РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 423 321** (13) **C2**

(51) МПК
C02F 1/32 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: **2008111563/05, 06.09.2006**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
06.09.2006

Приоритет(ы):
(30) Конвенционный приоритет:
06.09.2005 US 60/713,713

(43) Дата публикации заявки: **20.10.2009** Бюл. № 29

(45) Опубликовано: **10.07.2011** Бюл. № **19**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **US 6752971 B2, 22.06.2004. RU 2233243 C1, 27.07.2004. US 5151252 A, 29.09.1992. US 4661264 A, 28.04.1987.**

(85) Дата начала рассмотрения заявки PCT на национальной фазе: **07.04.2008**

(86) Заявка PCT:
IL 2006/001031 (06.09.2006)

(87) Публикация заявки PCT:
WO 2007/029244 (15.03.2007)

Адрес для переписки:
191186, Санкт-Петербург, а/я 230, "АРС-ПАТЕНТ", пат.пов. М.В. Хмаре, рег.№ 771

(72) Автор(ы):
ЛЕВИ Ури (IL),
ТРИБЕЛЬСКИ Цамир (IL),
РОЗЕНБЕРГ Ицхак (IL)

(73) Патентообладатель(и):
АТЛАНТИУМ ТЕКНОЛОДЖИЗ ЛТД. (IL)

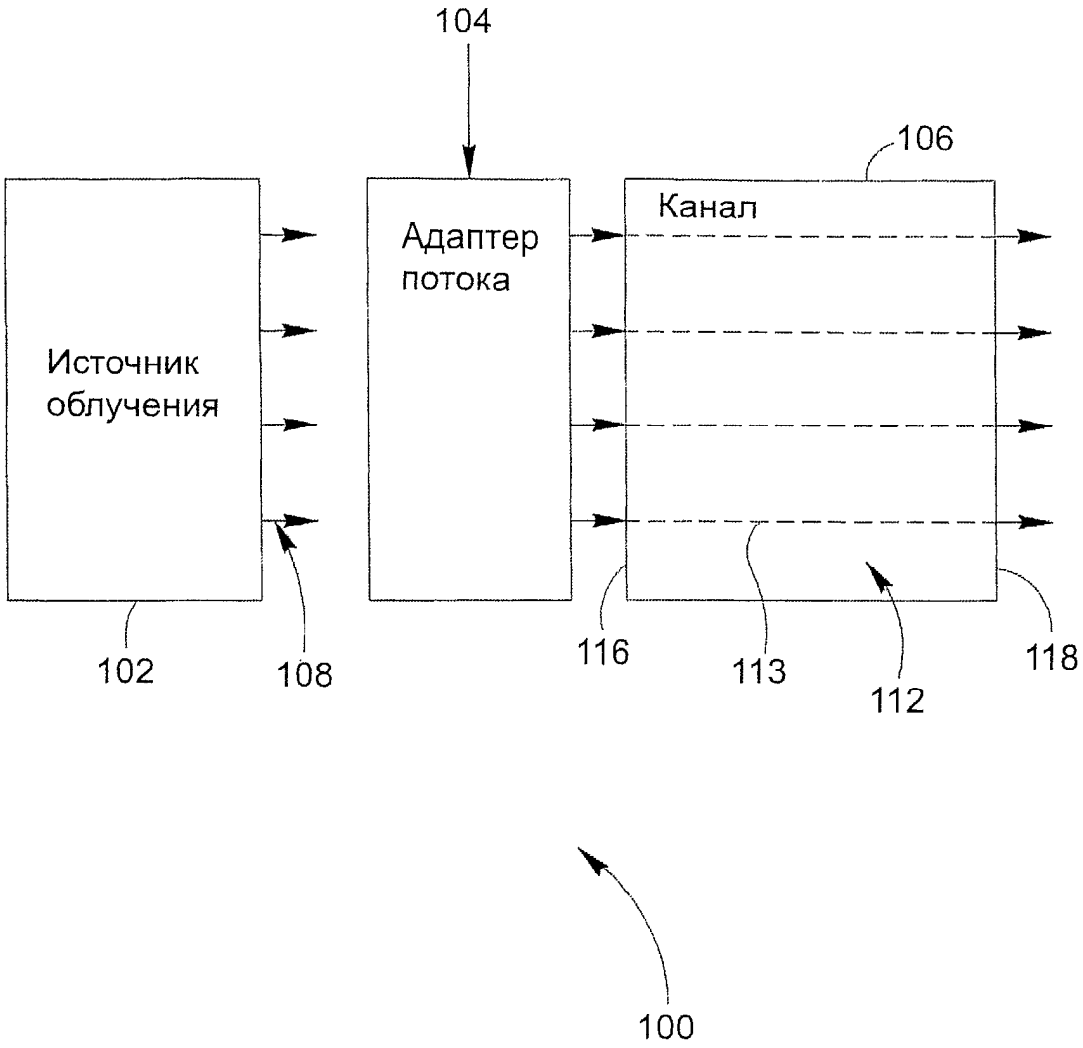
RU 2423321 C2

RU 2423321 C2

(54) УСТРОЙСТВО И СПОСОБ ДЕЗИНФЕКЦИИ ПОСРЕДСТВОМ ОБЛУЧЕНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к дезинфекции жидкостей посредством облучения. Дезинфектор содержит канал 106, предназначенный для переноса жидкости, подлежащей дезинфекции, и имеющий вход 116 и выход 118, соответственно, для поступления и выпуска среды. Кроме того, в дезинфекторе имеется адаптер потока 104, конфигурация которого позволяет адаптировать поток жидкости у указанного входа с учетом заданного пространственного распределения скоростей микрообъектов, суспендированных в потоке жидкости, по множеству заданных путей течения в жидкости, проходящих от входа до выхода. Дезинфектор снабжен, по меньшей мере, одним источником облучения 102, облучающим указанный канал, причем генерируемое источником оптическое излучение имеет выбранное пространственное распределение потока излучения, которое, по меньшей мере, частично определяется заданным распределением скоростей микрообъектов в потоке жидкости. Технический результат заключается в повышении эффективности дезинфекции за счет получения узкой функции распределения доз облучения, получаемых микроорганизмами. 2 н. и 37 з.п. ф-лы, 23 ил., 1 табл.



ФИГ. 1

RU 2423321 C2

RU 2423321 C2

RUSSIAN FEDERATION

(19) **RU** (11) **2 423 321** (13) **C2**

(51) Int. Cl.
C02F 1/32 (2006.01)

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: **2008111563/05, 06.09.2006**

(24) Effective date for property rights:
06.09.2006

Priority:
(30) Priority:
06.09.2005 US 60/713,713

(43) Application published: **20.10.2009** Bull. 29

(45) Date of publication: **10.07.2011 Bull. 19**

(85) Commencement of national phase: **07.04.2008**

(86) PCT application:
IL 2006/001031 (06.09.2006)

(87) PCT publication:
WO 2007/029244 (15.03.2007)

Mail address:
191186, Sankt-Peterburg, a/ja 230, "ARS-PATENT", pat.pov. M.V. Khmare, reg.№ 771

(72) Inventor(s):
LEVI Uri (IL),
TRIBEL'SKI Tsamir (IL),
ROZENBERG Itskhak (IL)

(73) Proprietor(s):
ATLANTIUM TEKNOLODZhIZ LTD. (IL)

RU 2423321 C2

(54) APPARATUS AND METHOD FOR DISINFECTION THROUGH IRRADIATION

(57) Abstract:

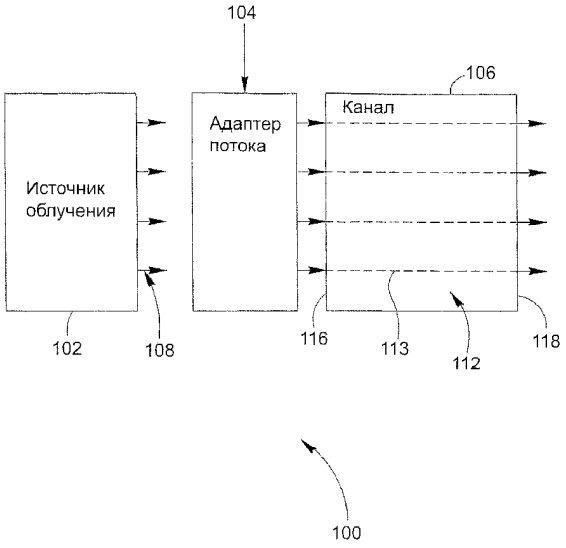
FIELD: chemistry.

SUBSTANCE: invention relates to disinfection of liquids through irradiation. The disinfector has a channel 106 for carrying liquid to undergo disinfection, and having a medium inlet 116 and outlet 118. The disinfector also has a flow adapter 104, whose configuration enables to adapt flow of liquid at the said inlet taking into account given spatial distribution of velocities of microscopic objects suspended in the stream of the liquid on multiple given flow paths in the liquid flowing from the inlet to the outlet. The disinfector is fitted with at least one radiation source 102, which irradiates the said channel, wherein the optical radiation generated by the source has selected spatial distribution of radiation flux which is at least partially defined by the given distribution of velocities of microscopic objects in the stream of the liquid.

EFFECT: high efficiency of disinfection owing to obtaining a narrow distribution function of radiation dose received by microorganisms.

39 cl, 23 dwg

RU 2423321 C2



ФИГ. 1

RU 2423321 C2

RU 2423321 C2

Уровень техники

Дезинфицирующие системы и, в частности, ультрафиолетовая (УФ) система дезинфекции жидкости, использующая оптическое излучение, известны в течение многих лет.

В системах такого назначения предусмотрена возможность использовать для инактивации микроорганизмов в жидкости (например, в воде) ее облучение УФ излучением. При этом соблюдают следующее условие: интенсивность облучения (обычно измеряемая в мДж/см^2) и длительность экспозиции должны превышать соответствующие минимальные уровни дозы.

В идеальном варианте системы дезинфекции на основе УФ излучения должны быть сконструированы таким образом, чтобы каждый микроорганизм, пересекающий поле действия системы, облучался одной и той же дозой УФ излучения. Существующие системы эффективно доставить к таким микроорганизмам одинаковую дозу УФ не способны.

Раскрытие изобретения

Некоторые характерные варианты осуществления изобретения охватывают устройство и/или способ облучения среды, в которой суспендированы микрообъекты.

Согласно некоторым вариантам осуществления предлагаемое устройство может содержать канал, через который переносится текучая среда, подлежащая дезинфекции. В указанном канале предусмотрено наличие входа и выхода, через которые среда соответственно поступает в канал и покидает его. Кроме того, в устройстве может иметься так называемый адаптер потока среды, предназначенный для адаптации потока среды у входа с учетом заданного пространственного распределения скоростей микрообъектов, суспендированных в потоке среды, причем указанное распределение задается по множеству заданных путей течения в среде, проходящих от входа к выходу. Далее, устройство может содержать, по меньшей мере, один источник облучения, который облучает канал оптическим излучением, имеющим выбранное (т.е. специально подобранное) пространственное распределение потока оптического излучения, по меньшей мере, частично основанное на заданном распределении скоростей в потоке среды.

Согласно некоторым вариантам осуществления выбранное распределение потока излучения и заданное пространственное распределение скоростей в потоке среды обеспечивают заданное распределение множества кумулятивных доз облучения, соответствующих множеству путей течения в среде. Для таких доз отношение разницы между средним и минимальным значениями к среднему значению может составлять, например, менее 0,7.

Согласно некоторым вариантам осуществления каждая из кумулятивных доз облучения может представлять собой сумму отношений, соответствующих пути течения, входящего в множество путей течения. Указанная сумма является суммой отношений заданных интенсивностей оптического излучения, обеспечиваемой выбранным потоком излучения в множестве фиксированных точек, расположенных вдоль указанного пути течения, к заданным скоростям течения среды в указанном множестве фиксированных точек.

Согласно некоторым вариантам осуществления канал может представлять собой удлиненную (в одном из примеров - трубчатую) камеру. Первая заданная интенсивность оптического излучения, обеспечиваемая выбранным потоком излучения на первом расстоянии от оси камеры, может быть меньше второй такой

же интенсивности оптического излучения, обеспечиваемой выбранным потоком излучения на втором расстоянии от указанной оси, которое меньше первого расстояния. В другом примере при таком же соотношении указанных интенсивностей расстояние измеряют не от оси камеры, а от ее внутренней поверхности, причем второе расстояние больше первого.

Согласно некоторым вариантам осуществления источник облучения может быть наружным по отношению к каналу.

Согласно некоторым вариантам осуществления канал может иметь окно, обеспечивающее доступ в канал оптического излучения от источника облучения.

Согласно некоторым вариантам осуществления выбор одного или нескольких оптических параметров окна, по меньшей мере, частично может определяться выбранным распределением потока излучения. Согласно некоторым вариантам осуществления в число указанных оптических параметров может входить показатель преломления окна в спектральном диапазоне используемого оптического излучения.

Согласно некоторым вариантам осуществления, по меньшей мере, один источник облучения может состоять из двух или более источников.

Согласно некоторым вариантам осуществления два или более источников облучения могут содержать первый комплект из одной или более ламп, установленный, по существу, напротив второго комплекта из одной или более ламп.

Согласно некоторым вариантам осуществления два или более источников облучения могут содержать первый комплект из одной или более ламп, расположенный у входа, и второй комплект из одной или более ламп, расположенный у выхода канала.

Согласно некоторым вариантам осуществления источник облучения может содержать, по меньшей мере, одну лампу, конфигурация которой обеспечивает генерацию оптического излучения с предварительно заданным распределением, и, по меньшей мере, один отражатель (рефлектор), отражающий, по меньшей мере, часть оптического излучения, генерируемого, по меньшей мере, одной лампой. Оптическое излучение, обладающее выбранным распределением потока излучения, может представлять собой сочетание оптического излучения, генерируемого лампой, и оптического излучения, отраженного отражателем.

Согласно некоторым вариантам осуществления одна или несколько секций отражателя могут иметь конфигурацию, определяемую одним или более локальными распределениями потока излучения, входящими в выбранное распределение потока излучения.

Согласно некоторым вариантам осуществления отражатель может являться эллиптическим отражателем.

Согласно некоторым вариантам осуществления отражатель может являться сферическим отражателем.

Согласно некоторым вариантам осуществления форма лампы, по меньшей мере, частично может определяться выбранным распределением потока излучения. Например, лампа может иметь форму тороида или креста.

Согласно некоторым вариантам осуществления один или более параметров отражателя, по меньшей мере, частично может определяться одним или более размерными параметрами канала (например, его внутренним диаметром).

Согласно некоторым вариантам осуществления конфигурация канала, по меньшей мере, частично может определяться заданным распределением скоростей в потоке среды. Например заданным распределением скоростей в потоке среды

может, по меньшей мере, частично определяться конфигурация, по меньшей мере, входа или выхода канала.

Согласно некоторым вариантам осуществления канал может быть кварцевым каналом.

Согласно некоторым вариантам осуществления оптическое излучение может представлять собой ультрафиолетовое излучение.

Согласно некоторым вариантам осуществления среда может представлять собой жидкость (в частности, воду). Согласно некоторым вариантам осуществления указанные микрообъекты могут представлять собой микроорганизмы.

Краткое описание чертежей

Сущность настоящего изобретения раскрыта и сформулирована в прилагаемой формуле изобретения. При этом в плане организации и способа эксплуатации в комбинации с его задачами, отличительными признаками и преимуществами изобретение будет более понятно из следующего далее подробного описания, которое следует рассматривать совместно с прилагаемыми чертежами, где

фиг.1 иллюстрирует концепцию дезинфектора на основе облучения, который выполнен согласно некоторым вариантам осуществления изобретения,

фиг.2 схематично иллюстрирует функцию распределения доз облучения согласно одному из вариантов осуществления изобретения,

на фиг.3 представлен график, иллюстрирующий зависимость первой, второй и третьей кривых инактивации, соответствующих функции распределения доз облучения, показанной на фиг.2, и представленных в логарифмическом масштабе, от средней дозы для пути течения,

на фиг.4 представлен график, иллюстрирующий зависимость коэффициента однородности путей течения от средней дозы для пути течения, соответствующего показанной на фиг.2 функции распределения доз облучения,

на фиг.5 представлен график, иллюстрирующий первую и вторую кривые гауссовского распределения доз согласно одному из вариантов осуществления изобретения,

на фиг.6 представлен график, иллюстрирующий первую и вторую кривые гауссовского распределения доз согласно другому варианту осуществления изобретения,

на фиг.7 представлен график, иллюстрирующий зависимость коэффициента однородности путей течения от средней дозы для пути течения, соответствующей показанным на фиг.5 и 6 кривым распределения,

на фиг.8 представлен график, иллюстрирующий зависимость степени поражения от средней дозы для пути течения, соответствующей показанным на фиг.5 и 6 кривым распределения,

фиг.9 схематично иллюстрирует дезинфектор согласно некоторым вариантам осуществления изобретения, содержащий наружный источник облучения,

на фиг.10 представлен график, иллюстрирующий зависимость скорости от расстояния до оси камеры для первого и второго профилей скоростей согласно некоторым вариантам осуществления изобретения,

фиг.11 схематично иллюстрирует окно согласно некоторым вариантам осуществления изобретения,

фиг.12 схематично иллюстрирует эллиптический отражатель согласно некоторым вариантам осуществления изобретения,

фиг.13 схематично иллюстрирует сферический отражатель согласно некоторым

вариантам осуществления изобретения,

фиг.14 схематично иллюстрирует результат компьютерного моделирования выбранного распределения потока излучения, полученного для комбинации отражателя, лампы и окна согласно одному из вариантов осуществления изобретения,

фиг.15A и 15B схематично иллюстрируют гистограммы соответственно первого и второго распределений согласно первому и второму вариантам осуществления изобретения; каждая из гистограмм отображает зависимость интенсивности оптического излучения от угла наклона лучей к оси на входе камеры,

фиг.16 схематично иллюстрирует отражатель с решеткой канавок согласно некоторым вариантам осуществления изобретения,

фиг.17A схематично иллюстрирует лампу в форме тороида согласно некоторым вариантам осуществления изобретения,

фиг.17B схематично иллюстрирует лампу в форме креста согласно некоторым вариантам осуществления изобретения,

фиг.18A, 18B и 18C схематично иллюстрируют три сечения первого распределения потока излучения внутри камеры согласно первому варианту осуществления изобретения,

фиг.19A, 19B и 19C схематично иллюстрируют три сечения второго распределения потока излучения внутри камеры согласно второму варианту осуществления изобретения,

фиг.20A, 20B и 20C схематично иллюстрируют три сечения третьего распределения потока излучения внутри камеры согласно третьему варианту осуществления изобретения,

фиг.21A, 21B и 21C схематично иллюстрируют три сечения четвертого распределения потока излучения внутри камеры согласно четвертому варианту осуществления изобретения,

фиг.22A, 22B и 22C схематично иллюстрируют три сечения пятого распределения потока излучения внутри камеры согласно пятому варианту осуществления изобретения,

фиг.23A и 23B схематично иллюстрируют два сечения заданного распределения скоростей в потоке среды внутри камеры согласно одному из вариантов осуществления изобретения.

