

...РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 767 065** (13) **C1**

(51) МПК
A23L 15/00 (2016.01)
 (52) СПК
A23L 15/00 (2021.08)

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 20.03.2022)
 Пошлина: Установленный срок для уплаты пошлины за 3 год: с 30.10.2021 по 29.10.2022. При
 уплате пошлины за 3 год в дополнительный 6-месячный срок с 30.10.2022 по 29.04.2023
 размер пошлины увеличивается на 50%.

(21)(22) Заявка: **2020135798**, **29.10.2020**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
29.10.2020Дата регистрации:
16.03.2022Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **29.10.2020**(45) Опубликовано: **16.03.2022** Бюл. № **8**

(56) Список документов, цитированных в отчете о
 поиске: **RU 2235470 C2, 10.09.2004. RU**
2316989 C2, 20.02.2008. RU 2115976 C1,
20.07.1998. RU 2074004 C1, 27.02.1997. SU
1734632 A1, 23.05.1992. DE 3716942 C2,
30.11.1995. DE 68916331 T2, 05.01.1995. CN
109788745 A, 21.05.2019.

Адрес для переписки:
620016, Свердловская обл., г. Екатеринбург,
ул. Амундсена, 106, ИЭФ УрО РАН

(72) Автор(ы):

Соковнин Сергей Юрьевич (RU),
Шкуратова Ирина Алексеевна (RU),
Кривоногова Анна Сергеевна (RU),
Исаева Альбина Геннадьевна (RU),
Балезин Михаил Евгеньевич (RU),
Вазиров Руслан Альбертович (RU),
Моисеева Ксения Викторовна (RU),
Баранова Анна Александровна (RU),
Мусихина Нина Борисовна (RU),
Романова Алиса Сергеевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт
электрофизики Уральского отделения
Российской академии наук (RU),
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Уральский государственный
аграрный университет" (RU)

(54) Способ дезинфекции меланжа и устройство для его осуществления

(57) Реферат:

Изобретение относится к пищевой промышленности, а именно к дезинфекции жидких продуктов, конкретно, меланжа. Предложенный способ дезинфекции меланжа предусматривает обработку его в бескислородной атмосфере первоначально серией наносекундных высоковольтных импульсов, а затем электронным пучком. Обработку меланжа проводят высоковольтными импульсами с длительностью менее 20 нс в проточной камере с напряженностью электрического поля в жидкости не менее $6 \cdot 10^6$ В/м в режимах 160 Гц и 315 Гц. Обработку электронным пучком осуществляют таким образом, чтобы поглощенная доза составляла 5-20 кГр. При этом меланж подают при давлении 0,2-2 атм, которое задает его скорость подачи и отвода. Предложенное устройство для дезинфекции меланжа содержит генератор высоковольтных импульсов, ускоритель электронов, расходную емкость, проточную камеру, камеру облучения, приемную емкость, газовый баллон, редуктор и электромагнитные клапаны, причем камера облучения образована выходной фольгой ускорителя, выходным фланцем ускорителя электронов с ребрами жесткости для поддержки

выходной фольги и задней крышкой с отверстиями для подвода и отвода меланжа. При этом камера облучения выполнена так, что поток меланжа в ней направлен перпендикулярно прогибам выходной фольги, создаваемыми между ребер жесткости выходного фланца при вакуумировании. При этом генератор высоковольтных наносекундных импульсов выполнен с полупроводниковым прерывателем тока, а проточная камера выполнена с коаксиальными электродами, так что диаметры внешнего D_1 и внутреннего D_2 электродов находятся в соотношении $D_1/D_2 \leq 2$, причем внешний электрод является корпусом, на котором имеются патрубки для подвода и отвода меланжа. При совместной обработке ускоренными электронами и высоковольтными импульсами установили синергический эффект, который позволяет уменьшить поглощенную дозу в 10 раз (до 5 кГр) по сравнению с дезинфекцией только ускоренными электронами без изменения физико-химических и потребительских свойств меланжа. 2 н.п. ф-лы, 1 табл., 3 ил.

Изобретение относится к пищевой промышленности, а именно к стерилизации жидких продуктов, конкретно, меланжа.

