



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2009130948/21, 13.08.2009

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
13.08.2009

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 13.08.2009

(43) Дата публикации заявки: 20.02.2011 Бюл. № 5

(45) Опубликовано: 20.06.2011 Бюл. № 17

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: SU 1393457 A1, 07.05.1988. CN 1235224 A,
17.11.1999. RU 2161881 C2, 20.01.2001.

Адрес для переписки:

659328, Алтайский край, г. Бийск, а/я 416,
ООО "Центр ультразвуковых технологий"

(72) Автор(ы):

Хмельёв Владимир Николаевич (RU),
Шалунов Андрей Викторович (RU),
Хмельёв Максим Владимирович (RU),
Лебедев Андрей Николаевич (RU),
Шалунова Ксения Викторовна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Российская Федерация, от имени которой
выступает "Федеральное агентство по науке
и инновациям" (RU),
Общество с ограниченной
ответственностью "Центр ультразвуковых
технологий" (RU)(54) СПОСОБ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОЗДУШНО-КАПЕЛЬНЫЕ
ДИСПЕРСИИ

(57) Реферат:

Изобретение предназначено для рассеивания тумана в прилегающей зоне различных объектов, таких как аэродромы, морские порты, автодороги, площадки для проведения спортивных и культурных мероприятий. Способ электрофизического воздействия на воздушно-капельные дисперсии заключается в воздействии на частицы жидкости в воздухе упругими колебаниями, изменяемыми по частоте и направляемыми на скопление тумана. Воздействие осуществляют ультразвуковыми колебаниями на частотах от 70 до 20 кГц с интенсивностью не менее 135 дБ при помощи плоского излучателя.

Излучатель выполнен круглой или прямоугольной формы с возможностью изгибного колебания. Колебание происходит на частотах, кратных основной. Излучатель возбуждается акустически связанным с ним продольно колеблющимся пьезоэлектрическим преобразователем. Пьезоэлектрический преобразователь питается электронным генератором ультразвуковых частот. Воздействие осуществляется одновременно колебаниями, создаваемыми обеими сторонами плоского излучателя. Обеспечивается возможность эффективного рассеивания тумана. 4 ил.

RU 2 4 2 1 5 6 6 C 2

RU 2 4 2 1 5 6 6 C 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION(21)(22) Application: **2009130948/21, 13.08.2009**(24) Effective date for property rights:
13.08.2009

Priority:

(22) Date of filing: **13.08.2009**(43) Application published: **20.02.2011 Bull. 5**(45) Date of publication: **20.06.2011 Bull. 17**

Mail address:

**659328, Altajskij kraj, g. Bijsk, a/ja 416, OOO
"Tsentrl' trazvukovykh tekhnologij"**

(72) Inventor(s):

**Khmelev Vladimir Nikolaevich (RU),
Shalunov Andrej Viktorovich (RU),
Khmelev Maksim Vladimirovich (RU),
Lebedev Andrej Nikolaevich (RU),
Shalunova Ksenija Viktorovna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Rossijskaja Federatsija, ot imeni kotoroj
vystupaet "Federal'noe agentstvo po nauke i
innovatsijam" (RU),
Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennost'ju
"Tsentrl' trazvukovykh tekhnologij" (RU)****(54) METHOD FOR EXPOSING AIR-DROPLET DISPERSIONS TO ELECTROPHYSICAL ACTION**

(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: method of exposing air-droplet dispersions to electrophysical action involves exposing liquid particles in air to elastic vibrations whose frequency varies and which are directed on a fog accumulation. The dispersions are exposed to ultrasonic vibrations at frequency ranging from 70 to 20 kHz with intensity of not less than 135 dB using a planar radiator. The radiator is circular or rectangular shaped with possibility of bending

vibration. Vibrations are at frequencies which are multiples of the fundamental frequency. The radiator is excited by a longitudinally oscillating piezoelectric transducer which is acoustically connected to the radiator. The piezoelectric transducer is powered by an electronic ultrasound generator. The dispersions are simultaneously exposed to vibrations generated by both sides of the planar radiator.

EFFECT: efficient dispersion of fog.