Следует иметь в виду, что с целью упрощения и наглядности представленные на чертежах элементы не обязательно изображены точно или с соблюдением масштаба. Например, для наглядности размеры некоторых из них по отношению к другим элементам могут быть увеличенными. Это относится и к различающимся между собой физическим компонентам, содержащимся в одном функциональном блоке или элементе. Кроме того, там, где это целесообразно, соответствующие друг другу или аналогичные элементы имеют одинаковые цифровые обозначения, а некоторые изображенные на чертежах блоки объединены в единый функциональный узел.

Осуществление изобретения

В следующем далее подробном описании раскрыты многочисленные конкретные подробности, способствующие полному пониманию изобретения. Однако для специалистов в данной области будет понятно, что настоящее изобретение можно реализовать на практике и без указанных подробностей. В других случаях, чтобы не усложнять изложение, могут быть опущены подробности, касающиеся хорошо известных способов, процедур, компонентов и контуров.

Как очевидным образом следует из дальнейших пояснений, при отсутствии специальных указаний нужно иметь в виду, что все конкретные сведения, использующие такую терминологию, как "обработка", "компьютеризация", "вычисление", "определение" и другие термины подобного типа, относятся к операции или операциям, выполняемым компьютером, компьютерной системой или иным подобным вычислительным устройством, которые обрабатывают и/или преобразуют данные, представленные в виде физических (например, электронных) количественных параметров, хранящихся в регистрах и/или запоминающих устройствах компьютерной системы, в другие данные, аналогичным образом представленные в виде физических количественных параметров в рамках дисплейных устройств, запоминающих устройств, регистров или каких-то других подобных узлов компьютерной системы, сохраняющих, передающих и отображающих информацию. Кроме того, в границах данного описания понятие "множество" может быть использовано по отношению к двум или нескольким компонентам, устройствам, элементам, параметрам и т.д.

Некоторые варианты осуществления изобретения включают в себя устройство и/или способ облучения среды, содержащей суспендированные микрообъекты, например с целью ее дезинфекции, как это подробно описано далее.

Следует иметь в виду, что в данном случае термин "среда" может относиться к любой субстанции и/или веществу (включая, в частности, воду или воздух), которые могут быть, например, предназначены для дезинфекции. Среда может находиться в любом надлежащем термодинамическом состоянии, например в виде жидкости.

В данном случае термин "микрообъект" может относиться к любому организму, бактерии, микроорганизму, живому существу, созданию, микробу, зародышу, вирусу, органическому и неорганическому загрязняющим веществам, токсическому или загрязняющему веществу, способному к окислению, любому кумулятивному вредному продукту биологического или химического происхождения, любой окисляющей частице, фрагменту или элементу (например, перекиси водорода или двуокиси титана), которые могут окислить загрязняющее вещество, и/или к другим микрообъектам такого рода. Следует иметь в виду, что в данном случае выражение "микрообъекты, суспендированные в среде" может относиться к любому микрообъекту, для которого возможны суспендирование, содержание или смешивание в среде и/или перенос средой.

В некоторых вариантах осуществления изобретения устройство может содержать канал для переноса среды, например камеру удлиненной формы. В указанном канале предусмотрено наличие входа и выхода, через которые среда соответственно поступает в канал и покидает его. Кроме того, в устройстве предусмотрена возможность наличия источника облучения, облучающего канал оптическим излучением, причем указанное излучение имеет выбранное пространственное распределение потока излучения, соответствующее множеству оптических путей (траекторий), которые характеризуются, например, соответствующим набором их длин, как это подробно описано далее.

В некоторых вариантах осуществления изобретения указанное распределение, по меньшей мере, частично может иметь в своей основе заданное распределение скоростей микрообъектов, суспендированных в потоке среды, по множеству заданных путей их движения (т.е. путей течения среды) от входа до выхода, например, как это подробно описано далее.

Следует иметь в виду, что в данном случае термин "путь течения" может

относиться к курсу, маршруту, пути и/или траектории, проходящим между двумя или несколькими фиксированными точками. Например, один или более микрообъектов, суспендированных в среде, могут перемещаться вдоль одного или нескольких путей течения среды между первой фиксированной точкой, например входом канала, и второй фиксированной точкой, например выходом канала. Следует также учитывать, что в данном случае выражение "заданный путь течения" может относиться к установленному, полученному на компьютере, вычисленному, смоделированному, предполагаемому, ожидаемому, оцениваемому, назначенному и/или спланированному пути течения среды.

В данном случае выражение "заданное распределение скоростей микрообъектов в потоке среды по множеству заданных путей течения" может относиться к установленному, вычисленному, полученному на компьютере, смоделированному, предполагаемому, ожидаемому, оцениваемому, назначенному и/или спланированному распределению, функции и/или профилю (например, к вероятностным распределению, функции и/или профилю) скоростей микрообъектов в потоке среды вдоль заданных путей течения в указанной среде.

В некоторых вариантах осуществления изобретения для устройства предусмотрена возможность устранять микрообъекты, суспендированные в среде, причем, по меньшей мере, частично (например, по существу, наибольшую их часть или даже полностью). В некоторых вариантах осуществления устройство может активировать наибольшую часть окисляющих частиц, суспендированных в среде, или даже все такие частицы.

Для облучения среды, т.е. для ее дезинфекции и/или окисления находящихся в ней частиц, в некоторых вариантах осуществления изобретения (в частности, описанных далее) предусмотрена возможность использования ультрафиолетового (УФ) излучения. Однако для специалистов в данной области будет понятно, что в других вариантах осуществления можно применять оптическое излучение с любым другим подходящим спектром.

В некоторых вариантах осуществления изобретения (в частности, описанных далее) используется возможность облучения воды или среды, содержащей в своей основе воду, например сиропа. Однако для специалистов в данной области будет понятно, что другие варианты осуществления можно применять для облучения любой другой подходящей среды, например воздуха.

Концепция дезинфектора 100, использующего в своей основе облучение и выполненного согласно некоторым вариантам осуществления изобретения, проиллюстрирована фиг.1.

Согласно некоторым вариантам осуществления дезинфектор 100 может содержать канал 106, через который переносится текучая среда, подлежащая дезинфекции. Указанный канал может иметь вход 116 и выход 118, через которые среда соответственно поступает в канал и покидает его.

Кроме того, согласно некоторым вариантам осуществления изобретения дезинфектор 100 может иметь адаптер 104 потока, конфигурация которого позволяет адаптировать поток среды у входа, например у входа 116, на основе заданного распределения скоростей микрообъектов, суспендированных в потоке среды, причем указанное распределение задается, например, по множеству выбранных путей 112 течения в среде, как это подробно описано далее. Количество путей 112 течения в среде, проходящих от входа до выхода, можно обозначить, например, числом J.

Далее, согласно некоторым вариантам осуществления изобретения устройство может содержать источник 102 облучения, который облучает канал 106 потоком оптического излучения, имеющим выбранное пространственное распределение. Указанному распределению присвоено обозначение Ф(x, y, z), где x, y и z означают координаты точек внутри канала. Пространственное распределение Ф(x, y, z) может, по меньшей мере, частично определяться, например, заданным пространственным распределением скоростей в потоке среды, как это подробно описано далее. Источник 102, хотя в этом отношении изобретение ничем не ограничено, может генерировать УФ излучение, имеющее требуемый спектральный состав. В частности, указанный источник может содержать одну или несколько УФ ламп, например УФ лампу среднего давления, УФ лампу высокого давления и/или микроволновую УФ лампу, причем все перечисленные лампы хорошо известны специалистам в данной области. Относительно канала 106 источник 102 может находиться, например, снаружи, как это описано далее.

Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения микрообъект, перемещающийся через канал 106 по i-тому пути 113 течения (i=1…J), который входит в состав путей 112 течения в среде, может аккумулировать дозу облучения, обеспечиваемую выбранным распределением потока излучения. Указанную дозу можно выразить, в частности, в терминах плотности энергии, например в виде отношения энергия/площадь. Аккумулированная микрообъектом доза облучения может зависеть от одного или нескольких свойств микрообъекта, а также от параметров канала 106 и/или источника 102 облучения. Например, как это подробно описано далее, указанная доза может зависеть от соотношения между распределением Ф(x, y, z) потока излучения и скоростью перемещения микрообъекта вдоль пути 113 течения. Соответственно, распределение доз облучения, которые аккумулированы микрообъектами, движущимися через канал 106 ("распределение кумулятивных доз облучения"), может быть связано с одним или несколькими параметрами путей 112 течения в среде. В частности, микрообъекты, перемещающиеся вдоль различных путей течения, могут, например, аккумулировать различающиеся между собой дозы облучения, как это описано далее.

Для специалистов в данной области будет понятно, что вероятность инактивации ("вероятность поражения") микрообъекта, перемещающегося вдоль пути 113 течения, может быть связана с аккумулированной им дозой облучения. Чем больше доза, тем выше указанная вероятность. Соответственно, от распределения кумулятивных доз облучения может зависеть степень инактивации, обеспечиваемая дезинфектором 100.

Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения от распределения кумулятивных доз облучения внутри канала 106 могут зависеть одно или несколько функциональных свойств дезинфектора 100, в частности его суммарная степень инактивации ("степень поражения"), представленная в логарифмическом масштабе. Например, указанные свойства могут оказаться ограниченными наличием одного или нескольких путей течения с низкими дозами облучения. Таким образом, узкое распределение доз может привести к улучшенной дезинфицирующей способности дезинфектора. Поэтому может оказаться желательным выбрать конфигурацию таких узлов, как адаптер 104 потока, источник 102 облучения и/или канал 106, исходя из желаемого (т.е. относительно узкого) распределения доз облучения, как это подробно описано далее.

Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения среда, поступающая

в канал 106 у входа 116, может в единице объема содержать m_v микрообъектов. Для упрощения изложения можно допустить, что у входа распределение микрообъектов в пространстве имеет, по существу, равномерный характер. Однако в этом отношении изобретение ничем не ограничено, и для специалистов в данной области будет понятно, что возможна реализация и других вариантов осуществления, учитывающих неоднородность распределения микрообъектов.

Можно допустить также, что скорость микрообъектов равна скорости среды, переносящей их вдоль путей 112 течения (хотя и в этом отношении изобретение ничем не ограничено). В таком приближении, по существу, отсутствуют относительное торможение и/или препятствие дифференцирующего характера.

Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения зону A (не показана) входа 116 можно в поперечном сечении разделить на множество ячеек, например на J одинаковых ячеек, размер ΔA каждой из которых равен A/J. Путь 113 течения может иметь свою характерные длину l_i и свое характерное время T_i прохождения, за которое микрообъекты проходят по данному пути течения от входа 116 до выхода 118.

Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения можно допустить, что размер ячейки i может оставаться, по существу, постоянным по длине пути 113 течения, т.е., по существу, остается постоянной площадь поперечного сечения объема среды вдоль пути течения от входа до выхода. Однако для специалистов в данной области будет понятно, что в этом отношении изобретение ничем не ограничено, т.е. другие варианты осуществления могут соотноситься с ячейками, выбранными по любому другому подходящему принципу (например, с ячейками, содержащими определенную массу среды или определенное количество микрообъектов). Такие варианты осуществления можно реализовать, в частности, в случае дезинфекторов, у которых площадь поперечного сечения объема среды вдоль пути течения может изменяться (например, если вход и выход имеют различающиеся между собой площади поперечного сечения).Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения общее количество M_i микрообъектов, перемещающихся через канал 106 вдоль пути течения i за данный период времени T, можно определить следующим образом:

$$M_i = m_v \cdot (\Delta A) \cdot T \cdot \frac{l_i}{T_i} \equiv m_v \cdot (\Delta A) \cdot T \cdot V_i \qquad (1)$$

где V_i - средняя скорость прохождения через канал (который может рассматриваться как реактор) по пути течения i.

Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения общее количество $N_{M\text{-}total}$ микрообъектов, пересекающих канал 106 за время T, можно определить следующим образом:

$$N_{M\text{-}total} = \sum_1^J M_i = m_v \cdot (\Delta A) \cdot T \cdot \sum_1^J \frac{l_i}{T_i} = m_v \cdot (\Delta A) \cdot T \cdot \sum_1^J V_i \qquad (2)$$

В порядке альтернативы величину $N_{M\text{-}total}$ можно определить исходя из потока Q среды, протекающей через канал 106, например в терминах объем/время, т.е. следующим образом:

$$N_{M\text{-}total} = m_v \cdot Q \cdot T \qquad (3)$$

Среднюю скорость $V_{average}$ движения по путям 112 течения можно определить, например, следующим образом:

$$V_{average} = \frac{1}{J} \cdot \sum_{1}^{J} \frac{l_i}{T_i} = \frac{1}{J} \cdot \sum_{1}^{J} V_i \qquad (4)$$

Допуская, что скорость микрообъектов, по существу, равна скорости среды, величину Q можно определить следующим образом:

$$Q = A \cdot V_{average} \qquad (5)$$

Следует иметь в виду, что уравнение 2 можно получить, подставив уравнения 4 и 5 в уравнение 3.

В связи с уравнениями 1 и/или 2 следует иметь в виду, что пути 112 течения в среде можно нормировать с помощью, например, соответствующих средних скоростей V_i, поскольку "ускоренный" путь течения, характеризующийся повышенным значением V_i^1, имеет возможность перенести через канал 106 больше микрообъектов, чем "замедленный" путь течения с меньшим значением V_i^2.

В некоторых вариантах осуществления изобретения, рассмотренных, в частности, в данном описании, можно пренебречь проявлениями турбулентности во внутреннем объеме канала 106. Однако для специалистов в данной области будет понятно, что в этом отношении изобретение ничем не ограничено и что представленные здесь варианты осуществления можно модифицировать с учетом наличия турбулентного потока, что может повлиять, в частности, на распределение доз облучения. Например, следует иметь в виду, что указанное распределение может быть более узким, в частности в том случае, когда поток через канал 106 характеризуется относительно высокими значениями числа Рейнольдса.

Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения микрообъект, перемещающийся вдоль пути 113 течения, может "аккумулировать" дозу облучения, обозначенную как $Dose(track_i)$, причем указанную долю можно выразить в виде отношения энергия/площадь. Аккумулированная доза облучения для пути течения i может представлять собой отношение "кумулятивное оптическое излучение-скорость", которое соответствует пути течения i и включает в себя сумму подобных отношений. Указанная сумма может представлять собой сумму отношений заданных интенсивностей оптического излучения, полученных из выбранного потока излучения, в множестве фиксированных точек вдоль пути течения, к заданным скоростям в потоке в множестве указанных фиксированных точек. Например, аккумулированную дозу облучения можно определить следующим образом:

$$Dose(track_i) = \int_{track-i} \Phi(x, y, z) \cdot dt = \int_{track-i} \frac{\Phi(x, y, z)}{|V_l(x, y, z)|} \cdot dl \qquad (6)$$

где dt - время, требуемое для прохождения приращения (инкремента) dl пути течения, а $|V_l(x,y,z)|$ - значение скорости микрообъекта у фиксированной точки (x, y, z).

Хотя в этом отношении изобретение ничем не ограничено, согласно некоторым вариантам осуществления у определенной точки внутри канала 106 распределение потока излучения можно оценить количественно, используя, например, детализированный алгоритм построения хода луча и суммируя лучи, достигающие определенной точки, как это описано, например, далее со ссылками на фиг.18A-22C. Распределение потока излучения может зависеть, в частности, от конфигурации канала 106, конфигурации источника 102 облучения и/или от одного и нескольких параметров 10 среды, например от ее пропускания, как это подробно описано далее.

Хотя в этом отношении изобретение ничем не ограничено, согласно некоторым вариантам осуществления скорость $|V_l(x,y,z)|$ можно вычислить, в частности,

используя любые пригодные компьютеризованные методы и/или алгоритмы вычислительной гидродинамики и допуская при этом, например, что микрообъекты переносятся средой "пассивно", т.е. со скоростью, по существу, равной скорости среды, как это, в частности, описано далее.

Исходя из уравнения 1, длину l_i и/или время прохождения T_i, соотносящиеся с путем течения i, можно вычислить, например, следующим образом:

$$l_i = \int_{track-i} dl \qquad (7)$$

$$T_i = \int_{track-i} \frac{dl}{|V_l(x, y, z)|}$$

Функция распределения доз, имеющая, например, форму гистограммы, может относиться к некоторому количеству микрообъектов, в частности, проходящих через канал 106 в единицу времени и аккумулирующих определенную дозу облучения в границах предварительно заданного интервала ("окна") указанной дозы, например, по отношению к общему количеству микрообъектов, проходящих через канал 106 в единицу времени.

Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения нормированную функцию распределения доз, обозначенную как u(D), можно измерить (используя параметр 1/доза), например, в виде отношения площадь/энергия. В частности, указанную функцию можно определить следующим образом:

$$u(D) = \frac{N_M(D)}{\int_{D_{min}}^{D_{max}} N_M(D) \cdot dD} \qquad (8)$$

где $N_M(D)$ - количество микрообъектов, которые проходят по путям течения, уровень дозы для которых лежит в интервале между D и D+dD; D_{min} и D_{max} - соответственно минимальная и максимальная дозы облучения вдоль путей 112 течения, а u(D) удовлетворяет следующему уравнению:

$$\int_{D_{min}}^{D_{max}} u(D) \cdot dD = 1 \qquad (9)$$

Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения, если допустить экспоненциальную зависимость скорости разложения микрообъектов от дозы облучения, обеспечиваемого оптическим излучением, которое генерирует источник 102, количество N_M "уцелевших" микрообъектов у выхода 118 можно определить следующим образом:

$$N_M = N_{M-total} \cdot \int_{D_{min}}^{D_{max}} u(D) \cdot e^{-a \cdot D / Dl\,log} \cdot dD \qquad (10)$$

где a - предварительно заданная константа, равная, например, ln(10)=2,3, а $D_{1\ log}$ - доза облучения, которая требуется для достижения так называемого "one-log" уровня инактивации (т.е. для его снижения на порядок).

В случае дельта-функции распределения доз уравнение 10 может соответствовать прямой линии для зависимости инактивации, представленной в логарифмическом масштабе, от средней дозы для пути течения. Другие функции распределения доз могут дать для указанной зависимости сублинейную кривую, которая при высоких значениях дозы облучения "загибается вниз", в частности, как это описано далее. Такую кривую можно определить термином "кривая выживаемости с уступом".

В некоторых вариантах осуществления изобретения, представленных, в частности, в данном описании, можно допустить, что все проходящие через канал микрообъекты обладают одинаковой стойкостью, т.е. для поражения/устранения всех микрообъектов требуется, по существу, одна и та же аккумулированная доза

облучения. Однако настоящее изобретение в этом отношении ничем не ограничено, и для специалистов в данной области будет понятно, что для микрообъектов с различной стойкостью можно использовать другие варианты осуществления.