Продукты питания должны быть безопасны для потребителя. Одним из факторов опасности является микробиологическая загрязненность. Поэтому в производстве пищевых продуктов ведется непрерывный микробиологический контроль. При этом контроль микробиологической загрязненности включает контроль как общей микробиологической загрязненности, так и наличия/отсутствия отдельных видов особо опасных патогенных микроорганизмов. Требуемый уровень микробиологической безопасности достигается за счет применения комплекса санитарно-гигиенических мер при изготовлении и расфасовке пищевых продуктов. В настоящее время практически единственным способом снижения микробиологической загрязненности пищевых продуктов является термическая обработка. Однако термическая стерилизация ведет к необратимому изменению свойств сырья, что не всегда допустимо. Применяемые химические способы, например, засаливание, засахаривание приводят к тому же результату. Поэтому для увеличения сроков хранения пищевых продуктов широко применяется термическая пастеризация с последующим охлаждением до температур, при которых размножение микроорганизмов затруднено.

При производстве меланжа используют пастеризацию [1], продолжительность пастеризации 40 секунд при температуре 60°C, при этом погибает 98-99% вегетативной микрофлоры. Однако данный метод имеет недостатки, так как требуются большие энергозатраты на проведение пастеризации, а кроме того пастеризация не приводит к полному уничтожению патогенных микроорганизмов [2].

Альтернативой является радиационная стерилизация вследствие универсальности поражающего действия ионизирующего излучения на любые биологические объекты. При этом доза радиационной стерилизации (независимо от вида излучения) не превышает 25 кГр[3].

К недостатку радиационной стерилизации относится ее повышенная опасность для обслуживающего персонала. Однако эту опасность можно уменьшить, оптимизируя источник излучения. Например, в качестве источника излучения может быть использован ускоритель электронов. Серьезной проблемой при облучении непосредственно с помощью этого ускорителя является неоднородность поглощенной дозы по глубине, что связано с небольшой проникающей способностью ускоренных электронов.

Известен способ антимицробной обработки жидкости [4], который состоит в том, что жидкость в потоке в коаксиальной геометрии электродов обрабатывается серией высоковольтных импульсов, длительностью менее 20 нс, создающими амплитуду напряженности электрического поля не менее $6 \cdot 10^6$ В/м. Возникающее при обработке в жидкости электрическое поле с высокой скоростью нарастания приводит к разрушению (электрическому пробое) жизненноважных частей микроорганизмов (мембран), что приводит к гибели этих микроорганизмов [5]. Процесс разрушения происходит на фронте импульса, поэтому уменьшение длительности импульса позволяет уменьшить энергозатраты на процесс обработки и тем самым уменьшить

нагрев жидкости. Для исключения образования пузырьков в жидкости она должна подаваться на обработку под повышенным давлением, одновременно это давление обеспечивает протекание обрабатываемой жидкости через систему электродов и задает скорость ее подачи и отвода.

Ближайшим аналогом изобретения (прототип) является изобретение «Способ стерилизации меланжа и устройство для его реализации» [6], который состоит в том, что меланж обрабатывают электронным пучком в бескислородной атмосфере, при этом поглощенная доза не превышает 50 кГр. Обработка меланжа проводится с помощью специально разработанного устройства для стерилизации меланжа, содержащего ускоритель электронов, расходную емкость, камеру облучения и приемную емкость. При этом камера облучения образована выходной фольгой ускорителя, выходным фланцем ускорителя электронов с ребрами жесткости для поддержки выходной фольги и задней крышкой с отверстиями для подвода и отвода меланжа, выполнена так, что поток меланжа в камере направляется перпендикулярно прогибам выходной фольги, создающимся при вакуумировании между ребер жесткости выходного фланца.

Недостатком прототипа является большая величина используемой поглощенной дозы при облучении электронным пучком. В пищевых продуктах возможно протекание различных химических реакций, которые могут изменить органолептические свойства продуктов, которые не обнаруживаются современными методами диагностики. Это вынуждает устанавливать предельные поглощенные дозы при облучении различных продуктов. Поэтому снижение поглощенной дозы при дезинфекции имеет очень важное значение.

Технической задачей решаемой в данном изобретении было создание способа дезинфекции меланжа для увеличения сроков хранения и очистки от патогенных микроорганизмов при пониженной поглощенной дозе электронного пучка.

Решением поставленной задачи было то, что способ дезинфекции предусматривает обработку меланжа предварительно серией наносекундных высоковольтных импульсов с длительностью менее 20 нс в проточной камере с напряженностью электрического поля в меланже не менее $6 \cdot 10^6$ В/и, а затем электронным пучком. Обработку осуществляют в бескислородной атмосфере таким образом, чтобы поглощенная доза не превышала 20 кГр, при этом меланж подается при повышенном давлении, которое задает его скорость подачи и отвода.

