

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **201800419** (13) **A1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2020.02.28

(51) Int. Cl. **H01G 11/32** (2013.01)
H01G 9/145 (2006.01)
H01M 4/04 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2018.08.10

(54) НАКОПИТЕЛЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ С ДВОЙНЫМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СЛОЕМ

(96) **2018000098 (RU) 2018.08.10**

(71) Заявитель:
**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "ТЭЭМП
ПРОИЗВОДСТВО" (RU)**

(72) Изобретатель:
**Курилов Сергей Владимирович,
Лифшиц Михаил Валерьевич, Лобко
Владимир Павлович (RU)**

(74) Представитель:
Тихоненко О.О. (RU)

(57) Изобретение относится к электротехнике, а именно к накопителям электрической энергии, и может быть использовано для создания накопителей электрической энергии с электродами из пористых углеродных материалов, в частности для создания накопителей электрической энергии с двойным электрическим слоем. Задачей изобретения является улучшение электрических характеристик накопителя электрической энергии с двойным электрическим слоем. Задача изобретения решается за счет того, что накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем содержит пропитанные электролитом электроды, разделенные сепаратором, при этом электроды выполнены с использованием пористого углеродного материала и расположены между токосъемниками, а электролит выполнен с использованием ионной жидкости и от прототипа отличается тем, что пористый углеродный материал выполнен таким образом, что содержит изотопы углерода ^{13}C , и отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в электродах составляет величину от 0.003 до 0.75. Технические результаты изобретения: уменьшение электрического сопротивления электродов при температуре электродов от 20 до 70°C; уменьшение электрического сопротивления электродов при отсутствии, а также при наличии давления сжатия от внешней сжимающей нагрузки; уменьшение интенсивности саморазряда накопителя электрической энергии при температуре электродов от 20 до 70°C и давлении сжатия электродов до 20×10^5 Па.

A1

201800419

201800419

A1

Накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем

Область техники, к которой относится изобретение.

Изобретение относится к электротехнике, а именно, к накопителям электрической энергии и может быть использовано для создания накопителей электрической энергии с электродами из пористых углеродных материалов, в частности, для создания накопителей электрической энергии с двойным электрическим слоем.

Уровень техники.

Известен аналог, накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем (Патент РФ 2041516, опубликованный 09.08.1995), содержащий корпус, выполненный в виде оболочки, внутри которого расположен пакет конденсаторных элементов, сжатый до высокого давления (до $100 \cdot 10^5$ Па). Каждый из конденсаторных элементов содержит пористые электроды, разделенные ионопроводящим сепаратором, электролит и токосъемники, охватывающие электроды и разделенные по периметру элемента диэлектрической прокладкой.

Признаки, совпадающие с признаками изобретения: «накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем... содержит электроды, разделенные сепаратором, электролит и токосъемники».

Высокое давление способствует снижению электрического сопротивления электродов и накопителя энергии в целом, а, следовательно, способствует увеличению отдаваемой на нагрузку мощности. При этом увеличивается саморазряд

Недостатком аналога является высокая интенсивность саморазряда накопителя электрической энергии.

Другим аналогом является накопитель энергии с двойным электрическим слоем (Патент РФ 2041518, опубликованный 09.08.1995), содержащий два пропитанных электролитом электрода, изготовленных из смеси частиц активированного угля и полимерного связующего (частичками эластичного диэлектрика) и разделенных ионопроводящим сепаратором, и два непроницаемых для электролита и инертных к нему токосъемники, охватывающих электроды и разделенных по периметру изоляционной прокладкой.

Признаки, совпадающие с признаками изобретения: «накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем... содержит электроды, пропитанные электролитом, разделенные сепаратором, токосъемники».

Недостатком аналога является высокая интенсивность саморазряда накопителя электрической энергии, а также большое электрическое сопротивление электродов.

Также аналогом является, накопитель энергии с двойным электрическим слоем (Патент РФ 2047235, опубликованный 27.10.1995), содержащий два электрода из активированного угля, пропитанные органическим электролитом и разделенные ионопроводящим сепаратором, и две обкладки токосъемники, охватывающие электроды, выполненные из металлического материала, инертного к электролиту, и изолированные по периметру диэлектрической прокладкой.

Признаки, совпадающие с признаками изобретения: «накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем... содержит электроды, пропитанные электролитом, разделенные сепаратором, токосъемники».

Недостатком аналога является высокая интенсивность саморазряда накопителя электрической энергии, а также большое электрическое сопротивление электродов.

Аналогом изобретения является накопитель электрической энергии (конденсатор) с двойным электрическим слоем (Патент РФ 2170467, опубликованный 10.07.2001). Накопитель энергии содержит два электрода, разделенных сепаратором, с внешних сторон которых установлены токосъемники (изготовленные из тонколистового непроницаемого для электролита и инертного к электролиту металла), изолированные между собой диэлектрической герметизирующей прокладкой. Сепаратор и электроды пропитаны электролитом.

Признаки, совпадающие с признаками изобретения: «накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем... содержит электроды, пропитанные электролитом, разделенные сепаратором, токосъемники».

Недостатком аналога является высокая интенсивность саморазряда накопителя электрической энергии, а также большое электрическое сопротивление электродов.

Из уровня техники известно электрохимическое устройство (Патент РФ 2608759, опубликованный 24.01.2017), содержащее пакет последовательно соединенных единичных электрохимических элементов (конденсаторных элементов), каждый из которых выполнен в виде двух электродов и по меньшей мере двух сепараторов, собранных в стопку электродов либо свернутых в плоский рулон и с концевыми катодным и анодным токоотводами. Между соседними конденсаторными элементами расположены разделяющие их диэлектрические дистанционирующие вставки, образующие замкнутый герметичный контур вокруг каждого конденсаторного элемента.

Электрохимическое устройство выполнено в виде накопителя электрической энергии с двойным электрическим слоем.

Последовательное соединение конденсаторных элементов повышает рабочее напряжение на накопителе энергии.

Признаки, совпадающие с признаками изобретения: «накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем... содержит электроды, сепараторы».

Недостатком аналога является относительно высокая интенсивность саморазряда накопителя электрической энергии, а также большое электрическое сопротивление электродов.

Прототипом изобретения является накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем (см. статью «Исследование электрических характеристик электродов из пористых углеродных материалов для накопителей энергии с двойным электрическим слоем», опубликованную в сети Интернет 03.07.2017 года http://zaorotec.ru/articles/issledovanie_electricheskih_harakteristic_electrodoov.html), содержащий пропитанные электролитом электроды, разделенные сепаратором, при

этом электроды выполнены с использованием пористого углеродного материала и электроды расположены между токосъемниками, а электролит выполнен с использованием ионной жидкости.

Эти признаки прототипа совпадают с признаками изобретения.

Недостатками прототипа являются:

- большое электрическое сопротивление электродов (выполненных с использованием пористого углеродного материала) накопителя электрической энергии с двойным электрическим слоем при температуре электродов от 20⁰С до 70⁰С;

- большое электрическое сопротивление электродов (выполненных с использованием пористого углеродного материала) накопителя электрической энергии с двойным электрическим слоем, при отсутствии давления сжатия от внешней сжимающей нагрузки;

- большое электрическое сопротивление электродов (выполненных с использованием пористого углеродного материала) накопителя электрической энергии с двойным электрическим слоем, находящихся в сжатом состоянии, в частности, при давлении сжатия электродов до $20 \cdot 10^5$ Па;

- большая интенсивность саморазряда накопителя электрической энергии с двойным электрическим слоем, содержащего электроды, выполненные с использованием пористого углеродного материала при температуре электродов от 20⁰С до 70⁰С и давлении сжатия электродов до $20 \cdot 10^5$ Па.

Раскрытие сущности изобретения.

В настоящее время накопители электрической энергии с двойным электрическим слоем нашли применение в качестве импульсных источников энергии большой мощности. Основными недостатками таких накопителей являются их большое внутреннее сопротивление и высокий уровень саморазряда (большие токи утечки).

Для снижения внутреннего сопротивления требуется значительное давление сжатия (до $100 \cdot 10^5$ Па и более), что существенно утяжеляет конструкцию накопителя энергии, ухудшает его удельные электрические характеристики.

Высокий уровень саморазряда накопителей энергии, состоящих из конденсаторных элементов, соединенных последовательно требует применения сложных методов балансировки напряжений на конденсаторных элементах. Это усложняет и утяжеляет системы, обеспечивающие заряд-разряд накопителей энергии.

На устранение этих недостатков направлено заявляемое изобретение.

Задачей изобретения является улучшение электрических характеристик накопителя электрической энергии с двойным электрическим слоем.

Задача изобретения решается за счет того, что накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем содержит пропитанные электролитом электроды, разделенные сепаратором, при этом электроды выполнены с использованием пористого углеродного материала и электроды расположены между токосъемниками, а электролит выполнен с использованием ионной жидкости, и от прототипа отличается тем, что пористый углеродный материал выполнен таким образом, что содержит изотопы углерода ^{13}C , и отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в электродах составляет величину от 0.003 до 0.75.

Техническими результатами изобретения являются:

1. Уменьшение электрического сопротивления электродов (выполненных с использованием пористого углеродного материала) накопителя электрической энергии с двойным электрическим слоем при температуре электродов от 20°C до 70°C .

Экспериментально было доказано, что с увеличением содержания в электродах, входящих в состав конденсаторного элемента и накопителя энергии, изотопов углерода ^{13}C существенно снижается электрическое сопротивление электродов при температуре от 20°C до 70°C . Причем, отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в электродах обеспечивалось от 0.003 до 0.75. Подробно достижение технического результата будет описано в разделе «Осуществление изобретения».

2. Уменьшение электрического сопротивления электродов (выполненных с использованием пористого углеродного материала) накопителя электрической энергии с двойным электрическим слоем, при отсутствии давления сжатия от внешней сжимающей нагрузки.

Экспериментально было доказано, что с увеличением содержания в электродах, входящих в состав конденсаторного элемента и накопителя энергии, изотопов углерода ^{13}C существенно снижается электрическое сопротивление электродов без использования сжатия. Причем, отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в электродах обеспечивалось от 0.003 до 0.75. Подробно достижение технического результата будет описано в разделе «Осуществление изобретения».

3. Уменьшение электрического сопротивления электродов (выполненных с использованием пористого углеродного материала) накопителя электрической энергии с двойным электрическим слоем, находящихся в сжатом состоянии, в частности, при давлении сжатия электродов до $20 \cdot 10^5$ Па.

Экспериментально было доказано, что с увеличением содержания в электродах, входящих в состав конденсаторного элемента и накопителя энергии, изотопов углерода ^{13}C существенно снижается электрическое сопротивление электродов при давлении сжатия до $20 \cdot 10^5$ Па и более. Причем, отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в электродах обеспечивалось от 0.003 до 0.75. Подробно достижение технического результата будет описано в разделе «Осуществление изобретения».

4. Уменьшение интенсивности саморазряда накопителя электрической энергии с двойным электрическим слоем, содержащего электроды, выполненные с использованием пористого углеродного материала при температуре электродов от 20°C до 70°C и давлении сжатия электродов до $20 \cdot 10^5$ Па.

Экспериментально было доказано, что с увеличением содержания в электродах, входящих в состав конденсаторного элемента и накопителя энергии, изотопов углерода ^{13}C существенно уменьшается интенсивность саморазряда накопителя энергии в широком диапазоне рабочих температур и давлений сжатия. Причем, отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству

углерода в электродах обеспечивалось от 0.003 до 0.75. Подробно достижение технического результата будет описано в разделе «Осуществление изобретения».

Краткое описание чертежей.

На фиг.1 изображен конденсаторный элемент.

На фиг.2 изображен пакет, соединенных последовательно, двух конденсаторных элементов.

На фиг.3 изображено пять конденсаторных элементов.

На фиг.4 изображен конденсаторный элемент.

На фиг.5 изображены два токосъемника с электродами и сепаратор.

На фиг.6 изображен удлиненный конденсаторный элемент в виде многослойной ленты.

На фиг.7 изображен пакет из двух конденсаторных элемента в виде многослойной ленты.

На фиг.8 изображен конденсаторный элемент с токосъемниками и сепаратором.

На фиг.9 изображен токосъемник с двумя электродами и двумя сепараторами.

На фиг.10 изображен токосъемник с двумя электродами и двумя сепараторами.

На фиг.11 изображен токосъемник с двумя электродами и одним сепаратором.

На фиг.12 изображен токосъемник с двумя электродами и одним сепаратором.

На фиг.13 представлен накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем, выполненный в виде пакета конденсаторных элементов.

На фиг. 14 изображена схема экспериментального накопителя энергии с 5 пакетами и сжимающей силой.

На фиг.15 представлен пакет из экспериментальных накопителей энергии.

На фиг.16 представлен экспериментальный накопитель энергии с радиатором на отрицательном токосъемнике.

На фиг.17 представлена характеристика саморазряда накопителя электрической энергии с двойным электрическим слоем, а именно, график зависимости напряжения на электрических выводах накопителя энергии от

времени хранения в заряженном виде при различных температурах электродов. Электролит выполнен с использованием щелочи.

На фиг.18 представлена характеристика саморазряда накопителя электрической энергии с двойным электрическим слоем, а именно, график зависимости напряжения на электрических выводах накопителя энергии от времени хранения в заряженном виде при различных сжимающих нагрузках. Электролит выполнен с использованием щелочи.

На фиг.19 представлена характеристика саморазряда накопителя электрической энергии с двойным электрическим слоем, а именно, график зависимости напряжения на электрических выводах накопителя энергии от времени хранения в заряженном виде при различных температурах электродов. Электролит выполнен с использованием ионной жидкости.

На фиг.20 представлена характеристика саморазряда накопителя электрической энергии с двойным электрическим слоем, а именно, график зависимости напряжения на электрических выводах накопителя энергии от времени хранения в заряженном виде при различных сжимающих нагрузках. Электролит выполнен с использованием ионной жидкости.

На фиг.21 представлена характеристика саморазряда накопителя электрической энергии с двойным электрическим слоем, а именно, график зависимости напряжения на электрических выводах накопителя энергии от времени хранения в заряженном виде при различных температурах электродов. Электролит выполнен с использованием кислоты.

На фиг.22 представлена характеристика саморазряда накопителя электрической энергии с двойным электрическим слоем, а именно, график зависимости напряжения на электрических выводах накопителя энергии от времени хранения в заряженном виде при различных сжимающих нагрузках. Электролит выполнен с использованием кислоты.

На фиг.23 представлена характеристика саморазряда накопителя электрической энергии с двойным электрическим слоем, а именно, график зависимости напряжения на электрических выводах накопителя энергии от времени хранения в заряженном виде при различных температурах электродов. Электролит выполнен с использованием органического растворителя.

На фиг.24 представлена характеристика саморазряда накопителя электрической энергии с двойным электрическим слоем, а именно, график зависимости напряжения на электрических выводах накопителя энергии от времени хранения в заряженном виде при различных сжимающих нагрузках. Электролит выполнен с использованием органического растворителя.

На фиг.25 представлена схема реакторной установки.

На фиг.26 представлено продольное сечение кавитационного реактора.

На фиг.27 представлена картина течения по каналу кавитационного реактора.

Осуществление изобретения.

Термины и определения.

Термины и определения, используемые в материалах заявки взяты из уровня техники, в частности, из статей:

«Исследование электрических характеристик электродов из пористых углеродных материалов для накопителей энергии с двойным электрическим слоем», опубликованную в сети Интернет 03.07.2017 года

(http://zaorotec.ru/articles/issledovanie_electricheskih_harakteristik_electrodov.html);

«Изотопное обогащение веществ», опубликованную в сети Интернет 03.07.2017 года (http://zaorotec.ru/articles/izotopnoe_obogashenie_veshstv.html).

Пористый углеродный материал - пористое вещество или несколько пористых веществ, которые получают из одного или различных углеродосодержащих материалов органического происхождения.

В качестве сырья в производстве пористого углеродного материала используют твердые, жидкие, газообразные углеродосодержащие материалы органического происхождения: древесный уголь, каменный уголь, каменноугольный кокс, нефтяной кокс, карбонизированную фенольную смолу, природный газ, смесь природного газа и масел, скорлупу орехов, в частности, кокосовых орехов и др.

Указанное выше сырьё обугливают и активируют.

Обугливание — преобразование (превращение) в углеродный материал.

Сущность активации состоит в образовании открытых пор в углеродном материале. В частности, активацию осуществляют термически (например,

пиролизом) или термохимически, либо путём обработки перегретым паром, или углекислым газом, или их смесью при высокой температуре и др.

Пористый материал - тело, содержащее в своем объёме свободное пространство в виде полостей, каналов или пор (в тексте для простоты будем писать поры).

Высокопористые углеродные материалы – разновидность пористых углеродных материалов.

Углеродный материал - материал на основе углерода.

На основе пористых углеродных материалов могут изготавливаться накопители электрической энергии емкостью от единиц Фарад – до сотен тысяч Фарад и более. Заметим, что на основе не пористых углеродных материалов возможно изготовление накопителей электрической энергии емкостью от пико Фарад до нано Фарад.

Материал — вещество или несколько веществ, из которых изготавливается продукт, изделие.

Вещество — одна из форм материи.

Изделие - изготавливаемый предмет или несколько предметов. Изделие является результатом производственного процесса. В частности, изделиями являются электроды для накопителей энергии, токосъемники, сепараторы, корпуса и др.

Пиролиз — термическое разложение органических веществ. В узком смысле, разложение органических природных соединений при недостатке кислорода.

В заявке рассматриваются электроды, выполненные с использованием пористого углеродного материала. Такие электроды еще называют пористыми углеродными электродами или пористыми электродами.

Термин «выполнены с использованием пористого углеродного материала» означает, что электрод может быть выполнен из пористых углеродных материалов или выполнен из пористых углеродных материалов с наполнителем или наполнителями. В качестве наполнителей могут использоваться частички связующего (например, фторопласта), частички металлов или окислов металлов, частички (элементы) со свойствами химического источника тока и др.

Наполнители служат, в частности, для повышения пластичности электрода, повышения электропроводности или для заполнения свободного пространства между частичками пористого углеродного материала с целью экономии электролита.

Сепаратор – устройство для разделения электродов. Сепаратор выполняют, в частности, с использованием асбеста, и/или целлюлозы, и/или полимеров, например, полипропилена.

Токоъемник – устройство, выполненное с использованием металла или других электропроводных материалов, например, электропроводных резин и пластиков.

Накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем – устройство, в частности, для накопления заряда и энергии электрического поля. Накопитель, функционально, предназначен для того чтобы сохранять энергию, отдавать её потребителю, а также выполнять другие технические задачи, например, выполнять роль фильтра.

Накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем содержит электроды, разделенные сепаратором и электроды выполнены с использованием пористого углеродного материала.

Как указывалось, выше, конструктивно электрод или электроды могут содержать элементы (частички), придающие накопителю энергии дополнительное свойство химического источника тока. Это делается с целью улучшения энергетических характеристик накопителя энергии. Чем больше элементов химического источника тока введено в электрод, тем больше в накопителе протекает химических реакций.

Накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем – устройство, в котором накопление энергии осуществляется посредством двойного электрического слоя. Функционально накопитель может представлять собой конденсатор или гибрид конденсатора и химического источника тока.

Накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем в источниках еще называют суперконденсатором, ультраконденсатором, двухслойным электрохимическим конденсатором, накопителем электрической энергии, накопителем энергии, накопителем энергии с двойным электрическим

слоем, накопителем с двойным электрическим слоем, двухслойным накопителем энергии, двухслойным накопителем или просто накопителем, конденсатором с двойным электрическим слоем, электролитическим конденсатором с двойным электрическим слоем, просто конденсатором и др.

В формализованном виде накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем (все аналоги изобретения и изобретение) может быть записан следующим образом:

накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем, содержащий, пропитанные электролитом электроды, разделенные сепаратором, электроды выполнены с использованием пористого углеродного материала и расположены между токосъемниками.

Важным свойством накопителя энергии является его свойство разряжаться не на внешнюю нагрузку, а на себя во время хранения.

Саморазряд накопителя энергии – является электрической характеристикой накопителя электрической энергии и, в общем случае, характеризуется зависимостью напряжения на электрических выводах накопителя энергии от времени при хранении в заряженном виде.

Кроме того, саморазряд характеризуется интенсивностью саморазряда, током и мощностью саморазряда в определенный промежуток времени саморазряда.

Интенсивность саморазряда характеризуется скоростью снижения напряжения при саморазряде в определенный промежуток времени саморазряда.

Причин саморазряда накопителя энергии много, в частности, реагирование примесей с компонентами электролита, появление, при этом, внутренних шунтирующих замыканий, «отрывание» заряженных частиц электролита с границы двойного электрического слоя и др.

Традиционными путями борьбы с саморазрядом в накопителях электрической энергии с двойным электрическим слоем - аналогах является использование чистых электролитов, не содержащих посторонних примесей.

Экспериментально показано, что саморазряд интенсифицируется при росте температуры электролита, а также при росте сжимающей нагрузки на элементы накопителя энергии, росте давления внутри электролита. Также ниже будет

показано, что уменьшение интенсивности саморазряда может быть достигнуто замещением в электродах, изотопов углерода ^{12}C на изотопы углерода ^{13}C .

На фиг.1-12 представлены схемы накопителей электрической энергии с двойным электрическим слоем, в которых может быть реализовано изобретение.

На фиг.1 изображен конденсаторный элемент. Конденсаторный элемент содержит элементы. На фигуре обозначены:

1 – токоъемник (положительный). Токоъемник может быть выполнен с использованием металла, электропроводной резины, электропроводного пластика и других электропроводных элементов;

2 – электрод. Электрод выполнен с использованием пористого углеродного материала;

3 – сепаратор;

4 – электрод. Электрод выполнен с использованием пористого углеродного материала;

5 – токоъемник (отрицательный). Токоъемник может быть выполнен с использованием металла, электропроводной резины, электропроводного пластика и др. электропроводных элементов.

Конденсаторный элемент является частным вариантом накопителя электрической энергии с двойным электрическим слоем. Конденсаторный элемент содержит электроды, разделенные сепаратором, электроды выполнены с использованием пористого углеродного материала и расположены между токоъемниками.

В технической литературе конденсаторный элемент еще называют конденсаторная ячейка, элементарная конденсаторная ячейка.

Изображенный на фиг. 1 конденсаторный элемент в формализованном виде может быть описан следующим образом: накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем, содержащий пропитанные электролитом электроды, разделенные сепаратором, при этом электроды выполнены с использованием пористого углеродного материала и электроды расположены между токоъемниками, и пористый углеродный материал выполнен таким образом, что содержит изотопы углерода ^{13}C , и отношение количества изотопов

углерода ^{13}C к общему количеству углерода в электродах составляет величину от 0.003 до 0.75.

Изображенный на фиг. 1 конденсаторный элемент в формализованном виде может быть также описан следующим образом: накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем, содержащий конденсаторный элемент и конденсаторный элемент содержит пропитанные электролитом электроды, разделенные сепаратором, при этом электроды выполнены с использованием пористого углеродного материала и электроды расположены между токосъемниками, и пористый углеродный материал выполнен таким образом, что содержит изотопы углерода ^{13}C , и отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в электродах составляет величину от 0.003 до 0.75. Это частный вариант реализации изобретения.

Если электроды в накопителе электрической энергии выполнены только из пористого углеродного материала и пропитаны электролитом, то в формализованном виде такой накопитель энергии описывают следующим образом:

накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем, содержащий пропитанные электролитом электроды, разделенные сепаратором, при этом электроды выполнены с использованием пористого углеродного материала и электроды расположены между токосъемниками, и пористый углеродный материал выполнен таким образом, что содержит изотопы углерода ^{13}C , и отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в пористом углеродном материале электродов составляет величину от 0.003 до 0.75.

Другое формализованное описание накопителя энергии: накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем, содержащий конденсаторный элемент и конденсаторный элемент содержит пропитанные электролитом электроды, разделенные сепаратором, при этом электроды выполнены с использованием пористого углеродного материала и электроды расположены между токосъемниками, и пористый углеродный материал выполнен таким образом, что содержит изотопы углерода ^{13}C , и отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в пористом углеродном материале электродов составляет величину от 0.003 до 0.75.