Усредненную дозу для пути течения можно определить следующим образом:

$$D_{av} = \int_{D_{min}}^{D_{max}} D \cdot u(D) \cdot dD \qquad (11)$$

Расчетную эквивалентную дозу D_{eq} можно охарактеризовать как дозу облучения, требуемую для того, чтобы количество N_m уцелевших микрообъектов соответствовало, например, уравнению 10 с учетом допущения о единообразном значении дозы для всех путей 112 течения (распределение в виде дельта-функции). Дозу D_{eq} можно определить, в частности, следующим образом:

$$D_{eq} = -\frac{D_{1\log} \cdot \ln\left[N_M / N_{M\text{-total}}\right]}{a} \qquad (12)$$

Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения коэффициент U_f однородности путей течения можно определить следующим образом:

$$U_f = \frac{D_{eq}}{D_{av}} \qquad (13)$$

Следует иметь в виду, что по отношению к усредненной дозе для пути течения расчетная эквивалентная доза может быть равна ей или иметь меньшее значение, т.е. $D_{eq} \leq D_{av}$. Равенство указанных доз может иметь место, в частности, для дельта-функции распределения, т.е. если на каждом пути течения микрообъектами аккумулируется одинаковая по величине доза облучения. Соответственно, коэффициент однородности путей течения можно охарактеризовать следующим соотношением:

$$0 \leq U_f \leq 1 \qquad (14)$$

Величину U_f можно соотнести с уровнем эффективности дезинфектора 100. В частности, небольшое значение U_f может соответствовать низкому уровню эффективности.

Уравнение 13 можно преобразовать следующим образом:

$$D_{eq} = U_f \cdot D_{av} \qquad (15)$$

Следовательно, с использованием уравнения 15 можно рассчитать, например, эквивалентную дозу исходя из средней дозы для пути течения и значения коэффициента их однородности.

Далее приведены примеры, относящиеся к функциям распределения доз облучения согласно некоторым вариантам осуществления изобретения. Необходимо отметить, что использованные в этих примерах функции распределения доз не предназначены для ограничения объема изобретения какой-либо конкретной конструкцией дезинфектора и/или какой-либо функцией распределения.

Согласно первому примеру указанная функция может относиться к трем зонам доз. В частности, предусматривается возможность разделить пути 112 течения на три группы, а именно группы низкой, средней и высокой доз. В данном примере за время T через канал 106 может перемещаться суммарная популяция, составляющая один миллион микрообъектов (в частности, микробов). Как показано на фиг.2 и отражено в представленной далее таблице, группа низкой дозы может составлять 1% микрообъектов, которые могут аккумулировать половину некоторой дозы облучения, т.е. $0{,}5*D_{1\ log}$. Группа средней дозы может составлять 25% микрообъектов, которые могут аккумулировать полторы этой дозы облучения, т.е.

1,5*$D_{1\ log}$. Группа высокой дозы может составлять 74% микрообъектов, которые могут аккумулировать три этих дозы облучения, т.е. 3*$D_{1\ log}$. В данном примере $D_{1\ log}$ = 5 мДж/см^2.

Таблица

	Группа низкой дозы	Группа средней дозы	Группа высокой дозы
Относительное количество микробов в группе	1/100	25/100	74/100
Относительная доза	0,5	1,5	3

Фиг.3 схематично иллюстрирует первую, вторую и третью кривые 304 (вся популяция), 302 (группа высокой дозы) и 306 (группа низкой дозы) инактивации (степени поражения), представленные в логарифмическом масштабе, в зависимости от средней дозы для пути течения. Как показано на указанном чертеже, при очень низких уровнях средней дозы для пути течения в плане степени поражения доминируют 25 микрообъекты, находящиеся в группе высокой дозы (кривая 302). Степень поражения можно повысить, например от 2-log до 4-log, увеличивая усредненную дозу для пути течения, например от приблизительно 15 мДж/см^2 до приблизительно 50 мДж/см^2. Указанное увеличение дозы можно осуществить, в частности, повышая мощность отдачи источника 102 облучения (см. фиг.1), уменьшая скорость потока среды через канал 106 (см. фиг.1) и/или используя среду более высокого качества, как это описано далее.

Кроме того, на фиг.3 показано, что при повышении уровня средней дозы для пути течения в плане степени поражения в целом доминируют микрообъекты, находящиеся в группе низкой дозы (кривая 306), т.к. наибольшая часть микрообъектов группы высокой дозы к этому моменту уже инактивирована ("умерщвлена"). Далее, из фиг.3 видно, что повышение средней дозы для пути течения может привести, например, к нелинейному увеличению инактивации (в логарифмическом масштабе) вследствие неоднородности параметра доза/путь течения в распределении доз.

На фиг.4 представлен график, иллюстрирующий зависимость коэффициента однородности путей течения от средней дозы для пути течения, полученную из функции распределения доз облучения, показанной на фиг.2. Указанный график показывает, что при увеличении значений дозы от 0 до 80 величина U_f может уменьшаться от 1 до 0,3 (все приведенные цифры приблизительны).

Согласно другому примеру распределение доз облучения может иметь усеченный гауссовский характер, представляемый, например, следующим образом:

$$u_G(D) = \begin{cases} \frac{A_0}{\sigma_D \cdot \mathrm{sqrt}(2 \cdot \pi)} \cdot e^{-(D-\mu)^2/2*\sigma_0^2}; & D_{min} \le D \le D_{max} \\ 0; \mathrm{Otherwise} \end{cases} \qquad (16A)$$

где "Otherwise" означает другие величины нижнего предела интеграла, D_{min} и D_{max} - соответственно минимальное и максимальное значения дозы в распределении доз, σ_D и μ - соответственно ширина и центр гауссовского распределения, а A_0 - нормировочный множитель, выбранный, например, таким образом, чтобы распределение $u_G(D)$ удовлетворяло уравнению 9.

Следует отметить, что при A_0=1 μ и σ_D могут оказаться равными соответственно усредненной дозе для пути течения и стандартному отклонению, если гауссовское распределение имеет "узкий" характер по сравнению со следующими

соотношениями, характеризующими усечение:

$$D_{max} - \mu >> \sqrt{2} \cdot \sigma_D \text{ и } \mu - D_{min} >> \sqrt{2} \cdot \sigma_D \quad (16B).$$

На фиг.5 представлен график, иллюстрирующий первую и вторую кривые (соответственно 502 и 504) гауссовского распределения доз согласно одному из вариантов осуществления изобретения. Обе указанные кривые определяются следующими значениями, нормированными с помощью общего коэффициента 5 масштабирования, обозначенного как scale:

$D_{1\ log}$=5mJ/см^2

D_{min}=0.7*$D_{1\ log}$*scale

D_{max}=6*$D_{1\ log}$*scale

μ=4*$D_{1\ log}$*scale

σ_D=0.75*$D_{1\ log}$*scale,

где кривые 502 и 504 построены с помощью коэффициентов масштабирования (scale), равных соответственно 1 и 3.

Как показано на фиг.5, использование коэффициента scale, равного 3, может привести к распределению доз, более широкому по сравнению с распределением при данном коэффициенте, равном 1. Как показано далее, расширенное распределение может понизить коэффициент однородности путей течения в среде. На фиг.5 приведены также линии 506 и 508, относящиеся к кривой 502 распределения и представляющие соответственно усредненную дозу для пути течения и вычисленную эквивалентную дозу. Для кривой распределения 504 такие же линии обозначены соответственно как 510 и 512. В связи с фиг.5 следует иметь в виду, что вычисленная эквивалентная доза и усредненная доза путей течения могут быть изображены с разными коэффициентами scale.

На фиг.6 представлен график, иллюстрирующий первую и вторую кривые (соответственно 602 и 604) гауссовского распределения доз согласно другому варианту осуществления изобретения. Обе указанные кривые определяются следующими значениями, нормированными с помощью коэффициента масштабирования:

$D_{1\ log}$=5mJ/см^2

D_{min}=0.7*$D_{1\ log}$*scale

D_{max}=6*$D_{1\ log}$*scale

μ=4*$D_{1\ log}$*scale

σ_D=0.75*$D_{1\ log}$*scale,

где кривые 602 и 604 построены с помощью коэффициентов масштабирования scale, равных соответственно 1 и 3.

На фиг.7 приведены первая и вторая кривые (соответственно 702 и 704), представляющие зависимость коэффициента однородности путей течения от их усредненной дозы, соответствующую кривым распределения соответственно 502 и 602. Как видно из указанного чертежа, для кривой 702 значение коэффициента однородности путей течения в среде фактически во всех точках превышает уровень 0,5, причем даже при относительно высоких значениях средней дозы для пути течения. Для кривой 704, наоборот, при увеличении средней дозы для пути течения коэффициент однородности уменьшается, становясь менее 0,5 уже при относительно небольших усредненных дозах. Таким образом, относительно широкое распределение доз (см., в частности, кривую 602) может привести к резкому уменьшению коэффициента однородности путей течения по сравнению с таким же

коэффициентом, полученным из относительно узкого распределения доз (см., в частности, кривую 502).

Фиг.8 схематично иллюстрирует первую и вторую кривые (соответственно 802 и 804), представляющие зависимость степени поражения от средней дозы для пути течения, соответствующей кривым распределения 502 и 602. Как видно из указанного чертежа, для кривой 802 степень поражения увеличивается относительно резко, достигая относительно высоких значений при больших величинах средней дозы для пути течения. Для кривой 804 скорость поражения, наоборот, "замедляется" и график "рано" загибается, так что значения инактивации, представленные в логарифмическом масштабе, не превышают уровня 5, причем даже при относительно высоких значениях средней дозы для пути течения. Таким образом, относительно узкое распределение доз (см., в частности, кривую 502) может привести к резкому увеличению степени поражения по сравнению с таким же параметром, полученным из относительно широкого распределения доз (см., в частности, кривую 602).

В другом примере, аналогичном описанному выше, распределение доз, близкое к гауссовскому, с центром у средней дозы для пути течения $4*Dose_{1\ log}$ и стандартным отклонением $2*Dose_{1\ log}$ может привести к степени полного поражения 2,25-log и коэффициенту однородности путей течения, равному 0,56. В данном примере значение степени полного поражения, равное 4-log, можно обеспечить, например, умножив суммарную интенсивность УФ излучения на коэффициент 2,6.

Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения увеличение коэффициента масштабирования можно осуществить, повышая мощность отдачи источника 102 облучения (см. фиг.1), уменьшая скорость потока среды через канал 106 и/или используя среду более высокого качества, как это описано далее.

Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения источник 102 может представлять собой УФ источник, облучающий канал 106 УФ излучением. В том случае, когда дезинфектор 100 характеризуется дельта-функцией распределения доз, т.е. если, по существу, на всех путях 112 течения микрообъекты аккумулируют одинаковую дозу облучения, усредненную дозу для пути течения можно вычислить следующим образом:

$$D_{av} = \frac{P0 - germicidal}{Flow} \cdot L_{effective}(UVT) \qquad (17)$$

где $P_{0\text{-}germicidal}$ - мощность УФ излучения (энергия/время) в канале 106, оказывающая бактерицидное воздействие, Flow - скорость (объем/время) потока среды через указанный канал, а $L_{effective}$ - действующая длина УФ лучей, облучающих указанный канал, которая зависит, в частности, от геометрии канала и/или от характеристик среды, связанных с ее пропусканием.

Согласно уравнению 17 увеличение средней дозы для пути течения можно осуществить, увеличивая мощность УФ излучения, уменьшая скорость потока и/или повышая эффективную длину, например, за счет использования среды более высокого качества.

Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения уравнения 15 и 17 можно скомбинировать, получив в результате следующее соотношение:

$$D_{eq} = U_f\left(P_{0\text{-}germicidal}, Flow, L_{effective}\right) \cdot \frac{P_{0\text{-}germicidal}}{Flow} \cdot L_{effective}(UVT) \qquad (18)$$

Следует иметь в виду, что согласно уравнениям 17 и/или 18 увеличение средней дозы для пути течения линейным образом, например за счет повышения мощности

УФ излучения, уменьшения скорости потока и/или повышения эффективной длины, не обязательно приводит к линейному увеличению инактивации, представленной в логарифмическом масштабе, поскольку указанное изменение такой дозы может проявиться также, например, в уменьшении коэффициента однородности путей течения в среде, как это было описано выше. Следует отметить, что одновременное изменение двух или более параметров, влияющих на усредненную дозу для пути течения, может привести, например, к изменению вычисленной эквивалентной дозы, т.к. значение указанного коэффициента может изменяться в соответствии с изменениями функции распределения доз. В частности, если одновременно изменить один или более параметров уравнения 17, например, за счет удвоения скорости потока и мощности оптического излучения, причем таким образом, чтобы величина средней дозы для пути течения оставалась, по существу, неизменной, вычисленная эквивалентная доза может дополнительно измениться согласно уравнению 18. Соответственно, может оказаться желательным установить для дезинфектора 100 другие комбинации параметров мощность излучения/поток/UVT, используя при этом одинаковое значение усредненной дозы.

Согласно одному из вариантов осуществления изобретения, если, в частности, с очень маленькой (например, нулевой) дозой УФ облучения соотносится относительно небольшая, но конкретная доля путей 112 течения (например, 1/1000 от их общего числа - это "пути течения с низкой дозой"), конечная степень поражения, обеспечиваемая дезинфектором 100, может не превысить уровня 3-log, в частности, даже в том случае, когда источник 102 облучения работает в режиме генерации относительно высокой энергии облучения, скорость потока среды относительно невелика и/или среда относительно прозрачна. Поэтому, чтобы получить, в частности, большие степени поражения и/или высокую эффективность дезинфектора 100, может оказаться желательным согласно некоторым вариантам осуществления изобретения уменьшить, например, до минимума процентное количество путей течения с низкой дозой. Для этого можно использовать, например, относительно узкую функцию распределения доз.

Следует иметь в виду, что согласно некоторым вариантам осуществления, описанным выше, может оказаться желательным "согласовать" поле потока излучения, генерируемое источником 102 облучения, с зоной конкретных скоростей среды внутри канала 106. Например, предусмотрена возможность адаптировать указанный источник таким образом, чтобы он генерировал участки большого УФ потока, по существу, совпадающие с зонами высоких скоростей. Например, можно избежать наличия путей течения с низкой дозой, характеризуемых высокой скоростью среды и/или слабым УФ потоком. Это может привести, в частности, к узкой функции распределения доз и, таким образом, к работе дезинфектора 100 на относительно высоком уровне эффективности и/или к достижению относительно больших степеней поражения.

Хотя в этом отношении изобретение ничем не ограничено, ширину функции распределения доз можно измерить, в частности, как отношение разницы между средним и минимальным значениями кумулятивных доз облучения к среднему значению такой дозы. В частности, указанное отношение может составлять менее 0,7, например менее 0,4.

Фиг.9 схематично иллюстрирует дезинфектор 900 согласно некоторым вариантам осуществления изобретения, содержащий наружный источник 902 облучения. Указанные дезинфектор и/или источник облучения могут выполнять функции

соответственно дезинфектора 100 и источника 102 (см. фиг.1), хотя в этом отношении изобретение ничем не ограничено.

Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения дезинфектор 900 может содержать также адаптер 904 потока, удлиненную камеру 906 и окно 907, подробно описанные далее. Указанные адаптер и/или камера могут выполнять функции канала 106 (см. фиг.1), хотя в этом отношении изобретение ничем не ограничено.

Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения адаптеру 904 можно придать конфигурацию, позволяющую ввести среду у входа 909 и подать ее к входу 916 камеры 906, а также адаптировать поток среды, поданной к входу 916, с учетом заданного пространственного распределения скоростей микрообъектов, суспендированных в потоке среды, по множеству заданных путей течения, например, проходящих в камере 906 между ее входом 916 и выходом 912. Хотя в этом отношении изобретение ничем не ограничено, указанным адаптеру и/или камере можно придать соответственно цилиндрическую и трубчатую формы, причем внутренний диаметр адаптера может быть больше внутреннего диаметра входа 916. Следует иметь в виду, что указанная конфигурация позволяет адаптировать поток у входа 916 таким образом, чтобы, по меньшей мере, часть микрообъектов, перемещаемых вдоль различающихся между собой путей течения (например, по существу, все микрообъекты), имела у входа 916, по существу, одинаковую скорость. В одном из вариантов осуществления предусмотрена возможность придать адаптеру 904 и/или входу 916 такие конфигурации, при которых для цилиндрической камеры количество воды, протекающей в данную единицу времени внутрь из маленького кольцевого сегмента, расположенного по периметру камеры, может быть, по существу, эквивалентным количеству воды, протекающей в данный момент времени внутрь из другого такого же сегмента. Таким образом, пространственное распределение скоростей поступающего потока может иметь, по существу, "цилиндрическую" симметрию.

Хотя в этих отношениях изобретение ничем не ограничено, в некоторых вариантах его осуществления среда может представлять собой, например, жидкость (в частности, воду или среду на водной основе). В некоторых вариантах осуществления микрообъекты могут представлять собой микроорганизмы.

Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения камере 906 можно придать конфигурацию, по меньшей мере, частично определяемую заданным распределением скоростей в потоке. В частности, это относится к конфигурациям входа 916 и/или выхода 912.

Хотя в этом отношении изобретение ничем не ограничено, согласно некоторым вариантам осуществления изобретения камера 906 может быть кварцевой и, в частности, способной к обеспечению полного внутреннего отражения, по меньшей мере, части оптического излучения, поступающего от источника 902.

Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения по отношению к камере 906 источник 902 облучения может быть внешним. Предусмотрена возможность установить, например, между источником 902 и входом 916 окно 907, позволяющее облучать камеру посредством указанного источника.

Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения источник 902 и/или окно 907 могут иметь такие конфигурации, при которых источник имеет возможность облучать камеру 906 оптическим излучением, обладающим выбранным пространственным распределением потока излучения. Указанное распределение, по

меньшей мере, частично может определяться, например, заданным распределением скоростей в потоке среды внутри камеры, как это изложено в данном описании.

Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения выбранное распределение потока излучения может привести к заданному распределению множества кумулятивных отношений оптическое излучение-скорость, связанных соответственно с множеством путей течения в среде. Одно или несколько из указанных отношений (например, каждое) может представлять собой сумму (например, интеграл) отношений, отвечающих соответствующему пути течения, выбранному из множества путей течения в среде. Сумма отношений может являться, в частности, суммой отношений заданных интенсивностей оптического излучения, обеспечиваемых выбранным потоком излучения, в множестве точек, фиксированных вдоль пути течения, к заданным скоростям в потоке среды в указанном множестве фиксированных точек. Например, множество отношений "кумулятивное оптическое излучение-скорость" может представлять собой множество аккумулированных доз $Dose(track_i)$ облучения согласно, в частности, уравнению 6.

Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения отношения "кумулятивное оптическое излучение-скорость" могут иметь относительно узкое заданное распределение, например, такое, как описанное выше. В частности, отношение разницы между средним и минимальным значениями кумулятивных доз облучения к среднему значению такой дозы может быть менее 0,7, например менее 0,4.

Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения заданное распределение скоростей в потоке внутри камеры 906 может представлять собой профиль скоростей, в котором при увеличении расстояния от оси 913 камеры скорость может уменьшаться. Например, указанный профиль может иметь максимальное значение скорости, по существу, у оси камеры, а минимальное - по существу, у ее внутренних границ.

На фиг.10 представлен график, иллюстрирующий зависимость скорости от расстояния до оси 913 для первого и второго профилей (соответственно 1002 и 1004) скоростей согласно некоторым вариантам осуществления изобретения. Профили 1002 и 1004 могут отвечать, например, соответственно ламинарному и турбулентному потокам внутри камеры 906. Как видно из указанного чертежа, для обоих профилей максимальное значение скорости имеет место, по существу, у оси камеры, уменьшаясь по мере удаления от этой зоны.

Возвращаясь к фиг.9, уже рассмотренной выше, следует отметить, что согласно некоторым вариантам осуществления изобретения может оказаться желательным согласовать распределение скоростей в потоке внутри камеры 906 и выбранное распределение потока излучения, в частности, чтобы получить относительно узкое заданное распределение отношений кумулятивное оптическое излучение-скорость. Результатом такого подхода может быть увеличение эффективности дезинфектора 900 и/или относительно высокая степень поражения. Согласно указанным вариантам осуществления источнику 902 облучения и/или окну 907 можно придать такие конфигурации, при которых, как это описано, в частности, далее, первая заданная интенсивность оптического излучения, полученная из выбранного потока излучения на первом расстоянии от оси 913 камеры, будет меньше второй такой же интенсивности на втором расстоянии от оси 913, которое меньше первого расстояния.

Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения заданное

распределение скоростей в потоке внутри камеры 906 может представлять собой профиль скоростей, в котором первая скорость на первом расстоянии от внутренней поверхности 976 камеры 906 может быть меньше второй скорости на втором расстоянии от этой же поверхности, причем второе расстояние больше первого. Согласно указанным вариантам осуществления источнику 902 облучения и/или окну 907 можно придать такие конфигурации, при которых, как это описано, в частности, далее, первая заданная интенсивность оптического излучения, полученная из выбранного потока излучения на первом расстоянии, будет меньше второй такой же интенсивности на втором расстоянии.

Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения в основу одного или нескольких оптических параметров указанного окна, по меньшей мере, частично может быть заложено выбранное распределение потока излучения источника 902 облучения. Например, в число указанных оптических параметров может входить показатель преломления окна 907 в спектральном диапазоне (в частности, в УФ области) оптического излучения, генерируемого источником 902. Один или несколько оптических параметров окна можно подобрать, например, таким образом, что излучение, генерируемое источником 902 и проходящее через окно 907, чтобы облучить камеру 906, имеет, по существу, выбранное распределение потока излучения, как это описано, в частности, далее.

Фиг.11 схематично иллюстрирует окно 1100 согласно некоторым вариантам осуществления изобретения. Указанное окно может выполнять функцию окна 907 (см. фиг.9), хотя в этом отношении изобретение ничем не ограничено. Окно 1100 может содержать одну или несколько секций 1104, конфигурация которых определяется выбранным распределением потока излучения.

Возвращаясь снова к фиг.9, следует отметить, что согласно некоторым вариантам осуществления изобретения источник 902 облучения может содержать, по меньшей мере, одну лампу 919, конфигурация которой обеспечивает генерацию оптического излучения с предварительно заданным распределением, и, по меньшей мере, один отражатель 921, отражающий, по меньшей мере, часть оптического излучения, генерируемого лампой 919. В результате излучение, обладающее выбранным распределением потока излучения, может представлять собой сочетание оптического излучения, генерируемого лампой, и оптического излучения, отраженного отражателем 921, как это описано, в частности, далее. Хотя в этом отношении изобретение ничем не ограничено, лампа 919 может представлять собой, например, УФ лампу, генерирующую УФ излучение.

Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения один или более параметров отражателя 921 могут, по меньшей мере, частично задаваться на основе одного или несколько размерных параметров камеры 906. Например, таким параметром может быть внутренний диаметр камеры, как это описано, в частности, далее.

Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения отражатель 921 может относиться к эллиптическому типу. Фиг.12 схематично иллюстрирует эллиптический отражатель 1200 согласно некоторым вариантам осуществления. Хотя в этом отношении изобретение ничем не ограничено, отражатель 1200 может иметь, например, один или более из следующих параметров:

ID (inner diameter, внутренний диаметр) = 160,5 мм,

R (радиус) = 67 мм,

Коэффициент конусности = -0,32,

Δ = 6,4 мм,
a = 35,22 мм,
b = 48,1 мм.

Хотя в этом отношении изобретение ничем не ограничено, эллиптический отражатель (в частности, отражатель 1200) можно адаптировать для обеспечения 25 относительно высокой эффективности использования излучения и/или относительно однородного распределения УФ доз в удлиненной трубчатой камере (в частности, в камере 906, имеющей внутренний радиус, составляющий, например, около 164 мм).

Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения отражатель 921 может относиться к сферическому типу. Сферический отражатель 1300 согласно некоторым вариантам осуществления схематично проиллюстрирован на фиг.13. Хотя в этом отношении изобретение ничем не ограничено, отражатель 1300 может иметь, например, один или более из следующих параметров:

D (диаметр) = 160 мм,
Δ = 6,4 мм,
a = 52, 8 мм,
b = 27, 2 мм.

Хотя в этом отношении изобретение ничем не ограничено, сферический отражатель (в частности, отражатель 1300) можно адаптировать для обеспечения относительно высокой эффективности использования излучения и/или относительно однородного распределения УФ доз в удлиненной трубчатой камере (в частности, в камере 906, имеющей внутренний радиус, составляющий, например, около 164 мм).

Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения лампе 919, отражателю 921 и/или окну 907 можно придать конфигурации, обеспечивающие в камере 906 формирование выбранного распределения оптического излучения. Для реализации таких конфигураций указанных элементов можно применить любые пригодные алгоритм, моделирование и/или способ. Фиг.14 схематично иллюстрирует результат компьютерного моделирования выбранного распределения потока излучения в камере 1401, которое получено с использованием комбинации отражателя 1402, лампы 1404 и окна 1406 согласно одному из вариантов осуществления изобретения.

Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения источнику 902 оптического излучения и/или окну 907 можно придать конфигурации, обеспечивающие формирование предварительно заданного распределения оптического излучения у входа 916, как это описано, в частности, далее.

Фиг.15A и 15B схематично иллюстрируют гистограммы соответственно первого и второго распределений, соответствующих первому и второму вариантам осуществления изобретения. Каждая из гистограмм изображает зависимость интенсивности оптического излучения от угла наклона лучей к оси на входе 916 камеры. Распределение, представленное на фиг.15A, можно получить, например, используя эллиптический отражатель (в частности, отражатель 1200, показанный на фиг.12). Распределение, представленное на фиг.15B, можно получить, например, используя сферический отражатель (в частности, отражатель 1300, показанный на фиг.13). Наибольшая часть лучей, входящих в первое из указанных распределений, может 30 проходить внутри среды, подлежащей дезинфекции, под углом меньше критического угла θ_c полного внутреннего отражения. Указанный критический угол может составлять, например, $\theta_c \approx 42{,}6°$, если, в частности, среда представляет собой воду, а камера 906 окружена воздухом. Следует иметь в виду, что распределение

оптического излучения, представленное на фиг.15A, может обеспечить относительно высокую эффективность подвода излучения к микрообъектам, проходящим в потоке среды через камеру 906. Распределение, представленное на фиг.15B, для обеспечения выбранного распределения потока излучения может, например, включать лучи, соответствующие относительно большим углам наклона к оси.

Снова возвращаясь к фиг.9, следует отметить, что согласно некоторым вариантам осуществления изобретения одной или нескольким секциям отражателя 921 можно придать конфигурацию, определяемую одним или более локальными распределениями оптического излучения, входящими в выбранное распределение потока излучения, как это, в частности, описано далее.

Фиг.16 схематично иллюстрирует отражатель 1600 с решеткой канавок согласно некоторым вариантам осуществления изобретения. Указанный отражатель может выполнять функцию отражателя 921 (см. фиг.9), хотя в этом отношении изобретение ничем не ограничено. Отражатель 1600 может состоять из одной или более секций 1604, конфигурация которых имеет в своей основе одно или несколько соответствующих локальных распределений оптического излучения, входящих в выбранное распределение потока излучения. Например, указанные секции могут содержать одну или несколько канавок 1602, которые локально влияют на отражение лучей в сторону камеры 906 (см. фиг.9).

Снова возвращаясь к фиг.9, следует отметить, что согласно некоторым вариантам осуществления изобретения форма лампы 919, по меньшей мере, частично может определяться выбранным распределением потока излучения. В одном из примеров указанная лампа может иметь форму тороида, как это показано на фиг.17A. В другом примере она имеет форму креста (звезды), как это показано на фиг.17B. В других вариантах осуществления изобретения лампа 919 может иметь любые другие подходящие форму и/или конфигурацию.

Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения дезинфектор 900 может содержать, по меньшей мере, один дополнительный источник 999 облучения. Указанный источник, хотя в этом отношении изобретение ничем не ограничено, может состоять, например, по меньшей мере, из одной лампы 998, подобной лампе 919 или отличающейся от нее, и/или из отражателя 997, например, подобного отражателю 921 или отличающегося от него. Источнику 999 можно придать конфигурацию, зависящую от выбранного распределения потока излучения. В некоторых вариантах осуществления изобретения дезинфектор 900 может содержать, по меньшей мере, одно дополнительное окно, например окно 993, пропускающее в камеру 906 оптическое излучение, генерируемое источником облучения.

Согласно некоторым вариантам осуществления изобретения предусмотрена возможность расположить источник 999 облучения, по существу, напротив источника 902, например вблизи выхода 912.

Для дезинфектора 900 конфигурации источников облучения, т.е. ламп, введенных в схему в дополнение к источникам 902 и/или 999 или вместо них, окон, и/или отражателей могут иметь любую другую пригодную форму. Например, дезинфектор может содержать одну или несколько ламп (не показаны), расположенных вдоль наружной поверхности камеры 906.

Дезинфектор 900, хотя в этом отношении изобретение ничем не ограничено, может содержать выходной адаптер 994 потока, конфигурация которого позволяет, например, адаптировать поток среды у выхода 912 в зависимости от заданного

распределения скоростей в потоке среды. Данный адаптер, хотя в этом отношении изобретение ничем не ограничено, может иметь цилиндрическую форму, причем его внутренний диаметр может превышать внутренний диаметр выхода 912. Следует иметь в виду, что такая конфигурация позволяет адаптировать поток у выхода 912 таким образом, чтобы, по меньшей мере, часть микрообъектов, переносимых потоком вдоль различающихся путей течения (например, по существу, все микрообъекты), имела у выхода 912, по существу, одинаковую скорость. В одном из вариантов осуществления изобретения адаптеру 994 и/или выходу 912 можно придать такие конфигурации, при которых для цилиндрической камеры количество воды, протекающей в данную единицу времени наружу из маленького кольцевого сегмента, расположенного по периметру камеры, может быть, по существу, эквивалентным количеству воды, протекающей наружу в данную единицу времени из другого такого же сегмента. Таким образом, распределение скоростей вытекающего потока может иметь, по существу, "цилиндрическую" симметрию.

Далее приведены примеры, относящиеся к распределениям в облучающем оптическом потоке согласно некоторым вариантам осуществления изобретения. Следует отметить, что распределения, используемые в этих примерах, не ограничивают границы изобретения какой-то конкретной конструкцией дезинфектора и/или каким-то конкретным распределением потока излучения.

Фиг.18A, 18B и 18C иллюстрируют соответственно три сечения первого распределения потока излучения внутри камеры 906 согласно первому варианту осуществления изобретения. Указанное распределение можно получить, используя, например, сферический отражатель с радиусом R=110 мм.

Фиг.19A, 19B и 19C иллюстрируют соответственно три сечения второго распределения потока излучения внутри камеры 906 согласно второму варианту осуществления изобретения. Указанное распределение можно получить, используя, например, асферический отражатель, имеющий первый набор параметров.

Фиг.20A, 20B и 20C иллюстрируют соответственно три сечения третьего распределения потока излучения внутри камеры 906 согласно третьему варианту осуществления изобретения. Указанное распределение можно получить, используя, например, асферический отражатель, имеющий второй набор параметров.

Фиг.21A, 21B и 21C схематично иллюстрируют соответственно три сечения четвертого распределения потока излучения внутри камеры 906 согласно четвертому варианту осуществления изобретения. Указанное распределение можно получить, используя, например, асферический отражатель, имеющий третий набор параметров.

фиг.22A, 22B и 22C схематично иллюстрируют соответственно три сечения пятого распределения потока излучения внутри камеры 906 согласно пятому варианту осуществления изобретения. Указанное распределение можно получить, используя, 20 например, асферический отражатель, имеющий четвертый набор параметров.

Как показано на фиг.18A-18C, 19A-19C, 20A-20C, 21A-21C и/или 22A-22C, источнику 902 облучения, отражателю 921, лампе 919 и/или окну 907 можно придать конфигурации, обеспечивающие формирование различных распределений потока излучения внутри камеры 906, в том числе и выбранного распределения на основе 25 заданного распределения скоростей в потоке среды.

Указанное заданное распределение скоростей можно определить, вычислить или смоделировать, используя любые пригодные способ, алгоритм или моделирование. В частности, для такого моделирования можно применить программу

моделирования потока, как это показано на фиг.23А и 23В. Указанные чертежи иллюстрируют соответственно два сечения заданного распределения скоростей в потоке внутри камеры дезинфектора согласно одному из вариантов осуществления изобретения.

Варианты осуществления настоящего изобретения можно реализовать с использованием вариантов программного обеспечения, аппаратурного обеспечения или любой комбинации программного и аппаратурного обеспечении, которые могут оказаться подходящими для конкретных приложений или соответствующими конкретным конструкторским требованиям. Варианты осуществления изобретения могут содержать узлы или элементы, для которых предусмотрена возможность отделения друг от друга или комбинирования друг с другом, причем как целиком, так и частично. При реализации вариантов осуществления изобретения можно применять как специальные, так и многоцелевые процессоры или устройства, а также процессоры или устройства общего назначения, причем все они известны специалистам в данной области. Некоторые варианты осуществления настоящего изобретения могут содержать буферы, регистры и блоки хранения и/или памяти, предназначенные для запоминания или долгосрочного хранения данных и/или облегчения работы конкретного варианта осуществления.

При том, что в данном описании проиллюстрированы и описаны конкретные особенности изобретения, для специалистов в данной области будут очевидны многочисленные модификации, замены, изменения и эквиваленты. Поэтому следует иметь в виду, что прилагаемая формула охватывает все такие модификации и изменения, попадающие в границы объема изобретения.

Формула изобретения

1. Устройство для дезинфекции жидкости посредством облучения, содержащее: канал для переноса жидкости, подлежащей дезинфекции, имеющий вход для поступления жидкости и выход для выпуска жидкости, адаптер потока жидкости, выполненный с возможностью адаптации потока жидкости у указанного входа с учетом заданного пространственного распределения скоростей микрообъектов, суспендированных в потоке жидкости, по множеству заданных путей течения в жидкости от входа до выхода, и, по меньшей мере, один источник облучения для облучения канала оптическим излучением, имеющим выбранное пространственное распределение потока излучения, которое, по меньшей мере, частично определяется заданным распределением скоростей в потоке жидкости и согласовано с зоной конкретных скоростей жидкости внутри канала для обеспечения желаемого распределения доз облучения микрообъектов.

2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что ширина функции распределения доз, измеряемая как отношение разницы между усредненной и минимальной кумулятивными дозами облучения к усредненной дозе, составляет менее 0,7.

3. Устройство по п.2, отличающееся тем, что каждая из кумулятивных доз облучения представляет собой сумму отношений, соответствующих пути течения, входящего в множество путей течения, при этом указанная сумма отношений представляет собой сумму отношений заданных интенсивностей оптического излучения, обеспечиваемых выбранным потоком излучения в множестве фиксированных точек, расположенных вдоль указанного пути течения, к заданным скоростям течения жидкости в указанном множестве фиксированных точек.

4. Устройство по п.1, отличающееся тем, что канал представляет собой

удлиненную камеру.

5. Устройство по п.4, отличающееся тем, что удлиненная камера представляет собой трубчатую камеру, а устройство выполнено таким образом, что первая заданная интенсивность оптического излучения, обеспечиваемая выбранным потоком излучения на первом расстоянии от оси трубчатой камеры, меньше, чем вторая заданная интенсивность оптического излучения, обеспечиваемая выбранным потоком излучения на втором расстоянии от указанной оси, которое меньше первого расстояния.

6. Устройство по п.4, отличающееся тем, что первая заданная интенсивность оптического излучения, обеспечиваемая выбранным потоком излучения на первом расстоянии от внутренней поверхности удлиненной камеры, меньше, чем вторая заданная интенсивность оптического излучения, обеспечиваемая выбранным потоком излучения на втором расстоянии от указанной внутренней поверхности, которое больше первого расстояния.

7. Устройство по п.1, отличающееся тем, что источник облучения является наружным по отношению к каналу.

8. Устройство по п.7, отличающееся тем, что канал содержит окно, обеспечивающее доступ в канал оптического излучения от источника облучения.

9. Устройство по п.8, отличающееся тем, что один или более оптических параметров окна выполнены с возможностью обеспечения выбранного распределения потока излучения.

10. Устройство по п.9, отличающееся тем, что в один или более оптических параметров входит показатель преломления окна в спектральном диапазоне оптического излучения.

11. Устройство по п.8, отличающееся тем, что устройство содержит два или более источников облучения.

12. Устройство по п.11, отличающееся тем, что два или более источников облучения содержат первый комплект из одной или более ламп, установленный, по существу, напротив второго комплекта из одной или более ламп.

13. Устройство по п.11, отличающееся тем, что указанные два или более источников облучения содержат первый комплект из одной или более ламп, расположенный у входа, и второй комплект из одной или более ламп, расположенный у выхода канала.

14. Устройство по п.1, отличающееся тем, что источник облучения содержит: по меньшей мере, одну лампу, конфигурация которой обеспечивает генерацию оптического излучения с предварительно заданным распределением, и, по меньшей мере, один отражатель, отражающий, по меньшей мере, часть оптического излучения, генерируемого, по меньшей мере, одной лампой, причем оптическое излучение, имеющее выбранное распределение потока излучения, представляет собой сочетание оптического излучения, генерируемого лампой, и оптического излучения, отраженного отражателем.

15. Устройство по п.14, отличающееся тем, что одна или более секций отражателя выполнены с возможностью обеспечения одного или более локальных распределений потока излучения входящими в выбранное распределение потока излучения.