Устройство для дезинфекции меланжа, содержит генератор высоковольтных импульсов, ускоритель электронов, расходную емкость, проточную камеру, камеру облучения, приемную емкость, газовые баллон, редуктор и электромагнитные клапаны. Камера облучения, образована выходной фольгой ускорителя, выходным фланцем ускорителя электронов с ребрами жесткости для поддержки выходной фольги и задней крышкой с отверстиями для подвода и отвода меланжа, при этом камера облучения выполнена так, что поток меланжа в ней направлен перпендикулярно прогибам выходной фольги, создаваемыми между ребрами жесткости выходного фланца при вакуумировании; источник высоковольтных наносекундных импульсов выполнен с полупроводниковым прерывателем тока, а проточная камера выполнена с коаксиальными электродами, так что диаметры внешнего D_1 и внутреннего D_2 электродов находятся в соотношении $D_1/D_2 \leq 2$, причем внешний электрод является корпусом, на котором имеются патрубки для подвода и отвода обрабатываемой жидкости.

Предлагаемый способ дезинфекции меланжа и устройство для его реализации были экспериментально проверены. Для реализации способа дезинфекции меланжа использовалось устройство с технологической схемой, представленной на Фиг. 1.

На Фиг. 1. представлена технологическая схема устройства для стерилизации меланжа: 1 - газовый баллон; 2 - расходная емкость; 3 - камера облучения; 4 - приемная емкость; 5 - газовый редуктор, 6 - электроконтактный манометр; VA1, VA2 - электромагнитные клапаны, 7 - ускоритель электронов, 8 - камера обработки, 9 - генератор высоковольтных импульсов.

Данная технологическая схема позволяет проводить обработку меланжа в выбранной бескислородной атмосфере (аргона, углекислого газа или азота), что

позволяет уменьшить воздействие продуктов радиолитического разложения воздуха на сырье. Конструктивно расходная емкость представляет собой бак из нержавеющей стали, в качестве приемной емкости использовались стеклянные банки объемом 1 литр с полиэтиленовыми крышками, через отверстие в которых вводился трубопровод с зазором, обеспечивающим стравливание избытка газа. Герметизация приемных емкостей для проведения анализов производилась целыми полиэтиленовыми крышками. В качестве трубопроводов использовались пластиковые трубки.

Генератор высоковольтных импульсов выполнялся по схеме с полупроводниковым прерывателем тока [7], что позволило получить существенно больший ресурс источника по сравнению с прототипом.

Камера обработки (Фиг. 2) представляет собой коаксиальные электроды 1, 2, выполненные из пищевой нержавеющей стали, разделенные проходным изолятором 3. Внешний электрод 1 является корпусом, на котором имеются патрубки 4 для подвода и отвода обрабатываемой жидкости. На внутренний электрод подается импульс высокого напряжения от генератора высоковольтных импульсов (Фиг. 1). Соотношение диаметров внешнего D_1 и внутреннего D_2 электродов определяет напряженность электрического поля в камере и должно находиться в диапазоне $D_1/D_2 \leq 2$. Кроме того, соотношение диаметров и длина электродов определяют электрический импеданс камеры, что существенно для сопряжения с генератором высоковольтных импульсов. Меланж подается под повышенным давлением из расходной емкости по трубопроводам через камеру обработки в приемные емкости. Меланж может содержать растворенные газы, что приводит к образованию газовых пузырьков как в объеме самой камеры обработки, так и в трубопроводах, по которым меланж поступает в камеру обработки. Вероятность образования газовых пузырьков возрастает с увеличением скорости движения по трубопроводам и температуры обрабатываемой жидкости. Поскольку электрическая прочность газа в пузырьках существенно ниже электрической прочности обрабатываемой жидкости, возможно возникновение нежелательных разрядов в пузырьках. Для предотвращения этого меланж пропускается через камеру обработки под повышенным давлением. Давление находилось в диапазоне 0,2-2 атм. При этом скорость движения меланжа ограничивается подбором величины повышенного давления, для исключения перехода от ламинарного к турбулентному режиму потока.