Приведем еще варианты формализованного описания накопителя энергии.

Накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем, содержащий пропитанные электролитом электроды, разделенные сепаратором, при этом электроды выполнены с использованием пористого углеродного материала и электроды расположены между токосъемниками, и пористый углеродный материал выполнен таким образом, что содержит изотопы углерода ^{13}C , и отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в электродах составляет величину от 0.003 до 0.75, при этом пористый углеродный материал выполнен с использованием активированного угля.

Накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем, содержащий конденсаторный элемент и конденсаторный элемент содержит пропитанные электролитом электроды, разделенные сепаратором, при этом электроды выполнены с использованием пористого углеродного материала и электроды расположены между токосъемниками, и пористый углеродный материал выполнен таким образом, что содержит изотопы углерода ^{13}C , и отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в электродах составляет величину от 0.003 до 0.75, при этом пористый углеродный материал выполнен с использованием активированного угля.

Выше приведены два частных варианта реализации изобретения.

На фиг.2 изображен пакет, соединенных последовательно, двух конденсаторных элементов. На фигуре обозначены:

- 6 – токосъемник;
- 7 – электрод;
- 8 – сепаратор;
- 9 – электрод;
- 10 – токосъемник;
- 11 – электрод;
- 12 – сепаратор;
- 13 – электрод;
- 14 – токосъемник.

Один конденсаторный элемент образован элементами, обозначенными позициями 6, 7, 8, 9 и 10, другой конденсаторный элемент образован элементами,

обозначенными позициями 10, 11, 12, 13 и 14. Таким образом, при последовательном соединении конденсаторных элементов у них может быть общий элемент, в данном случае, токосъемник 10.

Конструктивно токосъемник может быть выполнен из одной, двух и более металлических листов (пластин, лент и др.).

Изображенный на фиг. 2 конденсаторный элемент в формализованном виде может быть описан следующим образом: накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем, содержащий соединенные последовательно конденсаторные элементы и каждый конденсаторный элемент содержит пропитанные электролитом электроды, разделенные сепаратором, при этом электроды выполнены с использованием пористого углеродного материала и электроды расположены между токосъемниками, и пористый углеродный материал выполнен таким образом, что содержит изотопы углерода ^{13}C , и отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в электродах составляет величину от 0.003 до 0.75.

Если электроды выполнены только из пористого углеродного материала, то формализованное описание накопителя энергии может быть следующим: накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем, содержащий соединенные последовательно конденсаторные элементы и каждый конденсаторный элемент содержит пропитанные электролитом электроды, разделенные сепаратором, при этом электроды выполнены с использованием пористого углеродного материала и электроды расположены между токосъемниками, и пористый углеродный материал выполнен таким образом, что содержит изотопы углерода ^{13}C , и отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в пористом углеродном материале электродов составляет величину от 0.003 до 0.75.

Выше приведены два частных варианта реализации изобретения.

На фиг.3 изображен пакет конденсаторных элементов. Токосъемники 15, 19, 23, 27, 31 и 35 выполнены с возможностью обеспечить параллельное соединение конденсаторных элементов.

Для параллельного соединения конденсаторных элементов необходимо соединить между собой токоъемники 15, 23 и 31, образуя положительный вывод накопителя энергии. Для образования отрицательного вывода необходимо соединить между собой токоъемники 19, 27 и 35.

Если конденсаторные элементы соединены параллельно, то пакет конденсаторных элементов называют «пакет, соединенных параллельно конденсаторных элементов». Тогда в формализованном виде можно описать этот накопитель энергии следующим образом: накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем, содержащий соединенные параллельно конденсаторные элементы и каждый конденсаторный элемент содержит пропитанные электролитом электроды, разделенные сепаратором, при этом электроды выполнены с использованием пористого углеродного материала и электроды расположены между токоъемниками, и пористый углеродный материал выполнен таким образом, что содержит изотопы углерода ^{13}C , и отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в электродах составляет величину от 0.003 до 0.75.

Если токоъемники находятся в разомкнутом состоянии, как показано на фиг.3, то это пакет конденсаторных элементов, соединенных последовательно. Такой пакет называют «пакет, соединенных последовательно конденсаторных элементов». Тогда в формализованном виде можно описать этот накопитель энергии следующим образом: накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем, содержащий соединенные последовательно конденсаторные элементы и каждый конденсаторный элемент содержит пропитанные электролитом электроды, разделенные сепаратором, при этом электроды выполнены с использованием пористого углеродного материала и электроды расположены между токоъемниками, и пористый углеродный материал выполнен таким образом, что содержит изотопы углерода ^{13}C , и отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в электродах составляет величину от 0.003 до 0.75.

Другой вариант формализованного описания накопителя энергии: накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем, содержащий соединенные параллельно конденсаторные элементы и каждый конденсаторный элемент

содержит пропитанные электролитом электроды, разделенные сепаратором, при этом электроды выполнены с использованием пористого углеродного материала и электроды расположены между токосъемниками, и пористый углеродный материал выполнен таким образом, что содержит изотопы углерода ^{13}C , и отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в пористом углеродном материале электродов составляет величину от 0.003 до 0.75.

Другой вариант формализованного описания накопителя энергии: накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем, содержащий соединенные параллельно конденсаторные элементы и каждый конденсаторный элемент содержит пропитанные электролитом электроды, разделенные сепаратором, при этом электроды выполнены с использованием пористого углеродного материала и электроды расположены между токосъемниками, и пористый углеродный материал выполнен таким образом, что содержит изотопы углерода ^{13}C , и отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в пористом углеродном материале электродов составляет величину от 0.003 до 0.75, при этом в качестве пористого углеродного материала используют активированный уголь.

Еще вариант формализованного описания накопителя энергии: накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем, содержащий соединенные последовательно конденсаторные элементы и каждый конденсаторный элемент содержит пропитанные электролитом электроды, разделенные сепаратором, при этом электроды выполнены с использованием пористого углеродного материала и электроды расположены между токосъемниками, и пористый углеродный материал выполнен таким образом, что содержит изотопы углерода ^{13}C , и отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в пористом углеродном материале электродов составляет величину от 0.003 до 0.75.

Еще вариант формализованного описания накопителя энергии: накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем, содержащий соединенные последовательно конденсаторные элементы и каждый конденсаторный элемент содержит пропитанные электролитом электроды, разделенные сепаратором, при этом электроды выполнены с использованием пористого углеродного материала и электроды расположены между токосъемниками, и пористый углеродный материал

выполнен таким образом, что содержит изотопы углерода ^{13}C , и отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в пористом углеродном материале электродов составляет величину от 0.003 до 0.75, при этом в качестве пористого углеродного материала используют активированный уголь.

Приведем еще варианты формализованного описания накопителя энергии.

Накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем, содержащий соединенные параллельно конденсаторные элементы и каждый конденсаторный элемент содержит пропитанные электролитом электроды, разделенные сепаратором, при этом электроды выполнены с использованием пористого углеродного материала и электроды расположены между токосъемниками, и пористый углеродный материал выполнен таким образом, что содержит изотопы углерода ^{13}C , и отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в пористом углеродном материале электродов составляет величину от 0.003 до 0.75, при этом пористый углеродный материал выполнен с использованием активированного угля.

Накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем, содержащий соединенные последовательно конденсаторные элементы и каждый конденсаторный элемент содержит пропитанные электролитом электроды, разделенные сепаратором, при этом электроды выполнены с использованием пористого углеродного материала и электроды расположены между токосъемниками, и пористый углеродный материал выполнен таким образом, что содержит изотопы углерода ^{13}C , и отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в пористом углеродном материале электродов составляет величину от 0.003 до 0.75, при этом пористый углеродный материал выполнен с использованием активированного угля.

Выше приведены два частных варианта реализации изобретения.

В случае последовательного соединения конденсаторных элементов токосъемники 15, 19, 23, 27, 31 и 35 выполнены непроницаемыми для электролита.

На фиг.3 позициями 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34 обозначены электроды. Позициями 17, 21, 25, 29, 33 обозначены сепараторы.

На фиг. 3 элементы, обозначенные позициями 15, 16, 17, 18 и 19 образуют конденсаторный элемент.

На фиг. 3 элементы, обозначенные позициями 19, 20, 21, 22 и 23 образуют другой конденсаторный элемент.

Всего на фиг.3 изображено пять конденсаторных элементов.

На фиг.4 изображен конденсаторный элемент.

Позициями 36 и 40 обозначены токосъемники, позициями 37 и 39 обозначены электроды, позицией 38 обозначен сепаратор.

В формализованном виде данный конденсаторный элемент описывается также как конденсаторный элемент, изображенный на фиг.1.

На фиг.5 обозначен токосъемник 42 с электродами 41 и 43.

Позицией 89 обозначен сепаратор.

На фиг.5 обозначен токосъемник 45 с электродами 44 и 46.

Соединив (сжав) между собой элементы, изображенные на фиг. 5 получают конденсаторный элемент с токосъемниками 42 и 45, электродами 43 и 44, сепаратором 89.

На фиг.6 изображен конденсаторный элемент. Токосъемники 74 и 78 выполнены в виде лент. Сепаратор 76 также выполнен в виде ленты. Между токосъемниками и сепаратором расположены электроды 75 и 77.

Протяженность 73 токосъемника может превышать ширину токосъемника на величину Δ .

Величина $\Delta = 10...1000$ и более.

В формализованном виде данный конденсаторный элемент описывается также как конденсаторный элемент, изображенный на фиг.1.

На фиг.7 изображен пакет из двух конденсаторных элементов.

Токосъемники 80, 84 и 88 выполнены в виде лент. Сепараторы 82 и 86 также выполнены в виде лент. Между токосъемниками и сепараторами расположены электроды 81, 83, 85, 87.

Протяженность 79 токосъемника может превышать ширину токосъемника на величину Δ .

Величина $\Delta = 10 \dots 1000$ и более.

В формализованном виде данный конденсаторный элемент описывается также как конденсаторный элемент, изображенный на фиг.2.

На фиг.8 изображены элементы накопителя энергии.

Элементы накопителя энергии, изображенные на фиг.8 являются комплектующими для изготовления накопителя электрической энергии с двойным электрическим слоем.

На фиг.8 изображен конденсаторный элемент с токосъемниками 47 и 51, электродами 49 и 50, сепаратором 53. Кроме того, позициями 48, 52 также обозначены электроды.

На фиг.9 изображен токосъемник 57, электроды 56 и 58, а также два сепаратора 54 и 59. Эти элементы накопителя энергии являются комплектующими для изготовления накопителя электрической энергии с двойным электрическим слоем.

На фиг.10 изображен токосъемник 62, электроды 61 и 63, а также два сепаратора 60 и 64. Эти элементы накопителя энергии являются комплектующими для изготовления накопителя электрической энергии с двойным электрическим слоем.

На фиг.11 изображен токосъемник 66, электроды 65 и 67, а также сепаратор 68. Эти элементы накопителя энергии являются комплектующими для изготовления накопителя электрической энергии с двойным электрическим слоем.

На фиг.12 изображен токосъемник 70, электроды 69 и 71, а также сепаратор 72. Эти элементы накопителя энергии являются комплектующими для изготовления накопителя электрической энергии с двойным электрическим слоем.

Ниже представлены результаты исследований электрического сопротивления различных электродов, выполненных с использованием пористых углеродных материалов (упрощенно, - пористых электродов).

В таблицах 1 и 2 представлен элементный и фракционный состав пористых электродов.

Активированные угли с размерами частиц до 50 мкм, размерами активных пор до 50 нм и удельной поверхностью до 2500 м²/г и более обладают существенным преимуществом над другими пористыми материалами – это его дешевизна.

Пористые электроды получали помолом активированных углей, отвечающим требованиям ГОСТ 6217-74 и соответствующих маркам БАУ, БАУ-А и БАУ-МФ. После помола осуществляли просеивание через сита с определенным размером проходной ячейки.

Для просеивания использовали сита SWECO №300 с размером проходной ячейки сита 50 мкм и сито SWECO №635 с размером проходной ячейки сита 20 мкм.

Пористые электроды 1 - 9 получены с использованием молотого активированного угля марки ДАК.

Пористые электроды 10 - 11 получены с использованием молотого активированного угля марки БАУ-А.

Пористый электрод 12 получен с использованием молотого активированного угля марки БАУ-МФ.

Пористые электроды 13-18 получены с использованием углеродных аэрогелей, мезо/микропористого углерода, сажи, пористого углеродного материала, полученного термическим разложением фенольной смолы.

До изотопного обогащения углеродом ¹³C пористые углеродные материалы содержали только изотопы углерода ¹²C.

До изотопного обогащения углеродом ¹³C пористые углеродные материалы содержали изотопы углерода ¹²C и ¹³C.

В таблицах 3, 4 и 5 представлены зависимости удельного электрического сопротивления электродов (с порядковыми номерами 1 - 18) на базе пористых углеродных материалов от давления сжатия до изотопного обогащения углеродом ¹³C пористых углеродных материалов.

В таблицах 3-5 описаны электроды, которые выполнены с использованием пористого углеродного материала.

В таблицах 6-23 представлены зависимости удельного электрического сопротивления электродов (с порядковыми номерами 1 - 18), выполненных с использованием пористых углеродных материалов от давления сжатия после изотопного обогащения углеродом ^{13}C пористых углеродных материалов.

В таблицах 6-23 описаны электроды, которые выполнены с использованием пористого углеродного материала.

Значение электрического сопротивления электрода определяли посредством измерителя УТ603 и микроомметра Ф4104-М1 в воздушной среде при температуре 20°C .

В процессе исследований пористый электрод размещали в сжимающем устройстве, позволяющем развивать избыточное сжимающее давление до $100 \cdot 10^5$ Па. Для экспериментов применяли сжимающие устройства поршневого типа с диаметром поршней 25, 50, 75 мм. Высота навески углеродного материала в устройствах составляла до 50 мм.

Особый интерес для исследования представляли диапазоны давлений от $1 \cdot 10^5$ Па до $20 \cdot 10^5$ Па. Эти диапазоны давлений широко используют при изготовлении накопителей электрической энергии с двойным электрическим слоем.

Анализ таблиц 3 – 5 показывает, что с увеличением давления сжатия удельное электрическое сопротивление (а, следовательно, и электрическое сопротивление) электродов из пористых углеродных материалов снижается.

Для пористых электродов 1 – 18 при увеличении давления сжатия до $20 \cdot 10^5$ Па удельное электрическое сопротивление снижается в 8 – 42 раза, в зависимости от состава электрода.

Из таблицы 3 видно, что для пористого электрода с порядковым номером 1 с увеличением давления сжатия (от внешней нагрузки) от 0 до $3 \cdot 10^5$ Па удельное сопротивление снижается в 2.05 раза.

Для пористого электрода с порядковым номером 1 с увеличением давления сжатия (от внешней нагрузки) от 0 до $20 \cdot 10^5$ Па удельное сопротивление снижается в 22.4 раза.

Для пористого электрода с порядковым номером 1 с увеличением давления сжатия (от внешней нагрузки) от 0 до $100 \cdot 10^5$ Па удельное сопротивление снижается в 280 раз.

Для пористого электрода с порядковым номером 2 с увеличением давления сжатия (от внешней нагрузки) от 0 до $3 \cdot 10^5$ Па удельное сопротивление снижается в 1.47 раза.

Для пористого электрода с порядковым номером 2 с увеличением давления сжатия (от внешней нагрузки) от 0 до $20 \cdot 10^5$ Па удельное сопротивление снижается в 9.6 раза.

Для пористого электрода с порядковым номером 2 с увеличением давления сжатия (от внешней нагрузки) от 0 до $100 \cdot 10^5$ Па удельное сопротивление снижается в 372 раз.

Для пористого электрода с порядковым номером 3 с увеличением давления сжатия (от внешней нагрузки) от 0 до $3 \cdot 10^5$ Па удельное сопротивление снижается в 1.6 раза.

Для пористого электрода с порядковым номером 3 с увеличением давления сжатия (от внешней нагрузки) от 0 до $20 \cdot 10^5$ Па удельное сопротивление снижается в 11.2 раза.

Для пористого электрода с порядковым номером 4 с увеличением давления сжатия (от внешней нагрузки) от 0 до $3 \cdot 10^5$ Па удельное сопротивление снижается в 1.7 раза.

Для пористого электрода с порядковым номером 4 с увеличением давления сжатия (от внешней нагрузки) от 0 до $20 \cdot 10^5$ Па удельное сопротивление снижается в 15.1 раза.

Для пористого электрода с порядковым номером 5 с увеличением давления сжатия (от внешней нагрузки) от 0 до $3 \cdot 10^5$ Па удельное сопротивление снижается в 1.9 раза.

Для пористого электрода с порядковым номером 5 с увеличением давления сжатия (от внешней нагрузки) от 0 до $20 \cdot 10^5$ Па удельное сопротивление снижается в 20.6 раза.

Для пористого электрода с порядковым номером 6 с увеличением давления сжатия (от внешней нагрузки) от 0 до $3 \cdot 10^5$ Па удельное сопротивление снижается в 2 раза.

Для пористого электрода с порядковым номером 6 с увеличением давления сжатия (от внешней нагрузки) от 0 до $20 \cdot 10^5$ Па удельное сопротивление снижается в 31.3 раза.

Из таблицы 4 видно, что для пористого электрода с порядковым номером 7 с увеличением давления сжатия (от внешней нагрузки) от 0 до $3 \cdot 10^5$ Па удельное сопротивление снижается в 1.7 раза.

Для пористого электрода с порядковым номером 7 с увеличением давления сжатия (от внешней нагрузки) от 0 до $20 \cdot 10^5$ Па удельное сопротивление снижается в 25 раз.

Для пористого электрода с порядковым номером 8 с увеличением давления сжатия (от внешней нагрузки) от 0 до $3 \cdot 10^5$ Па удельное сопротивление снижается в 1.5 раза.

Для пористого электрода с порядковым номером 8 с увеличением давления сжатия (от внешней нагрузки) от 0 до $20 \cdot 10^5$ Па удельное сопротивление снижается в 26.7 раза.

Для пористого электрода с порядковым номером 9 с увеличением давления сжатия (от внешней нагрузки) от 0 до $3 \cdot 10^5$ Па удельное сопротивление снижается в 1.6 раза.

Для пористого электрода с порядковым номером 9 с увеличением давления сжатия (от внешней нагрузки) от 0 до $20 \cdot 10^5$ Па удельное сопротивление снижается в 29.4 раза.

Для пористого электрода с порядковым номером 10 с увеличением давления сжатия (от внешней нагрузки) от 0 до $3 \cdot 10^5$ Па удельное сопротивление снижается в 1.4 раза.

Для пористого электрода с порядковым номером 10 с увеличением давления сжатия (от внешней нагрузки) от 0 до $20 \cdot 10^5$ Па удельное сопротивление снижается в 8.6 раза.

Для пористого электрода с порядковым номером 11 с увеличением давления сжатия (от внешней нагрузки) от 0 до $3 \cdot 10^5$ Па удельное сопротивление снижается в 1.7 раза.

Для пористого электрода с порядковым номером 11 с увеличением давления сжатия (от внешней нагрузки) от 0 до $20 \cdot 10^5$ Па удельное сопротивление снижается в 16.3 раза.

Для пористого электрода с порядковым номером 12 с увеличением давления сжатия (от внешней нагрузки) от 0 до $3 \cdot 10^5$ Па удельное сопротивление снижается в 1.4 раза.

Для пористого электрода с порядковым номером 12 с увеличением давления сжатия (от внешней нагрузки) от 0 до $20 \cdot 10^5$ Па удельное сопротивление снижается в 8.1 раза.

Из таблицы 5 видно, что для пористого электрода с порядковым номером 13 с увеличением давления сжатия (от внешней нагрузки) от 0 до $3 \cdot 10^5$ Па удельное сопротивление снижается в 1.3 раза.

Для пористого электрода с порядковым номером 13 с увеличением давления сжатия (от внешней нагрузки) от 0 до $20 \cdot 10^5$ Па удельное сопротивление снижается в 16.4 раза.

Для пористого электрода с порядковым номером 14 с увеличением давления сжатия (от внешней нагрузки) от 0 до $3 \cdot 10^5$ Па удельное сопротивление снижается в 1.4 раза.

Для пористого электрода с порядковым номером 14 с увеличением давления сжатия (от внешней нагрузки) от 0 до $20 \cdot 10^5$ Па удельное сопротивление снижается в 19.3 раза.

Для пористого электрода с порядковым номером 15 с увеличением давления сжатия (от внешней нагрузки) от 0 до $3 \cdot 10^5$ Па удельное сопротивление снижается в 1.5 раза.

Для пористого электрода с порядковым номером 15 с увеличением давления сжатия (от внешней нагрузки) от 0 до $20 \cdot 10^5$ Па удельное сопротивление снижается в 13.7 раза.

Для пористого электрода с порядковым номером 16 с увеличением давления сжатия (от внешней нагрузки) от 0 до $3 \cdot 10^5$ Па удельное сопротивление снижается в 2 раза.

Для пористого электрода с порядковым номером 16 с увеличением давления сжатия (от внешней нагрузки) от 0 до $20 \cdot 10^5$ Па удельное сопротивление снижается в 42 раза.

Для пористого электрода с порядковым номером 17 с увеличением давления сжатия (от внешней нагрузки) от 0 до $3 \cdot 10^5$ Па удельное сопротивление снижается в 1.8 раз.

Для пористого электрода с порядковым номером 17 с увеличением давления сжатия (от внешней нагрузки) от 0 до $20 \cdot 10^5$ Па удельное сопротивление снижается в 16 раз.

Для пористого электрода с порядковым номером 18 с увеличением давления сжатия (от внешней нагрузки) от 0 до $3 \cdot 10^5$ Па удельное сопротивление снижается в 1.6 раз.

Для пористого электрода с порядковым номером 18 с увеличением давления сжатия (от внешней нагрузки) от 0 до $20 \cdot 10^5$ Па удельное сопротивление снижается в 12.6 раз.

Как указывалось, выше, в таблицах 6-23 представлены зависимости удельного электрического сопротивления электродов (с порядковыми номерами 1 - 18), выполненных с использованием пористых углеродных материалов от давления сжатия после изотопного обогащения углеродом ^{13}C пористых углеродных материалов. Степень обогащения углеродом ^{13}C характеризуется показателем: «отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в пористом электроде». Упрощенно этот показатель может называться «содержание углерода ^{13}C в электроде, %».

В таблице 6 представлена зависимость электрического сопротивления пористого электрода (порядковый номер 1) с изотопами углерода ^{13}C от давления сжатия.

Анализ таблицы 6 и таблицы 3 показывает, что в условиях, когда давление сжатия от внешней нагрузки отсутствует, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.1% практически не приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода.

Увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.3% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.4 раза.

Увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 75% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.8 раза.

Дальнейшее увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 90% практически не приводит к дальнейшему снижению электрического сопротивления пористого электрода.

Также, анализ таблицы 6 показывает, что при давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5 \text{ Па}$, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.1% практически не приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода.

При давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5 \text{ Па}$, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.3% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.4 раза.

При давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5 \text{ Па}$, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 75% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.8 раза.

Дальнейшее увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 90% (при давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5 \text{ Па}$) практически не приводит к дальнейшему снижению электрического сопротивления пористого электрода.

В таблице 7 представлена зависимость электрического сопротивления пористого электрода (порядковый номер 2) с изотопами углерода ^{13}C от давления сжатия.

Анализ таблицы 7 и таблицы 3 показывает, что в условиях, когда давление сжатия от внешней нагрузки отсутствует, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.1% практически не приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода.

Увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.3% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.3 раза.

Увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 75% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.8 раза.

Дальнейшее увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 90% практически не приводит к дальнейшему снижению электрического сопротивления пористого электрода.

Также, анализ таблицы 6 показывает, что при давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5 \text{ Па}$, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.1% практически не приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода.

При давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5 \text{ Па}$, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.3% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.4 раза.

При давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5 \text{ Па}$, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 75% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.8 раза.

Дальнейшее увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 90% (при давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5 \text{ Па}$) практически не приводит к дальнейшему снижению электрического сопротивления пористого электрода.

В таблице 8 представлена зависимость электрического сопротивления пористого электрода (порядковый номер 3) с изотопами углерода ^{13}C от давления сжатия.