16. Устройство по п.14, отличающееся тем, что отражатель представляет собой эллиптический отражатель.

17. Устройство по п.14, отличающееся тем, что отражатель представляет собой

сферический отражатель.

18. Устройство по п.14, отличающееся тем, что форма лампы обеспечивает выбранное распределение потока излучения.

19. Устройство по п.18, отличающееся тем, что лампа представляет собой лампу в форме тороида.

20. Устройство по п.18, отличающееся тем, что лампа представляет собой лампу в форме креста.

21. Устройство по п.14, отличающееся тем, что один или более параметров отражателя выбраны в соответствии с одним или более размерными параметрами канала для обеспечения указанного выбранного распределения потока излучения.

22. Устройство по п.21, отличающееся тем, что один или более размерных параметров канала включают его внутренний диаметр.

23. Устройство по п.1, отличающееся тем, что конфигурация канала выбрана с возможностью обеспечения заданного распределения скоростей в потоке жидкости.

24. Устройство по п.23, отличающееся тем, что конфигурация, по меньшей мере, входа или выхода канала выбрана с возможностью обеспечения заданного распределения скоростей в потоке жидкости.

25. Устройство по п.1, отличающееся тем, что канал представляет собой кварцевый канал.

26. Устройство по п.1, отличающееся тем, что оптическое излучение представляет собой ультрафиолетовое излучение.

27. Устройство по п.1, отличающееся тем, что внутренний диаметр адаптера больше внутреннего диаметра входа.

28. Устройство по п.1, отличающееся тем, что жидкость содержит воду.

29. Устройство по п.1, отличающееся тем, что указанные микрообъекты представляют собой микроорганизмы.

30. Способ дезинфекции посредством облучения жидкости, текущей от входа канала до его выхода, при этом указанный способ включает: вычисление заданного распределения скоростей микрообъектов в потоке указанной жидкости по множеству заданных путей их движения от входа канала до его выхода на основе моделирования потока методами вычислительной гидродинамики, подачу жидкости к указанному входу с обеспечением в ней заданного пространственного распределения скоростей микрообъектов, суспендированных в потоке жидкости, по множеству заданных путей течения в жидкости, проходящих от входа до выхода канала, и облучение указанного канала оптическим излучением, генерируемым, по меньшей мере, одним источником облучения, обеспечивающим выбранное пространственное распределение потока излучения в канале, которое, по меньшей мере, частично определяется заданным распределением скоростей в потоке жидкости и которое согласовано с зоной конкретных скоростей жидкости внутри канала для обеспечения желаемого распределения доз облучения.

31. Способ по п.30, отличающийся тем, что ширина функции распределения доз, измеряемая как отношение разницы между усредненной и минимальной кумулятивными дозами облучения к усредненной дозе, составляет менее 0,7.

32. Способ по п.31, отличающийся тем, что каждая из кумулятивных доз облучения представляет собой сумму отношений, соответствующих пути течения, входящего в указанное множество заданных путей течения, при этом указанная сумма отношений представляет собой сумму отношений заданных интенсивностей оптического излучения, обеспечиваемых выбранным потоком излучения во

множестве фиксированных точек, расположенных вдоль указанного пути течения, к заданным скоростям течения жидкости в указанном множестве фиксированных точек.

33. Способ по п.30, отличающийся тем, что облучение указанного канала представляет собой облучение трубчатой камеры, а первая заданная интенсивность оптического излучения, обеспечиваемая выбранным потоком излучения на первом расстоянии от оси камеры, меньше, чем вторая заданная интенсивность оптического излучения, обеспечиваемая выбранным потоком излучения на втором расстоянии от указанной оси, которое меньше первого расстояния.

34. Способ по п.30, отличающийся тем, что облучение канала представляет собой такое облучение канала, при котором первая заданная интенсивность оптического излучения, обеспечиваемая выбранным потоком излучения на первом расстоянии от внутренней поверхности камеры, меньше, чем вторая заданная интенсивность оптического излучения, обеспечиваемая выбранным потоком излучения на втором расстоянии от указанной внутренней поверхности, которое больше первого расстояния.

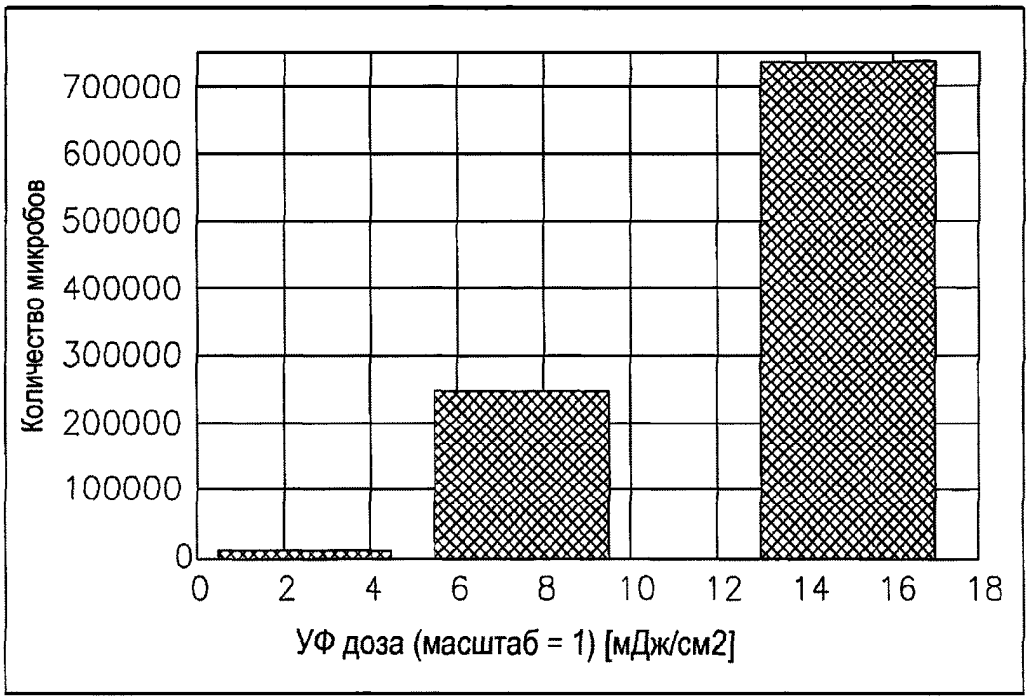
35. Способ по п.30, отличающийся тем, что облучение канала проводят снаружи.

36. Способ по п.35, отличающийся тем, что облучение канала, проводимое снаружи, включает в себя прохождение оптического излучения через окно канала.

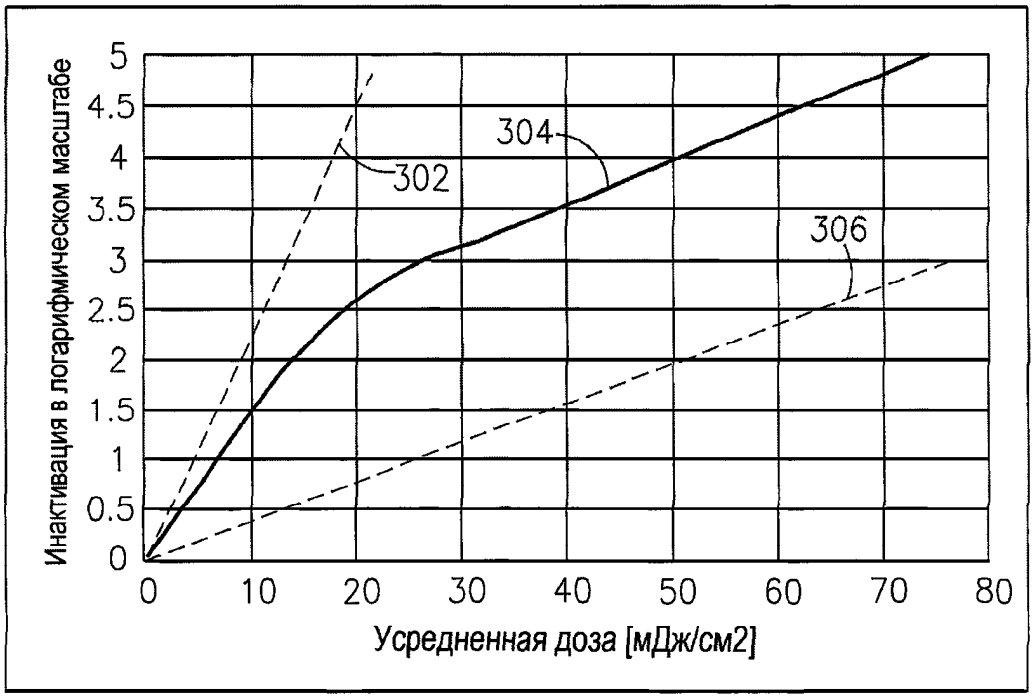
37. Способ по п.30, отличающийся тем, что облучение указанного канала включает: генерацию оптического излучения с предварительно заданным распределением и, по меньшей мере, частичное отражение генерируемого оптического излучения, причем оптическое излучение, имеющее выбранное распределение потока излучения, представляет собой сочетание генерируемого оптического излучения и отраженного оптического излучения.

38. Способ по п.30, отличающийся тем, что оптическое излучение представляет собой УФ-излучение.

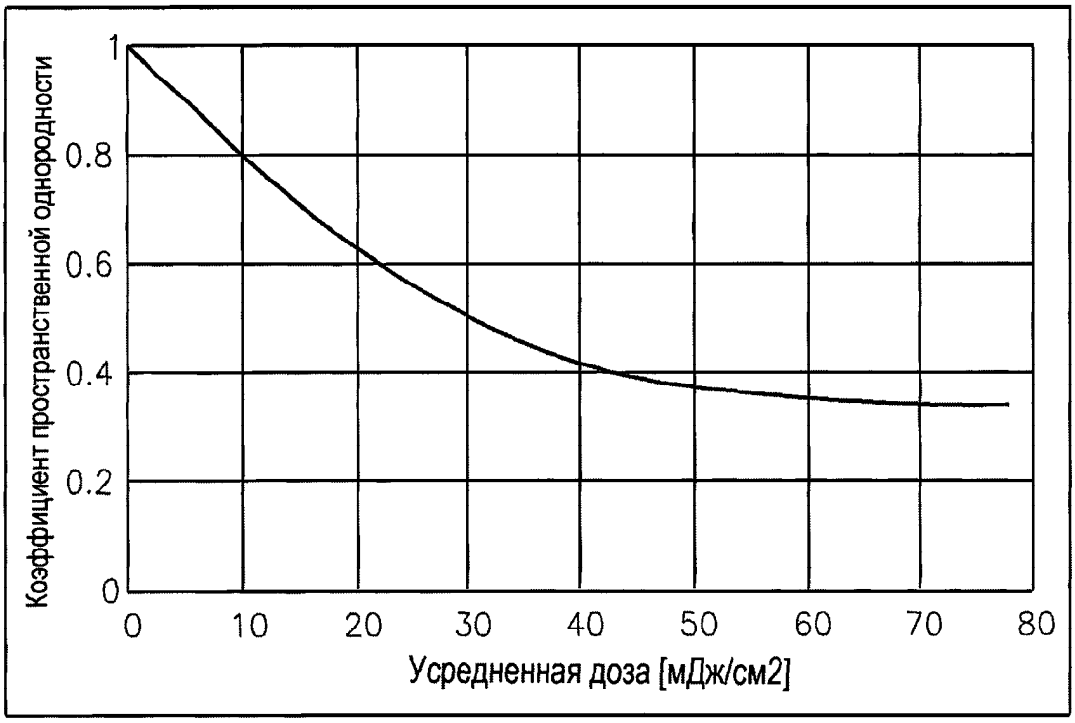
39. Способ по п.30, отличающийся тем, что жидкость содержит воду.


Количество микробов
700000
600000
500000
400000
300000
200000
100000
0
0 2 4 6 8 10 12 14 16 18
УФ доза (масштаб = 1) [мДж/см2]

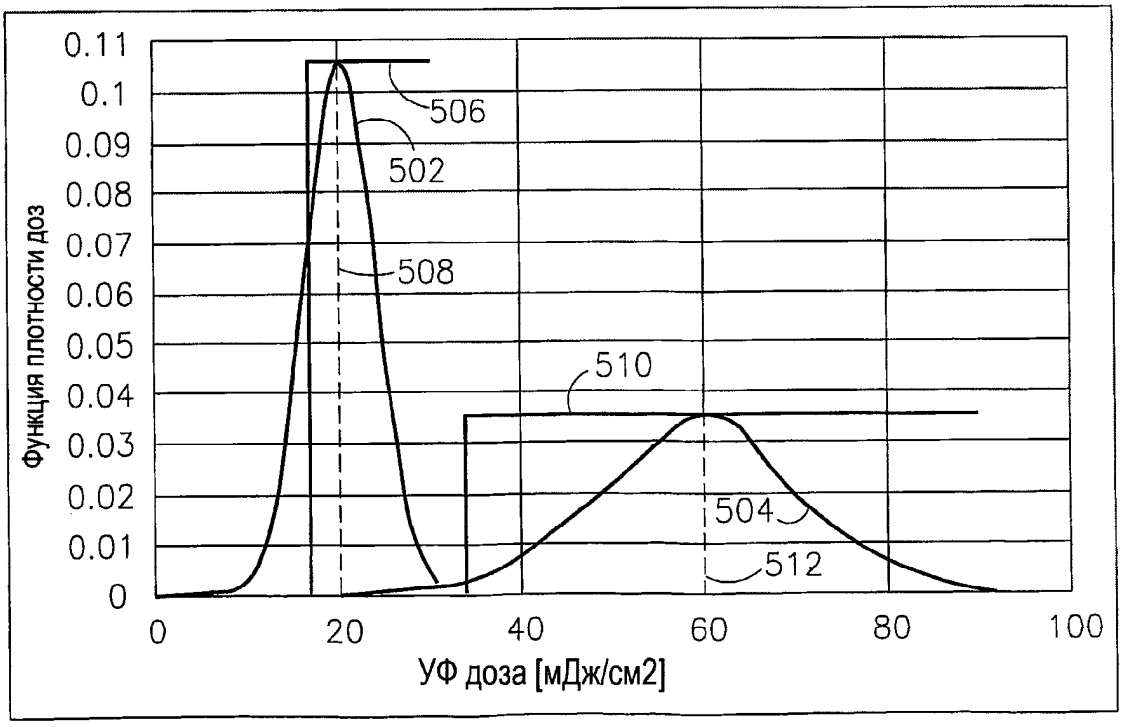
ФИГ. 2


Инактивация в логарифмическом масштабе
5
4.5
4
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
0 10 20 30 40 50 60 70 80
Усредненная доза [мДж/см2]
304
302
306

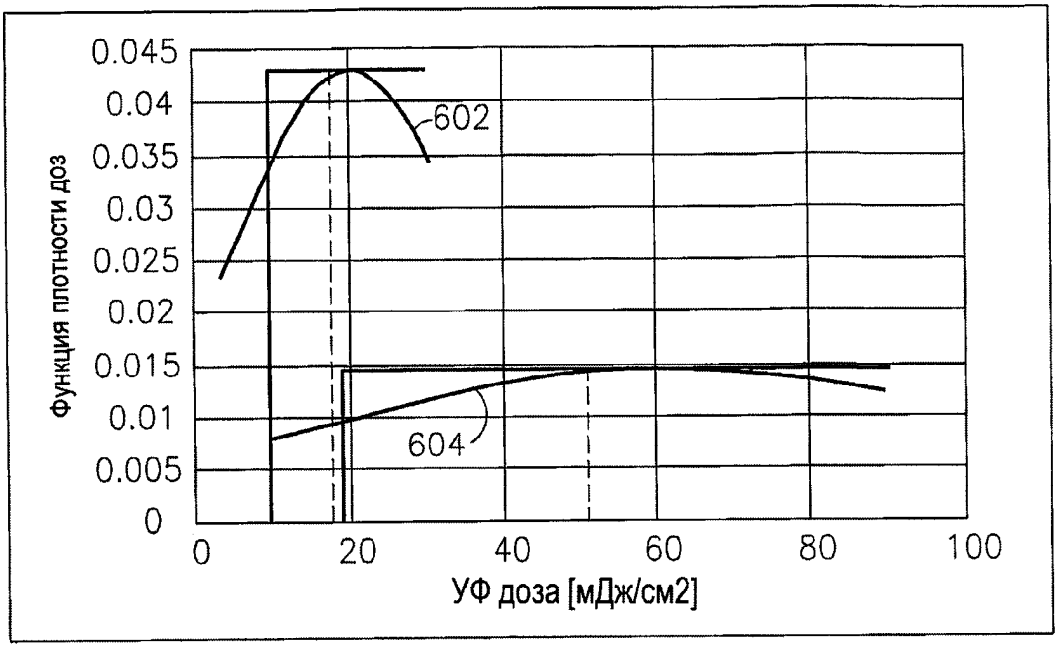
ФИГ. 3


Коэффициент пространственной однородности
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
0
10
20
30
40
50
60
70
80
Усредненная доза [мДж/см2]

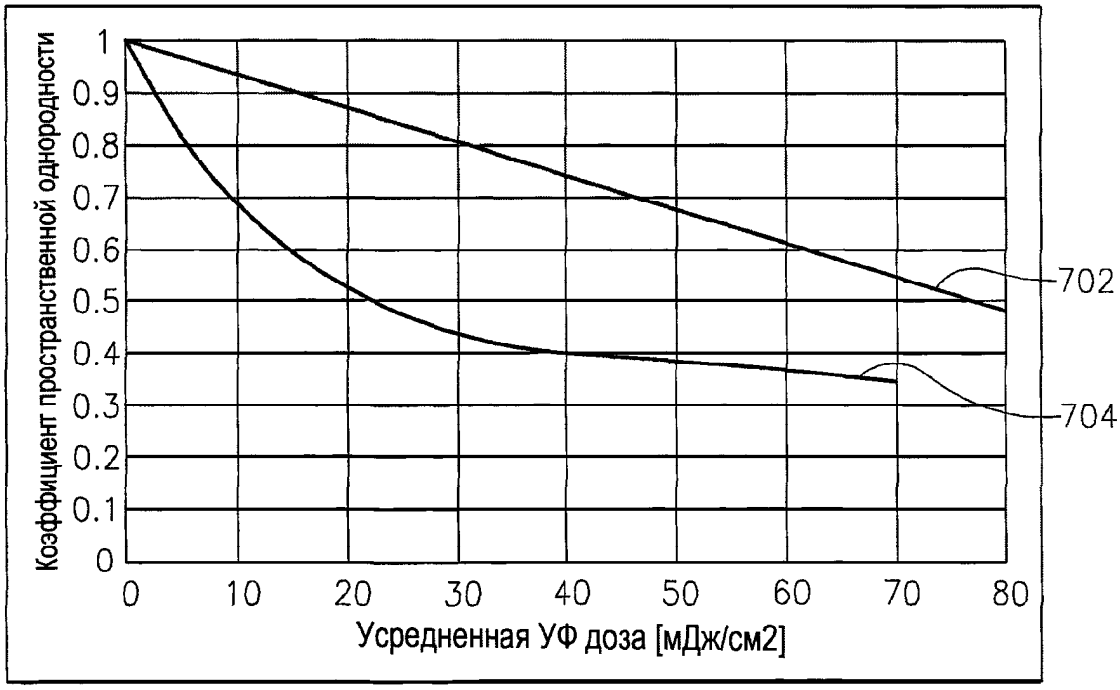
ФИГ. 4


Фунжция плотности доз
0.11
0.1
0.09
0.08
0.07
0.06
0.05
0.04
0.03
0.02
0.01
0
506
502
508
510
504
512
0
20
40
60
80
100
УФ доза [мДж/см2]

