

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **046685**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2024.04.10

(51) Int. Cl. **F03D 9/34 (2016.01)**

(21) Номер заявки
201892827

(22) Дата подачи заявки
2017.07.06

(54) **ВИХРЕВАЯ СТАНЦИЯ**

(31) **721916**

(56) US-B1-6590300
DE-A1-102008013141
US-A1-20140284928
US-A1-20120139259

(32) **2016.07.06**

(33) **NZ**

(43) **2019.07.31**

(86) **PCT/NZ2017/050092**

(87) **WO 2018/009079 2018.01.11**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ОКЛЕНД ЮНИСЕРВИСИЗ
ЛИМИТЕД (NZ)**

(72) Изобретатель:
Хоукс Нил Эндрю (NZ)

(74) Представитель:
Нилова М.И. (RU)

(57) Изобретение относится к вихревой станции и способу для создания вихря, подобного одному из группы, состоящей из пылевых вихрей и водяных смерчей. Система содержит наземную платформу, образующую основание вихревой станции, множество лопаток для направления воздушного потока в вихревую станцию и вокруг вихревой станции по существу с закручиванием, по меньшей мере одну ветряную турбину, расположенную вблизи центра указанной вихревой станции на пути концентрированного воздушного потока, перемещение которого в вихревой станции обеспечивает создание в ее центре атмосферного вихря, имеющего подъемную силу; средства подачи рабочей среды (например, воды) в вихревую станцию по центру или вблизи центра вихревой станции с насыщением или по меньшей мере частичным насыщением воздуха рабочей средой (например, водой), подаваемой в достаточном количестве, способствующем сохранению подъемной силы и устойчивости создаваемого вихря.

B1

046685

046685

B1

Область техники

Настоящее изобретение относится к вихревой станции, в которой с помощью источника тепла, такого как источник вторичного тепла, создают торнадоподобный конвективный вихрь, и это тепло преобразуют в электричество.

Уровень техники

Было предпринято много попыток использовать вторичное тепло для производства электроэнергии, но вследствие низкой удельной отдачи энергии, обеспечиваемой при низких температурах, требуемое для такого процесса оборудование должно быть очень крупным и дорогим. Капитальные и эксплуатационные затраты для "бестопливных" источников энергии являются ключевым показателем их экономической жизнеспособности, поэтому вызывает интерес использование атмосферного вихря, имеющего подъемную силу, такого как "вихрь в виртуальной дымовой трубе" (в дальнейшем называемого VCV, virtual chimney vortex). В этом случае исключаются затраты на высокие конструкции и крупные турбины, поскольку вихрь в виртуальной дымовой трубе концентрирует мощность подъемной силы высокоскоростного ветра на уровне земли. Сам вихрь в виртуальной дымовой трубе может быть очень большим и может быть создан при небольших затратах.

В US 7086823 описан такой вихрь или вихревой двигатель. Однако для создания вихря в нем требуется дорогостоящая вертикальная цилиндрическая стена, окружающая круглую площадку.

Сущность изобретения

Задачей настоящего изобретения является создание вихревой станции, которая будет иметь повышенный КПД или по меньшей мере будет в той или иной мере способствовать повышению КПД известных систем.

Альтернативной задачей настоящего изобретения является создание вихревой станции, которая по меньшей мере сможет в той или иной мере преодолеть недостатки существующих систем или которая по меньшей мере обеспечит приемлемую альтернативу существующим системам.

Раскрываемый объект изобретения также обеспечивает способ или систему, которые в широком смысле могут состоять из частей, элементов и признаков, упомянутых или указанных в настоящем описании по отдельности или обобщенно, в любой или во всех комбинациях двух или более из этих частей, элементов или признаков. Если в этом описании упоминаются конкретные системы, которые имеют известные эквиваленты в данной области техники, к которой относится настоящее изобретение, такие известные эквиваленты считаются включенными в настоящее описание.