Анализ таблицы 8 и таблицы 3 показывает, что в условиях, когда давление сжатия от внешней нагрузки отсутствует, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.1% практически не приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода.

Увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.3% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.4 раза.

Увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 75% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.8 раза.

Дальнейшее увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 90% практически не приводит к дальнейшему снижению электрического сопротивления пористого электрода.

Также, анализ таблицы 6 показывает, что при давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5 \text{ Па}$, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.1% практически не приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода.

При давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5 \text{ Па}$, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.3% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.4 раза.

При давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5 \text{ Па}$, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 75% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.9 раза.

Дальнейшее увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 90% (при давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5 \text{ Па}$) практически не приводит к дальнейшему снижению электрического сопротивления пористого электрода.

В таблице 9 представлена зависимость электрического сопротивления пористого электрода (порядковый номер 4) с изотопами углерода ^{13}C от давления сжатия.

Анализ таблицы 9 и таблицы 3 показывает, что в условиях, когда давление сжатия от внешней нагрузки отсутствует, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.1% практически не приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода.

Увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.3% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.3 раза.

Увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 75% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.8 раза.

Дальнейшее увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 90% практически не приводит к дальнейшему снижению электрического сопротивления пористого электрода.

Также, анализ таблицы 6 показывает, что при давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5$ Па, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.1% практически не приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода.

При давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5$ Па, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.3% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.4 раза.

При давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5$ Па, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 75% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.8 раза.

Дальнейшее увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 90% (при давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5$ Па) практически не приводит к дальнейшему снижению электрического сопротивления пористого электрода.

В таблице 10 представлена зависимость электрического сопротивления пористого электрода (порядковый номер 5) с изотопами углерода ^{13}C от давления сжатия.

Анализ таблицы 10 и таблицы 3 показывает, что в условиях, когда давление сжатия от внешней нагрузки отсутствует, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.1% практически не приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода.

Увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.3% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.4 раза.

Увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 75% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.8 раза.

Дальнейшее увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 90% практически не приводит к дальнейшему снижению электрического сопротивления пористого электрода.

Также, анализ таблицы 6 показывает, что при давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5$ Па, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.1% практически не приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода.

При давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5$ Па, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.3% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.4 раза.

При давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5$ Па, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 75% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.9 раза.

Дальнейшее увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 90% (при давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5$ Па) практически не приводит к дальнейшему снижению электрического сопротивления пористого электрода.

В таблице 11 представлена зависимость электрического сопротивления пористого электрода (порядковый номер 6) с изотопами углерода ^{13}C от давления сжатия.

Анализ таблицы 11 и таблицы 3 показывает, что в условиях, когда давление сжатия от внешней нагрузки отсутствует, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.1% практически не приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода.

Увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.3% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.4 раза.

Увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 75% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.8 раза.

Дальнейшее увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 90% практически не приводит к дальнейшему снижению электрического сопротивления пористого электрода.

Также, анализ таблицы 6 показывает, что при давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5$ Па, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.1% практически не приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода.

При давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5$ Па, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.3% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.4 раза.

При давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5$ Па, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 75% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.9 раза.

Дальнейшее увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 90% (при давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5$ Па) практически не приводит к дальнейшему снижению электрического сопротивления пористого электрода.

В таблице 12 представлена зависимость электрического сопротивления пористого электрода (порядковый номер 7) с изотопами углерода ^{13}C от давления сжатия.

Анализ таблицы 12 и таблицы 4 показывает, что в условиях, когда давление сжатия от внешней нагрузки отсутствует, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.1% практически не приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода.

Увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.3% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.4 раза.

Увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 75% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.9 раза.

Дальнейшее увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 90% практически не приводит к дальнейшему снижению электрического сопротивления пористого электрода.

Также, анализ таблицы 6 показывает, что при давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5$ Па, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.1% практически не приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода.

При давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5$ Па, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.3% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.5 раза.

При давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5$ Па, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 75% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 2 раза.

Дальнейшее увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 90% (при давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5 \text{ Па}$) практически не приводит к дальнейшему снижению электрического сопротивления пористого электрода.

В таблице 13 представлена зависимость электрического сопротивления пористого электрода (порядковый номер 8) с изотопами углерода ^{13}C от давления сжатия.

Анализ таблицы 13 и таблицы 4 показывает, что в условиях, когда давление сжатия от внешней нагрузки отсутствует, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.1% практически не приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода.

Увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.3% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.4 раза.

Увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 75% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.9 раза.

Дальнейшее увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 90% практически не приводит к дальнейшему снижению электрического сопротивления пористого электрода.

Также, анализ таблицы 6 показывает, что при давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5 \text{ Па}$, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.1% практически не приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода.

При давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5 \text{ Па}$, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.3% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.5 раза.

При давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5 \text{ Па}$, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 75% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.8 раза.

Дальнейшее увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 90% (при давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5 \text{ Па}$) практически не приводит к дальнейшему снижению электрического сопротивления пористого электрода.

В таблице 14 представлена зависимость электрического сопротивления пористого электрода (порядковый номер 9) с изотопами углерода ^{13}C от давления сжатия.

Анализ таблицы 14 и таблицы 4 показывает, что в условиях, когда давление сжатия от внешней нагрузки отсутствует, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.1% практически не приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода.

Увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.3% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.4 раза.

Увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 75% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.8 раза.

Дальнейшее увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 90% практически не приводит к дальнейшему снижению электрического сопротивления пористого электрода.

Также, анализ таблицы 6 показывает, что при давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5 \text{ Па}$, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.1% практически не приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода.

При давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5 \text{ Па}$, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.3% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.4 раза.

При давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5 \text{ Па}$, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 75% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.7 раза.

Дальнейшее увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 90% (при давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5 \text{ Па}$) практически не приводит к дальнейшему снижению электрического сопротивления пористого электрода.

В таблице 15 представлена зависимость электрического сопротивления пористого электрода (порядковый номер 10) с изотопами углерода ^{13}C от давления сжатия.

Анализ таблицы 15 и таблицы 4 показывает, что в условиях, когда давление сжатия от внешней нагрузки отсутствует, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.1% практически не приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода.

Увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.3% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.4 раза.

Увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 75% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.8 раза.

Дальнейшее увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 90% практически не приводит к дальнейшему снижению электрического сопротивления пористого электрода.

Также, анализ таблицы 6 показывает, что при давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5 \text{ Па}$, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.1% практически не приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода.

При давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5 \text{ Па}$, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.3% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.4 раза.

При давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5 \text{ Па}$, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 75% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.8 раза.

Дальнейшее увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 90% (при давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5 \text{ Па}$) практически не приводит к дальнейшему снижению электрического сопротивления пористого электрода.

В таблице 16 представлена зависимость электрического сопротивления пористого электрода (порядковый номер 11) с изотопами углерода ^{13}C от давления сжатия.

Анализ таблицы 16 и таблицы 4 показывает, что в условиях, когда давление сжатия от внешней нагрузки отсутствует, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.1% практически не приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода.

Увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.3% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.3 раза.

Увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 75% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.8 раза.

Дальнейшее увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 90% практически не приводит к дальнейшему снижению электрического сопротивления пористого электрода.

Также, анализ таблицы 6 показывает, что при давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5 \text{Па}$, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.1% практически не приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода.

При давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5 \text{Па}$, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.3% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.4 раза.

При давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5 \text{Па}$, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 75% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.7 раза.

Дальнейшее увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 90% (при давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5 \text{Па}$) практически не приводит к дальнейшему снижению электрического сопротивления пористого электрода.

В таблице 17 представлена зависимость электрического сопротивления пористого электрода (порядковый номер 12) с изотопами углерода ^{13}C от давления сжатия.

Анализ таблицы 17 и таблицы 4 показывает, что в условиях, когда давление сжатия от внешней нагрузки отсутствует, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.1% практически не приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода.

Увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.3% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.4 раза.

Увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 75% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.8 раза.

Дальнейшее увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 90% практически не приводит к дальнейшему снижению электрического сопротивления пористого электрода.

Также, анализ таблицы 6 показывает, что при давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5 \text{ Па}$, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.1% практически не приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода.

При давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5 \text{ Па}$, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.3% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.4 раза.

При давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5 \text{ Па}$, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 75% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.7 раза.

Дальнейшее увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 90% (при давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5 \text{ Па}$) практически не приводит к дальнейшему снижению электрического сопротивления пористого электрода.

В таблице 18 представлена зависимость электрического сопротивления пористого электрода (порядковый номер 13) с изотопами углерода ^{13}C от давления сжатия.

Анализ таблицы 18 и таблицы 5 показывает, что в условиях, когда давление сжатия от внешней нагрузки отсутствует, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.1% практически не приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода.

Увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.3% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.4 раза.

Увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 75% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.9 раза.

Дальнейшее увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 90% практически не приводит к дальнейшему снижению электрического сопротивления пористого электрода.

Также, анализ таблицы 6 показывает, что при давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5$ Па, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.1% практически не приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода.

При давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5$ Па, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.3% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.6 раза.

При давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5$ Па, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 75% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 2 раза.

Дальнейшее увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 90% (при давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5$ Па) практически не приводит к дальнейшему снижению электрического сопротивления пористого электрода.

В таблице 19 представлена зависимость электрического сопротивления пористого электрода (порядковый номер 14) с изотопами углерода ^{13}C от давления сжатия.

Анализ таблицы 19 и таблицы 5 показывает, что в условиях, когда давление сжатия от внешней нагрузки отсутствует, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.1% практически не приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода.

Увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.3% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.4 раза.

Увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 75% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.9 раза.

Дальнейшее увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 90% практически не приводит к дальнейшему снижению электрического сопротивления пористого электрода.

Также, анализ таблицы 6 показывает, что при давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5$ Па, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.1% практически не приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода.

При давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5$ Па, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.3% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.4 раза.

При давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5$ Па, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 75% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 2 раза.

Дальнейшее увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 90% (при давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5$ Па) практически не приводит к дальнейшему снижению электрического сопротивления пористого электрода.

В таблице 20 представлена зависимость электрического сопротивления пористого электрода (порядковый номер 15) с изотопами углерода ^{13}C от давления сжатия.

Анализ таблицы 20 и таблицы 5 показывает, что в условиях, когда давление сжатия от внешней нагрузки отсутствует, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.1% практически не приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода.

Увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.3% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.4 раза.

Увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 75% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.8 раза.

Дальнейшее увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 90% практически не приводит к дальнейшему снижению электрического сопротивления пористого электрода.

Также, анализ таблицы 6 показывает, что при давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5$ Па, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.1% практически не приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода.

При давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5$ Па, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.3% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.4 раза.

При давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5$ Па, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 75% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.8 раза.

Дальнейшее увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 90% (при давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5$ Па) практически не приводит к дальнейшему снижению электрического сопротивления пористого электрода.

В таблице 21 представлена зависимость электрического сопротивления пористого электрода (порядковый номер 16) с изотопами углерода ^{13}C от давления сжатия.

Анализ таблицы 21 и таблицы 5 показывает, что в условиях, когда давление сжатия от внешней нагрузки отсутствует, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.1% практически не приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода.

Увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.3% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.4 раза.

Увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 75% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.9 раза.

Дальнейшее увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 90% практически не приводит к дальнейшему снижению электрического сопротивления пористого электрода.

Также, анализ таблицы 6 показывает, что при давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5$ Па, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.1% практически не приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода.

При давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5$ Па, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.3% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.3 раза.

При давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5$ Па, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 75% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.8 раза.

Дальнейшее увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 90% (при давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5 \text{Па}$) практически не приводит к дальнейшему снижению электрического сопротивления пористого электрода.

В таблице 22 представлена зависимость электрического сопротивления пористого электрода (порядковый номер 17) с изотопами углерода ^{13}C от давления сжатия.

Анализ таблицы 22 и таблицы 5 показывает, что в условиях, когда давление сжатия от внешней нагрузки отсутствует, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.1% практически не приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода.

Увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.3% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.4 раза.

Увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 75% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.8 раза.

Дальнейшее увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 90% практически не приводит к дальнейшему снижению электрического сопротивления пористого электрода.

Также, анализ таблицы 6 показывает, что при давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5 \text{Па}$, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.1% практически не приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода.

При давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5 \text{Па}$, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.3% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.4 раза.

При давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5 \text{Па}$, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 75% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 2.3 раза.

Дальнейшее увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 90% (при давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5 \text{Па}$) практически не приводит к дальнейшему снижению электрического сопротивления пористого электрода.

В таблице 23 представлена зависимость электрического сопротивления пористого электрода (порядковый номер 18) с изотопами углерода ^{13}C от давления сжатия.

Анализ таблицы 23 и таблицы 5 показывает, что в условиях, когда давление сжатия от внешней нагрузки отсутствует, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.1% практически не приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода.

Увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.3% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.4 раза.

Увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 75% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.8 раза.

Дальнейшее увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 90% практически не приводит к дальнейшему снижению электрического сопротивления пористого электрода.

Также, анализ таблицы 6 показывает, что при давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5 \text{ Па}$, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.1% практически не приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода.

При давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5 \text{ Па}$, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.3% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.4 раза.

При давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5 \text{ Па}$, увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 75% приводит к снижению электрического сопротивления пористого электрода в 1.8 раза.

Дальнейшее увеличение содержания изотопов ^{13}C в электроде до 90% (при давлении сжатия от внешней нагрузки равном $20 \cdot 10^5 \text{ Па}$) практически не приводит к дальнейшему снижению электрического сопротивления пористого электрода.

Анализ таблиц 6-23 показывает, что с увеличением содержания в пористом углеродном материале (в пористом электроде) изотопов углерода ^{13}C при фиксированном значении давления сжатия удельное электрическое сопротивление

(а, следовательно, и электрическое сопротивление) электродов из пористых углеродных материалов снижается в 1.3 – 2.3 раза.

Следует отметить, что выбранный диапазон значений содержания изотопов ^{13}C в электроде от 0.3% до 75% является рациональным.

Содержания изотопов ^{13}C в электроде до 0.3% практически не приводит к заметному снижению электрического сопротивления электродов.

Содержания изотопов ^{13}C в электроде свыше 75% практически не приводит к дальнейшему снижению электрического сопротивления электродов, а энергетические затраты, при этом растут.

Таким образом, из вышесказанного следует, что при реализации изобретения достигаются следующие технические результаты:

1. Уменьшение электрического сопротивления электродов (выполненных с использованием пористого углеродного материала) накопителя электрической энергии с двойным электрическим слоем при температуре электродов от 20°C до 70°C .

2. Уменьшение электрического сопротивления электродов (выполненных с использованием пористого углеродного материала) накопителя электрической энергии с двойным электрическим слоем, при отсутствии давления сжатия от внешней сжимающей нагрузки.

3. Уменьшение электрического сопротивления электродов (выполненных с использованием пористого углеродного материала) накопителя электрической энергии с двойным электрическим слоем, находящихся в сжатом состоянии, в частности, при давлении сжатия электродов до $20 \cdot 10^5$ Па.

Учитывая то, что электрическое сопротивление пористого электрода занимает важное место в общем электрическом сопротивлении накопителя энергии с двойным электрическим слоем, снижение величины электрического сопротивления электрода является важной задачей, которая традиционно решается увеличением давления сжатия электрода, а также уменьшением толщины электрода.

В изобретении задача снижения электрического сопротивления электродов решается за счет замещения в пористом углеродном материале части изотоп углерода ^{12}C на изотопы ^{13}C .

Кроме углей марки ДАК, БАУ-А, БАУ-МФ испытывали и другие марки углей, в частности, БАУ, БАУ-К, ОУ-ВК, ОДУ-1, ДАК-5, ОУ-А (Б, В), АГ-3, АР, СКТ и др. У этих углей наблюдалась аналогичная зависимость электрического сопротивления от давления сжатия и содержания изотопов ^{13}C .

Кроме того, проведены исследования электрического сопротивления пористых электродов от давления сжатия при отрицательных (-50°C) и положительных ($+70^{\circ}\text{C}$) температурах. Установлено, что зависимости практически не изменились по сравнению с зависимостями, полученными при $+20^{\circ}\text{C}$.

Ниже представлены результаты исследований саморазряда накопителей энергии от давления сжатия электродов, температуры электродов и содержания углерода ^{13}C в электроде (от отношения количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в электродах).

В качестве характеристики саморазряда использована зависимость напряжения на выводах накопителя энергии (на накопителе энергии) от времени при заданных: величине давления сжатия, величине температуры электродов, содержании углерода ^{13}C в электроде.

На фиг. 13 представлен основной элемент экспериментального накопителя электрической энергии с двойным электрическим слоем. Накопитель энергии выполнен в виде пакета конденсаторных элементов. Конденсаторные элементы соединены параллельно. На фигуре позициями обозначены:

- 95 – токоъемник;
- 90 – электрод;
- 91 – сепаратор;
- 92 – электрод;
- 93 – токоъемник;
- 94 – электрод;
- 91 – сепаратор;
- 96 – электрод;
- 97 – токоъемник.

Сепаратор выполнен из стойкого к электролиту материала. В экспериментах в качестве сепараторов использовали асбестовую бумагу и полиамидную пленку (мембрану).

Токоъемники выполнены из стальной фольги, толщиной 0.02 мм.

При экспериментах с кислотными электролитами в качестве материала токоъемника использовали пластины из электропроводной резины и стальную фольгу. Пластина из электропроводной резины одной поверхностью контактировала с электродом (пропитанным электролитом), другой поверхностью контактировала со стальной фольгой. Токоъем с электрода осуществлялся посредством электропроводной резины через стальную фольгу.

Толщина пластины из электропроводной резины составляла 2 мм.

Площадь поверхности контакта токоъемника 95 с электродом 90 составляет 4225 мм^2 (65мм x 65мм). Токоъемники 95 и 97 соединены электрической связью, образуя положительный электрический вывод (для простоты изложения - вывод). Токоъемник 93 – отрицательный вывод.

Электроды 90, 92, 94 и 96 по размерам аналогичны.

Толщина электрода 0.04 мм, площадь соприкосновения с токоъемником 4225 мм^2 , объем электрода 169 мм^3 .

На фиг.17-24 представлены результаты исследований саморазряда экспериментальных накопителей энергии. В экспериментальных накопителях в качестве электродов использовали активированный уголь из скорлупы костянки (см. таблицу 2, пористый электрод 13). Аналогичные по виду характеристики саморазряда получены и при использовании пористых электродов 1-12 и 14-18 (см. таблицы 1 и 2).

Экспериментальный накопитель энергии (пакет конденсаторных элементов, изображенный на фиг.13) в формализованном виде может быть описан следующим образом: накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем, содержащий пропитанные электролитом электроды, разделенные сепаратором, при этом электроды выполнены с использованием пористого углеродного материала и электроды расположены между токоъемниками, и пористый углеродный материал выполнен таким образом, что содержит изотопы углерода ^{13}C , и отношение

количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в электродах составляет величину от 0.003 до 0.75.

При отсутствии в электродах углерода ^{13}C , формализованное описание накопителя энергии следующее: накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем, содержащий пропитанные электролитом электроды, разделенные сепаратором, при этом электроды выполнены с использованием пористого углеродного материала и электроды расположены между токосъемниками.

Учитывая, что на практике в качестве пористого углеродного материала используют активированный уголь, частным вариантом реализации изобретения будет: накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем содержит пропитанные электролитом электроды, разделенные сепаратором, при этом электроды выполнены с использованием пористого углеродного материала и электроды расположены между токосъемниками, и пористый углеродный материал выполнен таким образом, что содержит изотопы углерода ^{13}C , и отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в электродах составляет величину от 0.003 до 0.75, при этом в качестве пористого углеродного материала используют активированный уголь.

Другое формализованное описание такого накопителя энергии будет следующим: накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем содержит пропитанные электролитом электроды, разделенные сепаратором, при этом электроды выполнены с использованием активированного угля и электроды расположены между токосъемниками, и активированный уголь выполнен таким образом, что содержит изотопы углерода ^{13}C , и отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в электродах составляет величину от 0.003 до 0.75. Это частный вариант реализации изобретения.

На фиг. 14 изображена схема экспериментального накопителя энергии с 5 пакетами. При экспериментах, количество пакетов варьировалось от 1 до 100 штук. Количеством пакетов (соединенных параллельно и последовательно) обеспечивалась требуемая емкость накопителя энергии при заданном рабочем напряжении и типе электролита.

На фиг.14 позицией 98 обозначена сжимающая сила, позицией 109 обозначена опорная плита.

На фиг.14 позициями обозначены:

99 – отрицательный вывод пакета конденсаторных элементов, соединенных параллельно. Позиция 99 также обозначает отрицательный вывод конденсаторного элемента, расположенного в пакете. Кроме того, позиция 99 обозначает отрицательный вывод накопителя энергии в целом;

100 – соединительная шина;

101 – электрическая связь между пакетами;

102 – изолирующая плита, выполнена из гетинакса толщиной 5 мм;

103 – изолирующая плита, выполнена из гетинакса толщиной 5 мм;

104 – пакет конденсаторных элементов. Герметизирован термоусадочной пленкой из поливинилхлорида;

105 – электрическая связь между пакетами;

106 – пакет конденсаторных элементов. Герметизирован термоусадочной пленкой из поливинилхлорида;

107 – пакет конденсаторных элементов. Герметизирован термоусадочной пленкой из поливинилхлорида;

108 – положительный вывод накопителя энергии;

110 – электрическая связь между пакетами;

111 – электрическая связь между пакетами;

112 – пакет конденсаторных элементов. Герметизирован термоусадочной пленкой из поливинилхлорида.

В формализованном виде накопитель энергии может быть описан следующим образом: накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем, содержащий корпус, пропитанные электролитом электроды, разделенные сепаратором, при этом электроды выполнены с использованием пористого углеродного материала и электроды расположены между токосъемниками, и пористый углеродный материал выполнен таким образом, что содержит изотопы углерода ^{13}C , и отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в электродах составляет величину от 0.003 до 0.75.

Это частный вариант реализации изобретения.

Другое формализованное описание накопителя энергии: накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем, содержащий корпус, в котором расположен, по крайней мере, одна конденсаторная ячейка и конденсаторная ячейка содержит пропитанные электролитом электроды, разделенные сепаратором, при этом электроды выполнены с использованием пористого углеродного материала и электроды расположены между токосъемниками, и пористый углеродный материал выполнен таким образом, что содержит изотопы углерода ^{13}C , и отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в электродах составляет величину от 0.003 до 0.75.

Это частный вариант реализации изобретения.

В формализованном виде накопитель энергии может быть также описан следующим образом: накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем, содержащий корпус, пропитанные электролитом электроды, разделенные сепаратором, при этом электроды выполнены с использованием пористого углеродного материала и электроды расположены между токосъемниками, и пористый углеродный материал выполнен таким образом, что содержит изотопы углерода ^{13}C , и отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в электродах составляет величину от 0.003 до 0.75, при этом в качестве пористого углеродного материала используют активированный уголь.

Это частный вариант реализации изобретения.

Другое формализованное описание накопителя энергии: накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем, содержащий корпус, в котором расположен, по крайней мере, одна конденсаторная ячейка и конденсаторная ячейка содержит пропитанные электролитом электроды, разделенные сепаратором, при этом электроды выполнены с использованием пористого углеродного материала и электроды расположены между токосъемниками, и пористый углеродный материал выполнен таким образом, что содержит изотопы углерода ^{13}C , и отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству

углерода в электродах составляет величину от 0.003 до 0.75, при этом в качестве пористого углеродного материала используют активированный уголь.

Это частный вариант реализации изобретения.

Корпус может быть выполнен с использованием металла, пластмассы.

На фиг.15 представлен пакет из экспериментальных накопителей энергии. Накопители энергии выполнены с возможностью заряда каждого пакета в отдельности.

