



(51) МПК
B64C 21/00 (2006.01)
B82B 1/00 (2006.01)
B61B 7/00 (2006.01)

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
 ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2008131129/11, 28.07.2008

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 28.07.2008

(45) Опубликовано: 20.03.2010 Бюл. № 8

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2002669 C1, 15.11.1993. EP 567038 A1, 27.10.1993. EP 939028 A2, 01.09.1999. US 5228643 A, 20.07.1993. DE 20114878 U1, 02.05.2002.

Адрес для переписки:
 630090, г.Новосибирск, ул. Институтская, 4/1,
 Институт теоретической и прикладной
 механики им. С.А. Христиановича СО РАН
 (ИТПМ СО РАН)

(72) Автор(ы):

**Анискин Владимир Михайлович (RU),
 Селезнев Владимир Александрович (RU),
 Шиплюк Александр Николаевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Институт теоретической и прикладной
 механики им. С.А. Христиановича
 Сибирского отделения Российской
 Академии наук (ИТПМ СО РАН) (RU),
 Институт физики полупроводников
 Сибирского отделения Российской
 Академии наук (ИФП СО РАН) (RU)**

**(54) СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ПОГРАНИЧНЫМ СЛОЕМ НА ПОВЕРХНОСТИ
 ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ**

(57) Реферат:

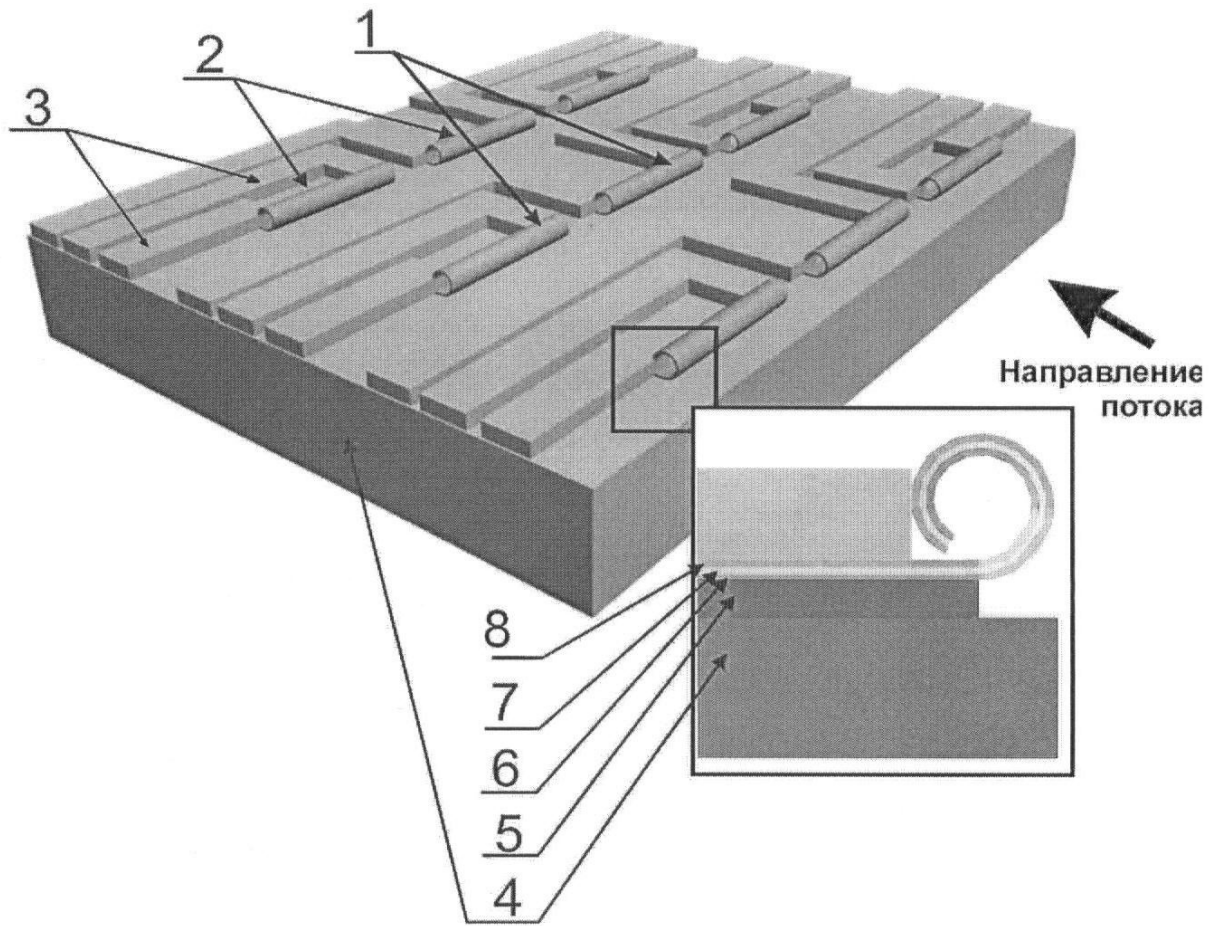
Группа изобретений относится к авиационной технике. Способ включает импульсное воздействие на пограничный слой, регистрацию характеристик потока, регулирование частоты и амплитуды воздействия на пограничный слой в реальном масштабе времени. Воздействие на пограничный слой и регистрацию характеристик потока осуществляют элементами, выполненными в виде нано- или микро-трубок, расположенных на поверхности летательного аппарата. Воздействие на пограничный слой ведут в импульсно-периодическом тепловом режиме. Устройство содержит элементы воздействия на пограничный слой и регистрации характеристик потока, размещенные на