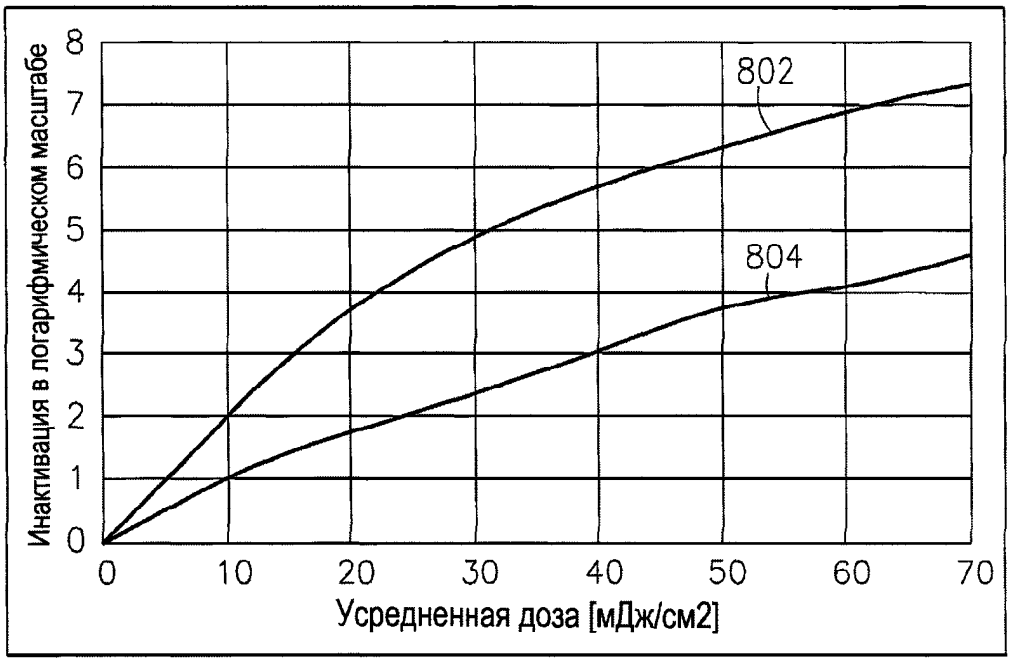
ФИГ. 5


0.045
0.04
0.035
0.03
0.025
0.02
0.015
0.01
0.005
0
Функция плотности доз
602
604
0
20
40
60
80
100
УФ доза [мДж/см2]

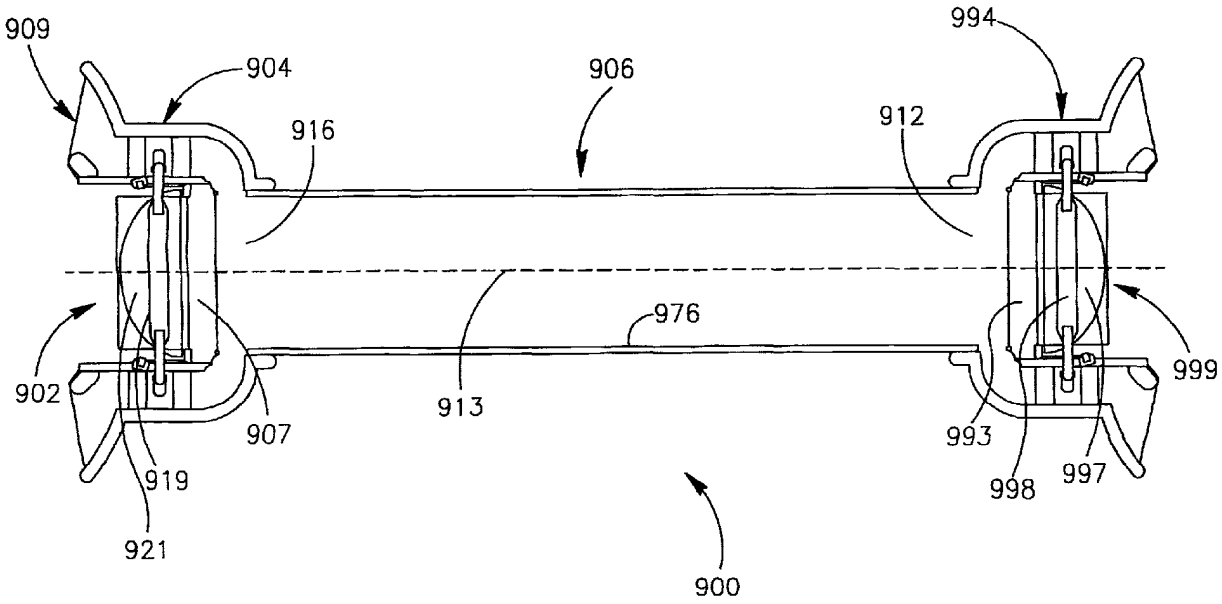
ФИГ. 6


1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
Коэффициент пространственной однородности
702
704
0
10
20
30
40
50
60
70
80
Усредненная УФ доза [мДж/см2]

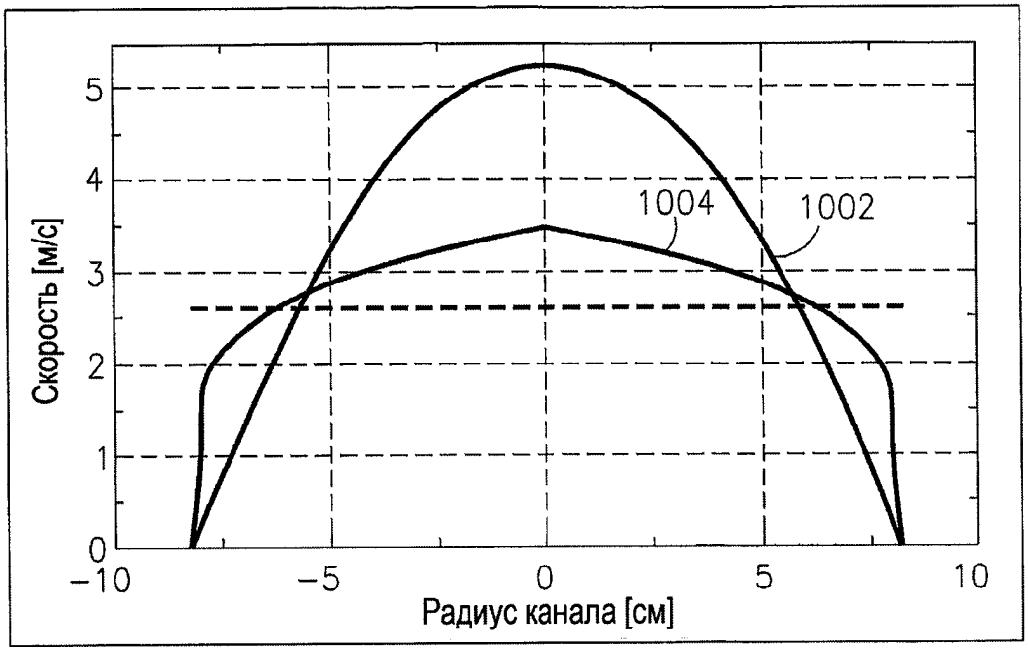
ФИГ. 7


Инактивация в логарифмическом масштабе
0
1
2
3
4
5
6
7
8
802
804
0
10
20
30
40
50
60
70
Усредненная доза [мДж/см2]