В первом аспекте настоящее изобретение в широком смысле может состоять из вихревой станции для создания вихря, подобного одному из группы, состоящей из пылевых вихрей и водяных смерчей, содержащей:

- наземную платформу, образующую основание вихревой станции;

- множество лопаток для направления воздушного потока в вихревую станцию и вокруг вихревой станции по существу с закручиванием;

- по меньшей мере одну ветряную турбину, расположенную вблизи центра указанной вихревой станции на пути концентрированного воздушного потока, перемещение которого в вихревой станции обеспечивает создание в ее центре атмосферного вихря, имеющего подъемную силу;

- средства подачи рабочей среды (например, воды) в вихревую станцию по центру или вблизи центра вихревой станции с насыщением или по меньшей мере частичным насыщением воздуха рабочей средой (например, водой), подаваемой в достаточном количестве, способствующем поддержанию подъемной силы и устойчивости и устойчивость создаваемого вихря.

Во втором аспекте настоящее изобретение в широком смысле может состоять из вихревой станции для создания вихря, подобного одному из группы, состоящей из пылевых вихрей и водяных смерчей, содержащей:

- наземную платформу, образующую основание вихревой станции;

- множество лопаток для направления воздуха в вихревую станцию и вокруг вихревой станции с закручиванием (т.е. с горизонтальной циркуляцией);

- по меньшей мере одну ветряную турбину, расположенную вблизи центра указанной вихревой станции на пути концентрированного воздушного потока, перемещение которого в вихревой станции обеспечивает создание в ее центре атмосферного вихря, имеющего подъемную силу;

- средства подачи рабочей среды в вихревую станцию по центру или вблизи центра вихревой станции таким образом, что воздух насыщен или по меньшей мере частично насыщен для обеспечения подъемной силы и устойчивости созданного вихря, а также обеспечения большого аспектного отношения вихря.

В третьем аспекте настоящее изобретение в широком смысле может состоять из вихревой станции для создания вихря, подобного одному из группы, состоящей из пылевых вихрей и водяных смерчей, содержащей:

- наземную платформу, образующую основание вихревой станции;

- множество лопаток для направления воздуха в вихревую станцию и вокруг вихревой станции с закручиванием (т.е. с горизонтальной циркуляцией);

по меньшей мере одну ветряную турбину, расположенную вблизи центра указанной вихревой станции на пути концентрированного воздушного потока, перемещение которого в вихревой станции обеспечивает создание в ее центре атмосферного вихря, имеющего подъемную силу;

средства подачи испаряемой жидкости или рабочей среды (такой как вода) в вихревую станцию по центру или вблизи центра вихревой станции, подаваемой в достаточном количестве или с достаточным расходом для обеспечения насыщения или по меньшей мере частично насыщенного по меньшей мере части воздуха испаряемой жидкостью или рабочей средой для увеличения аспектного отношения (такого как отношение высоты вихря к ширине ядра вихря) так, что увеличенное аспектное отношение обеспечивает подъемную силу и устойчивость создаваемого вихря.

В четвертом аспекте настоящее изобретение может в широком смысле включать способ повышения устойчивости искусственного вихря внутри вихревой станции, включающий:

обеспечение наземной платформы, образующей основание вихревой станции;

подачу воздуха в вихревую станцию посредством множества лопаток, выполненных с возможностью направления подаваемого воздуха в вихревую станцию таким образом, чтобы инициировать закручивание воздуха;

обеспечение и размещение по меньшей мере одной ветряной турбины, расположенной вблизи центра указанной вихревой станции на пути концентрированного воздушного потока, перемещение которого в вихревой станции обеспечивает создание в ее центре атмосферного вихря, имеющего подъемную силу, и

подачу испаряемой жидкости или рабочей среды (например, воды) в вихревую станцию по центру или вблизи центра вихревой станции, причем испаряемую жидкость или рабочую среду (такую как поток нагретой или горячей воды) подают в достаточном количестве или с достаточным расходом для обеспечения насыщения или частичного насыщения по меньшей мере части воздуха для увеличения аспектного отношения так, что увеличенное аспектное отношение обеспечивает подъемную силу и устойчивость созданного вихря.