поверхности летательного аппарата и систему управления параметрами воздействия на пограничный слой в реальном масштабе времени. Элементы воздействия и регистрации характеристик потока выполнены в виде массива нано- или микро-трубок, расположенных на подложке под углом к потоку в пределах $0 \leq \beta \leq 180^\circ$, где β - угол между набегающим потоком и трубками. Трубки на подложке расположены попарно рядами друг за другом на линиях тока. Одна из трубок пары является генератором импульсно-периодического теплового воздействия, а другая - датчиком регистрации параметров пограничного слоя. Группа изобретений направлена на увеличение диапазона частот воздействия на поток. 2 н. и 1 з.п. ф-лы, 4 ил.

RU 2 384 465 C1

RU 2 384 465 C1

RU 2 3 8 4 4 6 5 C 1



Фиг. 1

RU 2 3 8 4 4 6 5 C 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.

B64C 21/00 (2006.01)**B82B 1/00** (2006.01)**B61B 7/00** (2006.01)**(12) ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2008131129/11, 28.07.2008**(24) Effective date for property rights:
28.07.2008(45) Date of publication: **20.03.2010 Bull. 8**

Mail address:

**630090, g.Novosibirsk, ul. Institutskaja, 4/1,
Institut teoreticheskoy i prikladnoj mekhaniki
im. S.A. Khristianovicha SO RAN (ITPM SO
RAN)**

(72) Inventor(s):

**Aniskin Vladimir Mikhajlovich (RU),
Seleznev Vladimir Aleksandrovich (RU),
Shipljuk Aleksandr Nikolaevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Institut teoreticheskoy i prikladnoj mekhaniki
im. S.A. Khristianovicha Sibirskogo otdelenija
Rossijskoj Akademii nauk (ITPM SO RAN) (RU),
Institut fiziki poluprovodnikov Sibirskogo
otdelenija Rossijskoj Akademii nauk (IFP SO
RAN) (RU)**

(54) METHOD FOR BOUNDARY LAYER CONTROL AT AIRCRAFT SURFACE AND DEVICE FOR ITS IMPLEMENTATION

(57) Abstract:

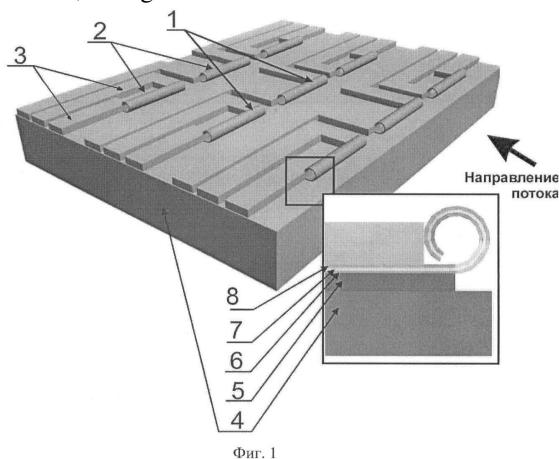
FIELD: air transport.

SUBSTANCE: method includes impulse action on boundary layer, registration of flow conditions, regulation of frequency and amplitude impact on boundary layer in real time. Action on boundary layer and registration of flow conditions is made by elements performed as nano- or microtubes at aircraft surface. Action on boundary layer is made in pulse-periodic thermal mode. The device contains elements located at aircraft surface that act on boundary layer and register flow conditions and parametre management system acting on boundary layer in real time. Action elements and registration of flow conditions are made as mass of nano- and microtubes oriented at the base surface under angle to flux within range of $0 \leq \beta \leq 180^\circ$, where β is an angle between main flow and tubes. Tubes are located at the base surface by pairs in rows at current lines. One of the tube in a pair is a

generator with pulse periodic thermal impact, the other is a registering sensor of boundary layer parameters.

EFFECT: increase in range of frequency acting on flow.

3 cl, 4 dwg



Фиг. 1

Изобретение относится к авиационной технике и может быть использовано для решения задач управления пограничным слоем летательных аппаратов.

Известны различные способы активного управления пограничным течением, такие как механическое воздействие обтекаемой поверхности на пограничный слой, а также тепловое, акустическое и электромагнитное воздействие.

Например, в патенте США №4516747 (опубл. 14.05.1985) предлагается способ активного управления течением с помощью системы вибродатчик - чувствительный элемент, смонтированных в поверхность обтекаемого тела.

Чередующиеся вибродатчики и чувствительные элементы подключены к системе управления, осуществляющей анализ сигналов с чувствительных элементов и корректирующей сигналы на вибродатчики.

К недостаткам данной системы можно отнести ограниченный частотный диапазон, определяемый характеристиками как вибродатчика, так и датчика.

В патенте США №5791275 (опубл. 11.08.1998) предлагается способ активного управления течением с помощью массивов управляющих элементов, каждый из которых состоит из пары электродов и пары магнитных полюсов, смонтированных в поверхность летательного аппарата таким образом, что генерируемые электрические и магнитные поля направлены перпендикулярно друг другу. Каждый управляющий элемент содержит датчик турбулентности.

К недостаткам данной схемы управления потоком можно отнести то, что такая система предназначена для управления токопроводящим потоком жидкости.

В международном патенте WO 2006/040532 A1 (опубл. 20.04.2006) предложен способ активного управления пограничным течением с помощью электроактивной полимерной мембраны, имеющей электроды и расположенной на подложке.

К недостаткам данного изобретения можно отнести отсутствие датчика и системы обратной связи с активным управляющим элементом, а также ограничение частотного диапазона воздействия на поток.

В патенте РФ №2243919 (опубл. 20.06.2004) предлагается способ активного воздействия на пограничное течение путем покрытия всей поверхности летательного аппарата пьезокерамическим слоем и электрическим воздействием на него. В некоторых местах поверхности аппарата пьезоэлектрическое покрытие удалено и там установлены датчики параметров турбулентного движения газа.

К недостаткам предлагаемого способа можно отнести ограниченный частотный диапазон воздействия на поток.