На фиг.15 позициями обозначены:

99 – отрицательный вывод пакета конденсаторных элементов, соединенных параллельно;

108 – положительный вывод пакета конденсаторных элементов, соединенных параллельно;

113 – положительный вывод пакета конденсаторных элементов, соединенных параллельно;

114 – положительный вывод пакета конденсаторных элементов, соединенных параллельно;

115 – отрицательный вывод пакета конденсаторных элементов, соединенных параллельно;

116 – отрицательный вывод пакета конденсаторных элементов, соединенных параллельно;

117 – положительный вывод пакета конденсаторных элементов, соединенных параллельно;

118 – отрицательный вывод пакета конденсаторных элементов, соединенных параллельно;

119 – отрицательный вывод пакета конденсаторных элементов, соединенных параллельно;

120 – положительный вывод пакета конденсаторных элементов, соединенных параллельно.

При экспериментах заряд накопителей энергии до рабочего напряжения осуществляли в течение 24 часов.

Замеры напряжения в экспериментах по саморазряду осуществляли каждый час.

На фиг.16 представлен экспериментальный накопитель энергии с радиатором на отрицательном токосъёмнике. Радиатор служит для охлаждения и нагрева накопителя энергии (в частности, для охлаждения и нагрева электродов). Аналогичные радиаторы могут выполняться на всех токосъёмниках.

Ниже на фиг.19 – 20 представлены характеристики саморазряда накопителей электрической энергии с двойным электрическим слоем, у которых электролит выполнен с использованием ионной жидкости, а именно, графики зависимости напряжения на электрических выводах накопителей энергии от времени хранения в заряженном виде при различных температурах электродов, различных сжимающих нагрузках (давлениях сжатия) на электроды и различным содержанием углерода ^{13}C в электроде.

Кроме того, для сравнения эффекта от изотопного обогащения, на фиг. 17, 18, 21-24 представлены характеристики саморазряда накопителей электрической энергии с двойным электрическим слоем с другими типами электролитов, а именно, графики зависимости напряжения на электрических выводах накопителей энергии от времени хранения в заряженном виде при различных температурах электродов, различных сжимающих нагрузках на электроды и различным содержанием углерода ^{13}C в электроде.

Сравнительный анализ графиков, представленных на фиг.17-24 показывает, что эффект от изотопного обогащения пористых углеродных материалов наблюдается не только в накопителях энергии с ионной жидкостью, но и у накопителей энергии с другими типами электролитов. Для всех типов электролитов наблюдается устойчивая тенденция снижения интенсивности саморазряда от степени изотопного обогащения.

На графиках (фиг.17-24) на оси абсцисс откладывается время в сутках, на оси ординат – напряжение в Вольтах.

На фиг.17-24 представлены результаты исследований накопителей энергии, у которых электроды выполнены с использованием активированного угля из скорлупы костянки (см. таблицу 2, порядковый номер пористого электрода 13).

Эксперименты проводились на электродах, которые содержали только углерод ^{12}C и на электродах, которые содержали углерод ^{12}C и углерод ^{13}C .

Аналогичные результаты по саморазряду получены при использовании у накопителей энергии пористых электродов с порядковыми номерами 1-12 и 14-18.

Более подробно опишем графики, представленные на фиг.17-24.

На фиг.17 представлена характеристика саморазряда накопителя электрической энергии с двойным электрическим слоем, а именно, график зависимости напряжения на электрических выводах накопителя энергии от времени хранения в заряженном виде при различных температурах электродов и различном содержании углерода ^{13}C .

Электролит выполнен с использованием щелочи. В частности, использован щелочной электролит на основе КОН (30%-ый раствор КОН в дистиллированной воде).

Рабочее напряжения накопителя энергии выбрано на уровне 3.0 В (на конденсаторной ячейке 1.0 В), электрическая емкость 50 Ф.

Позицией 121 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 20°C . Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки $3 \cdot 10^5$ Па.

Электроды содержали только углерод ^{12}C .

Позицией 140 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 20°C . Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки $3 \cdot 10^5$ Па. Содержание углерод ^{13}C составляло 0.3%.

Позицией 139 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 20°C . Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки $3 \cdot 10^5$ Па. Содержание углерод ^{13}C составляло 3%.

Позицией 138 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 20°C . Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки $3 \cdot 10^5$ Па. Содержание углерод ^{13}C составляло 75%.

Позицией 122 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 70⁰С. Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки $3 \cdot 10^5$ Па.

Электроды содержали только углерод ¹²С.

Позицией 141 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 70⁰С. Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки $3 \cdot 10^5$ Па. Содержание углерод ¹³С составляло 0.3%.

Позицией 142 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 70⁰С. Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки $3 \cdot 10^5$ Па. Содержание углерод ¹³С составляло 3%.

Позицией 143 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 70⁰С. Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки $3 \cdot 10^5$ Па. Содержание углерод ¹³С составляло 75%.

Сравнительный анализ вышеуказанных кривых показывает, что с увеличением содержания углерода ¹³С в электроде его интенсивность саморазряда уменьшается.

Так, в заявленном диапазоне температур электродов с увеличением содержания углерода ¹³С в электродах от 0.3% до 75% на 7-е сутки интенсивность саморазряда накопителей энергии уменьшается в 2.5-10 раз.

Аналогичные по виду характеристики саморазряда получены при других концентрациях КОН в воде, а также при использовании NaOH, Ba(OH)₂ и других щелочей, применяемых в электролитах.

Кроме того, исследовали электролиты, выполненные с использованием нескольких щелочей. Вид характеристик саморазряда был аналогичен кривым, изображенным на фиг.17.

На фиг.18 представлена характеристика саморазряда накопителя электрической энергии с двойным электрическим слоем, а именно, график зависимости напряжения на электрических выводах накопителя энергии от

времени хранения в заряженном виде при различных сжимающих нагрузках и различном содержании углерода ^{13}C .

Электролит выполнен с использованием щелочи. В частности, использован щелочной электролит на основе КОН (30%-ый раствор КОН в дистиллированной воде).

Рабочее напряжения накопителя энергии выбрано на уровне 3.0 В (на конденсаторной ячейке 1.0 В), электрическая емкость 50 Ф.

Позицией 121 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 20°C . Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки $3 \cdot 10^5$ Па.

Электроды содержали только углерод ^{12}C .

Позицией 123 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 20°C . Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки $10 \cdot 10^5$ Па.

Электроды содержали только углерод ^{12}C .

Позицией 146 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 20°C . Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки $10 \cdot 10^5$ Па.

Содержание углерод ^{13}C составляло 0.3%.

Позицией 145 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 20°C . Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки $10 \cdot 10^5$ Па.

Содержание углерод ^{13}C составляло 3%.

Позицией 144 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 20°C . Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки $10 \cdot 10^5$ Па.

Содержание углерод ^{13}C составляло 75%.

Позицией 124 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 20°C . Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки $20 \cdot 10^5$ Па.

Электроды содержали только углерод ^{12}C .

Чтобы не загромождать график на нем показаны только кривые зависимости напряжения от содержания углерода ^{13}C , полученные при сжимающей нагрузке $10 \cdot 10^5$ Па. Сравнительный анализ вышеуказанных кривых показывает, что с увеличением содержания углерода ^{13}C в электроде его интенсивность саморазряда уменьшается.

Кривые, полученные при других сжимающих нагрузках, выглядят аналогично.

Из графиков видно, что с увеличением содержания углерода ^{13}C в электродах от 0.3% до 75% на 7-е сутки интенсивность саморазряда накопителей энергии уменьшается в 25-38 раз.

Аналогичные по виду характеристики саморазряда получены при других концентрациях КОН в воде, а также при использовании NaOH, Ba(OH)₂ и других щелочей, применяемых в электролитах.

Кроме того, исследовали электролиты, выполненные с использованием нескольких щелочей. Вид характеристик саморазряда был аналогичен кривым, изображенным на фиг.18.

Анализ графиков, изображенных на фиг. 17 и 18 показывает, что саморазряд увеличивается при повышении температуры электродов с 20°C до 70°C и увеличении сжимающих нагрузок от $3 \cdot 10^5$ Па до $20 \cdot 10^5$ Па.

Кроме того, из графиков видно, что с увеличением содержания углерода ^{13}C в электродах от 0.3% до 75% интенсивность саморазряда накопителей энергии существенно уменьшается.

Примерами щелочного электролита, в частности, могут служить: водный раствор КОН или водный раствор NaOH.

На фиг.19 представлена характеристика саморазряда накопителя электрической энергии с двойным электрическим слоем, а именно, график зависимости напряжения на электрических выводах накопителя энергии от времени хранения в заряженном виде при различных температурах электродов и различном содержании углерода ^{13}C .

Электролит выполнен с использованием ионной жидкости (MeBu-im)BF₄ (1-метил-3-бутил-имидазолий тетрафторборат)

и растворителя. В качестве растворителя использовали ацетонитрил. Концентрация ионной жидкости в электролите составляло 75%.

Рабочее напряжения накопителя энергии выбрано на уровне 2.7 В (напряжение на конденсаторной ячейке 2.7 В), электрическая емкость 50 Ф.

Позицией 125 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 20⁰С. Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки $3 \cdot 10^5$ Па.

Электроды содержали только углерод ¹²С.

Позицией 129 обозначена область кривых зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 20⁰С. Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки $3 \cdot 10^5$ Па. Содержание углерод ¹³С составляло 0.3-75%. Кривые проходят близко друг от друга, поэтому на графике обозначена область их прохождения.

Позицией 126 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 70⁰С. Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки $3 \cdot 10^5$ Па.

Электроды содержали только углерод ¹²С.

Позицией 150 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 70⁰С. Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки $3 \cdot 10^5$ Па.

Содержание углерод ¹³С составляло 0.3%.

Позицией 149 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 70⁰С. Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки $3 \cdot 10^5$ Па.

Содержание углерод ¹³С составляло 3%.

Позицией 148 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 70⁰С. Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки $3 \cdot 10^5$ Па.

Содержание углерод ¹³С составляло 75%.

Сравнительный анализ вышеуказанных кривых показывает, что с увеличением содержания углерода ^{13}C в электроде его интенсивность саморазряда уменьшается.

Так, в заявленном диапазоне температур электродов с увеличением содержания углерода ^{13}C в электродах от 0.3% до 75% на 7-е сутки интенсивность саморазряда накопителей энергии уменьшается в 1.1-1.8 раза.

Аналогичные по виду характеристики саморазряда получены при использовании и других ионных жидкостей, в частности,

(MeEth-im)BF₄ (1-метил-3-этил-имидазолий тетрафторборат),
(MeEth-im)N(CN)₂ (1-метил-3-этил-имидазолий дицианамид),
(MeEth-im)N(CF₃SO₂)₂ (1-метил-3-этил-имидазолий бис(трифторметилсульфонил)имид) и др., а также их комбинаций.

В качестве альтернативных растворителей для ионных жидкостей использовали этиленкарбонат, пропиленкарбонат, метилформиат, N,N-диметилформамид, дихлорметан и др., а также их комбинации.

Концентрации ионных жидкостей в электролитах составляли от 10 до 95%.

Проведены эксперименты с использованием в качестве электролита только ионной жидкости (без растворителя), а также ионных жидкостей (без растворителей).

На фиг.20 представлена характеристика саморазряда накопителя электрической энергии с двойным электрическим слоем, а именно, график зависимости напряжения на электрических выводах накопителя энергии от времени хранения в заряженном виде при различных сжимающих нагрузках и различном содержании углерода ^{13}C .

Электролит выполнен с использованием ионной жидкости (MeBu-im)BF₄ (1-метил-3-бутил-имидазолий тетрафторборат) и растворителя.

Концентрация ионной жидкости в электролите составляло 75%.

Рабочее напряжения накопителя энергии выбрано на уровне 2.7 В (напряжение на конденсаторной ячейке 2.7 В), электрическая емкость 50 Ф.

Позицией 125 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 20⁰С. Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки 3·10⁵ Па.

Электроды содержали только углерод ¹²С.

Позицией 129 обозначена область кривых зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 20⁰С. Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки 3·10⁵ Па. Содержание углерод ¹³С составляло 0.3-75%. Кривые проходят близко друг от друга, поэтому на графике обозначена область их прохождения.

Позицией 127 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 20⁰С. Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки 20·10⁵ Па.

Электроды содержали только углерод ¹²С.

Позицией 147 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 20⁰С. Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки 20·10⁵ Па.

Содержание углерод ¹³С составляло 0.3%.

Позицией 151 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 20⁰С. Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки 20·10⁵ Па.

Содержание углерод ¹³С составляло 3%.

Позицией 152 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 20⁰С. Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки 20·10⁵ Па.

Содержание углерод ¹³С составляло 75%.

Позицией 128 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 20⁰С. Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки 10·10⁵ Па.

Электроды содержали только углерод ¹²С.

Чтобы не загромождать график на нем показаны только кривые зависимости напряжения от содержания углерода ¹³С, полученные при сжимающей нагрузке 20·10⁵ Па. Сравнительный анализ вышеуказанных кривых показывает, что с

увеличением содержания углерода ^{13}C в электроде его интенсивность саморазряда уменьшается.

Кривые, полученные при других сжимающих нагрузках, выглядят аналогично.

Из графиков видно, что с увеличением содержания углерода ^{13}C в электродах от 0.3% до 75% на 7-е сутки интенсивность саморазряда накопителей энергии уменьшается в 1.4-1.6 раза.

Аналогичные по виду характеристики саморазряда получены при использовании и других ионных жидкостей, в частности,

(MeEth-im)BF₄ (1-метил-3-этил-имидазолий тетрафторборат),

(MeEth-im)N(CN)₂ (1-метил-3-этил-имидазолий дицианамид),

(MeEth-im)N(CF₃SO₂)₂ (1-метил-3-этил-имидазолий бис(трифторметилсульфонил)имид) и др., а также их комбинаций.

В качестве альтернативных растворителей для ионных жидкостей использовали этиленкарбонат, пропиленкарбонат, метилформиат, N,N-диметилформамид, дихлорметан и др.

В качестве альтернативных растворителей для ионных жидкостей использовали этиленкарбонат, пропиленкарбонат, метилформиат, N,N-диметилформамид, дихлорметан и др.

Анализ графиков, изображенных на фиг. 19 и 20 показывает, что саморазряд увеличивается при повышении температуры электродов с 20⁰С до 70⁰С и увеличении сжимающих нагрузок от 3·10⁵ Па до 20·10⁵ Па.

Из графиков также видно, что с увеличением содержания углерода ^{13}C в электродах от 0.3% до 75% интенсивность саморазряда накопителей энергии существенно уменьшается.

В формализованном виде вышеописанный экспериментальный накопитель электрической энергии (с характеристиками саморазряда, изображенными на фиг. 19 и 20) может быть описан следующим образом: накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем, содержащий, пропитанные электролитом электроды, разделенные сепаратором, электроды выполнены с использованием пористого углеродного материала и расположены между токосъемниками, а электролит выполнен с использованием ионной жидкости или ионных жидкостей,

при этом пористый углеродный материал выполнен таким образом, что содержит изотопы углерода ^{13}C , и отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в электродах составляет величину от 0.003 до 0.75.

Это частный вариант реализации изобретения.

Термин «электролит выполнен с использованием ионной жидкости или ионных жидкостей» означает, что электролит может быть выполнен только из ионной жидкости или ионных жидкостей, а также, что электролит может быть выполнен из ионной жидкости с растворителем или ионных жидкостей с растворителем. При этом, растворитель может быть выполнен с использованием одного вещества или нескольких веществ.

Другое формализованное описание накопителя энергии:

Накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем, содержащий пропитанные электролитом электроды, разделенные сепаратором, при этом электроды выполнены с использованием пористого углеродного материала и электроды расположены между токосъемниками, а электролит выполнен с использованием ионной жидкости, отличающийся тем, что пористый углеродный материал выполнен таким образом, что содержит изотопы углерода ^{13}C , и отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в электродах составляет величину от 0.003 до 0.75.

Это частный вариант реализации изобретения.

Под термином «электролит выполнен с использованием ионной жидкости» понимается: электролит выполнен из одной или нескольких ионных жидкостей, или электролит выполнен из жидкой смеси, компонентами которой, по крайней мере, являются ионная жидкость и растворитель.

На фиг.21 представлена характеристика саморазряда накопителя электрической энергии с двойным электрическим слоем, а именно, график зависимости напряжения на электрических выводах накопителя энергии от времени хранения в заряженном виде при различных температурах электродов и различном содержании углерода ^{13}C .

Электролит выполнен с использованием кислоты. В частности, использован кислотный электролит на основе H_2SO_4 (20%-ый раствор H_2SO_4 в дистиллированной воде).

Рабочее напряжения накопителя энергии выбрано на уровне 3.0 В (напряжение на конденсаторной ячейке 0.75 В), электрическая емкость 50 Ф.

Позицией 130 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 20°C . Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки $3 \cdot 10^5$ Па.

Электроды содержали только углерод ^{12}C .

Позицией 154 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 20°C . Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки $3 \cdot 10^5$ Па.

Содержание углерод ^{13}C составляло 0.3%.

Позицией 155 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 20°C . Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки $3 \cdot 10^5$ Па.

Содержание углерод ^{13}C составляло 3%.

Позицией 156 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 20°C . Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки $3 \cdot 10^5$ Па.

Содержание углерод ^{13}C составляло 75%.

Позицией 131 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 70°C . Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки $3 \cdot 10^5$ Па.

Электроды содержали только углерод ^{12}C .

Позицией 153 обозначена область кривых зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 70°C . Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки $3 \cdot 10^5$ Па. Содержание углерод ^{13}C составляло 0.3-75%. Кривые проходят близко друг от друга, поэтому на графике обозначена область их прохождения.

Сравнительный анализ вышеуказанных кривых показывает, что с увеличением содержания углерода ^{13}C в электроде его интенсивность саморазряда уменьшается.

Так, в заявленном диапазоне температур электродов с увеличением содержания углерода ^{13}C в электродах от 0.3% до 75% на 6-е сутки интенсивность саморазряда накопителей энергии уменьшается в 3.6-6.3 раза.

Аналогичные по виду характеристики саморазряда получены при использовании электролитов на основе серной кислоты с концентрациями в воде до 40%, а также при использовании электролитов на основе других кислот и комбинированных кислотных растворов.

На фиг.22 представлена характеристика саморазряда накопителя электрической энергии с двойным электрическим слоем, а именно, график зависимости напряжения на электрических выводах накопителя энергии от времени хранения в заряженном виде при различных сжимающих нагрузках и различном содержании углерода ^{13}C .

Электролит выполнен с использованием кислоты. В частности, использован кислотный электролит на основе H_2SO_4 (20%-ый раствор H_2SO_4 в дистиллированной воде).

Рабочее напряжения накопителя энергии выбрано на уровне 3.0 В (напряжение на конденсаторной ячейке 0.75 В), электрическая емкость 50 Ф.

Позицией 130 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 20°C . Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки $3 \cdot 10^5$ Па.

Позицией 132 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 20°C . Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки $10 \cdot 10^5$ Па.

Электроды содержали только углерод ^{12}C .

Позицией 157 обозначена область кривых зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 20°C . Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки

$10 \cdot 10^5$ Па. Содержание углерод ^{13}C составляло 0.3-75%. Кривые проходят близко друг от друга, поэтому на графике обозначена область их прохождения.

Позицией 133 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 20°C . Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки $20 \cdot 10^5$ Па.

Электроды содержали только углерод ^{12}C .

Позицией 158 обозначена область кривых зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 20°C . Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки $20 \cdot 10^5$ Па. Содержание углерод ^{13}C составляло 0.3-75%. Кривые проходят близко друг от друга, поэтому на графике обозначена область их прохождения

Чтобы не загромождать график на нем показаны только кривые зависимости напряжения от содержания углерода ^{13}C , полученные при сжимающей нагрузке $10 \cdot 10^5$ Па и $20 \cdot 10^5$ Па. Сравнительный анализ вышеуказанных кривых показывает, что с увеличением содержания углерода ^{13}C в электроде его интенсивность саморазряда уменьшается.

Кривые, полученные при других сжимающих нагрузках, выглядят аналогично.

Из графиков видно, что с увеличением содержания углерода ^{13}C в электродах от 0.3% до 75% на 4-е сутки интенсивность саморазряда накопителей энергии уменьшается в 3.1-3.9 раза.

Аналогичные по виду характеристики саморазряда получены при использовании электролитов на основе серной кислоты с концентрациями в воде до 40%, а также при использовании электролитов на основе других кислот и комбинированных кислотных растворов.

Анализ графиков, изображенных на фиг. 21 и 22 показывает, что саморазряд увеличивается при повышении температуры электродов с 20°C до 70°C и увеличении сжимающих нагрузок от $3 \cdot 10^5$ Па до $20 \cdot 10^5$ Па.

Из графиков также видно, что с увеличением содержания углерода ^{13}C в электродах от 0.3% до 75% интенсивность саморазряда накопителей энергии существенно уменьшается.

На фиг.23 представлена характеристика саморазряда накопителя электрической энергии с двойным электрическим слоем, а именно, график зависимости напряжения на электрических выводах накопителя энергии от времени хранения в заряженном виде при различных температурах электродов и различном содержании углерода ^{13}C .

Электролит выполнен с использованием органического растворителя. В частности, использован электролит на основе ацетонитрила CH_3CN и тетрафторборат тетраэтиламмония $\text{C}_8\text{H}_{20}\text{BF}_4\text{N}$.

Рабочее напряжения накопителя энергии выбрано на уровне 2.5 В (напряжение на конденсаторной ячейке 2.5 В), электрическая емкость 50 Ф.

Позицией 134 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 20°C . Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки $3 \cdot 10^5$ Па.

Электроды содержали только углерод ^{12}C .

Позицией 204 обозначена область кривых зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 20°C . Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки $3 \cdot 10^5$ Па. Содержание углерод ^{13}C составляло 0.3-75%. Кривые проходят близко друг от друга, поэтому на графике обозначена область их прохождения.

Позицией 135 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 70°C . Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки $3 \cdot 10^5$ Па.

Электроды содержали только углерод ^{12}C .

Позицией 205 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 70°C . Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки $3 \cdot 10^5$ Па.

Содержание углерод ^{13}C составляло 0.3%.

Позицией 206 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 70°C . Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки $3 \cdot 10^5$ Па.

Содержание углерод ^{13}C составляло 3%.

Позицией 207 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 70°C. Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки $3 \cdot 10^5$ Па.

Содержание углерод ^{13}C составляло 75%.

Сравнительный анализ вышеуказанных кривых показывает, что с увеличением содержания углерода ^{13}C в электроде его интенсивность саморазряда уменьшается.

Так, в заявленном диапазоне температур электродов с увеличением содержания углерода ^{13}C в электродах от 0.3% до 75% на 7-е сутки интенсивность саморазряда накопителей энергии уменьшается в 1.2-2.3 раза.

Аналогичные по виду характеристики саморазряда получены при использовании и других электролитов данного вида, в частности, на основе ацетонитрила и тетрафторборат натрия $\text{Na}[\text{BF}_4]$, тетрафторборат калия $\text{K}[\text{BF}_4]$ и др. В экспериментах в качестве альтернативных растворителей использовали этиленкарбонат, пропиленкарбонат, метилформиат, N,N-диметилформамид, дихлорметан и др.

На фиг.24 представлена характеристика саморазряда накопителя электрической энергии с двойным электрическим слоем, а именно, график зависимости напряжения на электрических выводах накопителя энергии от времени хранения в заряженном виде при различных сжимающих нагрузках и различном содержании углерода ^{13}C .

Электролит выполнен с использованием органического растворителя. В частности, использован электролит на основе CH_3CN и $\text{C}_8\text{H}_{20}\text{BF}_4\text{N}$.

Рабочее напряжения накопителя энергии выбрано на уровне 2.5 В (напряжение на конденсаторной ячейке 2.5 В), электрическая емкость 50 Ф.

Позицией 134 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 20°C. Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки $3 \cdot 10^5$ Па.

Электроды содержали только углерод ^{12}C .

Позицией 204 обозначена область кривых зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 20°C.

Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки $3 \cdot 10^5$ Па. Содержание углерод ^{13}C составляло 0.3-75%. Кривые проходят близко друг от друга, поэтому на графике обозначена область их прохождения.

Позицией 136 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 20°C . Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки $10 \cdot 10^5$ Па.

Электроды содержали только углерод ^{12}C .

Позицией 137 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 20°C . Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки $20 \cdot 10^5$ Па.

Электроды содержали только углерод ^{12}C .