4 dwg

Изобретение относится к области технологий активного воздействия на атмосферные образования, а именно к способам рассеивания тумана в прилегающей зоне различных объектов, как для неподвижного наземного размещения (аэродромы, морские порты, автодороги, площадки для проведения спортивных и культурных мероприятий), так и перемещающихся в пространстве (например, корабли), для которых необходимо выполнение заданных требований по дальности видимости.

Туманы являются устойчивой структурой и, при неизменных естественных условиях, эволюционируют слабо. Разрушение (рассеивание) тумана в естественных условиях происходит, как правило, вследствие изменения термодинамических параметров среды (температуры, влажности, давления) и длится от нескольких часов до нескольких суток.

Для улучшения метеорологических условий в период образования тумана и, прежде всего, уменьшения вероятности ограничения видимости ниже допустимых пределов, проводятся работы по искусственному воздействию на туман, т.е. созданию условий, ускоряющих процесс рассеивания тумана [1]. Технике и технологиям активного воздействия на облака и туманы в научно-технической литературе уделяется большое внимание. Исследованы микрофизические процессы в увлажненной газовой среде [2], созданы практические разработки устройств и способов воздействия на облака и туманы.

На сегодняшний день наибольшее распространение получили способы рассеивания туманов, основанные на использовании специальных реагентов для искусственной конденсации паров воды [3, 4]. Однако, несмотря на накопленный опыт практического применения подобных способов, они обладают рядом существенных недостатков, значительно снижающих их эффективность:

- ухудшение экологии окружающей среды;
- возможность применения только к переохлажденным туманам;
- значительный расход материальных ресурсов.

Вышеперечисленные недостатки обуславливают необходимость поиска и разработки новых способов рассеивания туманов, основанных на каком-либо виде энергетического воздействия на воздушно-капельные дисперсии. Наиболее перспективными среди этих способов являются способы электрофизического воздействия на воздушно-капельные дисперсии, среди которых наибольшее распространение для рассеивания туманов получили следующие:

- а) электростатический;
- б) ультразвуковой.

Электростатический способ разрушения туманов основан на создании в зоне формирования тумана коронного разряда. Конструктивно устройства, реализующие электростатический способ рассеивания туманов, представляют собой протяженную конструкцию, состоящую из коронирующих проводов, закрепленных на изоляторах высоковольтных опор [5]. Однако электростатическому способу разрушения туманов также присущ ряд существенных недостатков, которые делают его малоперспективным для практического применения. Этими недостатками являются:

- необходимость использования высокого электрического напряжения;
- образование большого количества озона при работе, вредного, при высоких концентрациях, для человека и животных;
- большая протяженность коронирующих проводов, необходимых для работы системы на открытых пространствах;
- высокие капитальные затраты, сложность монтажа и реконфигурирования

установки.

Альтернативным вариантом замены электростатического способа рассеивания туманов является способ электрофизического воздействия на воздушно-капельные дисперсии, основанный на коагуляции взвешенных в воздухе капелек влаги под действием акустических (в том числе и ультразвуковых) колебаний высокой интенсивности.

Среди известных способов электрофизического воздействия на воздушно-капельные дисперсии для рассеивания туманов [6-10] наиболее близким по технической сущности к предлагаемому техническому решению является способ акустической коагуляции аэрозолей [10], принятый за прототип.

Способ электрофизического воздействия на воздушно-капельные дисперсии для рассеивания туманов, принятый за прототип, заключается в электрофизическом воздействии на частицы жидкости в воздухе упругими колебаниями, изменяемыми по частоте и направляемыми на скопление тумана.

При этом благодаря высокой интенсивности акустических колебаний и изменению частоты воздействия сокращается удельный расход электроэнергии и увеличивается скорость коагуляции.

Практически известный способ реализуется применением пьезоэлектрических (преобразующих энергию электрического поля в энергию акустических колебаний), магнитострикционных (преобразующих энергию магнитного поля в энергию акустических колебаний) или аэродинамических излучателей. До последнего времени наибольшее практическое распространение получили аэродинамические преобразователи, обеспечивающие преобразование энергии потока сжатого воздуха (газа), создаваемого специальными компрессорами, в энергию акустических колебаний, формируемых в газовой среде. Наиболее эффективными среди аэродинамических преобразователей в практике реализации воздействия на воздушно-капельные дисперсии для рассеивания туманов являются динамические сирены и статические газоструйные излучатели.