На Фиг. 3 представлена камера облучения, где 1 - выходная фольга ускорителя; 3 - выходной фланец с ребрами жесткости для поддержки выходной фольги и задней крышки, 2 - задняя крышка с отверстиями для подвода и отвода меланжа.

Камера облучения образована выходной фольгой ускорителя электронов, выходным фланцем ускорителя и задней крышкой из нержавеющей стали, зазор между которыми был не более 1 мм (исходя из глубины пробега электронов с энергией до 0,5 МэВ). На краях задней крышки имеются штуцеры для трубопроводов подачи и отвода меланжа, диаметр отверстий в них 3 мм. Задняя крышка устанавливается так, чтобы на оси расположения штуцеров (т.е. потока меланжа) находились ребра жесткости выходного фланца, поддерживающие выходную фольгу. Прогибы фольги, создающиеся при вакуумировании вакуумного диода ускорителя электронов собственной вакуумной системой, создают рассекатели потока, а следовательно, обеспечивают эффективное перемешивание меланжа, что сокращает неравномерность облучения по глубине.

Способ дезинфекции меланжа осуществляется на данном устройстве следующим образом:

- 1) Перед работой всю систему промывают и стерилизуют в сборе озоном, образующимся при облучении воздуха, находящегося в системе, пучком электронов от ускорителя 7 (Фиг. 1), при этом выводной трубопровод пережимается;
- 2) Приемные емкости стерилизуются отдельно;
- 3) Меланж загружают в расходный бак, который установлен ниже уровня камер обработки и облучения, что исключает попадание меланжа самотеком;
- 4) Открыванием вентиля VA1 производят 1-2 минутную продувку трубопроводов и камеры облучения выбранным газом для удаления воздуха, затем включают ускоритель электронов;

5) Открыванием вентиля VA2 производят надув расходной емкости газом для подачи меланжа в камеру облучения, где выполняют его облучение;

6) Электроконтактный манометр управляет открыванием вентиля VA2 для поддержания необходимого давления газа в расходной емкости, чем задается скорость протока меланжа в камерах обработки и облучения, включается генератор высоковольтных импульсов;

7) После окончания обработки вентиль VA2 закрывают, генератор высоковольтных импульсов и ускоритель выключают, приемную емкость герметизируют.

Обработку осуществляют в бескислородной атмосфере за счет наддува расходной емкости выбранным газом таким образом, чтобы избежать радиационного окисления меланжа.

При движении в камере обработки меланж подвергается воздействию серии высоковольтных импульсов. Для этого используется генератор высоковольтных импульсов ГВИ-150 [8].

Поглощенная доза при движении потока меланжа в камере облучения не превышала 20 кГр. Для этого обеспечивают работу ускорителя (использовался в экспериментах ускоритель УРТ-0,5 [9]) на частоте до 50 Гц и движение потока меланжа со скоростью до 10 см/с. Такую скорость задают давлением в расходной емкости.

Измерения поглощенной дозы электронного пучка выполнялись с помощью дозиметрических пленок типа ЦДП - 2-Ф2 [10].

Способ был проверен экспериментально. Пастеризованный меланж промышленного производства контаминировали культурами *Staphylococcus aureus* и *Escherichiacoli*, инкубировали до достижения следующих показателей общей микробной обсемененности (ОМЧ) свыше $5,1 \cdot 10^6$ по *Staphylococcus aureus* и свыше $1,1 \cdot 10^6$ по *Escherichiacoli*. Далее опытные пробы меланжа обрабатывали на установках УРТ-0,5 и ГВИ-150 по отдельности и совместно. Диапазон дозовых нагрузок наносекундного электронного пучка (НЭП) на пробы меланжа составлял от 5 кГр до 20 кГр, воздействие высоковольтных наносекундных импульсов (ВНИ) осуществляли в двух режимах: среднем (160 Гц) и максимальном (315 Гц). После обработки проводили микробиологическое исследование проб: в опытных образцах определяли остаточную микробную обсемененность по *Staphylococcus aureus* и *Escherichiacoli*, в контрольных - исходную микробную обсемененность по *Staphylococcus aureus* и *Escherichiacoli*. Проводили две линии исследований, каждая проба исследовалась в двух параллелях, результаты исследований приведены в Таблице 1.