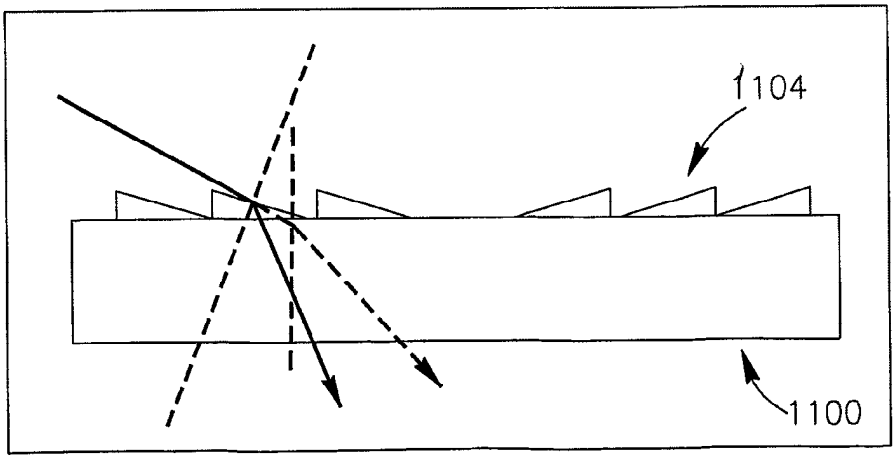
ФИГ. 8


909
904
906
994
916
912
902
976
913
907
919
921
900
993
998
997
999

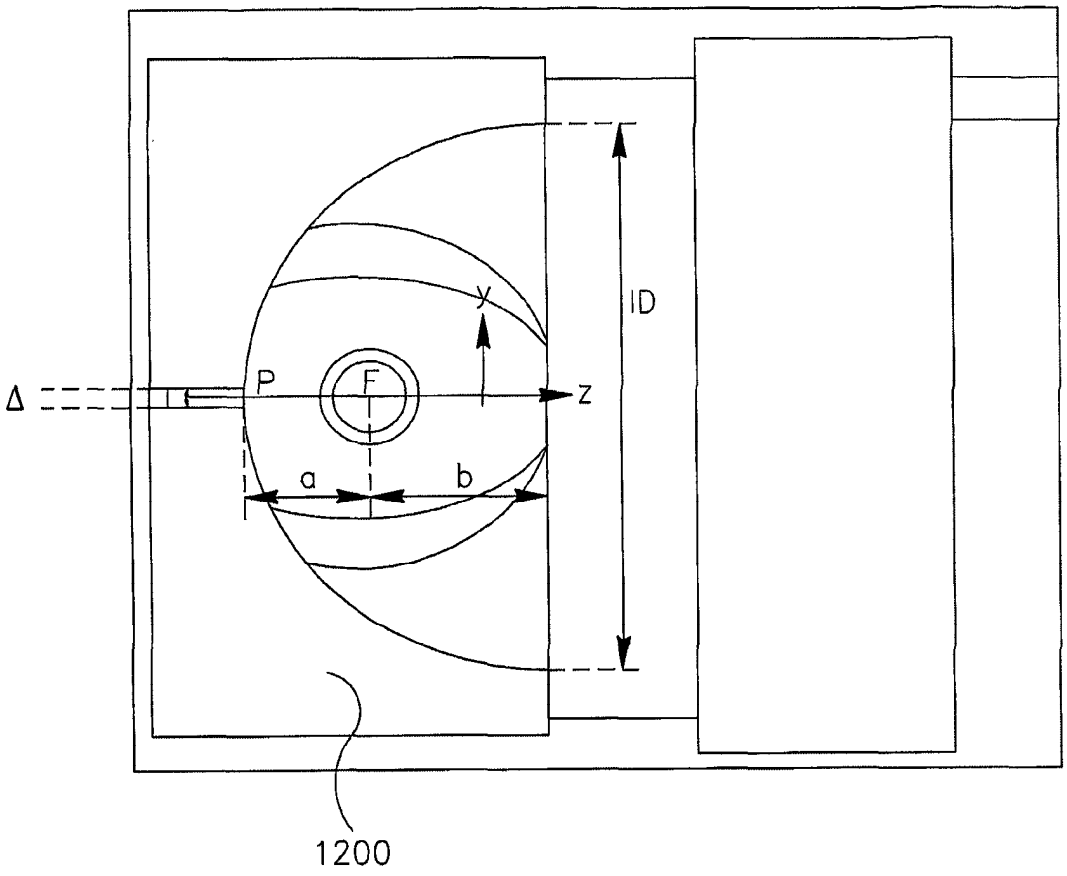
ФИГ. 9


Скорость [м/с]
5
4
3
2
1
0
−10
−5
0
5
10
Радиус канала [см]
1004
1002

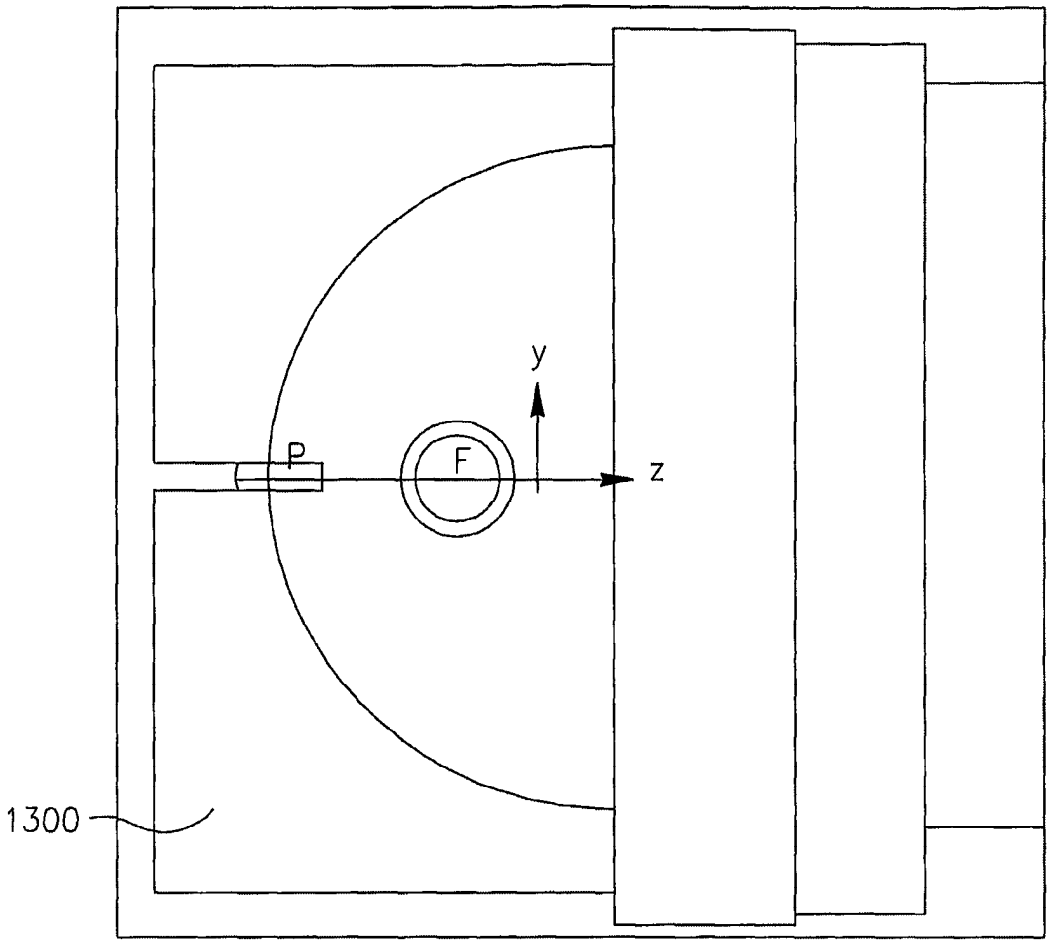
ФИГ. 10


1104
1100

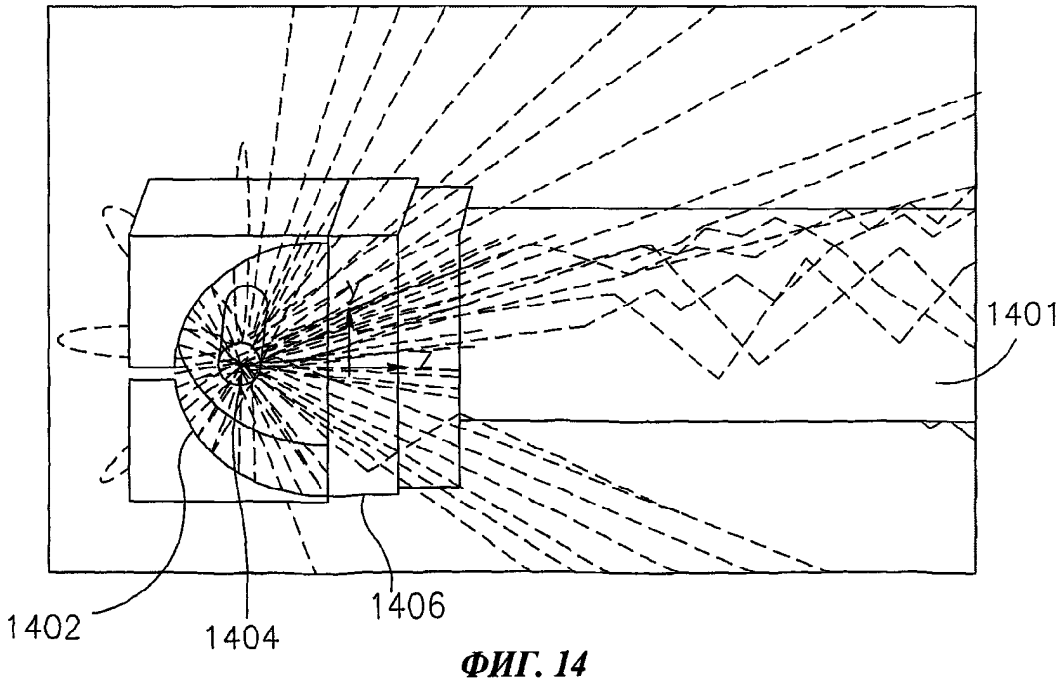
ФИГ. 11



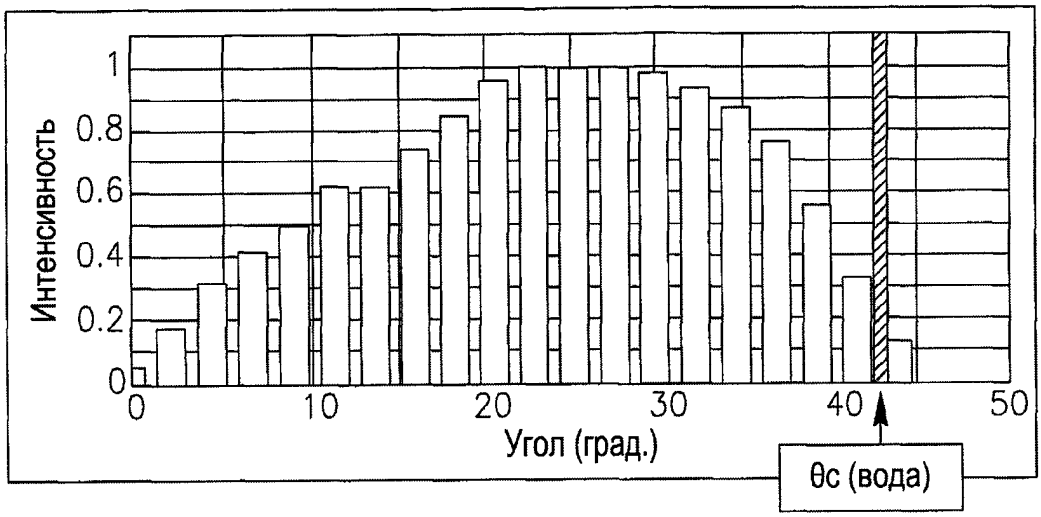
ФИГ. 12



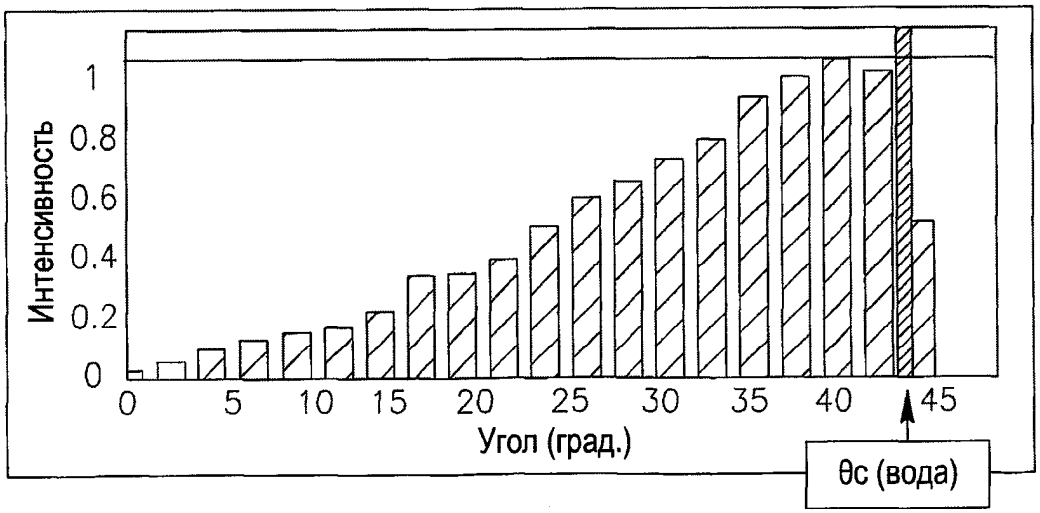
ФИГ. 13



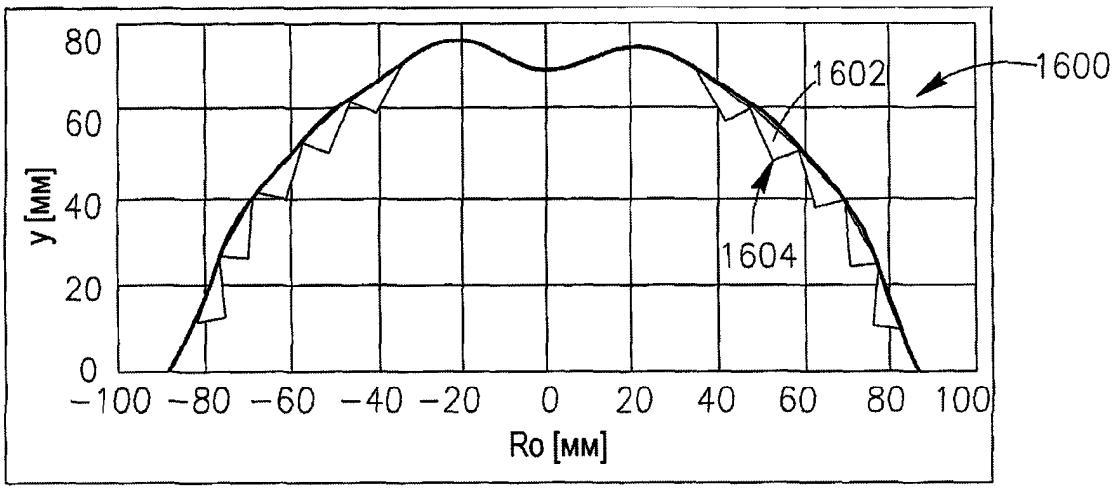
ФИГ. 14



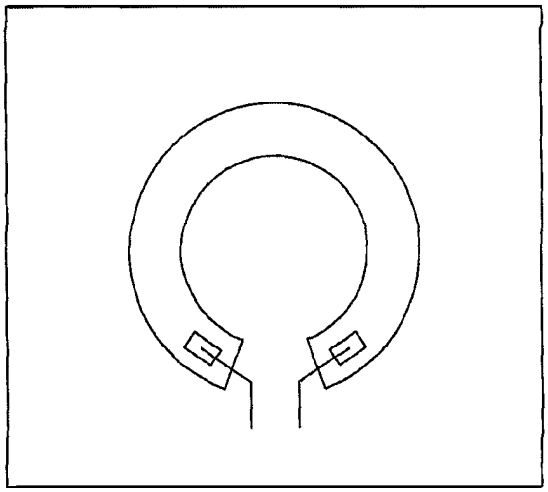
ФИГ. 15A



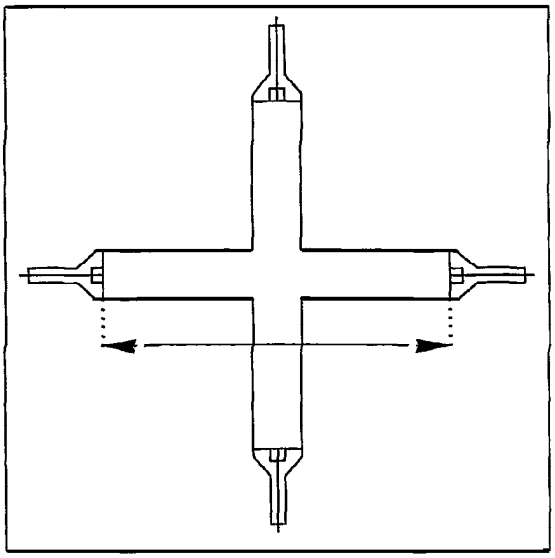
ФИГ. 15B



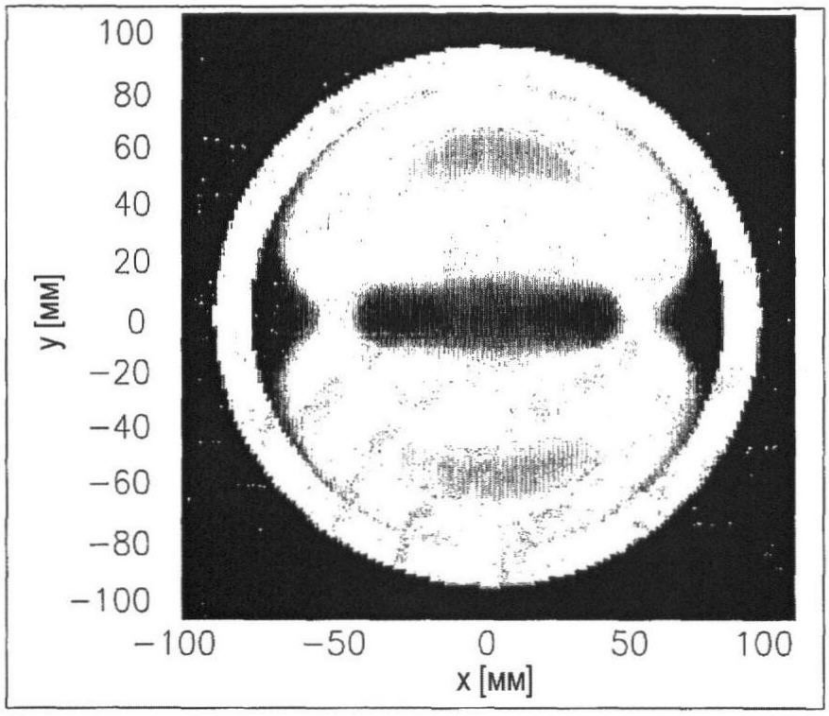
ФИГ. 16



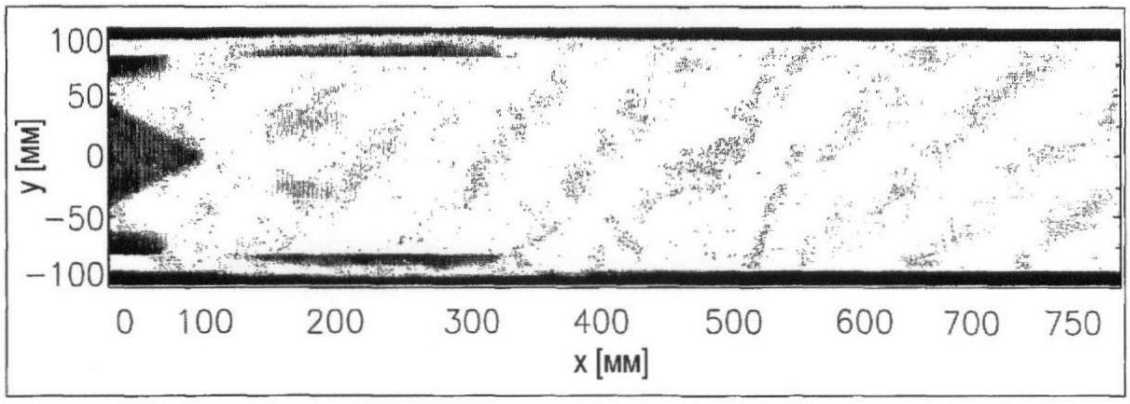
ФИГ. 17A



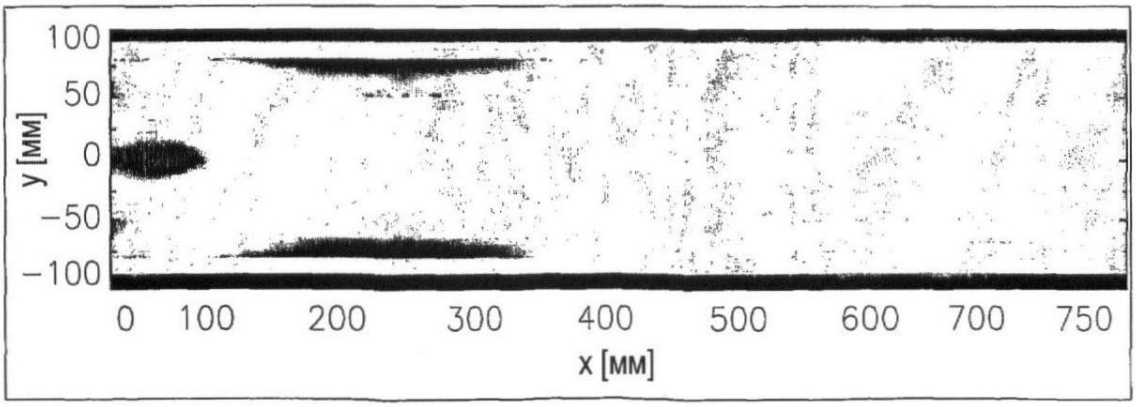
ФИГ. 17B



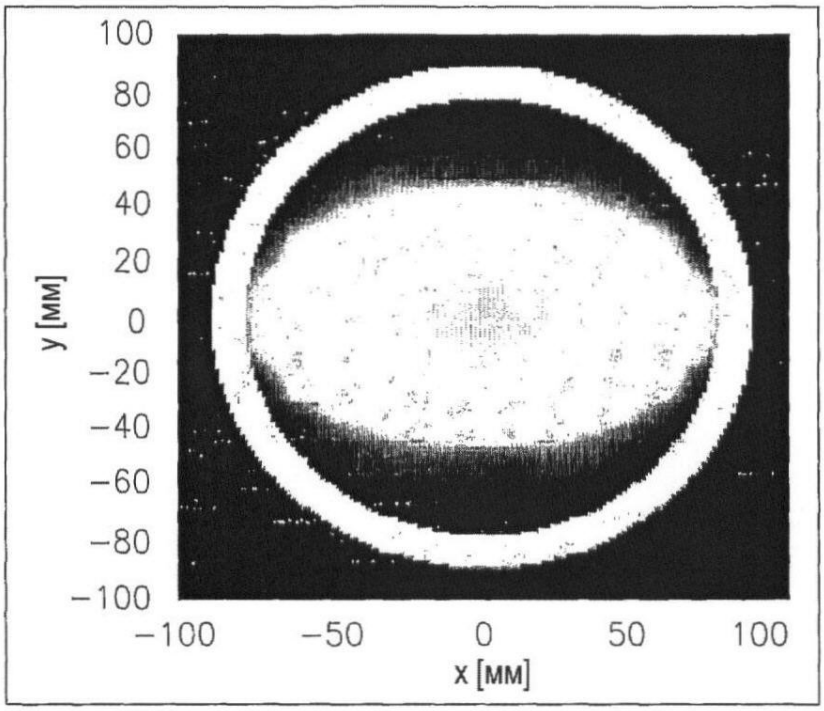
ФИГ. 18A