Способ, принятый за прототип, характеризуется низкой эффективностью рассеивания туманов, сложен в практической реализации и требует значительных затрат для реализации процесса. Обусловлено это следующими причинами:

1. Низкой эффективностью [11] используемых для его реализации в качестве излучателей динамических сирен или газоструйных излучателей гартмановского типа (коэффициент полезного действия менее 20%).

2. Необходимостью использования компрессоров и большим расходом сжатого воздуха (ресурс менее 100 часов), а также быстрым износом механических узлов аэродинамических излучателей абразивными частицами.

3. Длительным временем выхода на режим излучения, связанным с необходимостью создания потока газа, а в случае использования автономных газогенераторов - ограниченным, непродолжительным временем работы.

4. Ограниченным диапазоном излучения (менее 20 кГц), исключающим возможность эффективной коагуляции мелких частиц, так как известно [12], что эффективность коагуляции в значительной степени зависит от степени увлечения дисперсных частиц дисперсионной средой, которая определяется как $F_0 = \frac{3\mu}{2\pi\rho R^2}$, где

μ - коэффициент динамической вязкости дисперсионной среды, ρ - плотность дисперсионной фазы/частиц, R - радиус частицы.

При этом отношение амплитуды скорости колебаний взвешенной частицы к

амплитуде скорости колебаний дисперсионной среды в зависимости от отношения частоты f излучения звука к характеристической частоте F_0 имеет асимптотический характер. Например, для воздуха при нормальных условиях $\frac{\mu}{\rho} = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2 / \text{с}^2$,

5 поэтому оптимальная частота акустического воздействия определяется по формуле

$$F_0 = \frac{7,2 \cdot 10^{-6}}{R^2}.$$

10 Исходя из этого выражения можно определить характеристическую частоту, необходимую для эффективной коагуляции тумана. Как известно, наибольшую повторяемость в тумане имеют частицы с радиусом 15 мкм, а большая часть размеров частиц тумана находится в диапазоне от 10 до 20 мкм. Следовательно, используя полученную формулу, получаем, что для частиц с радиусом 15 мкм $F_0=32$ кГц. Для 15 частиц с радиусом в 10 мкм оптимальная частота ультразвукового воздействия близка к 70 кГц.

Для туманов с размером частиц в 20 мкм оптимальная частота близка к 20 кГц. 20 Использовать частоты ниже 20 кГц нежелательно из-за потенциальной опасности для человека и животных. Таким образом, оптимальный диапазон частот для воздействия на туманы должен лежать в пределах от 70 до 20 кГц. Полученные значения частотного диапазона значительно превышают максимально возможные частоты ультразвуковых колебаний, генерируемых динамическими сиренами или газоструйными излучателями.

25 5. Низкой интенсивностью акустического излучения на высокой частоте. Газоструйные излучатели на частоту 20 кГц не могут иметь мощность излучения более 1...10 Вт из-за реализуемого физического принципа формирования колебаний (сверхзвуковое истечение струи газа из сопла диаметром менее 1 мм). Необходимость формирования достаточной для коагуляции мощности излучения (с интенсивностью 30 более 135 дБ) приводит к использованию газоструйных излучателей с сопловыми отверстиями диаметром до 10...50 мм, что обуславливает формирование колебаний низкой частоты (1...4 кГц). Применение акустических колебаний высокой интенсивности низкой частоты (1...4 кГц), обуславливает невозможность использования оборудования, реализующего способ, принятый за прототип, на 35 открытых пространствах, где могут находиться люди.

6. Неэффективностью перестройки по частоте газоструйных излучателей, осуществляемой изменением объема резонатора или изменением расстояния между соплом и резонатором. Оба способа изменения частоты излучения приводят к 40 нарушению оптимального режима возбуждения излучателя и снижению интенсивности генерируемых колебаний.

7. Невозможностью обеспечения наиболее эффективного режима акустического воздействия на туман в виде стоячей волны, обусловленной не гармонической формой 45 акустических колебаний, генерируемых аэродинамическими излучателями.