Позицией 208 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 20°C . Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки $20 \cdot 10^5$ Па.

Содержание углерод ^{13}C составляло 0.3%.

Позицией 209 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 20°C . Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки $20 \cdot 10^5$ Па.

Содержание углерод ^{13}C составляло 3%.

Позицией 210 обозначена кривая зависимости напряжения на выводах накопителя энергии от времени при температуре электродов 20°C . Элементы накопителя энергии находятся под действием сжимающей нагрузки $20 \cdot 10^5$ Па.

Содержание углерод ^{13}C составляло 75%.

Чтобы не загромождать график на нем показаны только кривые зависимости напряжения от содержания углерода ^{13}C , полученные при сжимающей нагрузке $20 \cdot 10^5$ Па. Сравнительный анализ вышеуказанных кривых показывает, что с увеличением содержания углерода ^{13}C в электроде его интенсивность саморазряда уменьшается.

Кривые, полученные при других сжимающих нагрузках, выглядят аналогично.

Из графиков видно, что с увеличением содержания углерода ^{13}C в электродах от 0.3% до 75% на 7-е сутки интенсивность саморазряда накопителей энергии уменьшается в 1.6-1.7 раза.

Аналогичные по виду характеристики саморазряда получены при использовании и других электролитов данного вида, в частности, на основе ацетонитрила и $\text{Na}[\text{BF}_4]$, $\text{K}[\text{BF}_4]$ и др. В качестве альтернативных растворителей использовали этиленкарбонат, пропиленкарбонат и др.

Анализ графиков, изображенных на фиг. 23 и 24 показывает, что саморазряд увеличивается при повышении температуры электродов с 20°C до 70°C и увеличении сжимающих нагрузок от $3 \cdot 10^5$ Па до $20 \cdot 10^5$ Па.

Из графиков также видно, что с увеличением содержания углерода ^{13}C в электродах от 0.3% до 75% интенсивность саморазряда накопителей энергии существенно уменьшается.

Таким образом, из вышесказанного следует, что при реализации изобретения обеспечивается уменьшение интенсивности саморазряда накопителя электрической энергии с двойным электрическим слоем, содержащего электроды, выполненные с использованием пористого углеродного материала при температуре электродов от 20°C до 70°C и давлении сжатия электродов до $20 \cdot 10^5$ Па.

Ниже приведем материал по изотопному обогащению пористого углеродного материала.

В настоящее время в Море относительно редкие изотопы, в частности, изотопы водорода ^3H и углерода ^{14}C широко применяются в биохимии и медицине для диагностики.

Изотопы ^{13}C , ^{15}N используются для повышения стабильности лекарственных препаратов, а также для усиления лекарственного действия препаратов.

В патенте РФ 2412188 и патенте ЕА008591 приведены сведения, о том, что замещение легких более тяжелыми изотопами, такими как дейтерий ^2H , может дать терапевтические преимущества, обусловленные большей метаболической стабильностью этих изотопов.

В последние годы в России разработаны эффективные методы изотопного обогащения фармацевтических препаратов и антигололедных реагентов (см. Изотопное обогащение веществ, http://zaorotec.ru/articles/izotopnoe_obogashenie_veshestv.html).

На исследовательских установках достигнут высокий уровень обогащения веществ такими изотопами, как ^{13}C , ^{15}N (см. патенты ЕАПВ 020164 от 2014.09.30; 020165 от 2014.09.30; 020361 от 2014.10.30; 020401 от 2014.10.30). В патентах представлены результаты исследований по влиянию изотопов углерода ^{13}C на эффективность действия твердых и жидких лекарственных форм. На исследовательской установке в лекарственных формах достигнута замена от 0.3% до 75% изотопов углерода ^{12}C на изотопы углерода ^{13}C .

В патентах РФ 2603784, 2604033, 2604219, 2604213, 2603156 и др. описаны перспективные способы получения твердого противогололедного материала на основе пищевой поваренной соли и ингибитора коррозии.

В процессе получения противогололедного материала каждый элемент ингибитора коррозии (содержащий углерод и азот) насыщали тяжелыми изотопами углерода ^{13}C и изотопами азота ^{15}N . В качестве элементов ингибитора коррозии металлов использовали карбамид гранулированный первого сорта, 2-фосфонобутан-1,2,4-трикарбоновой кислоты тетранатриевую соль, уротропин, однозамещенный фосфат натрия $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$, простой суперфосфат $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, нитрат кальция $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.

Как указывалось, выше, способы производства стабильного высокообогащенного нерадиоактивного изотопа ^{13}C (углерода-13) широко применяются в российской и мировой науке и промышленности. Хорошо отработаны способы получения изотопа углерода ^{13}C методом газовой диффузии через пористые перегородки, диффузии в потоке пара, термодиффузии, а также методом дистилляции, изотопного обмена, центрифугирования, электролиза, генной инженерии и др. Краткая характеристика этих методов приведена в источнике /10/.

В Московской государственной академии тонкой химической технологии им. М.В. Ломоносова отрабатывают современные нано-технологии получения и включения атомов стабильных изотопов углерода ^{13}C в молекулы различной

структуры. В академии получают молекулы изотопномеченных соединений с различными уровнями изотопного обогащения - от 0.1% до 100% изотопов в веществе. Работы ведутся в интересах медицинской диагностики. В источнике /11/ приведено 165 ссылок на источники информации по изотопному обогащению различных веществ. Смотри также статьи О.В. Мосина:
<http://read.newlibrary.ru/read.php/pdf=19928> ,
http://samlib.ru/o/oleg_w_m/cdocumentsandsettingsolegmoidokumentymetodypoluchenijaaminokislotibelkowmechenyhstabilxnyimiizotopami2n13s15n18ortf.shtml .

В источнике описаны современные методы включения атомов стабильных изотопов в молекулы различных веществ, в частности, описаны следующие методы:

- Химический синтез;
- Изотопный (^1H - ^2H)- и (^{16}O - ^{18}O)-обмен в молекулах аминокислот и белков;
- Выращивание микроорганизмов на средах со стабильными изотопами;
- Использование ауксотрофных мутантов бактерий для включения атомов стабильных изотопов в молекулы аминокислот и белков;
- Генно-инженерные методы включения атомов стабильных изотопов в молекулы аминокислот и белков;
- Выделение изотопномеченных молекул аминокислот из белковых гидролизатов микроорганизмов;
- Метод газофазного осаждения, и другие.

Ниже опишем экспериментальный способ изотопного обогащения пористого углеродного материала изотопами углерода ^{13}C .

Процесс обогащения опишем на примере пористого углеродного материала, содержащего элементы:

- 50% частиц активированного угля размером 20 мкм и менее;
- 50% частиц активированного угля размером более 20 мкм и менее 50 мкм (см. таблицу 1, пористый электрод 1). Аналогичным способом осуществляли изотопное обогащение и других пористых углеродных материалов, указанных в таблицах 1 и 2 под номерами пористых электродов 2-18).

Перед проведением экспериментов, в процессе экспериментов и по завершении экспериментов осуществляли изотопный контроль пористого углеродного материала (элементов пористого углеродного материала).

Изотопный контроль осуществлялся масс-спектроскопией высокого разрешения.

Перед проведением экспериментов изотопы углерода ^{13}C в пористом углеродном материале (в элементах пористого углеродного материала) отсутствовали.

В процессе экспериментов количество изотопов углерода ^{12}C в пористом углеродном материале (в элементах пористого углеродного материала) уменьшалось, а количество изотопов углерода ^{13}C увеличивалось.

Каждый вышеуказанный элемент пористого углеродного материала смешивали с дистиллированной водой получая высокодисперсный коллоидный раствор с водой, в объеме которой распределена дисперсная фаза в виде мелких твердых частичек активированного угля. Далее по тексту для простоты будем коллоидный раствор называть раствором.

В экспериментах содержание элемента пористого углеродного материала в дистиллированной воде варьировалось от 1% до 10% (предпочтительнее 1%).

Смешение производили при положительной температуре в вакууме. Далее, полученный раствор подвергали кавитационной обработке в реакторной установке.

Реакторная установка, используемая для экспериментов, была изготовлена с использованием материалов, приведенных в источниках /1 – 9/.

Конструктивно реакторная установка содержит емкость 160 для раствора (см. фиг. 25), шестеренчатый насос 164 с электроприводом (на фигуре не показан), кавитационный реактор 167. В реакторной установке емкость 160 трубопроводом соединена с входом в насос 164, выход насоса 164 трубопроводом соединен с входом кавитационного реактора 167, выход кавитационного реактора 167 трубопроводом 179 соединен с емкостью 160. На входе в кавитационный реактор 167 и выходе из кавитационного реактора расположены манометры 168 и 165 для определения перепада давления на кавитационном реакторе.

Для технологических нужд, в обход кавитационного реактора расположена магистраль 169 с краном 166. Эта магистраль служит для перепуска, по меньшей

мере, части раствора в обход кавитационного реактора при его пуске и регламентах, а также при перемешивании раствора. В емкости 160 расположен термометр 161, мешалка (на фигуре не показана), предохранительный клапан по давлению (на фигуре не показан) и теплообменник 163 для нагревания или охлаждения раствора 162. В процессе работы установки, при необходимости через теплообменник 163 пропускают горячую или холодную воду, соответственно, для подогрева или охлаждения раствора. Как правило, мешалку в емкости 160 используют для перемешивания раствора в течении всего времени работы установки.

Кавитационный реактор 167 выполнен, как показано на фиг.26 (для наглядности пропорции элементов на фигуре не соблюдены), и содержит канал 182 для движения водного раствора. Этот канал, по направлению движения водного раствора (на фигуре слева – направо), содержит три сужения 183, 184 и 185, перед каждым сужением канала расположен регулируемый по высоте стержень 186, 187 и 188. Стержни турбулизируют поток, движущийся по каналу 182. Турбулизация необходима для установления кавитационного режима при минимально возможных скоростях движения потока. Если бы стержней не было, то скорость, при которой устанавливается кавитация увеличилась бы на 15-17% и более.

Как указывалось, выше, перед каждым сужением канала расположен регулируемый по высоте стержень. Стержень 186 перед первым, по направлению движения раствора, сужением 183, расположен на расстоянии равном 2.1 диаметра проходного сечения в месте сужения 183, стержень 187 перед вторым, по направлению движения раствора, сужением 184, расположен на расстоянии равном 1.4 диаметра проходного сечения в месте сужения 184, стержень 188 перед третьим, по направлению движения раствора, сужением 185, расположен на расстоянии равном 1.4 диаметра проходного сечения в месте сужения 185.

За каждым сужением в корпусе кавитационного реактора расположен канал для подачи углекислого газа или парогазовой смеси в область кавитации реактора. Так, за сужением 183 расположен канал 189, за сужением 184 расположен канал 190, за сужением 185 расположен канал 191.

В ходе отработки конструкций реакторной установки и кавитационного реактора, и проведения экспериментов были разработаны рекомендации по

конструктивному выполнению элементов установки и кавитационного реактора. Так, площадь проходного сечения канала в месте сужения составляет 8% от максимальной площади проходного сечения канала. Максимальная площадь проходного сечения канала равна площади проходного сечения трубопровода, расположенного между выходом шестеренчатого насоса и входом кавитационного реактора. Целесообразно, чтобы площади проходных сечений всех трубопроводов и магистрали 169 были одинаковы. Формы проходных сечений трубопроводов и кавитационного реактора могут быть любыми, удобно их выполнять круглой формы. Хотя проводили испытания кавитационных реакторов с прямоугольными формами проходных сечений канала и др.

Каждое сужение канала выполнено в форме сопла (см. фиг. 26) и имеет:

- сужающуюся часть сопла (в направлении движения потока) – это часть сопла перед минимальным проходным сечением;
- минимальное проходное сечение - сечение с минимальной площадью проходного сечения;
- расширяющуюся часть сопла - это часть сопла, расположенная за минимальным проходным сечением.

В используемой для исследований реакторной установке формы проходных сечений по длине канала кавитационного реактора выполнены круглыми, поэтому внутренние поверхности сужающейся и расширяющейся частей выполнены в форме боковой поверхности усеченного конуса.

В исходном состоянии все краны 166, 207, 173, 208, 174, 209, 175 (см. фиг. 25) реакторной установки закрыты.

Для кавитационной обработки, водный раствор 162 (коллоидный раствор воды с активированным углем) заливают в емкость 160 реакторной установки. После чего раствор 162, расположенный в емкости 160, посредством теплообменника 163 нагревают до 60⁰С. Затем раствор 162 посредством шестеренчатого насоса 164 прокачивают от 5000 до 7800 раз через кавитационный реактор. После начала прокачки открывают краны 173, 174 и 175. В кавитационный реактор из баллонов 176, 177 и 178 подают углекислый газ. Подачу газа контролируют исходя из показаний манометров 168, 165, 170, 171, 172 и регулируют с помощью кранов 173, 174 и 175.

Количество прокачек раствора 162 через кавитационный реактор.167 зависит от требуемого содержания тяжелых изотопов углерода ^{13}C в элементе пористого углеродного материала. В таблице 24 представлена зависимость содержания тяжелых изотопов углерода ^{13}C в элементе пористого углеродного материала от количества прокачек «п» коллоидного водного раствора элемента пористого углеродного материала через кавитационный реактор посредством шестеренчатого насоса. Содержание элемента пористого углеродного материала в дистиллированной воде 1%. Из таблицы видно, что чем больше требуется изотопов ^{13}C в элементе пористого углеродного материала, тем большее количество раз необходимо прокачать раствор через кавитационный реактор.

В процессе кавитационной обработки высоту каждого из регулируемых стержней 186, 187 и 188 выставляют таким образом, чтобы стержень перекрыл 4-5% площади поперечного сечения канала в месте установки стержня. При работе установки стержни взаимодействуют с потоком, турбулизируют его, тем самым обеспечивают установление режима кавитации при минимальной скорости потока в сечениях 183, 184 и 185.

В процессе кавитационной обработки через канал 189, расположенный за первым, по движению раствора сужением, подают углекислый газ из баллона 176 при открытом кране 173 с массовым расходом равным 2% от величины массового расхода водного раствора.

Через канал 190, расположенный за вторым, по движению раствора сужением, подают углекислый газ из баллона 177 при открытом кране 174 с массовым расходом равным 1% от величины массового расхода водного раствора.

Через канал 191, расположенный за третьим, по движению раствора сужением, подают углекислый газ из баллона 178 при открытом кране 175 с массовым расходом равным 0.5% от величины массового расхода водного раствора.

Посредством шестеренчатого насоса перепад давления на кавитационном реакторе поддерживают в диапазоне от $7.5 \cdot 10^5 \text{Па}$ до $8 \cdot 10^5 \text{Па}$, температуру раствора в емкости в процессе кавитационной обработки посредством теплообменника 163 повышают с 60°C до 75°C . По теплообменнику подают горячую воду, температуру раствора 162 в емкости 160 контролируют по термометру 161.

На фиг. 27 представлено продольное сечение кавитационного реактора 167. Направление потока (движения раствора) показано стрелкой 192. Стрелками 193 показано направление движения потока в канале 182. Стрелками 194, 195, 196 показано движение потока по каналу кавитационного реактора за стержнями 186, 187, 188. Поток, двигаясь по каналу, попадает в первое сужение. Площадь проходного сечения уменьшается, скорость потока растет. В районе минимального проходного сечения 183 скорость потока увеличивается так, что давление в потоке становится меньше давления насыщенного пара воды. Поток в этом месте «закипает» - образуются паровые пузырьки 197. Далее, поток (вода, частички активированного угля и паровые пузырьки) двигаясь по каналу, попадает в расширяющуюся часть, где проходное сечение канала увеличивается, а скорость уменьшается. Давление в потоке становится больше давления насыщенного пара, паровые пузырьки схлопываются. Точки схлопывания паровых пузырьков показаны позицией 198. При этом, в области схлопывания (в области точки схлопывания) кавитационного пузырька наблюдается повышение давления до нескольких тысяч атмосфер и повышение температуры до тысячи и более градусов Цельсия.

Область, в которой образуются и схлопываются пузырьки, называется областью кавитации. Как говорилось выше, стержень 186 турбулизирует поток, и тем самым, облегчает установление кавитационного режима течения на минимально возможной скорости течения.

Аналогичным образом возникают пузырьки 199 и схлопываются 200 в области проходного сечения 184, а также образуются пузырьки 201 и схлопываются 202 в области проходного сечения 185.

Углекислый газ подают по каналам 189, 190 и 191 в области потока за минимальными проходными сечениями 183, 184 и 185, насыщенные паровыми пузырьками. При схлопывании паровых пузырьков происходит мощное динамическое воздействие на окружающую пузырьки среду. Именно в месте схлопывания происходит обогащение элемента пористого углеродного материала (частичек активированного угля) изотопами углерода ^{13}C .

На фиг. 27 стрелками 203 показаны направления движения газа по каналам 189, 190 и 191.

В процессе кавитационной обработки элемент пористого углеродного материала, находящийся в растворе, насыщают изотопами углерода ^{13}C таким образом, что отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в элементе пористого углеродного материала составляет величину от 0.005 до 0.75.

В общем случае, пористый углеродный материал может состоять из одного элемента (см. таблицу 2, пористые электроды с порядковыми номерами 13-17). Тогда, в процессе кавитации, пористый углеродный материал, находящийся в растворе, насыщают тяжелыми изотопами углерода ^{13}C таким образом, что отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в пористом углеродном материале составляет величину от 0.003 до 0.75 (от 0.3% до 75%)

Контроль количества изотопов углерода ^{13}C осуществляют масс-спектрометрией высокого разрешения. Пробы для этого берут из емкости 160.

Газ и водяной пар, накапливающийся в емкости 160 над уровнем раствора 162, подают (удаляют) через горловину 180 в трубопроводы 204, 205 и 206. Удаляемый газ из емкости 160 показан стрелкой 181. Таким образом газ и пар многократно проходит через кавитационный реактор. Это сделано с целью снижения расхода углекислого газа из баллонов 176, 177 и 178. При повышении давления в емкости 160 выше допустимого значения, газ и пар стравливаются из емкости через предохранительный клапан по давлению.

Завершают работу следующим образом. Закрывают краны 173, 174 и 175. Насосную установку выключают.

После чего воду из раствора удаляют (выпаривают). Получают пористый углеродный материал, обогащенный изотопами углерода ^{13}C .

Пример расчета времени кавитационной обработки приведен ниже.

При кавитационной обработке, раствор посредством шестеренчатого насоса прокачивают n раз через кавитационный реактор, при этом время работы t реакторной установки определяют по формуле:

$$t = n V / Q,$$

где n - количество прокачек водного раствора через кавитационный реактор посредством шестеренчатого

насоса;

V - объем, занимаемый раствором в емкости;

Q - объемный расход шестеренчатого насоса.

В экспериментальной реакторной установке использовали шестеренчатый насос НМШ 5-25-4.0/10. У насоса при частоте оборотов шестерни 1450 об/мин расход $Q = 4 \text{ м}^3/\text{ч}$. Напор обеспечивается равным $10 \cdot 10^5 \text{ Па}$, при этом потребляемая мощность 1.8 кВт.

Приводом насосу служит асинхронный электродвигатель АИР100S4УЗ.

Объем емкости 0.01 м^3 , объем, занимаемый раствором – 0.008 м^3 .

Приведем пример расчета времени работы реакторной установки.

5000 прокачек раствора через кавитационный реактор потребует 36000 секунд работы установки.

7800 прокачек раствора через кавитационный реактор потребует 56160 секунд работы установки.

Описанная конструкция реакторной установки и кавитационного реактора обеспечивает эффективное обогащение пористого углеродного материала изотопами углерода ^{13}C .

Таким образом, из выше изложенного следует, что при реализации заявленного изобретения будет решена задача изобретения и достигнуты технические результаты.

Таблица 1

Элементный и фракционный состав пористых углеродных электродов, %

Элементы пористого электрода	Порядковый номер пористого электрода								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Частицы активированного угля размером 20 мкм и менее*)	50	-	10	20	30	70	100	90	99
Частицы активированного угля размером более 20 мкм и менее 50 мкм**)	50	100	90	80	70	30	-	-	
Частицы диоксида титана TiO_2 размером 20 мкм и менее*)	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Частицы диоксида титана TiO_2 размером 20 мкм и менее	-	-	-	-	-	-	-	10	

*) частицы, прошедшие через сито SWECO №635 с размером проходной ячейки сита 20 мкм.

**) частицы, прошедшие через сито SWECO №300 с размером проходной ячейки сита 50 мкм и не прошедшие через сито SWECO №635 с размером проходной ячейки сита 20 мкм.

Таблица 2

Элементный и фракционный состав пористых электродов, %

Элементы пористого электрода	Порядковый номер пористого электрода								
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Частицы активированного угля размером 20 мкм и менее	10	30	10	-	-	-	-	-	50
Частицы активированного угля размером более 20 мкм и менее 50 мкм	90	70	90	-	-	-	-	-	-
Активированный уголь из скорлупы костянки.				100					
Частички углеродных аэрогелей размером до 1мкм	-	-	-	-	100	-	-	-	50
Частички мезо/микропористо го углерода с размером пор от 0,7 до 50 нм. Размеры частиц до 20 мкм	-	-	-	-	-	100	-	-	-
Частички сажи размером до 100 нм	-	-	-	-	-	-	100	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Частички углеродного пористого материала, полученного термическим разложением фенольной смолы. Размер частиц до 50 мкм	-	-	-	-	-	-	-	100	-

Таблица 3

Зависимость удельного электрического сопротивления пористого электрода
от давления сжатия, Ом·см

Давление сжатия, 10 ⁵ Па	Порядковый номер пористого электрода					
	1	2	3	4	5	6
-*)	560**)	743	703	661	619	470
3	272	505	444	384	324	241
5	225	351	330	301	281	202
10	136	252	241	214	184	111
15	44	166	151	123	94	36
20	25	77	63	44	30	15
...						
100	2	2				

*) **) давление сжатия от внешней нагрузки отсутствует (упрощено, давление сжатия от внешней нагрузки равно нулю).

**) среднее арифметическое значения удельного электрического сопротивления пористого электрода по результатам 25 замеров (циклов сжатия), с округлением до 1 Ом·см. Максимальное отклонение от среднего арифметического значения не превышало 3%.

Таблица 4

Зависимость удельного электрического сопротивления пористого электрода
от давления сжатия, Ом·см

Давление сжатия, 10^5 Па	Порядковый номер пористого электрода					
	7	8	9	10	11	12
-	301	240	294	772	652	822
3	183	163	181	547	381	602
5	152	132	146	373	294	480
10	66	47	61	274	211	290
15	20	17	18	186	119	202
20	12	9	10	90	40	101
...						
100					3	3

Таблица 5

Зависимость удельного электрического сопротивления пористого электрода
от давления сжатия, Ом·см

Давление сжатия, 10^5 Па	Порядковый номер пористого электрода					
	13	14	15	16	17	18
-	180	270	398	379	112	503
3	139	183	265	191	63	312
5	111	151	212	125	40	259
10	63	80	132	54	11	180
15	19	32	71	14	9	102
20	11	14	29	9	7	40
...						
100			1			2

Таблица 6

Зависимость электрического сопротивления
пористого электрода (порядковый номер 1) с изотопами углерода ^{13}C
от давления сжатия, Ом·см

Давление сжатия, 10^5 Па	Отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в пористом электроде					
	0.001	0.003	0.3	0.75	0.8	0.9
-	560*)	414	373	310	310	315
3	272	202	181	150	150	151
5	225	167	150	125	124	125
10	136	100	90	75	75	75
15	44	33	28	24	27	26
20	25	18	16	13	13	14

*) температура электрода 20°C .