В пятом аспекте настоящее изобретение может в широком смысле включать способ поддержания искусственного вихря, созданного в вихревой станции, включающий:

обеспечение наземной платформы, образующей основание вихревой станции;

обеспечение и размещение множества лопаток по периферии указанной вихревой станции для направления воздушных потоков в вихревую станцию по существу с закручиванием (например, с горизонтальной циркуляцией);

обеспечение или подачу испаряемой жидкости или рабочей среды (например, воды) из источника в вихревую станцию по центру или вблизи центра вихревой станции, причем испаряемую жидкость или рабочую среду (например, воду) подают в достаточном количестве или с достаточным расходом для обеспечения насыщения или по меньшей мере частичного насыщения по меньшей мере части воздушно-го потока, вводимого в вихрь, создаваемый внутри вихревой станции, и продолжение обеспечения испаряемой жидкости или рабочей среды (например, воды) или подачи испаряемой жидкости или рабочей среды (например, воды) из указанного источника после создания вихря.

В шестом аспекте настоящее изобретение в широком смысле может состоять из вихревой станции для создания вихря, подобного

одному из группы, состоящей из пылевых вихрей и водяных смерчей, содержащей:

наземную платформу, образующую основание вихревой станции;

множество лопаток для направления воздуха в вихревую станцию и вокруг вихревой станции с закручиванием (т.е. с горизонтальной циркуляцией);

по меньшей мере одну ветряную турбину, расположенную вблизи центра указанной вихревой станции на пути концентрированного воздушного потока, перемещение которого в вихревой станции обеспечивает создание в ее центре атмосферного вихря, имеющего подъемную силу;

средство для подачи воды в вихревую станцию по центру или вблизи центра вихревой станции так, что воздух насыщен или по меньшей мере частично насыщен, причем обеспечена возможность подачи воды в достаточном количестве или количестве, которое обеспечивает подъемную силу и устойчивость создаваемого вихря.

В седьмом аспекте настоящее изобретение в широком смысле может состоять из вихревой станции для создания вихря, подобного одному из группы, состоящей из пылевых вихрей и водяных смерчей, содержащей:

наземную платформу, образующую основание вихревой станции;

множество лопаток для направления воздуха в вихревую станцию и вокруг вихревой станции с закручиванием (т.е. с горизонтальной циркуляцией);

по меньшей мере одну ветряную турбину, расположенную вблизи центра указанной вихревой станции на пути концентрированного воздушного потока, перемещение которого в вихревой станции обеспечивает создание в ее центре атмосферного вихря, имеющего подъемную силу;

средства подачи рабочей среды в вихревую станцию по центру или вблизи центра вихревой станции так, что воздух насыщен или по меньшей мере частично насыщен для обеспечения подъемной силы

и

устойчивости создаваемого вихря, а также обеспечения большого аспектного отношения вихря.

В восьмом аспекте настоящее изобретение в широком смысле может состоять из вихревой станции для создания вихря, подобного одному из группы, состоящей из пылевых вихрей и водяных смерчей, содержащей:

наземную платформу, образующую основание вихревой станции;

множество лопаток для направления воздуха в вихревую станцию и вокруг вихревой станции с закручиванием (т.е. с горизонтальной циркуляцией);

по меньшей мере одну ветряную турбину, расположенную вблизи центра указанной вихревой станции на пути концентрированного воздушного потока, перемещение которого в вихревой станции обеспечивает создание в ее центре атмосферного вихря, имеющего подъемную силу;

средства подачи испаряемой жидкости (такой как вода) в вихревую станцию по центру или вблизи центра вихревой станции, причем обеспечена возможность подачи испаряемой жидкости (такой как вода) в достаточном количестве или с достаточным расходом для обеспечения насыщения или по меньшей мере частичного насыщения по меньшей мере части воздуха для увеличения аспектного отношения (например, высоты вихря к ширине ядра вихря) так, что увеличенное аспектное отношение обеспечивает подъемную силу и устойчивость создаваемого вихря.