8. Низкой эффективностью излучения в газовые среды при использовании пьезоэлектрических (или магнитострикционных) излучателей, обусловленной малой площадью поверхности излучения (пьезоэлектрических элементов диаметром более 50 мм промышленность не производит) и малым выходом энергии из материала 50 преобразователя в газовую среду (огромная разность волновых сопротивлений пьезоэлемента и газа при продольных колебаниях).

Таким образом, способ электрофизического воздействия на воздушно-капельные дисперсии для рассеивания туманов, основанный на акустической коагуляции

аэрозолей, принятый за прототип, не позволяет использовать все преимущества ультразвукового воздействия и реализовать процесс рассеивания туманов с максимальной эффективностью.

Предлагаемый способ электрофизического воздействия на воздушно-капельные дисперсии заключается в воздействии на частицы жидкости в воздухе упругими колебаниями, изменяемыми по частоте и направляемыми на скопление тумана.

Воздействие осуществляют ультразвуковыми колебаниями на частотах от 70 до 20 кГц с интенсивностью не менее 135 дБ, при помощи плоского излучателя круглой или прямоугольной формы, изгибно колеблющегося на частотах, кратных основной, возбуждаемого акустически связанным с ним продольно колеблющимся пьезоэлектрическим преобразователем, питаемым электронным генератором ультразвуковых частот. Частоту колебаний дискретно уменьшают по мере изменения дисперсного состава взвешенных частиц в процессе осаждения. Дискретное изменение частоты излучения осуществляют путем последовательного возбуждения требуемой частоты пьезоэлектрическим преобразователем, продольный размер которого ступенчато изменяется со стороны, не контактирующей с излучателем, таким образом, что каждая из ступенчато изменяемых длин соответствует по резонансной длине одной из мод изгибных колебаний излучателя. Рассеивание тумана осуществляют одновременно колебаниями, создаваемые обеими сторонами плоского излучателя, причем колебания, создаваемые обратной к туману стороной излучателя, направляют на него после отражения и прохождения расстояния, превосходящего продольный размер излучателя на величину, кратную половине длины волны излучаемых УЗ колебаний в воздухе.

В предлагаемом способе электрофизического воздействия на воздушно-капельные дисперсии задача повышения эффективности рассеивания туманов решается за счет

- использования нового типа плоского излучателя круглой или прямоугольной формы, изгибно колеблющегося (обеспечивающего больший выход энергии, поскольку волновое сопротивление изгибно колеблющегося излучателя лучше согласуется с волновым сопротивлением газа) на частотах, кратных основной, при его возбуждении акустически связанным с ним продольно колеблющимся пьезоэлектрическим преобразователем, питаемым электронным генератором ультразвуковых частот;

- формирования ультразвуковых колебаний высокой интенсивности, частота которых дискретно уменьшается по мере изменения дисперсного состава взвешенных частиц в процессе осаждения. Дискретное изменение частоты излучения происходит без снижения эффективности излучения и его осуществляют путем последовательного возбуждения требуемой частоты пьезоэлектрическим преобразователем, продольный размер которого ступенчато изменяется со стороны, не контактирующей с излучателем, таким образом, что каждая из ступенчато изменяемых длин соответствует по резонансной длине одной из мод изгибных колебаний излучателя;

- использования сложения в фазе излучения колебаний ультразвукового диапазона двух сторон излучателя, потому что колебания, создаваемые обратной к туману стороной излучателя, направляют на него после отражения и прохождения расстояния, превосходящего продольный размер излучателя на величину, кратную половине длины волны излучаемых УЗ колебаний в воздухе. Создаваемые колебания являются синусоидальными, что обеспечивает формирование режимов стоячей волны и резонансного усиления при использовании встречно направленных излучателей или отражении от препятствий.

Сущность предлагаемого технического решения поясняется фиг.1, на которой схематично представлено устройство, реализующее предложенный способ электрофизического воздействия на воздушно-капельные дисперсии для рассеивания тумана.