Таблица 7

Зависимость электрического сопротивления
пористого электрода (порядковый номер 2) с изотопами углерода ^{13}C
от давления сжатия, Ом·см

Давление сжатия, 10^5 Па	Отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в пористом электроде					
	0.001	0.003	0.3	0.75	0.8	0.9
-	743	554	480	420	420	421
3	505	377	325	283	284	284
5	351	261	226	197	197	197
10	252	188	162	142	143	143
15	166	123	107	93	92	93
20	77	57	50	43	43	44

Таблица 8

Зависимость электрического сопротивления
пористого электрода (порядковый номер 3) с изотопами углерода ^{13}C
от давления сжатия, Ом·см

Давление сжатия, 10^5 Па	Отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в пористом электроде					
	0.001	0.003	0.3	0.75	0.8	0.9
-	703	517	469	386	386	386
3	444	326	293	244	244	245
5	330	243	220	181	181	182
10	241	177	161	132	133	133
15	151	111	101	83	83	83
20	63	46	41	34	34	35

Таблица 9

Зависимость электрического сопротивления
пористого электрода (порядковый номер 4) с изотопами углерода ^{13}C
от давления сжатия, Ом·см

Давление сжатия, 10^5 Па	Отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в пористом электроде					
	0.001	0.003	0.3	0.75	0.8	0.9
-	661	493	446	365	365	366
3	384	286	260	212	212	212
5	301	224	203	166	166	166
10	214	160	145	118	118	118
15	123	92	83	68	68	69
20	44	32	29	24	24	27

Таблица 10

Зависимость электрического сопротивления
пористого электрода (порядковый номер 5) с изотопами углерода ^{13}C
от давления сжатия, Ом·см

Давление сжатия, 10^5 Па	Отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в пористом электроде					
	0.001	0.003	0.3	0.75	0.8	0.9
-	619	455	404	338	338	339
3	324	238	211	177	177	178
5	281	206	184	154	154	154
10	184	135	120	101	101	101
15	94	70	61	51	51	51
20	30	22	20	16	16	16

Таблица 11

Зависимость электрического сопротивления
пористого электрода (порядковый номер 6) с изотопами углерода ^{13}C
от давления сжатия, Ом·см

Давление сжатия, 10^5 Па	Отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в пористом электроде					
	0.001	0.003	0.3	0.75	0.8	0.9
-	470	346	311	261	261	262
3	241	177	160	133	133	133
5	202	148	133	112	112	112
10	111	82	73	62	62	62
15	36	26	23	20	20	21
20	15	11	10	8	9	10

Таблица 12

Зависимость электрического сопротивления
пористого электрода (порядковый номер 7) с изотопами углерода ^{13}C
от давления сжатия, Ом·см

Давление сжатия, 10^5 Па	Отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в пористом электроде					
	0.001	0.003	0.3	0.75	0.8	0.9
-	301	219	192	163	164	163
3	183	134	117	99	99	100
5	152	111	97	82	82	82
10	66	48	42	35	35	35
15	20	14	12	11	11	11
20	12	8	7	6	6	7

Таблица 13

Зависимость электрического сопротивления
пористого электрода (порядковый номер 8) с изотопами углерода ^{13}C
от давления сжатия, Ом·см

Давление сжатия, 10^5 Па	Отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в пористом электроде					
	0.001	0.003	0.3	0.75	0.8	0.9
-	240	173	150	126	126	125
3	163	117	101	86	86	86
5	132	95	82	70	70	71
10	47	34	30	24	24	24
15	17	12	10	9	9	8
20	9	6	5	5	5	5

Таблица 14

Зависимость электрического сопротивления
пористого электрода (порядковый номер 9) с изотопами углерода ^{13}C
от давления сжатия, Ом·см

Давление сжатия, 10^5 Па	Отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в пористом электроде					
	0.001	0.003	0.3	0.75	0.8	0.9
-	294	216	196	162	162	162
3	181	133	121	100	100	100
5	146	107	97	81	81	81
10	61	45	41	34	34	34
15	18	13	12	10	10	10
20	10	7	7	6	6	6

Таблица 15

Зависимость электрического сопротивления
пористого электрода (порядковый номер 10) с изотопами углерода ^{13}C
от давления сжатия, Ом·см

Давление сжатия, 10^5 Па	Отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в пористом электроде					
	0.001	0.003	0.3	0.75	0.8	0.9
-	772	571	511	422	422	421
3	547	405	362	299	299	299
5	373	276	247	204	204	204
10	274	202	181	150	150	150
15	186	137	123	102	102	102
20	90	66	59	49	49	50

Таблица 16

Зависимость электрического сопротивления
пористого электрода (порядковый номер 11) с изотопами углерода ^{13}C
от давления сжатия, Ом·см

Давление сжатия, 10^5 Па	Отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в пористом электроде					
	0.001	0.003	0.3	0.75	0.8	0.9
-	652	486	440	364	364	363
3	381	284	257	213	213	213
5	294	219	198	164	164	164
10	211	157	143	118	118	117
15	119	88	80	67	67	67
20	40	29	27	23	23	23

Таблица 17

Зависимость электрического сопротивления
пористого электрода (порядковый номер 12) с изотопами углерода ^{13}C
от давления сжатия, Ом·см

Давление сжатия, 10^5 Па	Отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в пористом электроде					
	0.001	0.003	0.3	0.75	0.8	0.9
-	822	604	523	449	449	448
3	602	442	383	329	329	329
5	480	352	305	262	262	262
10	290	213	184	159	159	159
15	202	148	128	110	110	110
20	101	74	64	61	60	60

Таблица 18

Зависимость электрического сопротивления
пористого электрода (порядковый номер 13) с изотопами углерода ^{13}C
от давления сжатия, Ом·см

Давление сжатия, 10^5 Па	Отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в пористом электроде					
	0.001	0.003	0.3	0.75	0.8	0.9
-	180	128	112	95	95	95
3	139	99	86	73	73	73
5	111	79	69	58	58	58
10	63	45	39	33	33	33
15	19	13	11	10	10	10
20	11	7	6	5	5	5

Таблица 19

Зависимость электрического сопротивления
пористого электрода (порядковый номер 14) с изотопами углерода ^{13}C
от давления сжатия, Ом·см

Давление сжатия, 10^5 Па	Отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в пористом электроде					
	0.001	0.003	0.3	0.75	0.8	0.9
-	270	192	168	146	146	146
3	183	130	114	75	75	75
5	151	107	66	82	82	81
10	80	57	50	43	43	43
15	32	22	20	17	17	18
20	14	10	8	7	7	7

Таблица 20

Зависимость электрического сопротивления
пористого электрода (порядковый номер 15) с изотопами углерода ^{13}C
от давления сжатия, Ом·см

Давление сжатия, 10^5 Па	Отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в пористом электроде					
	0.001	0.003	0.3	0.75	0.8	0.9
-	398	290	260	217	217	217
3	265	193	173	145	145	145
5	212	154	138	116	116	116
10	132	96	86	72	72	72
15	71	51	46	39	39	39
20	29	21	19	16	16	16

Таблица 21

Зависимость электрического сопротивления
пористого электрода (порядковый номер 16) с изотопами углерода ^{13}C
от давления сжатия, Ом·см

Давление сжатия, 10^5 Па	Отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в пористом электроде					
	0.001	0.003	0.3	0.75	0.8	0.9
-	379	268	236	202	202	202
3	191	135	119	101	101	101
5	125	88	78	66	66	66
10	54	38	33	28	28	27
15	14	10	8	7	7	7
20	9	7	6	5	5	5

Таблица 22

Зависимость электрического сопротивления
пористого электрода (порядковый номер 17) с изотопами углерода ^{13}C
от давления сжатия, Ом·см

Давление сжатия, 10^5 Па	Отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в пористом электроде					
	0.001	0.003	0.3	0.75	0.8	0.9
-	112	80	72	61	61	61
3	63	45	40	34	34	35
5	40	28	26	22	22	23
10	11	8	7	6	6	7
15	9	6	5	4	4	5
20	7	5	4	3	3	4

Таблица 23

Зависимость электрического сопротивления
пористого электрода (порядковый номер 18) с изотопами углерода ^{13}C
от давления сжатия, Ом·см

Давление сжатия, 10^5 Па	Отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в пористом электроде					
	0.001	0.003	0.3	0.75	0.8	0.9
-	503	372	335	280	280	280
3	312	231	208	173	173	173
5	259	191	172	143	143	143
10	180	133	120	100	100	100
15	102	75	68	56	56	55
20	40	29	26	22	22	21

Таблица 24

Зависимость содержания тяжелых изотопов углерода ^{13}C в элементе пористого углеродного материала от количества прокачек «п» водного раствора элемента пористого углеродного материала через кавитационный реактор посредством шестеренчатого насоса

Характеристики	Отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в элементе пористого углеродного материала / процентное содержание углерода ^{13}C ко всему углероду в элементе пористого углеродного материала							
	0.003 / 0.3%	0.03 / 3%	0.2 / 20%	0.3 / 30%	0.4 / 40%	0.5 / 50%	0.6 / 60%	0.75 / 75%
Количество прокачек «п»	5000	6900	7250	7300	7500	7600	7700	7800

Литература.

1. Р.Ф.Ганиев, В.И.Кормилицын, Л.И.Украинский. Волновая технология приготовления альтернативных видов топлив и эффективность их сжигания.- М.:Научно-издательский центр «Регулярная и хаотическая динамика», 2008.-116 с./.

2. Патент ЕАПВ 020060, опубл. 29.08.2014.
3. Патент ЕАПВ 020129, опубл. 29.08.2014.
4. Патент ЕАПВ 020143, опубл. 29.08.2014.
5. Патент ЕАПВ 020405, опубл. 30.10.2014.
6. Патент ЕАПВ 020167, опубл. 30.09.2014.
7. Патент ЕАПВ 020168, опубл. 30.09.2014.
8. Патент ЕАПВ 020270, опубл. 30.09.2014.
9. Патент ЕАПВ 020164, опубл. 30.09.2014.

10. Разделение изотопов. Физическая энциклопедия.

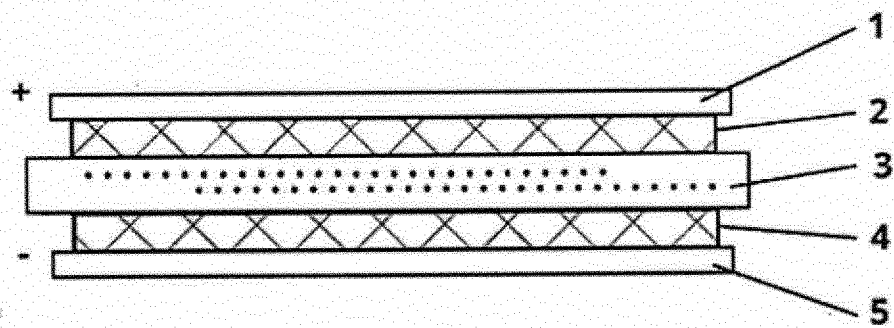
http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/1071/ИЗОТОПОВ.

11. О. В. Мосин. Нанотехнология и включение атомов дейтерия ^2H , углерода ^{13}C , азота ^{15}N , и кислорода ^{18}O в молекулы аминокислот и белков.

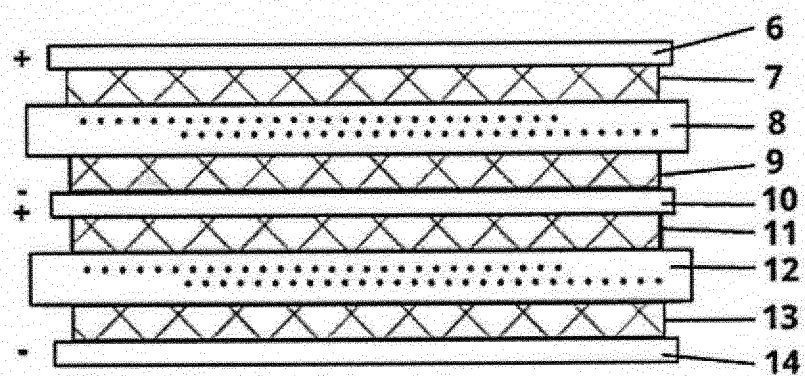
http://samlib.ru/o/oleg_w_m/cdocumentsandsettingsolegmosinmoidokumentynanotehnologijaiwkljuchenieatomowdejterija2hrtf.shtml.

Формула изобретения

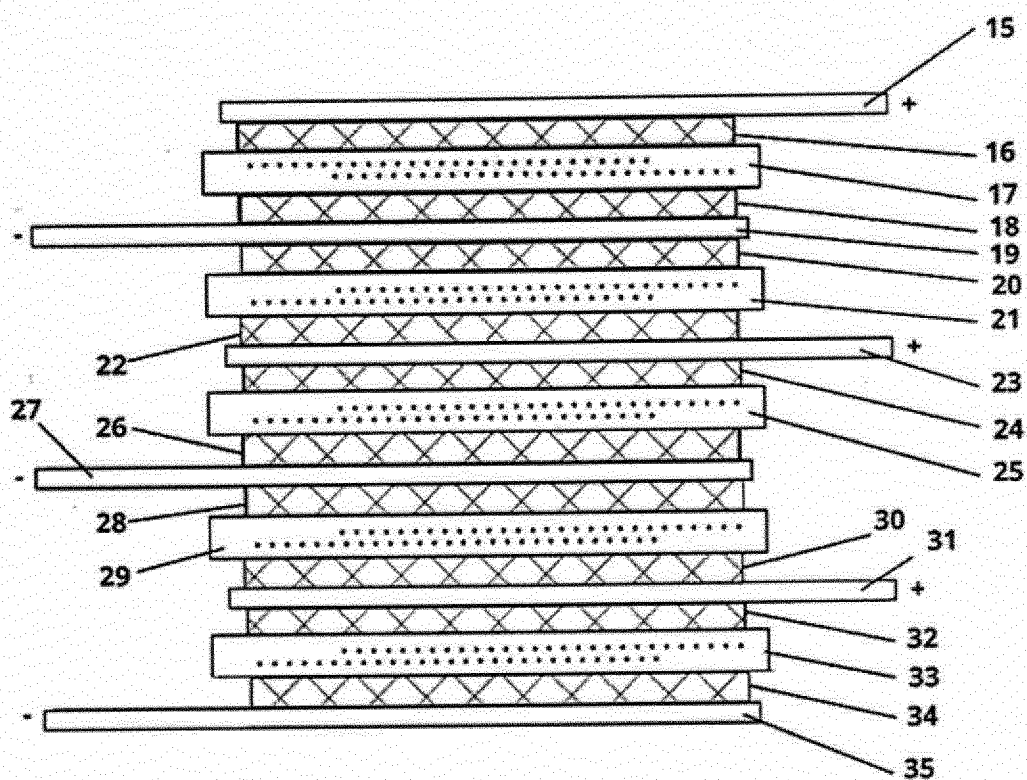
Накопитель электрической энергии с двойным электрическим слоем, содержащий пропитанные электролитом электроды, разделенные сепаратором, при этом электроды выполнены с использованием пористого углеродного материала и электроды расположены между токосъемниками, а электролит выполнен с использованием ионной жидкости, отличающийся тем, что пористый углеродный материал выполнен таким образом, что содержит изотопы углерода ^{13}C , и отношение количества изотопов углерода ^{13}C к общему количеству углерода в электродах составляет величину от 0.003 до 0.75.