При совместной обработке ускоренными электронами и высоковольтными импульсами установили синергический эффект для следующих комбинаций: *S. aureus* - ВНИ максимальное и НЭП 20 кГр; ВНИ максимальное и НЭП 5 кГр; ВНИ среднее воздействие и НЭП 20 кГр; ВНИ среднее воздействие и НЭП 5 кГр. При этом выраженность синергического эффекта была наибольшей для сочетания среднего воздействия ВНИ и 5 кГр НЭП (Табл. 1, опыт 10), а наименьшей - для сочетания максимальных воздействий как ВНИ, так и НЭП.

Таким образом, совместная обработка меланжа ВНИ и НЭП позволяет уменьшить поглощенную дозу в 10 раз по сравнению с данными патента [6] до 5 кГр.

Данный факт, предположительно, связан с суперпозицией двух биохимически опосредованных факторов повреждающего действия для клеточных мембранных структур.

Проверка свойств меланжа после облучения на соответствие Сан. ПиН 2.3.2.560-96 (раздел 6, п. 6.1) выполнялась в лабораториях Уральского ГАУ по стандартным методикам.

В процессе экспериментов не установлено изменения физико-химических и потребительских свойств меланжа.

Таблица.1. Результаты обработки меланжа.

№ опыта	Воздействие	Общее микробное число (в КОЕ/г)*10 ⁴					
		по Escherichiacoli			по Staphylococcus aureus		
		1	2	среднее	1	2	среднее
контроль	0	110	115	112,5	840	590	715
контроль	0	256	18,3	137,1	540	610	575
1	НЭП (20 κГр)	1,2	6,6	3,9	200	98	149
2	НЭП (5 κГр)	78	13	10,4	190	110	150
3	ВНИ (315 Гц)	45	22,5	33,7	190	165	177,5
4	ВНИ (315 Гц)	79	65	72	340	270	305
5	ВНИ (160 Гц)	55	24	39,5	170	210	190
6	ВНИ (160 Гц)	1,1	19	10	0,61	190	95,3
7	ВНИ (315 Гц)+НЭП (20 κГр)	15	1,4	8,2	150	77	113,5
8	ВНИ (315 Гц) + НЭП (5 κГр)	0	7,2	7,2	63	49	56
9	ВНИ (160 Гц) + НЭП (20 κГр)	32	8,6	20,3	67	66	66,5
10	ВНИ (160 Гц) + НЭП (5 κГр)	1,8	1,35	1,57	7,6	39	23,3

Литература

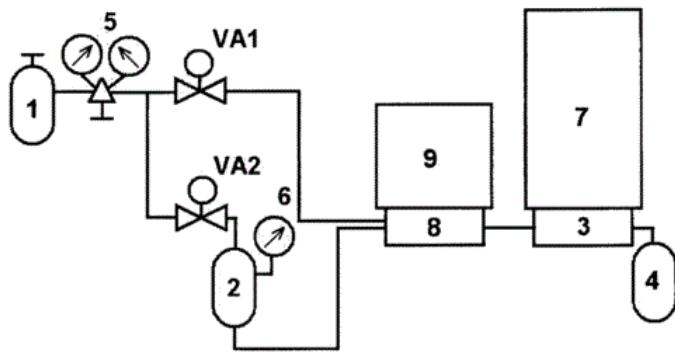
1. Лобзов К.И., Митрофанов Н.С., Хлебников В.И. // Переработка мяса птицы и яиц / М.: Агропромиздат, 1987, 240 с.
2. Санитарная микробиология // Под. Ред. С.Я. Любашенко - М.: Пищевая промышленность, 1980, 352 с.
3. Туманян М.А., Каушанский Д.А. // Радиационная стерилизация / М.: Медицина, 1974. 304 с.
4. Способ антимикробной обработки жидкости и устройство для его реализации: пат. 2316989 Рос. Федерация: МПК А23L 3/32, С02F 1/48, А23С 3/07 / Ю.А. Котов (RU), С.Ю. Соковнин (RU), М.Е. Балезин (RU), М.В. Блинова (RU); заявители и патентообладатели Институт электрофизики УрО РАН (RU) и ООО «Элфитех» (RU). - №2006100231/13; заявл. 10.01.06; опубл. 20.02.08, Бюл. №5.
5. Karl H. Schoenbach, Frank E. Peterkin, Raymond W. Alden, and Stephen Beebe // THE EFFECT OF PULSED ELECTRICAL FIELDS ON BIOLOGICAL CELLS: Experiments and applications / IEEE Transaction on Plasma Science, vol. 25, No. 2, April 1997, pp. 284-292.
6. Способ стерилизации меланжа и устройство для его осуществления: пат. 2235470 Рос. Федерация: МПК А23В 5/015, А23L 1/32, А23L 3/26 / Котов Ю.А., Соковнин С.Ю., Питер А.А., Наконечный В.И.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт электрофизики Уральского отделения РАН (ИЭФ УрО РАН), Питер Александр Антонович, Наконечный Владимир Иосифович - №2001103961; заявл. 12.02.2001; опубл. 10.09.2004, Бюл. №25.
7. Рукин С.Н. Генераторы мощных наносекундных импульсов с полупроводниковыми прерывателями тока // ПТЭ. 1999. №4. С. 5-36.
8. С.Ю. Соковнин // Наносекундные ускорители электронов для радиационных технологий / - Екатеринбург: Уральский ГАУ. 2017. 348 с. ISBN: 978-5-7691-2494-5.
9. Котов Ю.А., Соковнин С.Ю., Балезин М.Ю. // Частотный наносекундный ускоритель электронов УРТ-0,5 / ПТЭ, 2000, №2, с. 112-115.
10. Генералова В.В., Гурский М.Н. // Дозиметрия в радиационной технологии / М.: Изд-во стандартов, 1981, 184 с.