5 Предлагаемое устройство состоит из плоского излучателя ультразвуковых колебаний 1 круглой или прямоугольной формы, изгибно колеблющегося на частотах, кратных основной (частотах, дискретно изменяющихся в диапазоне от 70 до 20 кГц), акустически и механически соединенного с пьезоэлектрическим преобразователем 2, 10 установленных в специальном отражателе 3. Пьезоэлектрический преобразователь питается от генератора электрических колебаний ультразвуковой частоты (на фиг.1 не показан). Отражатель 3 расположен таким образом, что ультразвуковые колебания, создаваемые тыльной стороной, направляются в сторону тумана после отражения и 15 прохождения расстояния, превосходящего продольный размер излучателя на величину, кратную половине длины волны излучаемых УЗ колебаний в воздухе.

Для удобства эксплуатация конструкция может располагаться на поворотном столе, смонтированном на подвижной платформе и обеспечивающем возможность вращения излучателя в горизонтальной плоскости на 360 град и поворота в 20 вертикальной плоскости на 180 град.

В предлагаемом способе электрофизического воздействия на воздушно-капельные дисперсии для рассеивания тумана процесс осуществляется следующим образом. При возникновении тумана и ухудшении дальности видимости ниже некоторого 25 определенного значения, производится включение установки и осуществляется воздействие ультразвуковыми колебаниями в направлении образования тумана до момента установления необходимой дальности видимости.

При этом при помощи поворотного стола излучатель ориентируют в зависимости от необходимой области рассеивания тумана относительно защищаемого объекта и 30 типа тумана:

- для радиационного тумана излучатель ориентируют таким образом, чтобы обеспечить направление формируемых ультразвуковых колебаний, параллельное земной поверхности и направленное от защищаемого объекта;
- для адвективного, фронтального и склонового тумана излучатель ориентируют 35 таким образом, чтобы обеспечить направление формируемых ультразвуковых колебаний, параллельное земной поверхности в направлении, противоположном направлению натекания тумана с наветренной стороны от защищаемого объекта.

Электрофизическое воздействие на туман осуществляют одновременно 40 колебаниями, создаваемыми обращенной к туману поверхностью излучателя, и колебаниями, создаваемыми противоположной стороной излучателя, которые направляют на туман после отражения от отражателя и прохождения расстояния, превосходящего продольный размер излучателя на величину, кратную половине длины волны УЗ колебаний в воздухе.

45 Таким образом, обеспечивается равномерность акустического (ультразвукового) воздействия с излучающей поверхности, превосходящей по площади в 4 раза площадь непосредственно излучателя. Полученное распределение уровня интенсивности ультразвуковых колебаний показано на фиг.2.

50 Для повышения эффективности работы устройства, реализующего предложенный способ электрофизического воздействия на воздушно-капельные дисперсии для рассеивания тумана на локализованных участках (автотрассы, взлетно-посадочные полосы, стадионы), возможно создание условий для обеспечения резонансного режима

работы излучателей путем установки отражающих щитов (фиг.3а) или встречно направленных преобразователей (фиг.3б).

Разработанное для реализации предложенного способа устройство имеет следующие технические характеристики: уровень интенсивности формируемых акустических колебаний на расстоянии 5 м - не менее 140 дБ; частота колебаний генерируемых изгибно-колеблющимся дисковым излучателем от 20 до 70 кГц; максимальная амплитуда (размах амплитуды) колебаний дискового излучателя 100 мкм; диаметр излучающего диска 360 мм; материал дискового излучателя и концентратора - титановый сплав; диаметр отражателя 720 мм; материал отражателя - металл. При реализации процесса коагуляции излучатель последовательно возбуждается многочастотным пьезоэлектрическим преобразователем на 12, 11, 10, 9, 8, 6 и 5 гармониках основной частоты изгибно колеблющегося диска, что позволяет обеспечивать излучение УЗ колебаний с частотами 64, 57, 51, 45, 38, 34, 28, 23 кГц при основной частоте в 900 Гц.

Для определения эффективности созданного оборудования для рассеивания туманов были проведены экспериментальные исследования в малой аэрозольной камере объемом 1000 м³. Водный туман создавался при помощи ультразвуковых распылителей аэрозоля. При проведении экспериментов электрическая мощность, потребляемая ультразвуковым излучателем, не превышала 200 Вт. После включения излучателя рассеивание сформированного тумана произошло в течении 17 сек.

Приведенные значения показывают эффективность предлагаемого технического решения и перспективность его применения.