В девятом аспекте настоящее изобретение может в широком смысле включать способ поддержания вихря, созданного в вихревой станции, включающий:

обеспечение наземной платформы, образующей основание вихревой станции;

обеспечение и размещение множества лопаток по периферии указанной вихревой станции для направления воздушных потоков в вихревую станцию по существу с закручиванием (например, с горизонтальной циркуляцией);

обеспечение или подачу испаряемой жидкости (например, воды) из источника в вихревую станцию по центру или вблизи центра вихревой станции, причем испаряемую жидкость (например, воду) подают в достаточном количестве или с достаточным расходом для обеспечения насыщения или по меньшей мере частичного насыщения по меньшей мере части воздушного потока, вводимого в вихрь, создаваемый внутри вихревой станции, и продолжение обеспечения испаряемой жидкости (например, воды) или подачи испаряемой жидкости (например, воды) из указанного источника после создания вихря.

Предпочтительно испаряемая жидкость или рабочая среда представляет собой воду, при необходимости в виде потока нагретой воды.

Предпочтительно, воздух, поступающий в вихрь, достаточно подготовлен с обеспечением состояния, близкого к состоянию насыщения.

Предпочтительно, воздух, поступающий в вихревую станцию, достаточно подготовлен для обеспечения высвобождения достаточного количества скрытой теплоты за счет конденсации в созданном ядре вихря для поддержания подъемной силы и устойчивости созданного вихря, в результате чего вихрь достигает большей высоты, чем в противном случае без подготовки указанного воздуха, поступающего в вихревую станцию.

Предпочтительно испаряемую жидкость или рабочую среду (например, воду) подают в достаточном количестве или объеме, или воздушный поток, направляемый в вихревую станцию, подготавливают до достаточного насыщения для обеспечения создания вихря с относительно большим аспектным отношением.

Предпочтительно относительно большое аспектное отношение представляет собой отношение высоты вихря к ширине ядра созданного вихря, превышающее приблизительно 15:1.

Предпочтительно указанную по меньшей мере одну ветряную турбину расположена или размещена вблизи центра указанной вихревой станции на пути концентрированного воздушного потока, перемещение которого в вихревой станции обеспечивает создание в ее центре атмосферного вихря, имеющего подъемную силу.

Предпочтительно подача испаряемой жидкости или рабочей среды (например, воды) или обеспечение источника испаряемой жидкости или рабочей среды (например, воды) в вихревой станции и созданный таким образом вихрь способствуют увеличению аспектного отношения (такого как отношение высоты вихря к ширине ядра вихря) так, что увеличенное аспектное отношение обеспечивает подъемную силу и повышение устойчивости созданного вихря.

Предпочтительно, лопатки и по меньшей мере одна ветряная турбина находятся внутри или на границе наземной платформы.

Предпочтительно указанную подачу испаряемой жидкости или рабочей среды (например, воды) в указанную вихревую станцию осуществляют посредством множества сопел, питаемых из коллектора накачиваемой нагретой испаряемой жидкостью или рабочей средой (например, нагретой или горячей водой).

Предпочтительно указанное множество сопел выполнены с возможностью создания относительно мелкораспыленной струи испаряемой жидкости или рабочей среды (например, нагретой или горячей воды) с относительно большой площадью поверхности для обеспечения достаточной площади поверхности

теплопередачи для создания или подготовки воздушного потока, направляемого в вихревую станцию (например, теплого воздуха), насыщенного или по меньшей мере частичного насыщенного испаряемой жидкостью или рабочей средой (например, водяным паром) для управления вихрем посредством подъемной силы.

Предпочтительно обеспечена подача испаряемой жидкости или рабочей среды (например, воды) в указанную вихревую станцию посредством множества сопел, питаемых из коллектора накачиваемой нагретой испаряемой жидкостью или рабочей средой (например, нагретой или горячей водой) для создания мелкораспылённой струи испаряемой жидкости или рабочей среды (например, нагретой или горячей воды) с относительно большой площадью поверхности, для обеспечения достаточной площади поверхности теплопередачи для создания воздушного потока в вихре теплого воздуха, насыщенного испаряемой жидкостью или рабочей средой (например, водяным паром) для управления вихрем посредством подъемной силы и стабилизации ядра при подъеме за счет вертикального ускорения в случае возникновения осевой деформации.

Предпочтительно указанное множество сопел выполнены с возможностью создания относительно мелкораспылённой струи испаряемой жидкости или рабочей среды (например, нагретой или горячей воды) с относительно большой площадью поверхности для обеспечения достаточной площади поверхности теплопередачи для создания или подготовки воздушного потока, направляемого в вихревую станцию (например, теплого воздуха), насыщенного или по меньшей мере частично насыщенного паром испаряемой жидкости или рабочей среды (например, водяным паром).