Наиболее близким к заявленному изобретению является способ активного воздействия на пограничный слой около поверхности летательного аппарата, реализуемый устройством, представленным в патенте РФ №2002669 (опубл. 15.11.1990). В нем предлагается после определения положения области перехода пограничного слоя, вводить сигнал возмущения в ламинарной области пограничного слоя, измерять возмущения и характеристики потока в начале области перехода, затем отрегулировать амплитуду сигнала возмущения, измерить возмущения и характеристики потока от начала области перехода до задней кромки обтекаемой поверхности и в соответствии с этими измерениями отрегулировать частоту сигналов возмущений. Возмущения в пограничный слой вводят импульсами.

К недостаткам данного способа можно отнести ограниченный частотный диапазон воздействия на поток.

Предлагаемыми изобретениями решается задача повышения эффективности управления пограничным слоем и увеличения диапазона частот воздействия на поток.

Для получения такого технического результата в предлагаемом способе управления пограничным слоем на поверхности летательного аппарата, включающем импульсное воздействие на пограничный слой, регистрацию характеристик потока, регулирование частоты и амплитуды воздействия на пограничный слой в реальном масштабе времени, воздействие на пограничный слой и регистрацию характеристик потока осуществляют элементами, выполненными в виде высокочувствительных нано- или микро-трубок, расположенными на поверхности летательного аппарата. При этом воздействие на пограничный слой ведут в импульсно-периодическом тепловом режиме.

Отличительные признаки предлагаемого способа заключаются в воздействии на пограничный слой и регистрации характеристик потока, осуществляемом посредством высокочувствительных нано- или микро-трубок, расположенных на поверхности летательного аппарата, причем воздействие на пограничный слой ведут в импульсно-периодическом тепловом режиме. Это позволяет расширить частотный диапазон воздействия на пограничный слой и повысить эффективность управления слоем.

Для достижения названного технического результата предлагается устройство, содержащее элементы воздействия на пограничный слой и регистрации характеристик потока, размещенные на поверхности летательного аппарата, а также систему управления параметрами воздействия на пограничный слой в реальном масштабе времени. В отличие от известного в предлагаемом устройстве элементы воздействия и регистрации характеристик потока выполнены в виде массива высокочувствительных нано- или микро-трубок, расположенных на подложке под углом к потоку в пределах $0 \leq \beta \leq 180^\circ$, где β - угол между набегающим потоком и трубками; причем трубки на подложке расположены попарно рядами друг за другом на линии тока, при этом одна из трубок пары является генератором импульсно-периодического теплового воздействия, а другая - датчиком регистрации параметров пограничного слоя.

Главным достоинством предлагаемого изобретения является использование именно нано- или микро-трубок в качестве генераторов и датчиков. Трубки имеют нанометровую толщину токопроводящей стенки. Вследствие чего масса трубки ничтожно мала и во много раз меньше, чем любой нагревательный элемент тех же габаритных размеров. А так как теплоотвод от нагретой трубки происходит только вдоль линии соприкосновения трубки с подложкой и по токоподводящим дорожкам нанометровой толщины, то им можно пренебречь, чего нельзя сделать в случае пленочного нагревательного элемента. Все выше сказанное позволяет вводить в поток тепловые возмущения высокой частоты, которые невозможно ввести в поток иным способом.

Кроме того, трубки могут быть взаимозаменяемыми и выполнять функцию генератора или датчика, что позволяет изменять область введения возмущений, например вводить возмущения сразу несколькими рядами микро-трубок.

Указанные признаки не выявлены в других технических решениях при изучении уровня данной области техники и, следовательно, решение является новым и имеет изобретательский уровень.