Практическая реализация предлагаемого технического решения запланирована к реализации ООО «Центр ультразвуковых технологий» в 2009 году в рамках федеральной целевой программы "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2012 годы" и по гранту Президента Российской Федерации для поддержки молодых российских ученых - кандидатов наук и их научных руководителей №МК-383. 2008.8.

Источники информации

1. Качурин Л.Г. Физические основы воздействия на атмосферные процессы. - Л.: Гидрометеиздат, 1973, 366 с.
2. Никандров В.Я. Искусственные воздействия на облака и туманы (микрофизические основы). - Л.: Гидрометеиздат, 1959, 192 с.
3. Патент РФ №2014773.
4. Патент США №5810248.
5. Патент РФ №2360068.
6. Заявка на патент США №20070119970 А1.
7. Патент Франции №835972.
8. Патент США №4462483.
9. Патент США №4848656.
10. Патент РФ №1393457 (прототип).
11. Источники мощного ультразвука [Текст] / под ред. Л.Д.Розенберга. - М.: Наука, 1967. - 265 с.
12. Юдаев Б.Ф. Акустическая коагуляция аэрозолей. Бюллетень строительной техники, 2004, №6.

Формула изобретения

Способ электрофизического воздействия на воздушно-капельные дисперсии,

закрывающийся в воздействии на частицы жидкости в воздухе упругими колебаниями, изменяемыми по частоте и направляемыми на скопление тумана, отличающийся тем, что воздействие осуществляют ультразвуковыми колебаниями на частотах от 70 до 20 кГц с интенсивностью не менее 135 дБ, при помощи плоского излучателя круглой или 5 прямоугольной формы, изгибно колеблющегося на частотах, кратных основной, возбуждаемого акустически связанным с ним продольно колеблющимся пьезоэлектрическим преобразователем, питаемым электронным генератором ультразвуковых частот, частоту колебаний дискретно уменьшают, по мере изменения 10 дисперсного состава взвешенных частиц в процессе осаждения, дискретное изменение частоты излучения осуществляют путем последовательного возбуждения требуемой частоты пьезоэлектрическим преобразователем, продольный размер которого ступенчато изменяется со стороны, не контактирующей с излучателем, таким образом, 15 что каждая из ступенчато изменяемых длин соответствует по резонансной длине одной из мод изгибных колебаний излучателя, воздействие осуществляют одновременно колебаниями, создаваемые обеими сторонами плоского излучателя, причем колебания, создаваемые обратной к туману стороной излучателя, направляют на него после отражения и прохождения расстояния, превосходящего продольный 20 размер излучателя на величину, кратную половине длины волны излучаемых УЗ колебаний в воздухе.

25

30

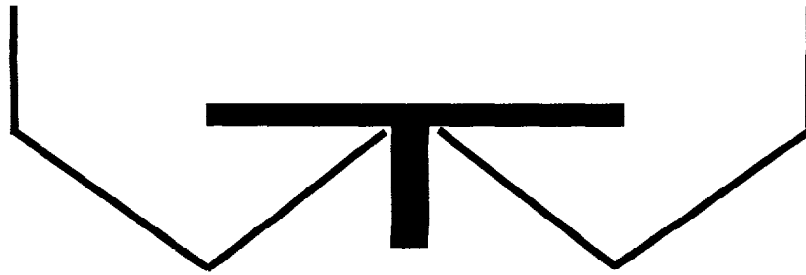
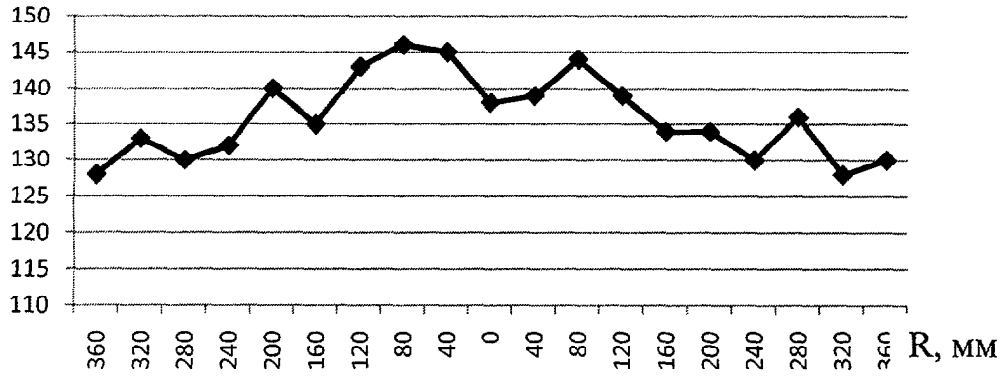
35