Формула изобретения

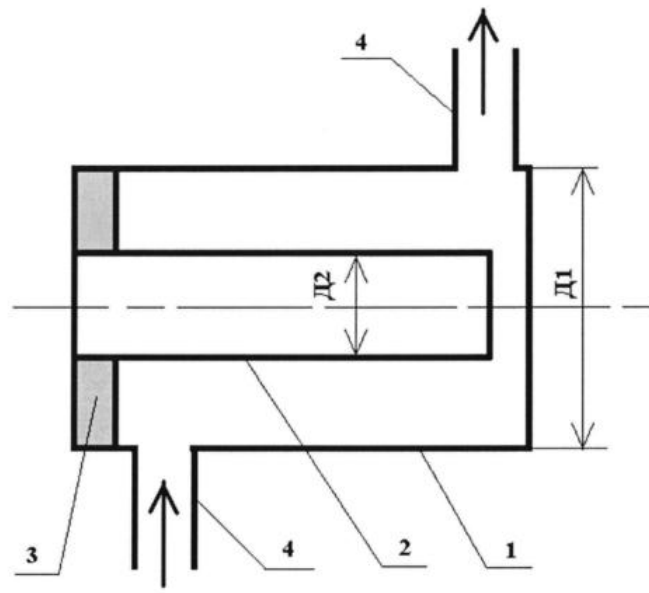
1. Способ дезинфекции меланжа, предусматривающий обработку его в бескислородной атмосфере первоначально серией наносекундных высоковольтных импульсов, а затем электронным пучком, при этом обработку меланжа осуществляют высоковольтными импульсами с длительностью менее 20 нс в проточной камере с

напряженностью электрического поля в жидкости не менее $6 \cdot 10^6$ В/м в режимах 160 Гц и 315 Гц, а обработку электронным пучком осуществляют таким образом, чтобы поглощенная доза составляла 5-20 кГр, при этом меланж подают при давлении 0,2-2 атм, которое задает его скорость подачи и отвода.

2. Устройство для дезинфекции меланжа, предназначенное для осуществления способа по п.1, содержащее генератор высоковольтных импульсов, ускоритель электронов, расходную емкость, проточную камеру, камеру облучения, приемную емкость, газовый баллон, редуктор и электромагнитные клапаны, причем камера облучения, образована выходной фольгой ускорителя, выходным фланцем ускорителя электронов с ребрами жесткости для поддержки выходной фольги и задней крышкой с отверстиями для подвода и отвода меланжа, при этом камера облучения выполнена так, что поток меланжа в ней направлен перпендикулярно прогибам выходной фольги, создаваемыми между ребер жесткости выходного фланца при вакуумировании, при этом генератор высоковольтных наносекундных импульсов выполнен с полупроводниковым прерывателем тока, а проточная камера выполнена с коаксиальными электродами, так что диаметры внешнего D_1 и внутреннего D_2 электродов находятся в соотношении $D_1/D_2 \leq 2$, причем внешний электрод является корпусом, на котором имеются патрубки для подвода и отвода меланжа.



Фиг.1



Фиг.2