Предлагаемые изобретения поясняются иллюстрируемыми чертежами, на которых изображены:

на фиг.1 - схема устройства для осуществления предложенного способа; на фиг.2 - расположение трубок на подложке и ориентация трубок к потоку при $\beta=90^\circ$ (вид

сверху); на фиг.3 - расположение трубок на подложке и ориентация трубок к потоку при $\beta=45^\circ$ (135°) (вид сверху); на фиг.4 - расположение трубок на подложке и ориентация трубок к потоку при $\beta=0^\circ$ (180°) (вид сверху).

5 На фиг.1 схематично, в качестве примера, изображены элементы, воздействия и регистрации характеристик потока, выполненные в виде массива высокочувствительных нано- или микро-трубок, расположенных на подложке под углом к потоку $\beta=90^\circ$, где β - угол между набегающим потоком и трубками; причем трубки на подложке расположены попарно рядами друг за другом. Размеры трубок 10 (диаметр и длина), их расположение относительно друг друга и относительно набегающего потока определяются решаемой задачей. Диаметр трубок может составлять от 1 до 50 микрометров, длина от 0,1 до 5 миллиметров, а толщина стенки от нескольких десятков нанометров до сотен нанометров. В случае, если толщина 15 стенки не превышает 100 нм, то микро-трубка попадает под определение нанообъекта и может именоваться нанотрубкой. Пара трубок состоит из трубки-генератора 1 и трубки-датчика 2. Трубки закреплены на низкоомных токопроводящих дорожках 3 (на фиг.2, 3 и 4 не показаны) на подложке 4. Расположение трубок на поверхности ЛА определяется геометрией обтекаемой поверхности и решаемой задачей. На фиг.2, 3, 4 20 показаны варианты расположения трубок на подложке относительно набегающего потока. Главным условием расположения трубок к потоку является то, что трубка-генератор 1 и трубка-датчик 2 должны находиться на линиях тока, которые определяют направление частиц в потоке. Именно таким расположением достигается максимальная точность определения параметров течения при воздействии на него 25 трубкой-генератором. Низкоомные токопроводящие дорожки 3 (фиг.1) выведены от каждой трубки 1 и 2 на боковые края подложки 4, что необходимо для связи с системой управления параметрами воздействия на пограничный слой в реальном масштабе времени (не показано). Используемые нано- и микро-трубки являются 30 сложными трубчатыми элементами (см. фиг 1), состоящими из сжатого слоя 6, растянутого слоя 7 и проводящего слоя 8. Слои 6, 7 и 8 могут быть изготовлены из различных комбинаций аморфных, поликристаллических или монокристаллических металлов, диэлектриков или полупроводников. Возможны варианты, когда трубка формируется только из слоев 6 и 7, которые являются одновременно и проводящими 35 электрический ток. Материал подложки 4 также может быть аморфным, поликристаллическим или монокристаллическим металлом, диэлектриком или полупроводником. В случае токопроводящей подложки 4 необходимо обеспечить электрическую изоляцию, используя в качестве слоя 5 или слоя 6 диэлектрик.

40 Предлагаемый способ реализуется посредством устройства следующим образом. Работу устройства для управления пограничным потоком можно рассмотреть на примере элементарной ячейки управления и системы управления параметрами воздействия на пограничный слой. Элементарной ячейкой управления можно считать 45 пару трубок, расположенных одна за другой. Трубкой-датчиком 2 с помощью системы управления в непрерывном режиме определяют возмущения, существующие в потоке. Затем с системы управления на трубку-генератор 1 подается сигнал определенной частоты и интенсивности для ввода в поток теплового импульсно-периодического возмущения. Частота и интенсивность вводимых 50 возмущений подбирается таким образом, чтобы минимизировать возмущения, регистрируемые трубкой-датчиком 2. Поскольку масса микро-трубок ничтожно мала, то нагреваться импульсом тока и охлаждаться набегающим потоком они могут с высокой частотой порядка 500 кГц и выше. Это обстоятельство дает возможность

использовать предлагаемую систему не только при дозвуковых скоростях, но и при сверх- и гиперзвуковых скоростях потока, где высокоскоростные процессы, влияющие на переход из ламинарного режима течения в турбулентный, происходят на частотах порядка сотен килогерц.