40

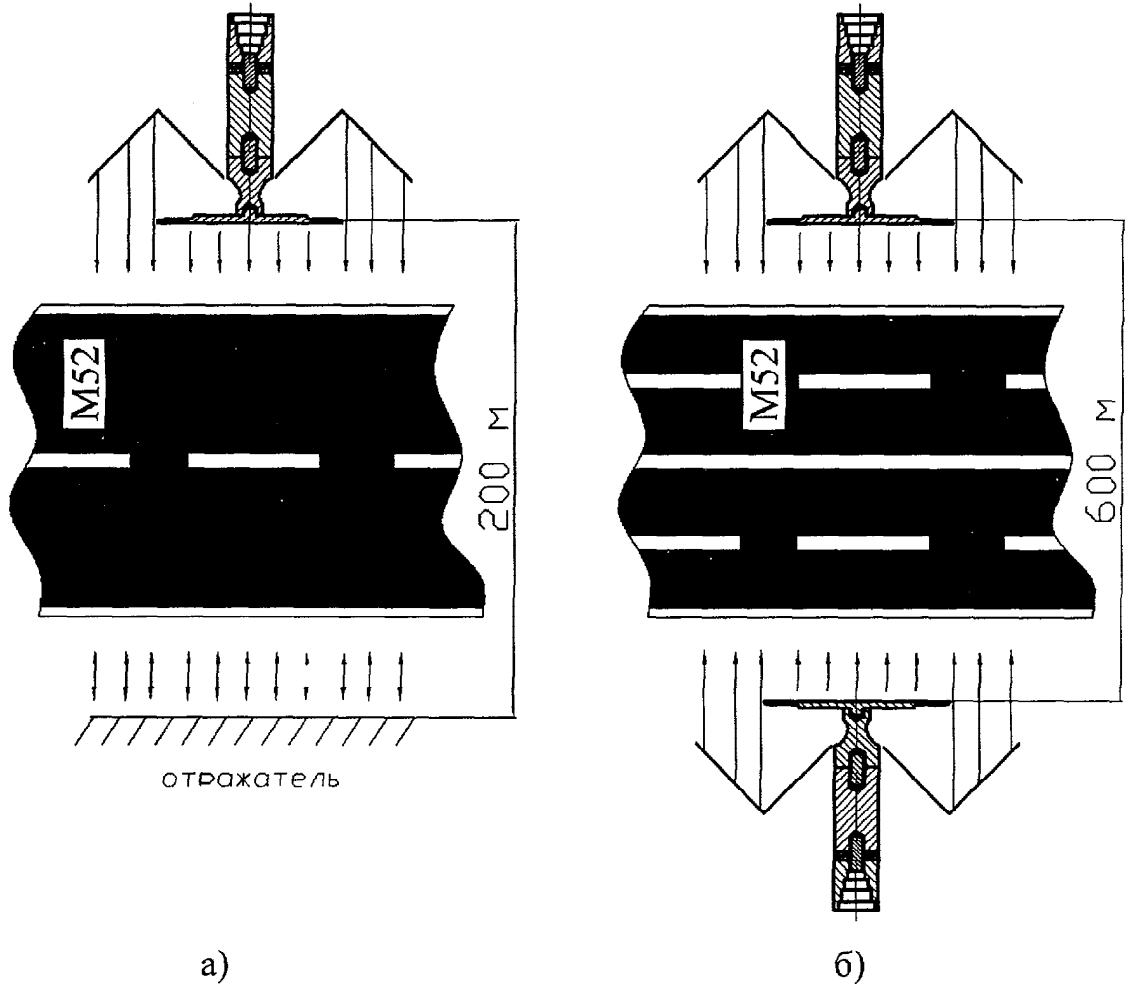
45

50

I, дБ



Фиг. 2



Фиг. 3