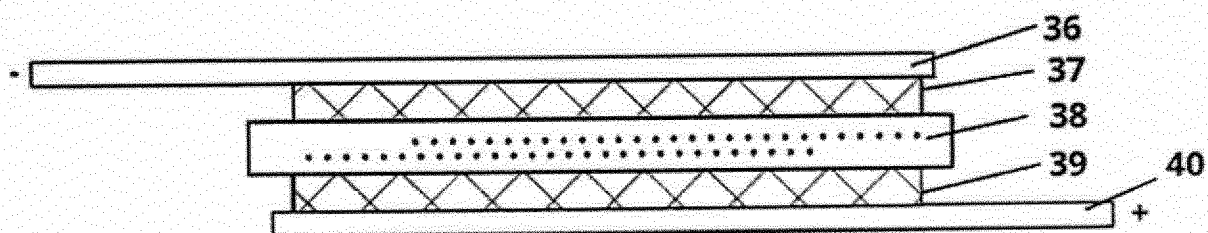
Фиг.1



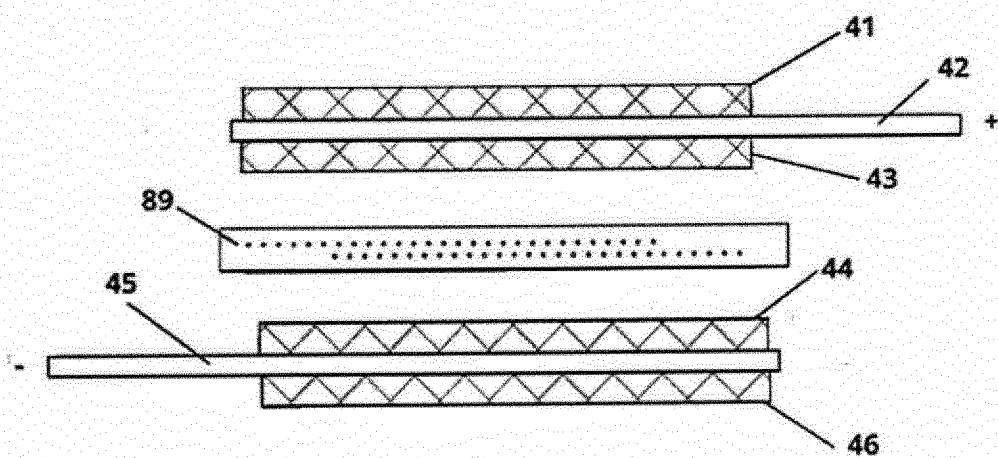
Фиг.2



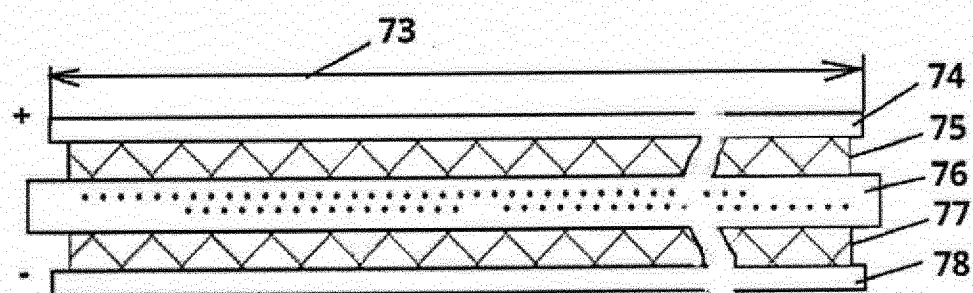
Фиг.3



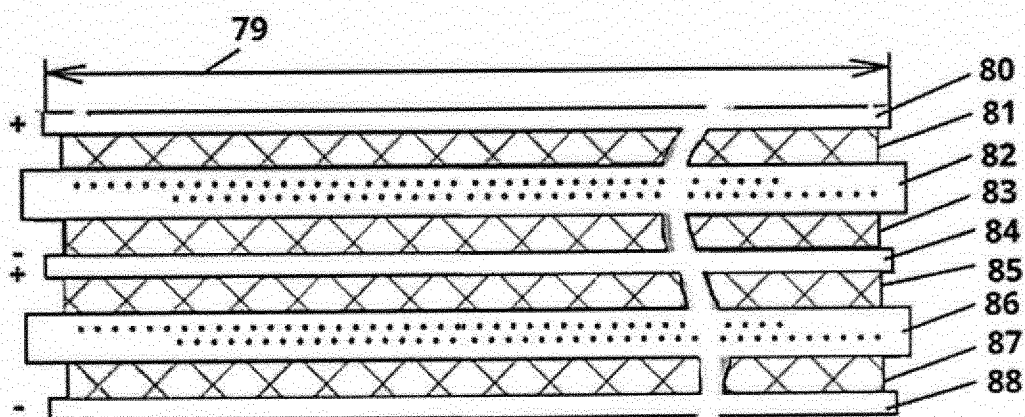
Фиг.4



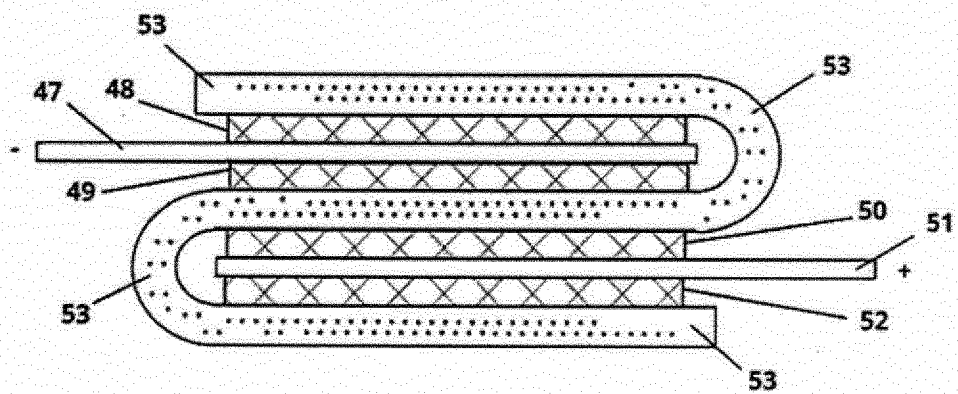
Фиг.5



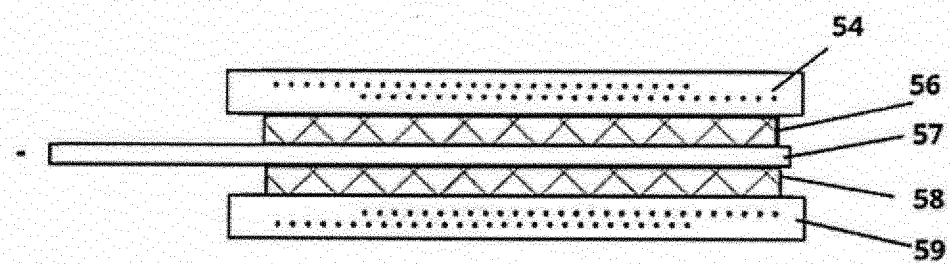
Фиг.6



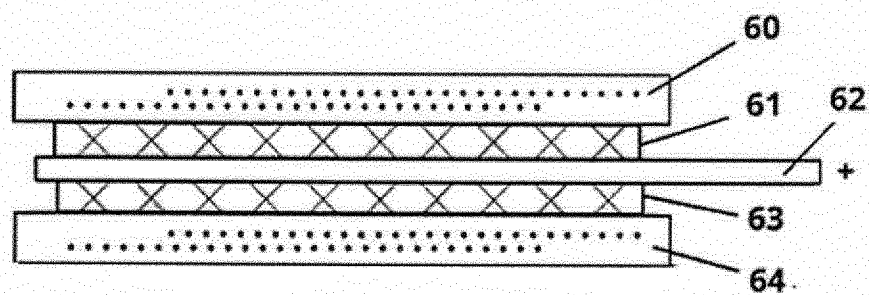
Фиг.7



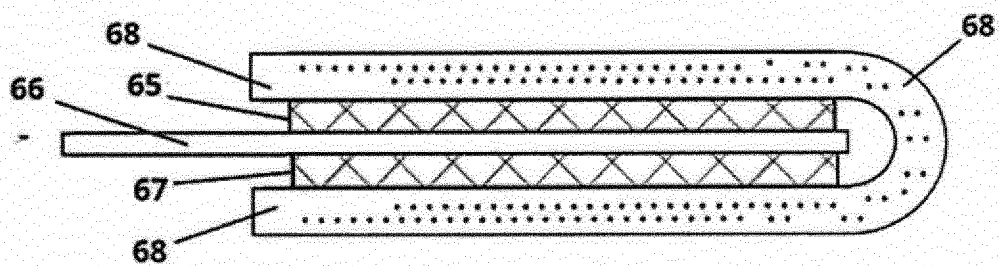
Фиг. 8



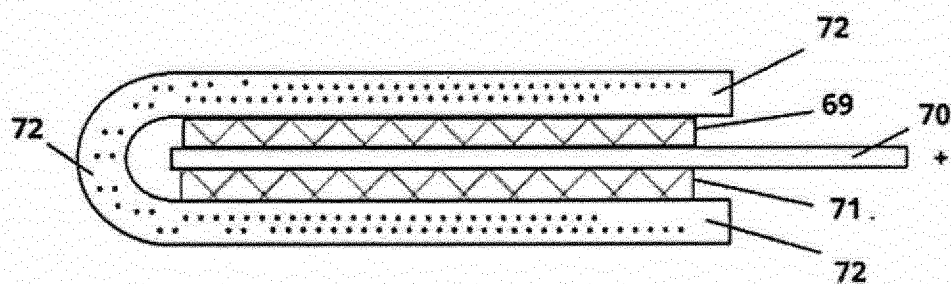
Фиг.9



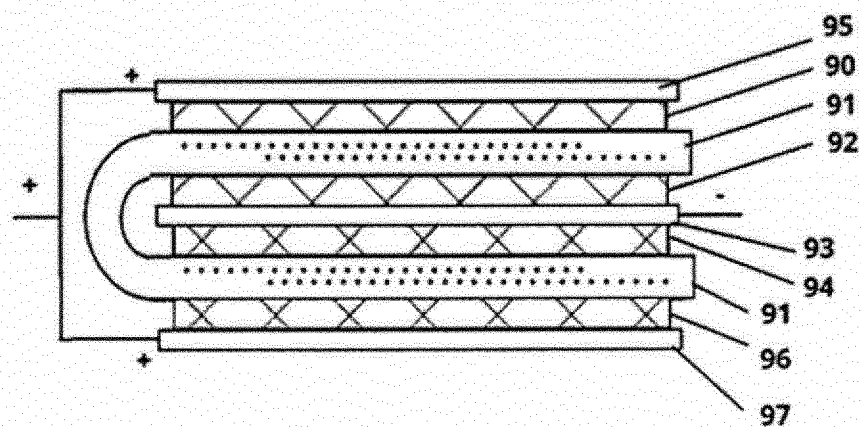
Фиг.10



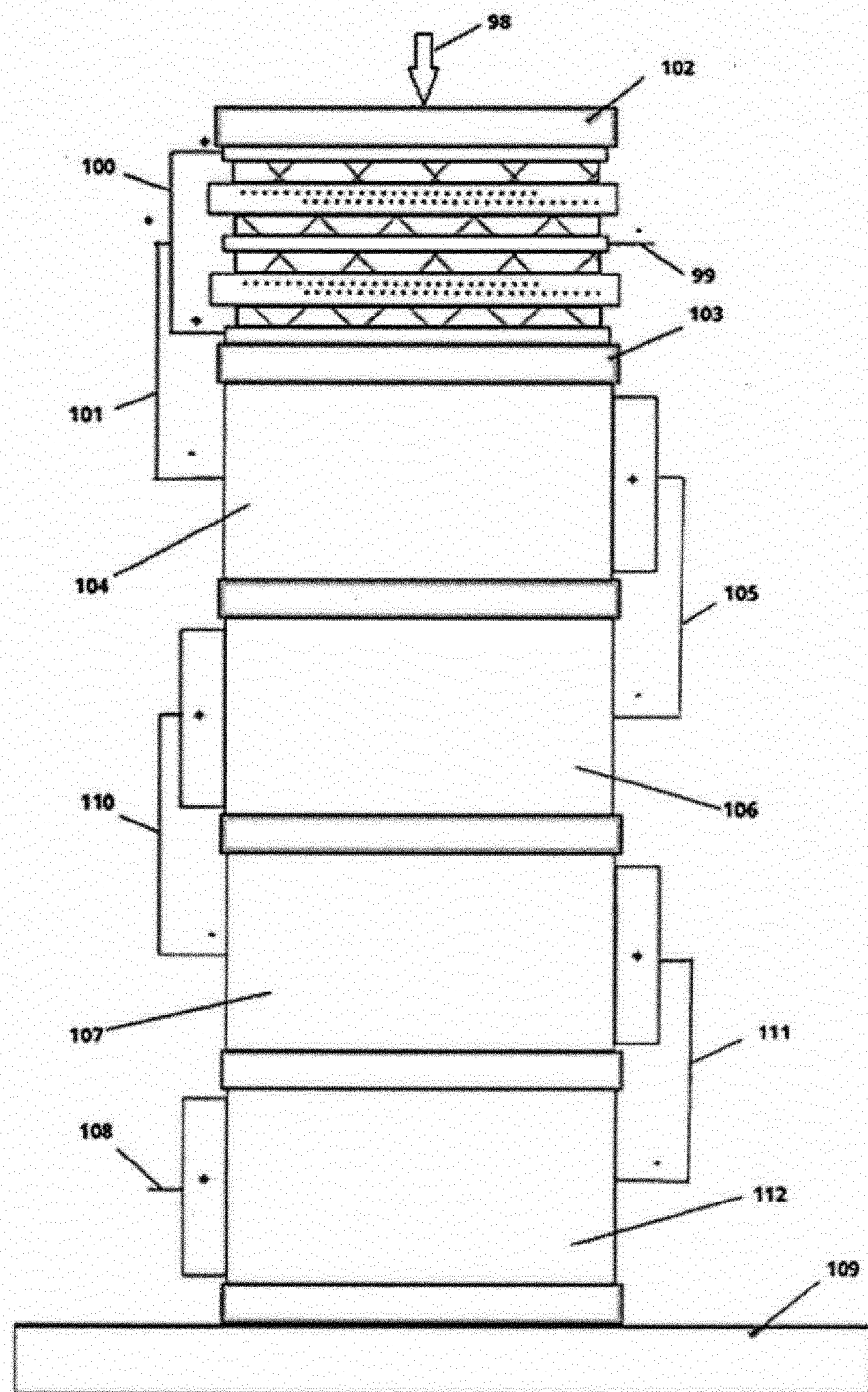
Фиг.11



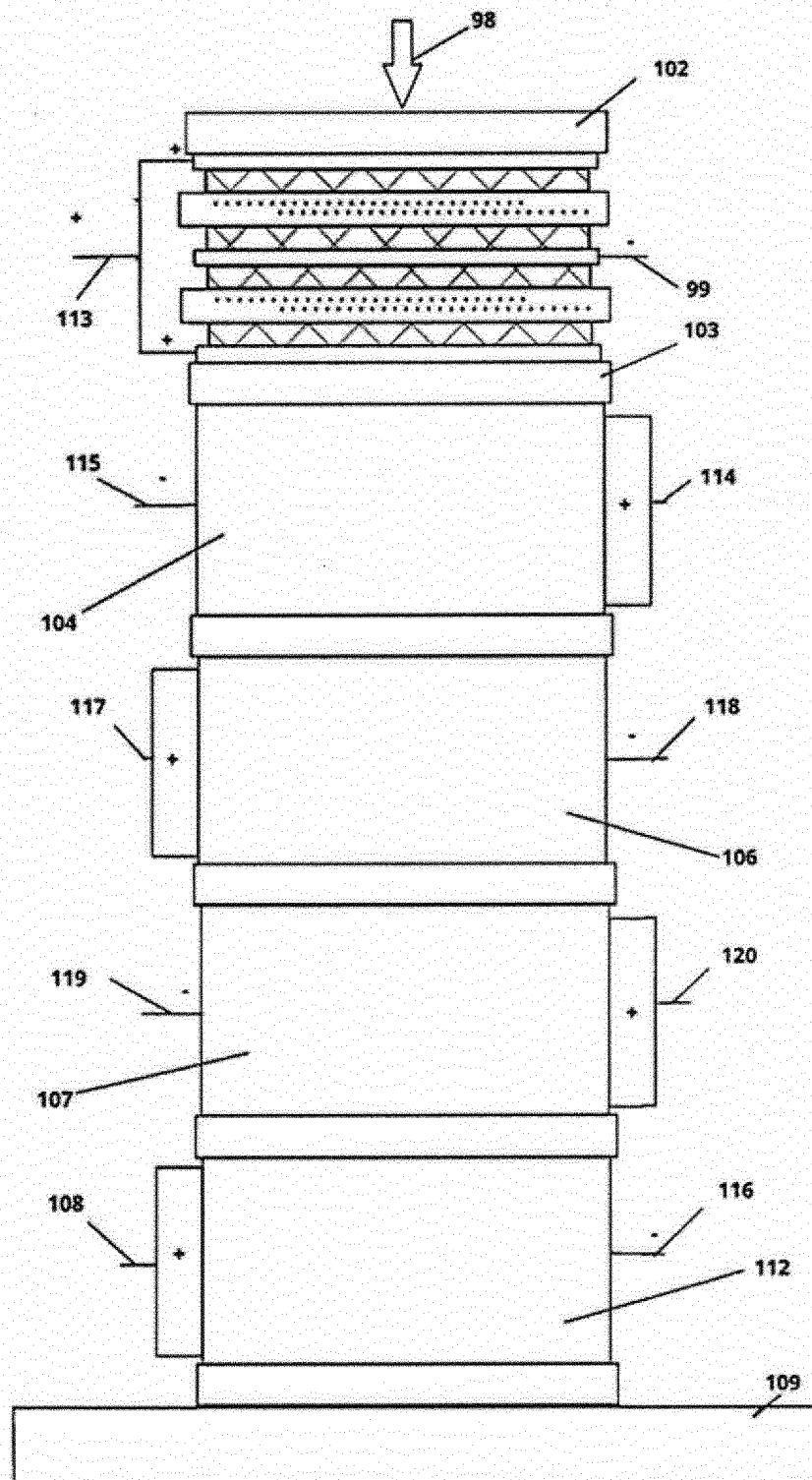
Фиг.12



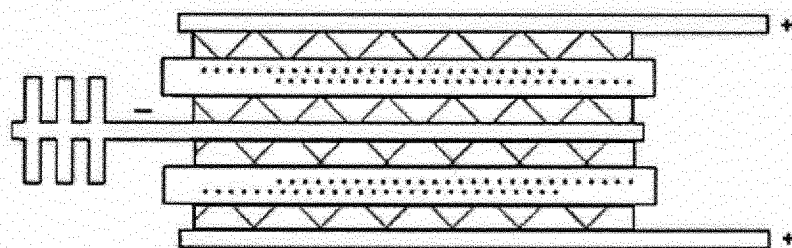
Фиг. 13



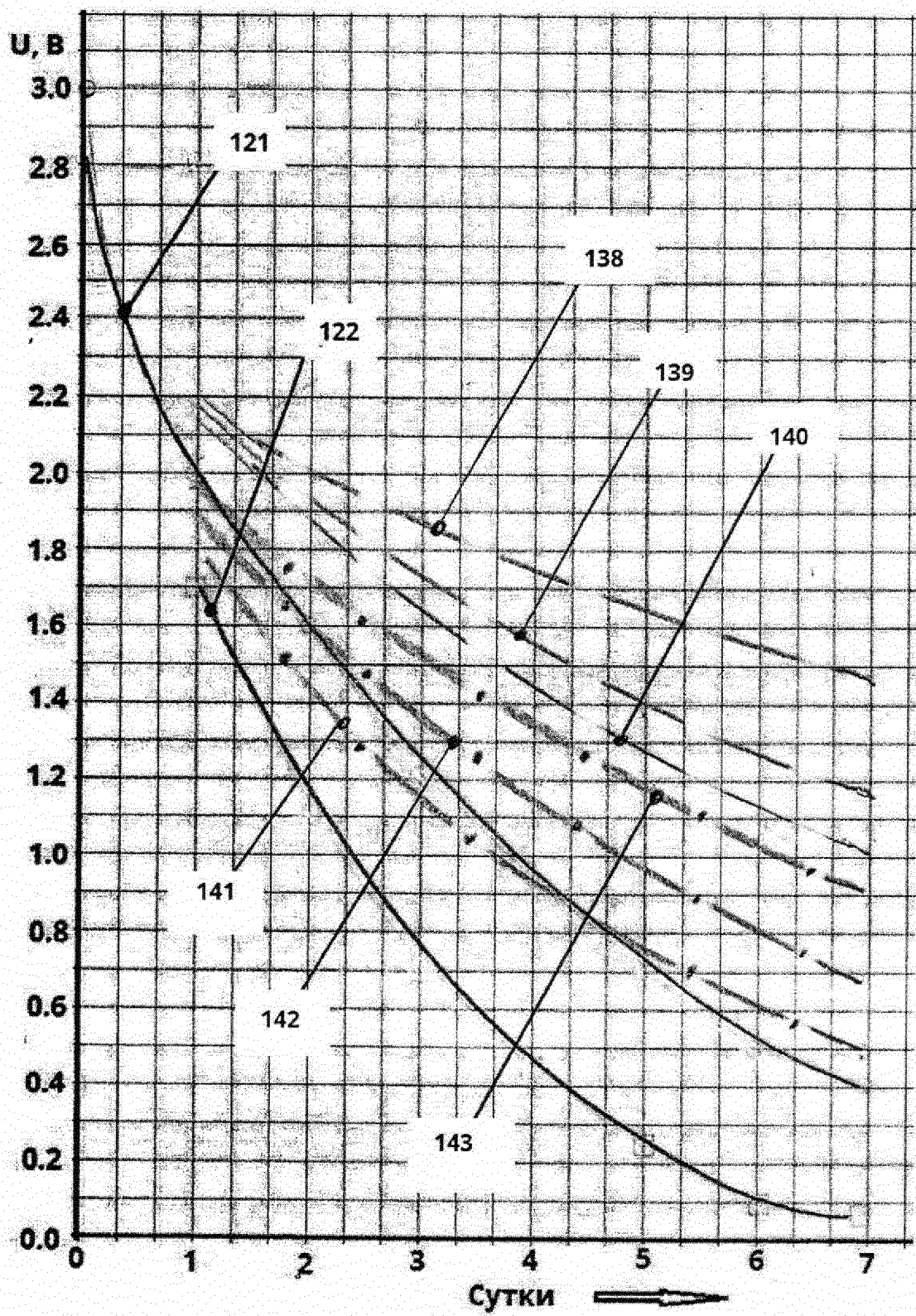
Фиг. 14



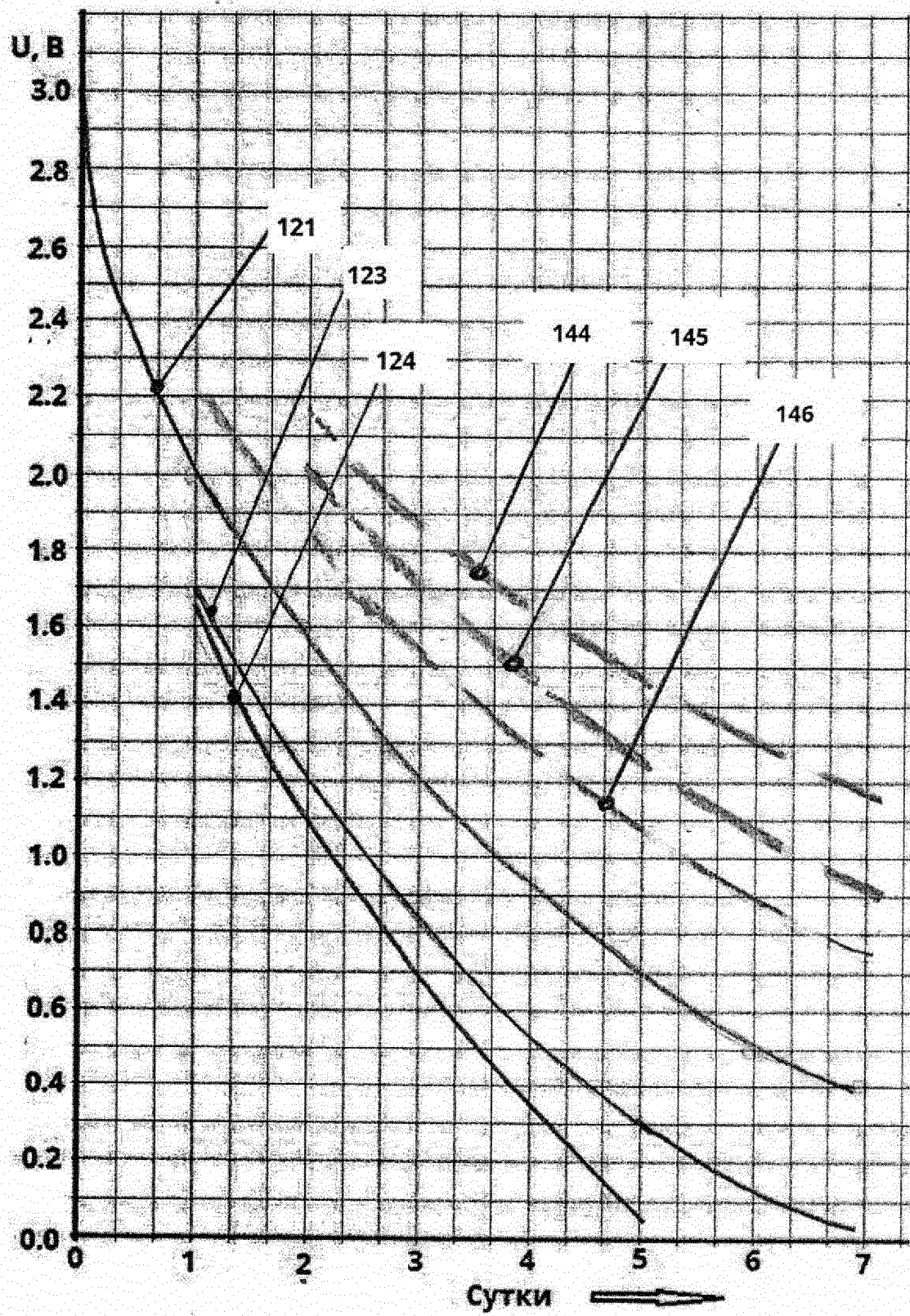
Фиг.15



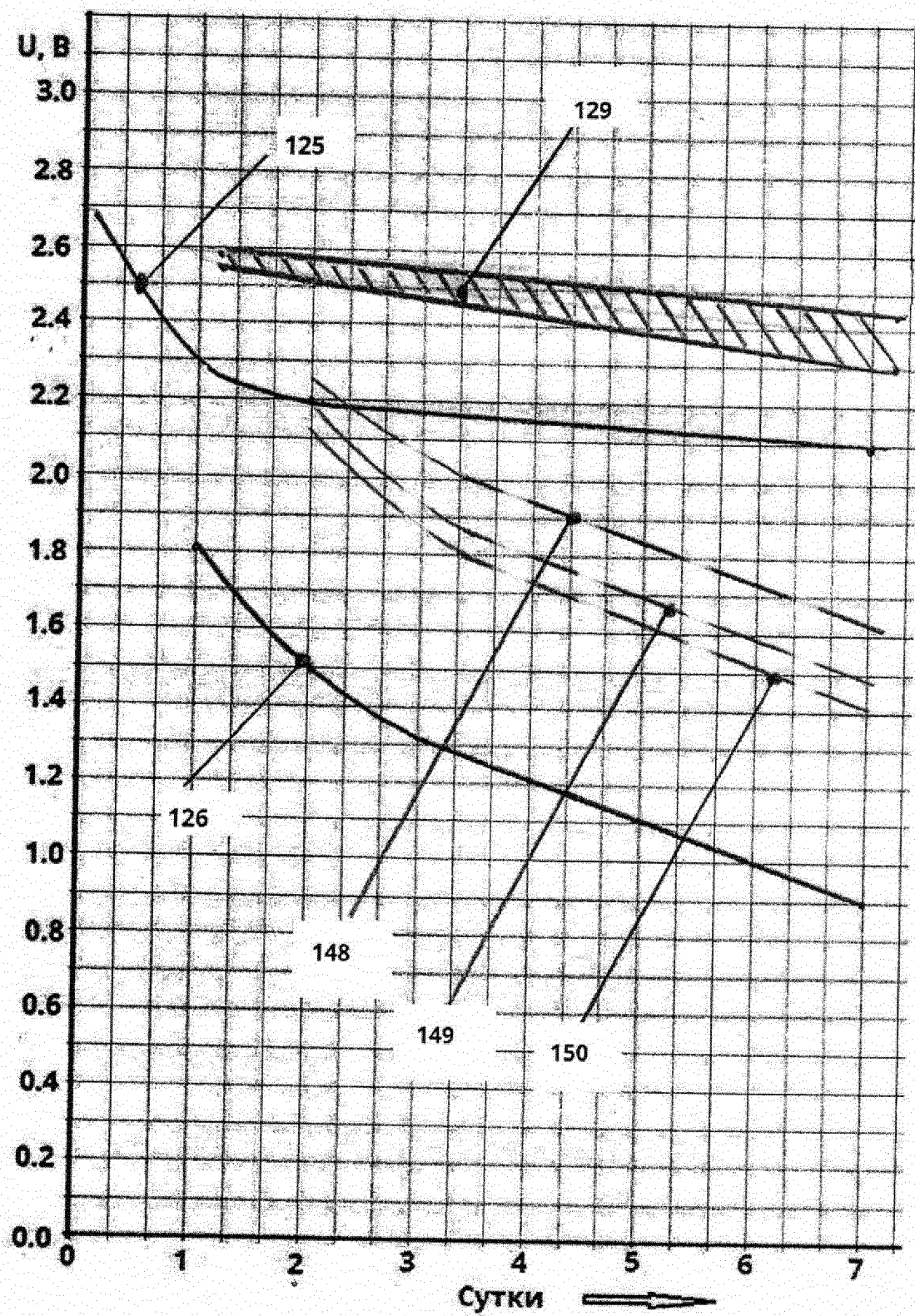
Фиг. 16



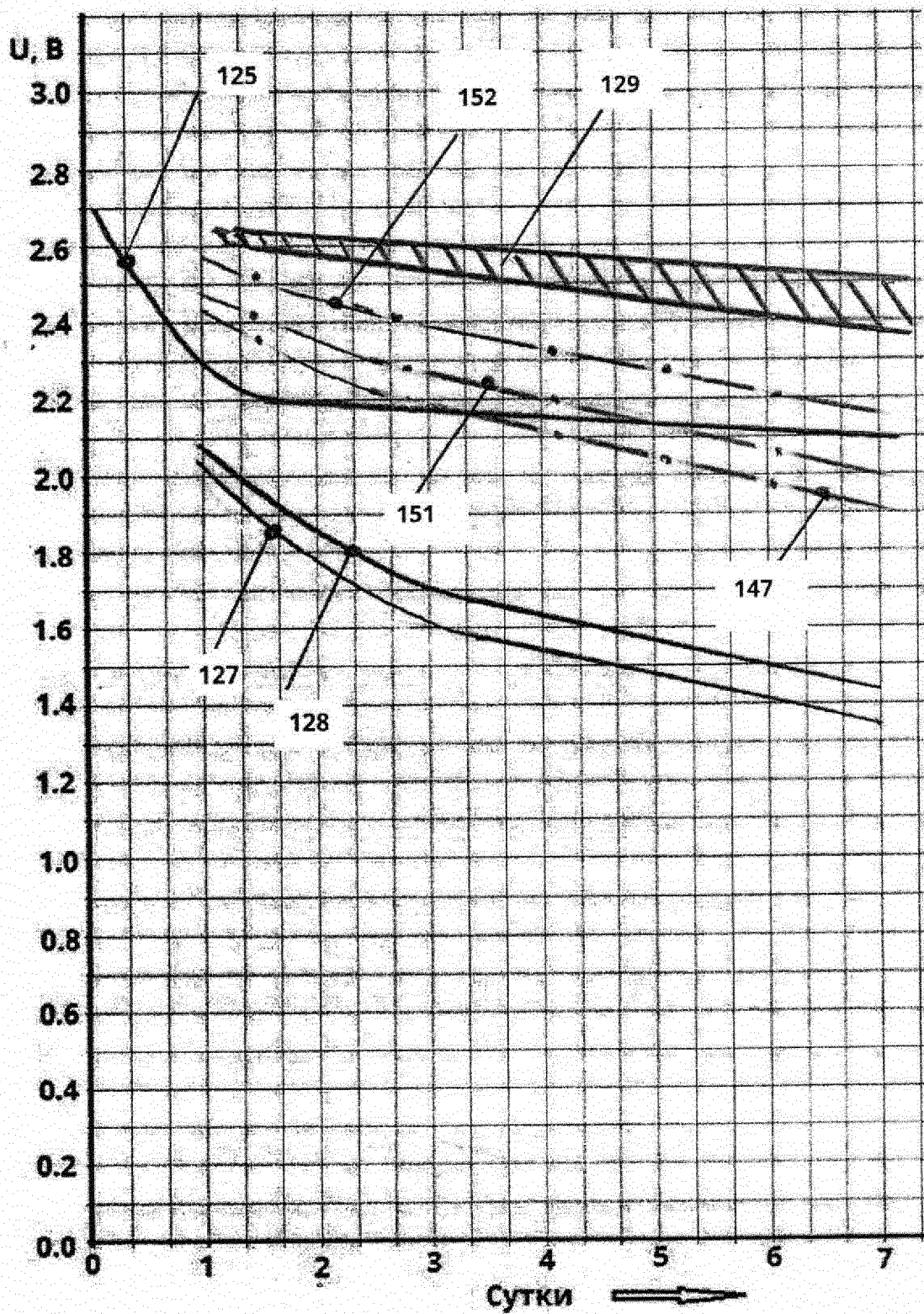
Фиг.17



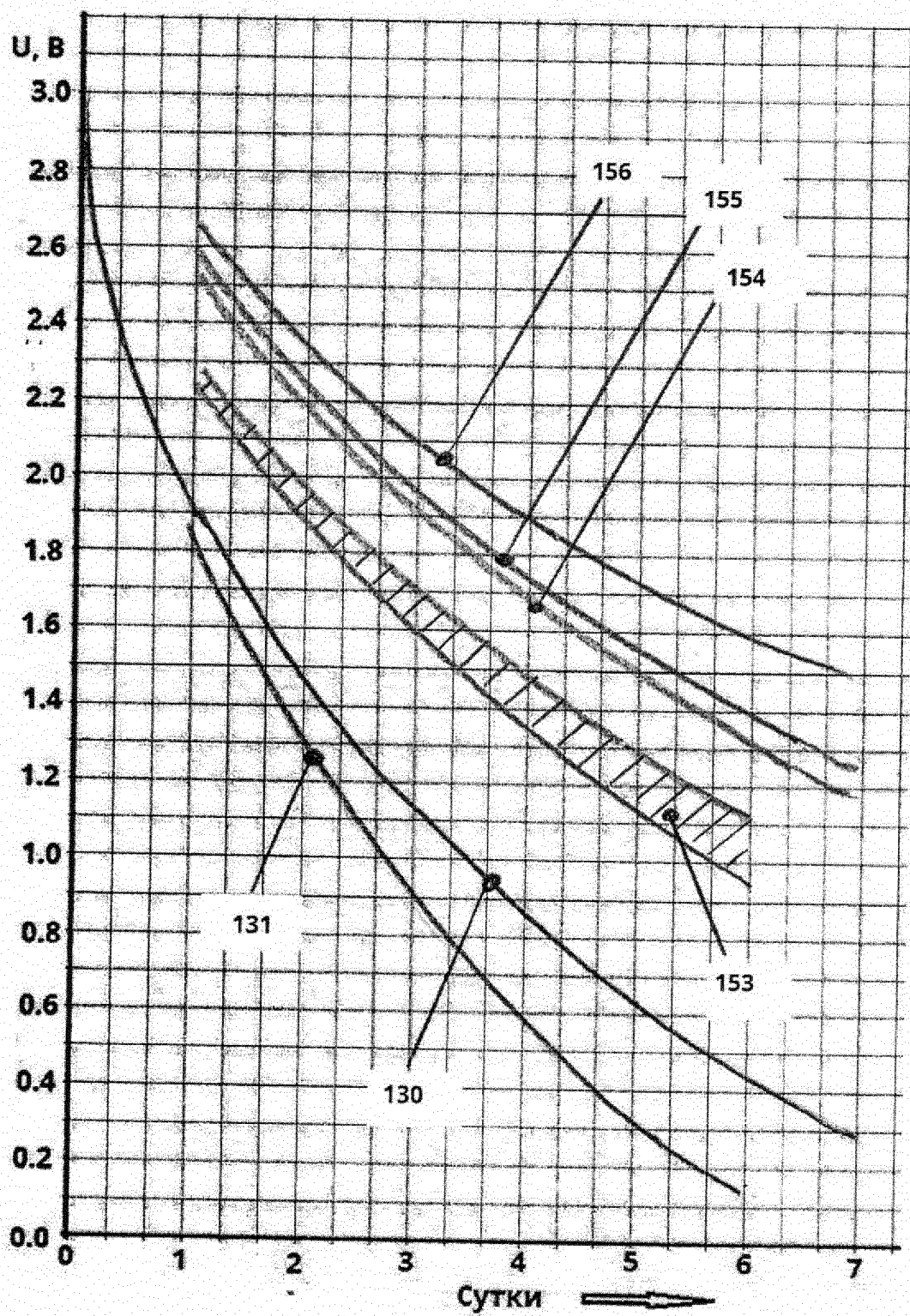
Фиг.18



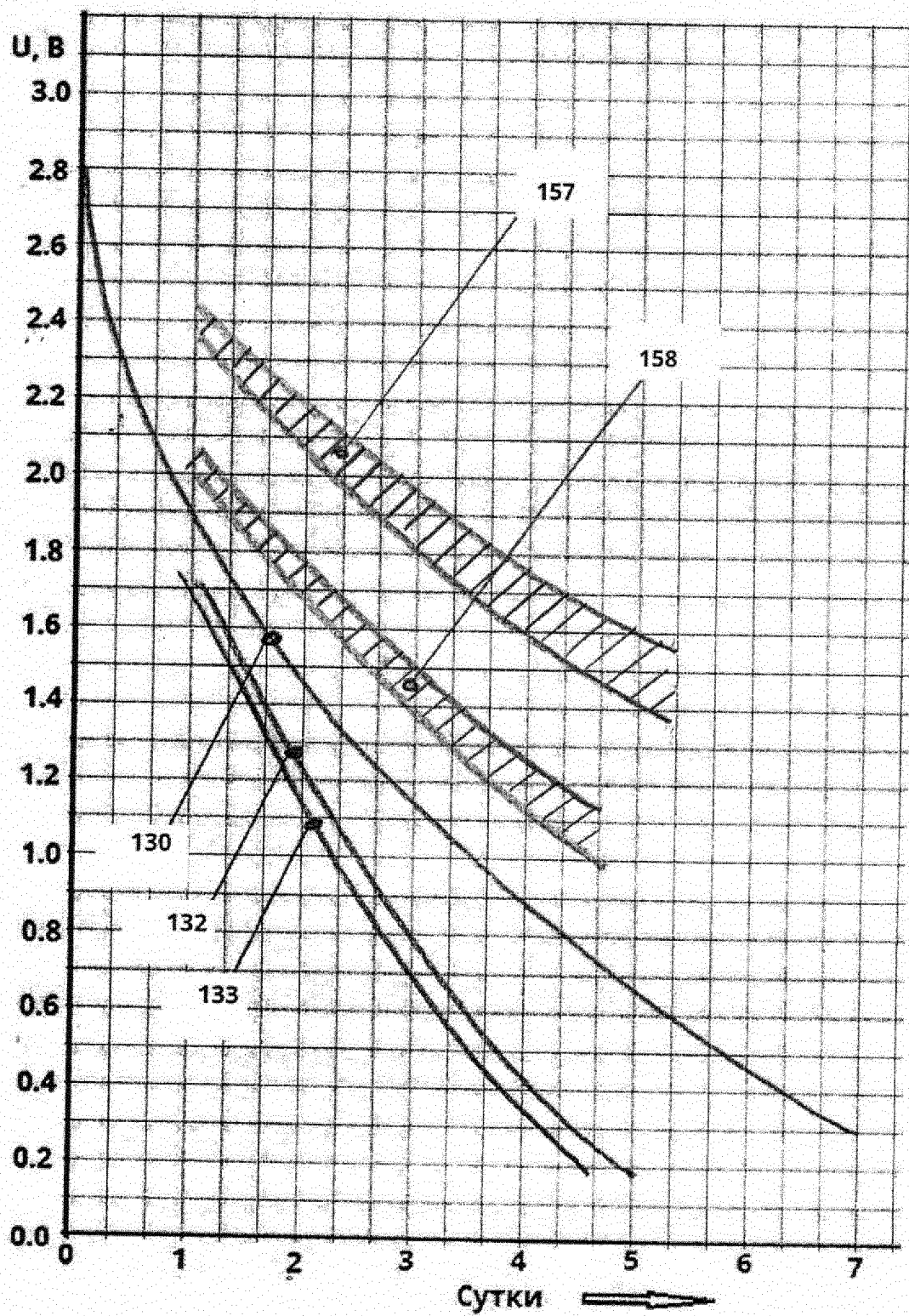
Фиг.19



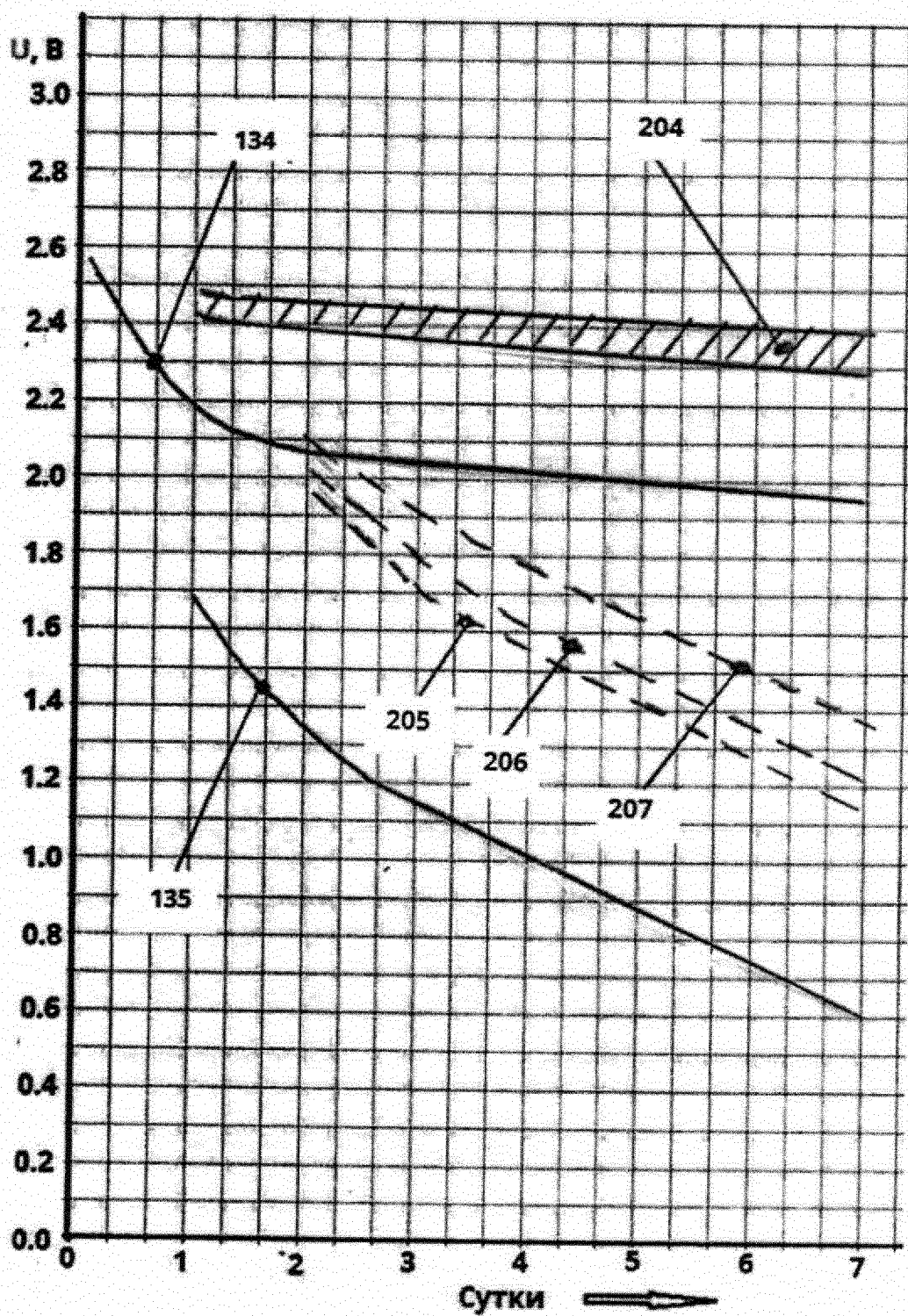
Фиг.20



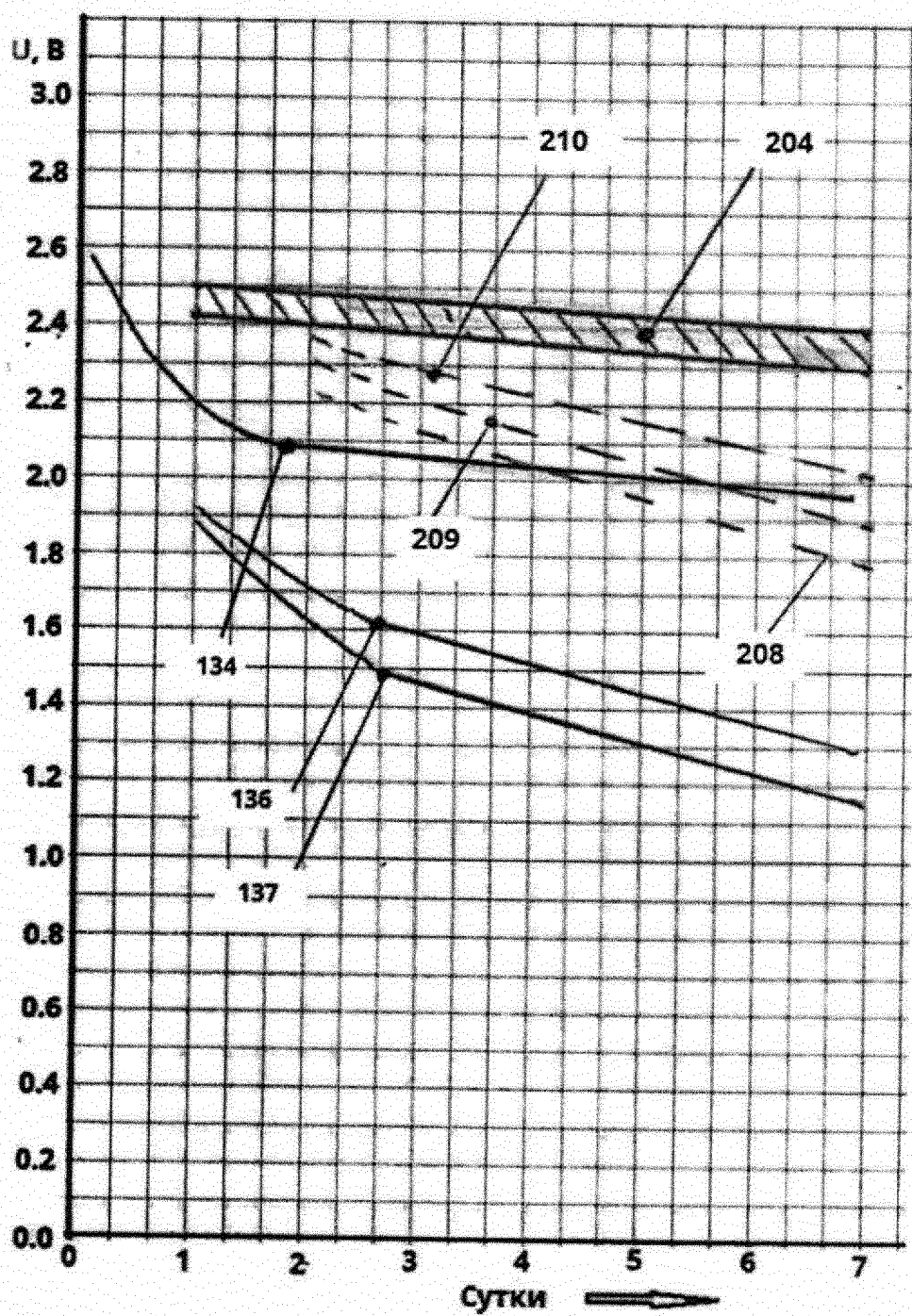
Фиг.21



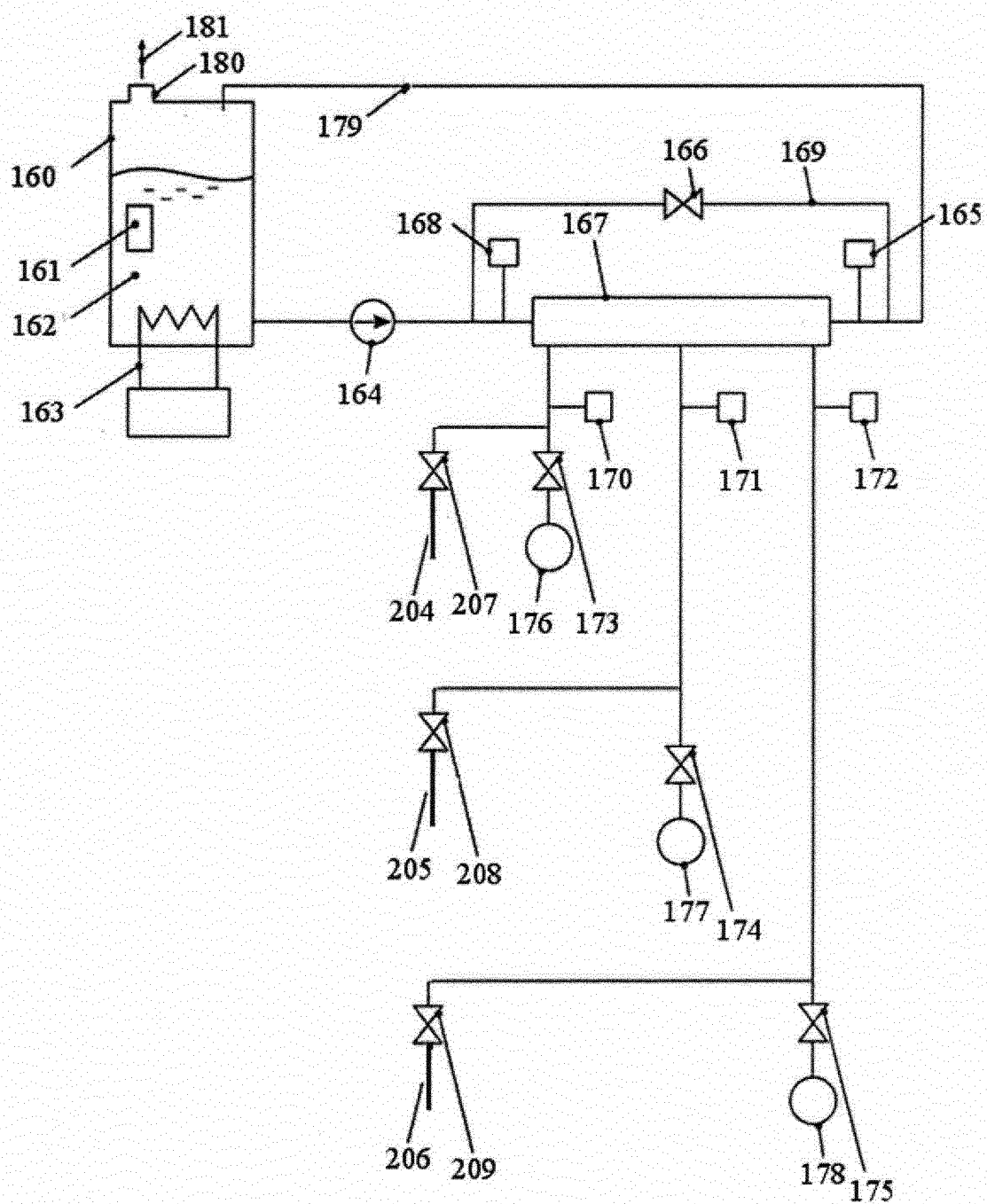
Фиг.22



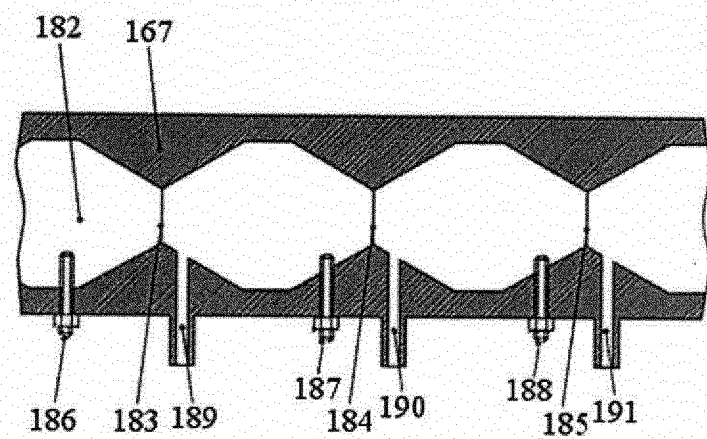
Фиг.23



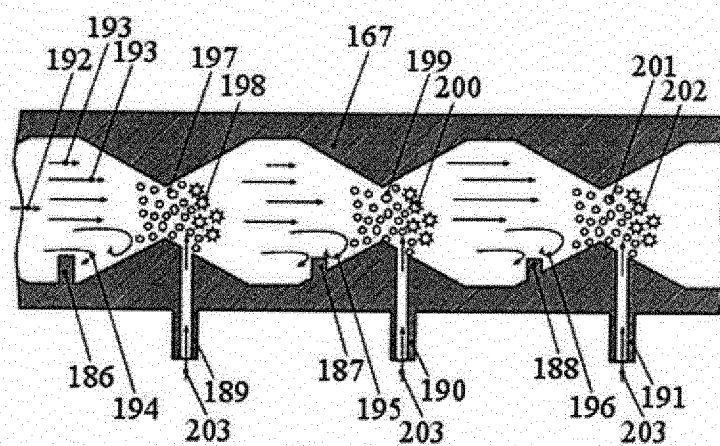
Фиг.24



Фиг.25



Фиг.26



Фиг.27

ЕВРАЗИЙСКОЕ ПАТЕНТНОЕ ВЕДОМСТВО

ОТЧЕТ О ПАТЕНТНОМ
ПОИСКЕ(статья 15(3) ЕАПК и правило 42
Патентной инструкции к ЕАПК)

Номер евразийской заявки:

201800419

Дата подачи: 10/08/2018		Дата испрашиваемого приоритета:	
Название изобретения: НАКОПИТЕЛЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ С ДВОЙНЫМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СЛОЕМ			
Заявитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "ТЭЭМП ПРОИЗВОДСТВО"			
☐ Некоторые пункты формулы не подлежат поиску (см. раздел I дополнительного листа).			
☐ Единство изобретения не соблюдено (см. раздел II дополнительного листа)			
А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ: <i>H01G 11/32 (2018.07)</i> <i>H01G 9/145 (2018.07)</i> <i>H01M 4/04 (2018.07)</i>			
Согласно Международной патентной классификации (МПК)			