5 Элементарные ячейки управления объединяются в массивы трубок на подложке 4. Объединенные элементарные ячейки управления представляют собой ряды трубок. В этом случае ряд трубок 1 выступает в качестве генераторов импульсно-периодического теплового воздействия, а другой ряд 2 - в качестве датчиков регистрации параметров течения. Причем в качестве генераторов тепловых возмущений может выступать не только один ряд трубок, но так же и несколько. Таким образом, можно оперировать размером области введения возмущений. Каждая трубка может работать как в режиме генератора 1 тепловых возмущений, так и в режиме датчика 2 параметров потока, а смена режима работы может производиться в реальном масштабе времени системой управления параметрами воздействия на пограничный слой. Это позволяет оперировать местом положения введения возмущений. Поскольку каждая трубка может работать как в режиме генератора 1, так и в режиме датчика 2, то это позволяет вводить тепловые возмущения не только вдоль линии ряда трубок, но и возмущения сложной пространственной формы. Количество трубок и расстояние между торцами трубок может быть произвольным. В случае минимального технологически возможного расстояния между торцами трубок можно говорить о линии трубок. Расстояние между рядами трубок может быть так же произвольным. Минимальное расстояние между рядами трубок определяется шириной токоведущих дорожек 3 и их количеством.

Таким образом, использование предлагаемых изобретений обеспечивает активное управление пограничным слоем и увеличение диапазона частот воздействия на поток.

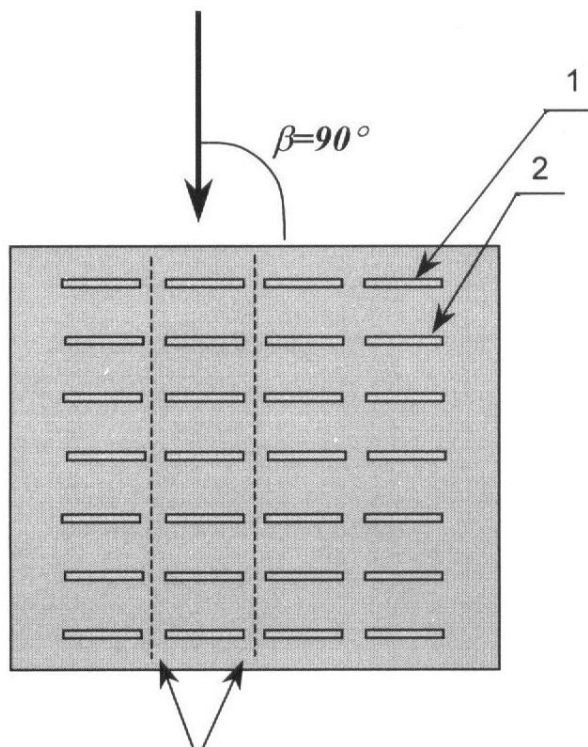
Формула изобретения

30 1. Способ управления пограничным слоем на поверхности летательного аппарата, включающий импульсное воздействие на пограничный слой, регистрацию характеристик потока, регулирование частоты и амплитуды воздействия на пограничный слой в реальном масштабе времени, отличающийся тем, что воздействие на пограничный слой и регистрацию характеристик потока осуществляют элементами, выполненными в виде высокочувствительных нано- или микротрубок, расположенных на поверхности летательного аппарата, при этом воздействие на пограничный слой ведут в импульсно-периодическом тепловом режиме.