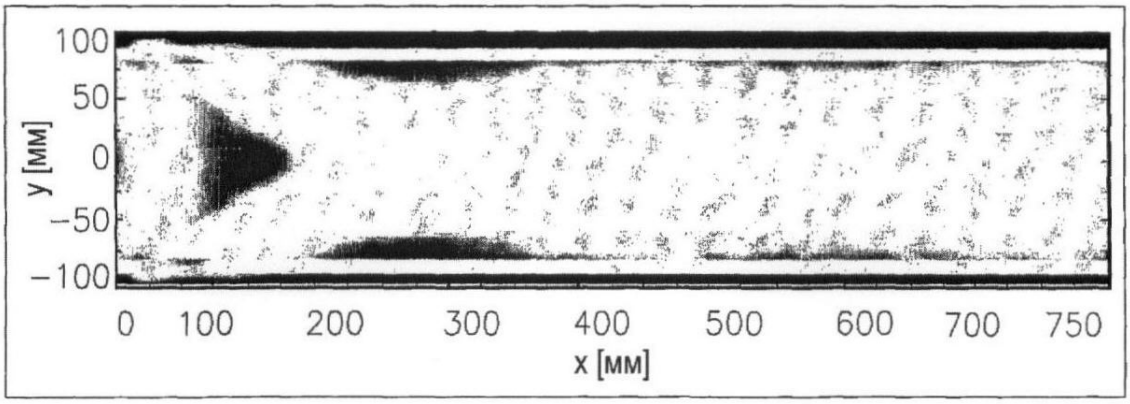
ФИГ. 18B



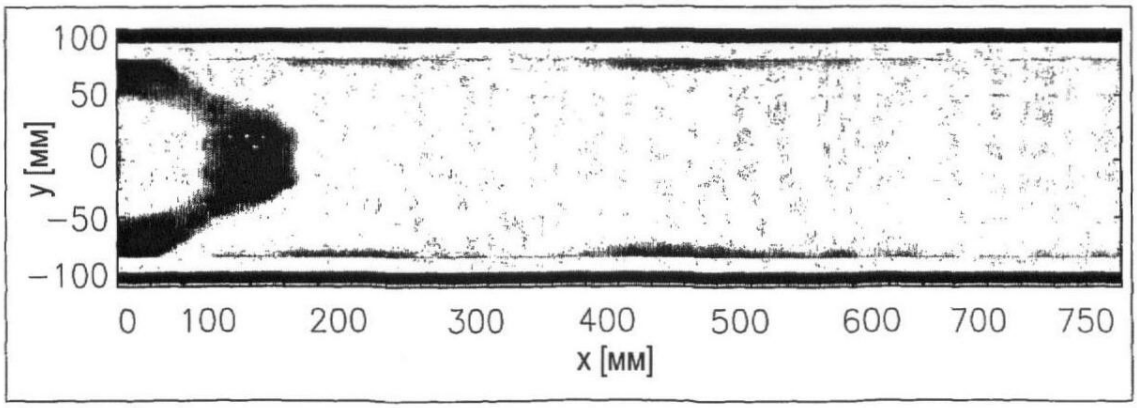
ФИГ. 18C



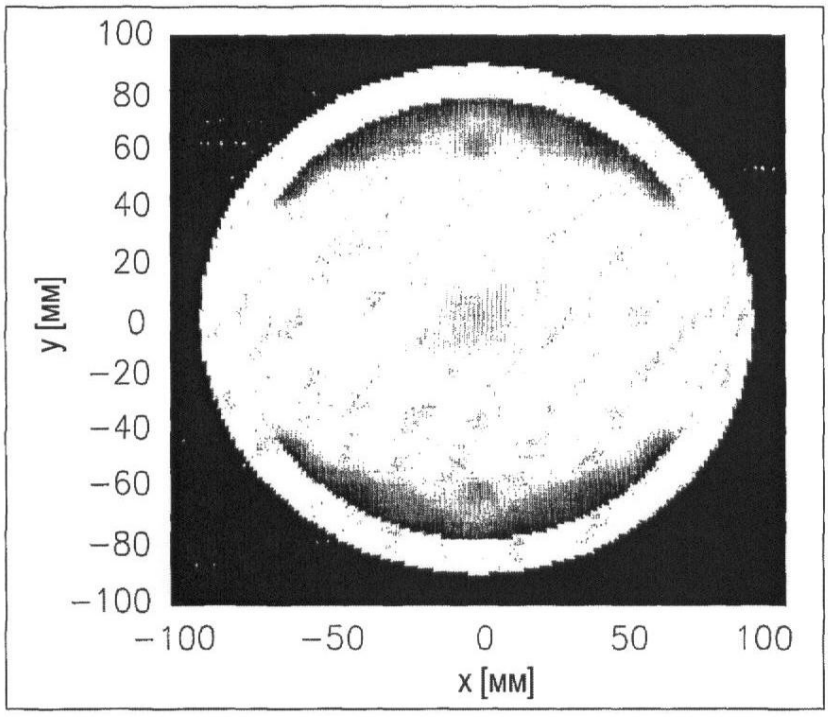
ФИГ. 19A



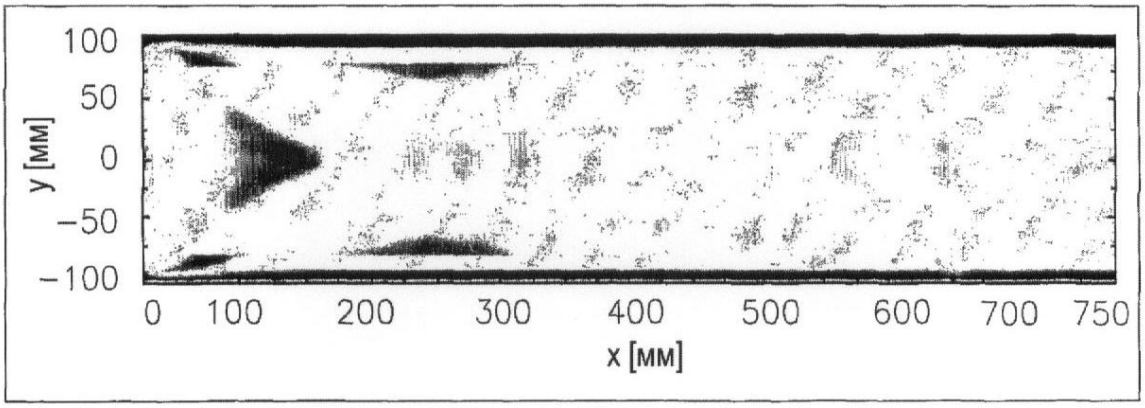
ФИГ. 19B



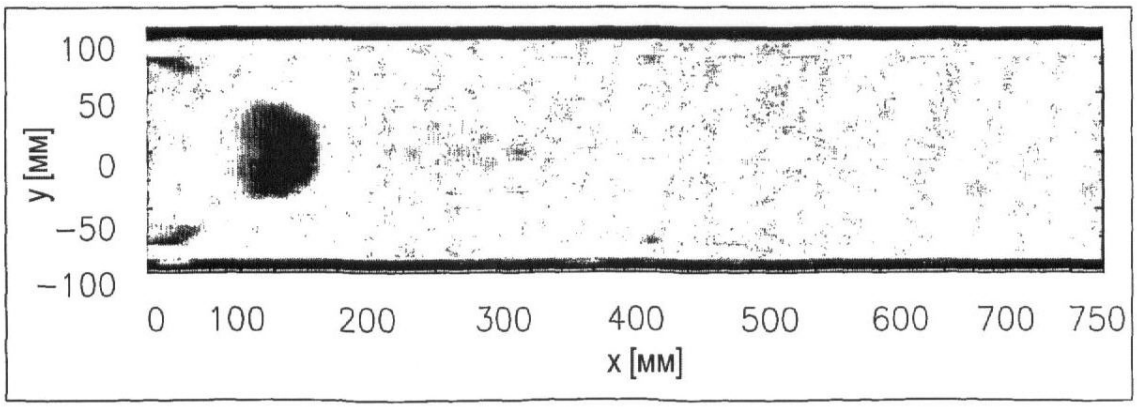
ФИГ. 19C



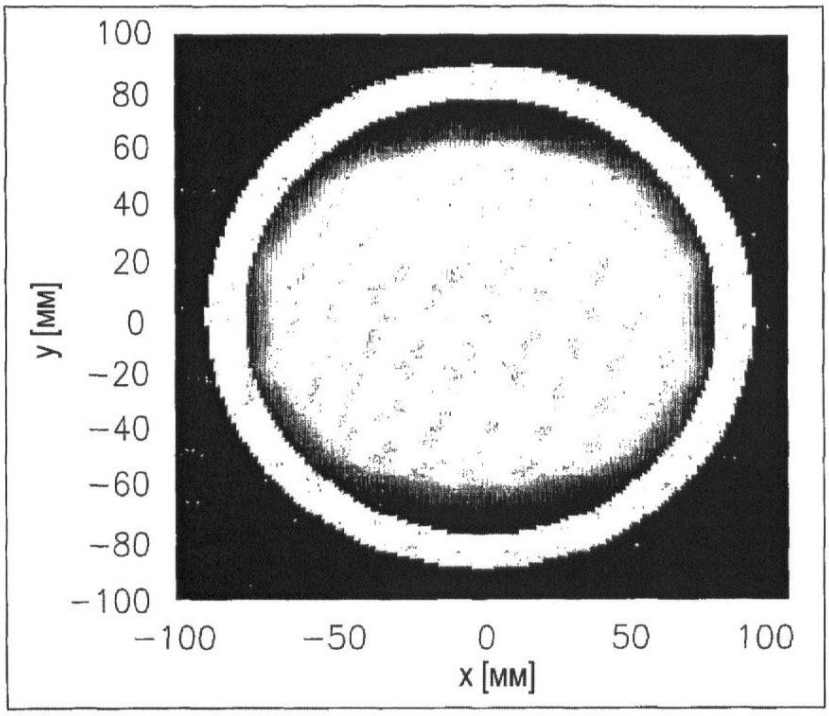
ФИГ. 20A



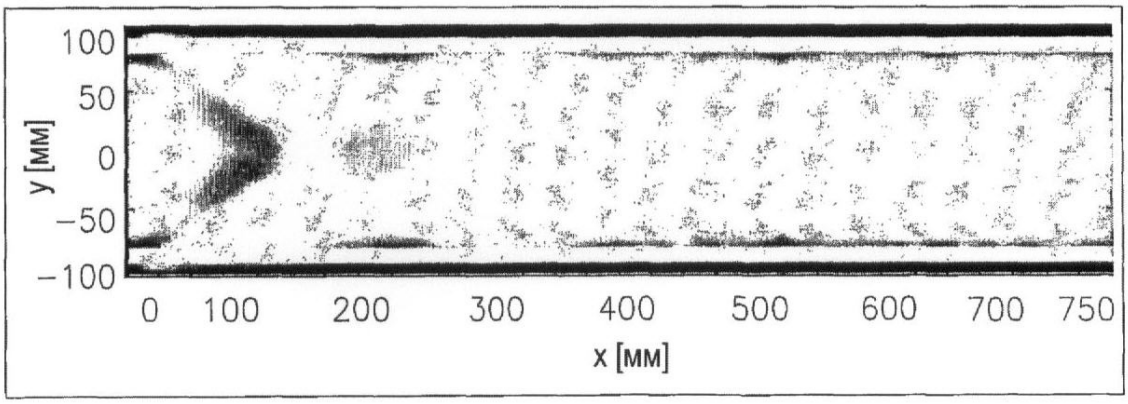
ФИГ. 20B



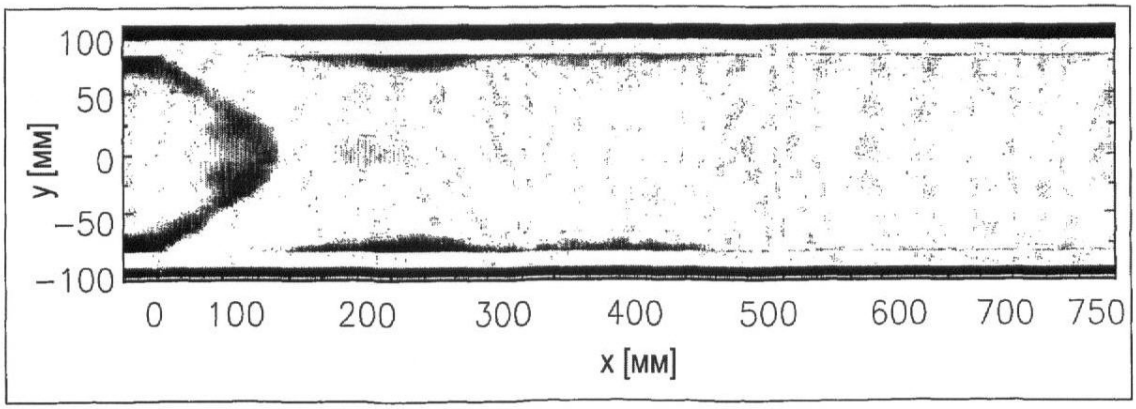
ФИГ. 20C



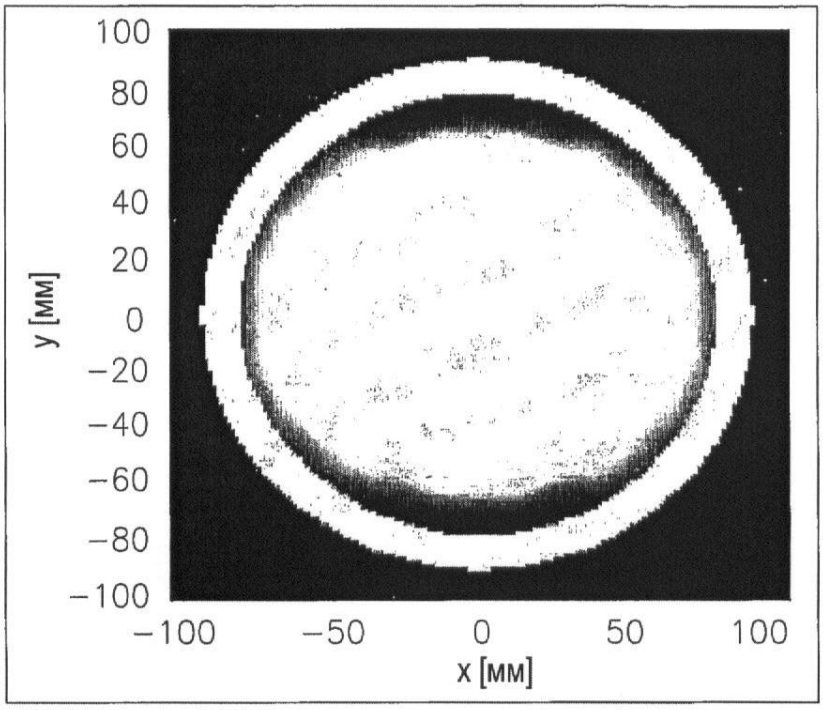
ФИГ. 21A



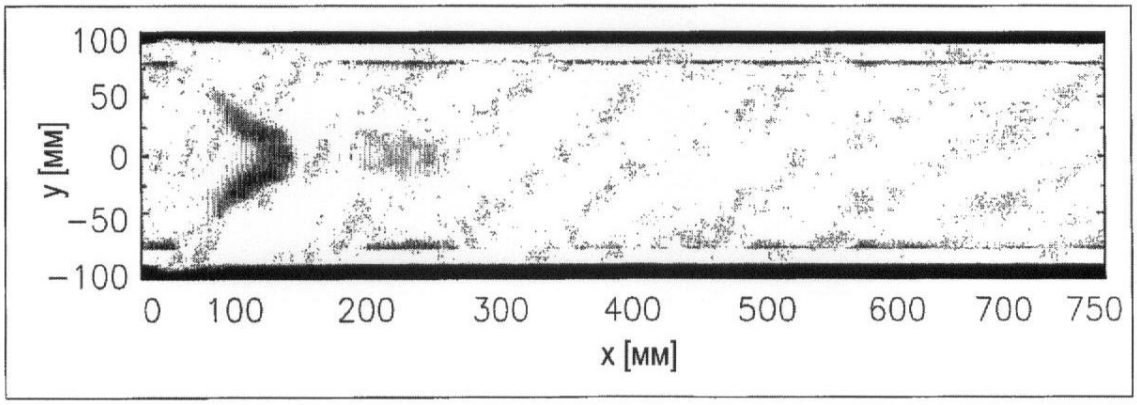
ФИГ. 21B



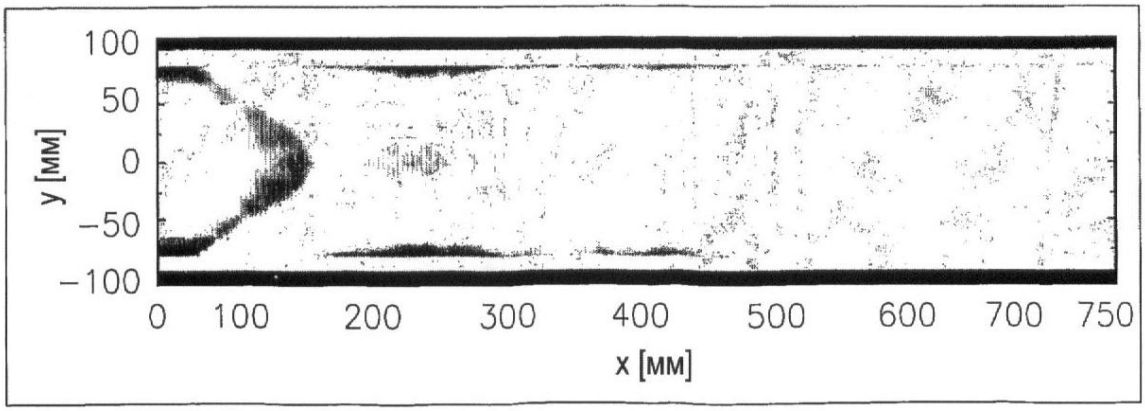
ФИГ. 21C



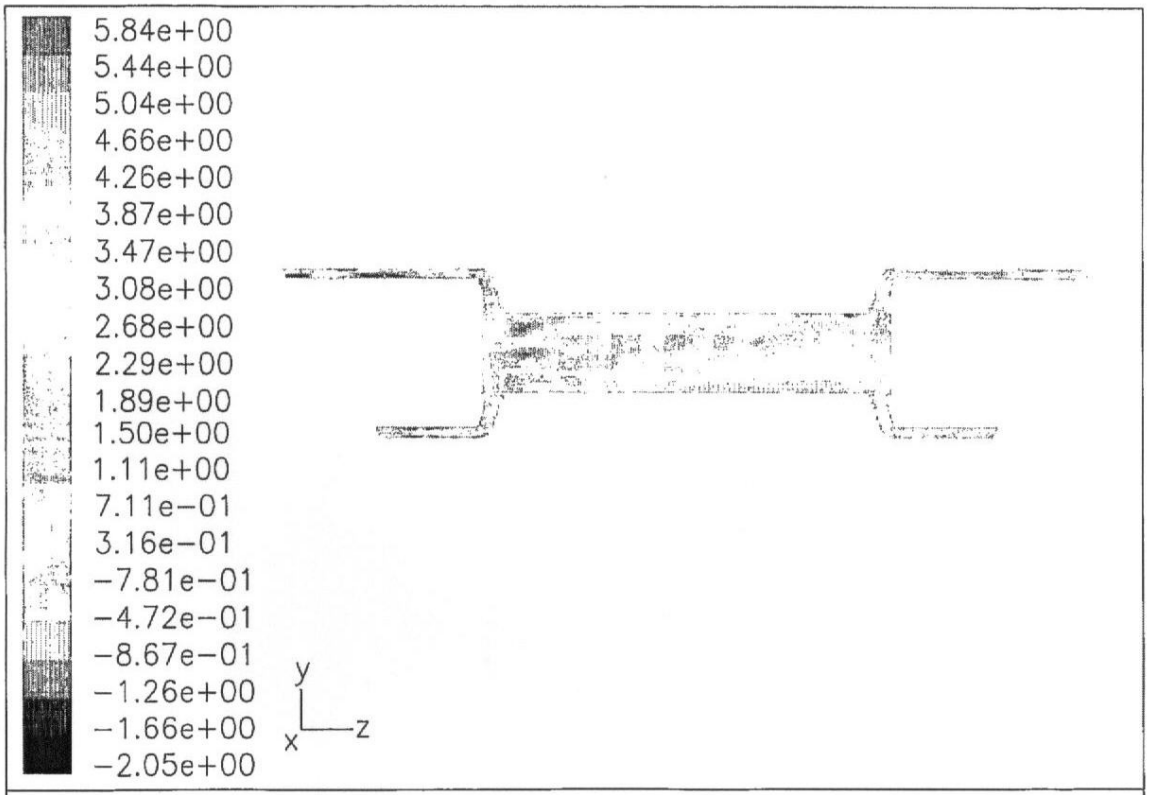
ФИГ. 22A



ФИГ. 22B

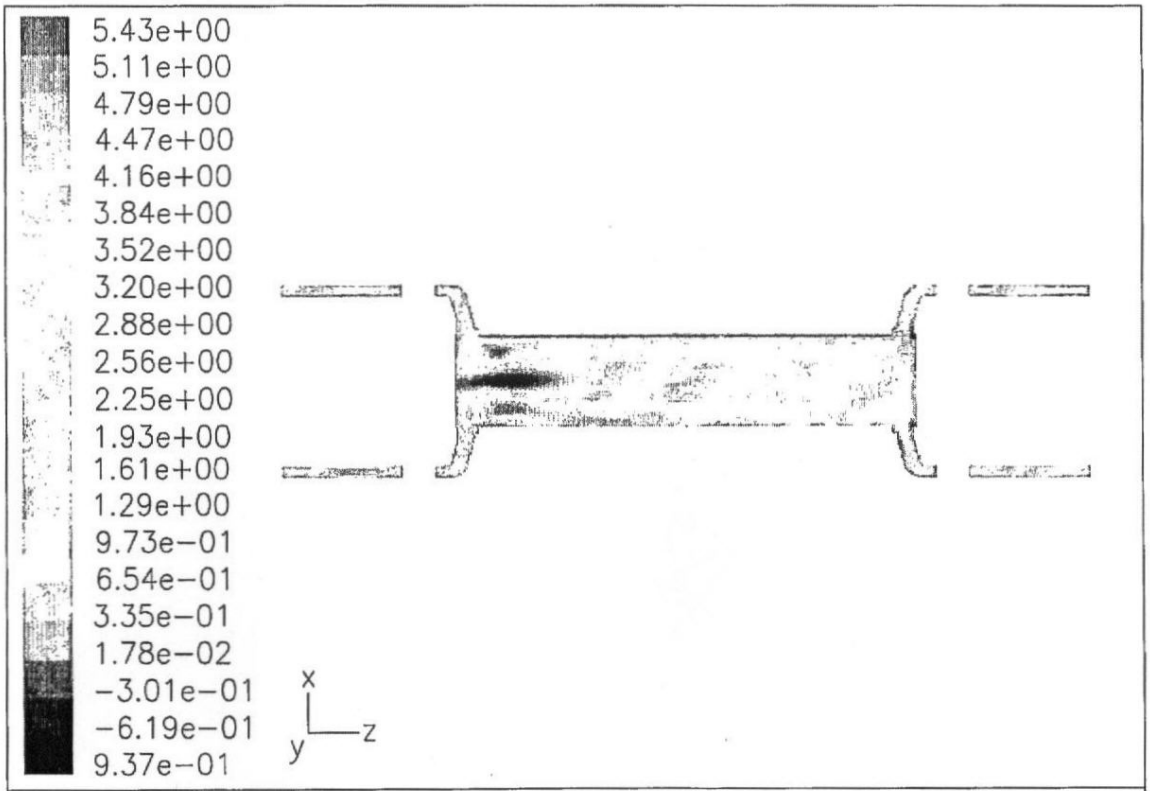


ФИГ. 22C



Контуры аксиальной скорости (м/с) в плоскости x = 0

ФИГ. 23A



Контуры аксиальной скорости (м/с) в плоскости y = 0

ФИГ. 23B