Б. ОБЛАСТЬ ПОИСКА:			
Минимум просмотренной документации (система классификации и индексы МПК) H01G 11/00-H0G 11/86, H01G 9/00-H0G 9/28, H01M 4/00- H01M 4/98			
Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в область поиска:			
В. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ			
Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №	
X	RU 98846 U1 (РАН ОИВТ) 2010.10.27, смотри весь документ	1	
X	RU 2 612 192 C1 (ОАО "Элеконд") 2017.03.03, смотри весь документ	1	
X	US 2013/0213677 A1 (Zhamu Aruna, Chen Guorong, Xiong Wei, Jang Borz, Wang Yanbo, Fang Qing), 2013-08-22, смотри весь документ	1	
A	RU 2 660 819 C1 (ФГБУ науки Институт нанотехнологий микроэлектроники Российской академии наук), 2018.07.10, смотри весь документ	1	
A	Радциг А.А., Смирнов Б.М. «Параметры атомов и атомных ионов. Справочник», Энергоатомиздат, 1986, с.19, таблица 2.1, строки 11-12, колонки 1-3	1	
☐ последующие документы указаны в продолжении графы В ☐ данные о патентах-аналогах указаны в приложении			
* Особые категории ссылочных документов: "А" документ, определяющий общий уровень техники "Е" более ранний документ, но опубликованный на дату подачи евразийской заявки или после нее "О" документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д. "Р" документ, опубликованный до даты подачи евразийской заявки, но после даты испрашиваемого приоритета "D" документ, приведенный в евразийской заявке "Т" более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения "Х" документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну или изобретательский уровень, взятый в отдельности "У" документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий изобретательский уровень в сочетании с другими документами той же категории "&" документ, являющийся патентом-аналогом "L" документ, приведенный в других целях			
Дата действительного завершения патентного поиска: 01/04/2019			
Уполномоченное лицо:		 М.Б. Смирнов Телефон: +7(495)411-61-61*318	
Главный эксперт Отдела механики, физики и электротехники			