40 2. Устройство управления пограничным слоем на поверхности летательного аппарата, содержащее элементы воздействия на пограничный слой и регистрации характеристик потока, размещенные на поверхности летательного аппарата, а также систему управления параметрами воздействия на пограничный слой в реальном масштабе времени, отличающееся тем, что элементы воздействия и регистрации характеристик потока выполнены в виде массива высокочувствительных нано- или микротрубок, расположенных на подложке под углом к потоку в пределах $0 \leq \beta \leq 180^\circ$, где β - угол между набегающим потоком и трубками; причем трубки на подложке расположены попарно рядами друг за другом на линиях тока, при этом одна из трубок пары является генератором импульсно-периодического теплового воздействия, а другая - датчиком регистрации параметров пограничного слоя.

50 3. Устройство по п.2, отличающееся тем, что нано- или микротрубки, выполняющие функцию генератора или датчика, могут быть взаимозаменяемы.

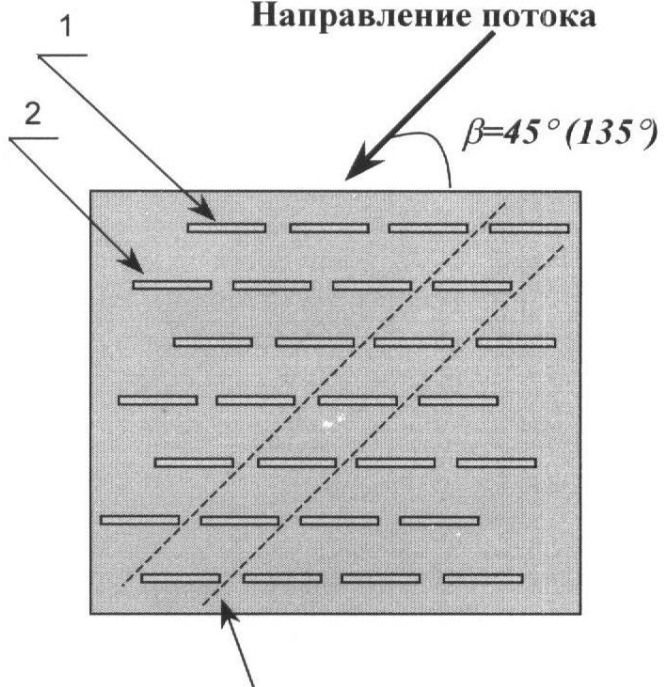
Направление потока



Линии тока

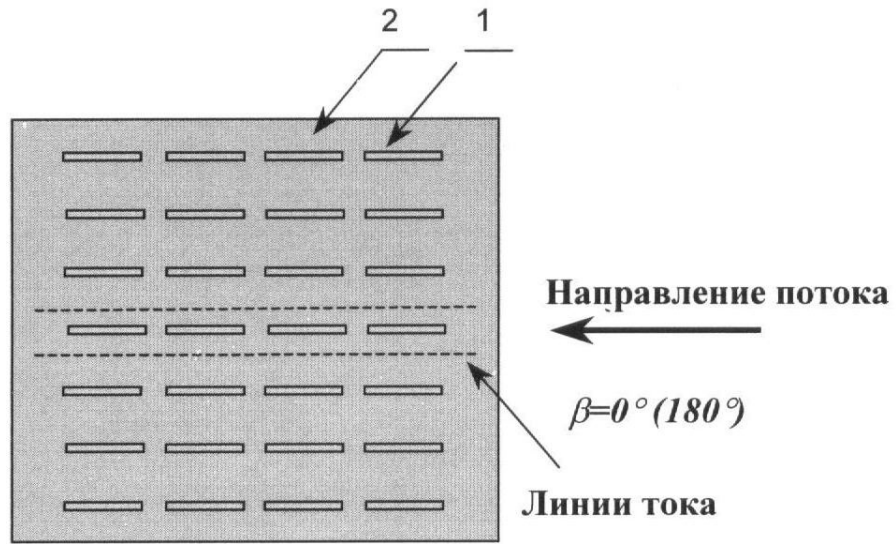
Фиг. 2

Направление потока



Линии тока

Фиг. 3



Фиг. 4