейся воды от каталитического слоя, что предотвращает его перенасыщение и, как следствие, затопление.

Анализ исследованных материалов ГДС показал, что углеродная бумага без микропористого слоя марки HPC020-P характеризовалась наименьшими значениями плотности тока среди всех испытанных образцов. Предполагается, что данное снижение производительности связано с отсутствием микропористого слоя, который выполняет функцию равномерного распределения реагентов и эффективного дренажа воды в каталитическом слое. Для оптимизации рабочих характеристик данной ГДС была осуществлена модификация ее поверхностного слоя. На поверхность углеродной бумаги был нанесен микропористый слой толщиной 20 мкм, состоящий из углеродных частиц и гидрофобизирующего агента. По результатам стендовых испытаний МЭБ-5 с модифицированной ГДС HPC020-P (табл. 4) были зафиксированы следующие параметры: напряжение холостого хода составило 0,861 В, плотность тока достигла 0,8 А/см², а плотность мощности – 0,48 Вт/см² (при рабочем напряжении 0,6 В). Сравнительный анализ продемонстрировал, что применение модифицированной углеродной бумаги с микропористым слоем в МЭБ привело к увеличению плотности тока на 43% (с 0,35 до 0,8 А/см²) при напряжении ячейки 0,6 В по сравнению с МЭБ на основе немодифицированной ГДС.

Таким образом, результаты исследований показывают, что применение более толстого газодиффузионного слоя при высоких плотностях тока может приводить к повышению рабочих характеристик МЭБ, и то же время модификация углеродной бумаги, например, нанесением микропористого слоя способна улучшить их производительность. Так, по данным табл. 4, увеличение толщины ГДС с 180 до 237 мкм позволяет повысить плотность мощности МЭБ при 0,6 В до 50%.

ВЫВОДЫ

Анализ полученных данных свидетельствует о возможности достижения существенного прироста производительности водородно-воздушных топливных элементов (до 50%) путем использования ГДС большой толщины при высоких плотностях тока. Добавление специальных покрытий, улучшающих газораспределение и отвод воды из каталитического слоя, повышают эффективность МЭБ.

Модификация углеродной бумаги нанесением микропористого слоя позволяет улучшить рабочие характеристики МЭБ. Так, плотность тока МЭБ по сравнению с исходной углеродной

бумагой без микропористого слоя повысилась на 43%. Данное улучшение обусловлено несколькими факторами, ключевым из которых является повышение газораспределения и влагоудаления из каталитического слоя МЭБ топливного элемента.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Deepanraj, B., Gugulothu, S.K., Ramaraj, R., Arthi, M., and Saravanan, R., Optimal parameter estimation of proton exchange membrane fuel cell using improved red fox optimizer for sustainable energy management, *Journal of Cleaner Production*, 2022, vol. 369, art. ID 133385.
   https://10.1016/j.jclepro.2022.133385
2. Jang, H., Jeong, B., Zhou, P., Ha, S., et al., Parametric trend life cycle assessment for hydrogen fuel cell towards cleaner shipping, *Journal of Cleaner Production*, 2022, vol. 372, art. ID 133777.
   https:// 10.1016/j.jclepro.2022.133777
3. Ozden, A., Shahgaldi, S., Li, X., and Hamdullahpur, F., A review of gas diffusion layers for proton exchange membrane fuel cells—With a focus on characteristics, characterization techniques, materials and designs, *Progress in Energy and Combustion Science*, 2019, vol. 74, p. 50.
   https://10.1016/j.pecs.2019.05.002
4. Majlan, E.H., Rohendi, D., Daud, W.R.W., Husaini, T., et al., Electrode for proton exchange membrane fuel cells: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2018, vol. 89, p. 117.
   https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.007
5. Xing, L., Shi, W., Su, H., Xu, Q., et al., Membrane electrode assemblies for PEM fuel cells: A review of functional graded design and optimization, *Energy*, 2019, vol. 177, p. 445.
   https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.04.084
6. Omrani, R., and Shabani, B., Review of gas diffusion layer for proton exchange membrane-based technologies with a focus on unitised regenerative fuel cells, *International journal of hydrogen energy*, 2019, vol. 44, №. 7, p. 3834.
   https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2018.12.120
7. Chen, Q., Niu, Z., Li, H., Jiao, K., and Wang, Y., Recent progress of gas diffusion layer in proton exchange membrane fuel cell: Two-phase flow and material properties, *International Journal of Hydrogen Energy*, 2021, vol. 46, no. 12, p. 8640.
   https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.12.076
8. Rashapov, R., Imami, F., and Gostick, J.T., A method for measuring in-plane effective diffusivity in thin porous media, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 2015, vol. 85, p. 367.
   ttps://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2015.01.101

Summary

The study aimed at identifying the dependence of the current density of hydrogen-air proton-exchange membrane fuel cells (HEMFCs) on gas diffusion layer parameters: thickness and the presence of a microporous layer. Carbon paper with a thickness of 180 to 235 μm was used as the gas diffusion layer of the membrane-electrode assembly (MEA). Polarization curves were obtained to evaluate the electrochemical characteristics of the MEA. The results of the study showed that the thickness of the gas diffusion layer affects the performance of the HEMFCs. Increasing the carbon paper thickness contributed to an increase in the current density due to an effective removal of water from the catalytic layer, preventing flooding of the catalytic layer.

Keywords: gas diffusion layer, carbon paper, membrane-electrode assembly, hydrogen-air fuel cell, current density