Предпочтительно обеспеченную или поданную из источника испаряемую жидкость или рабочую среду (например, воду) для воздушного потока вихря в основании вихревой станции или вблизи него обеспечивают в достаточном объеме или количестве для повышения уровней насыщения или для обеспечения насыщения воздушного потока (например, относительной влажности до 100%), поступающего в вихрь.

Предпочтительно обеспеченная или поданная из источника испаряемая жидкость или рабочая среда (например, вода) после испарения и включения в поток воздуха, направляемый в вихрь, поднимается под действием вихря на высоту и подвергается воздействию температуры или условий окружающей среды так, что по меньшей мере часть пара конденсируется, что приводит к высвобождению скрытой теплоты при конденсации на указанной высоте.

Предпочтительно обеспечена подача обеспеченной или поданной из источника испаряемой жидкости или рабочей среды (например, воды) в поток воздуха, направляемый в вихрь, в непрерывном режиме (т.е. могут быть обеспечены или поданы постоянно в воздушный поток, вводимый в вихрь), в то время как обеспечена возможность поддержки и управления вихрем внутри указанной вихревой станции.

Предпочтительно обеспеченная или поданная из источника испаряемая жидкость или рабочая среда (например, вода) для подготовки потока воздуха, направляемого в вихревую станцию, увеличивает насыщенность или влажность воздуха, вводимого в созданный в вихревой станции вихрь.

Предпочтительно вихревая станция представляет собой плоскую платформу, расположенную по существу на уровне земли.

Предпочтительно лопатки выполнены или размещены по существу в круговом направлении по периферии вихревой станции.

Предпочтительно лопатки содержат множество регулируемых отклонителей.

Предпочтительно лопатки могут включать набор неподвижных лопаток.

Предпочтительно лопатки представляют собой паруса.

Предпочтительно паруса выполнены из текстильного материала.

Предпочтительно регулируемые отклонители лопаток выполнены с возможностью регулирования вручную или дистанционно.

Предпочтительно указанная вихревая станция также содержит крышу в центре вихревой станции.

Предпочтительно крыша имеет кольцевую форму и/или расположена выше и проходит от по меньшей мере одной турбины.

Предпочтительно ветряные турбины состоят из вертикальных лопастей, вращающихся вокруг вертикальной центральной линии станции, и, таким образом, располагаются в зоне с наиболее концентрированным воздушным потоком у основания вихря и создают перепад радиального давления в цилиндрической форме, в которой перемещаются лопасти, таким образом, чтобы стабилизировать основание вихря, не допуская его боковое перемещение внешними ветрами.

Предпочтительно ветряные турбины содержат вертикальные лопасти, вращающиеся вокруг вертикальной центральной линии станции, и, таким образом, располагаются в зоне с наиболее концентрированным воздушным потоком у основания вихря и создают перепад радиального давления в цилиндрической форме, в которой перемещаются лопасти, таким образом, чтобы стабилизировать основание вихря, не допуская его боковое перемещение внешними ветрами.

Предпочтительно обеспечена возможность использования множества концентрических турбин или одной турбины с множеством наборов концентрических лопастей.

Предпочтительно, ветряная турбина расположена ниже внутреннего диаметра кольцевой крыши.

Предпочтительно, коллектор и сопла для накачиваемой испаряемой жидкости или рабочей среды (например, нагретой или горячей воды) расположены ниже кольцевой крыши указанной вихревой станции и на поверхности земли, в пределах зоны воздушного потока, направленного в вихревую станцию.

Предпочтительно указанные сопла выполнены с возможностью направления испаряемой жидкости или рабочей среды (например, воды) в воздушный поток, направляемый в вихревую станцию, и от него.

Предпочтительно указанные сопла выполнены с возможностью создания или образования тумана или струи из указанной испаряемой жидкости или рабочей среды (например, нагретой или горячей воды).

Предпочтительно указанная вихревая станция содержит пол вогнутой формы.

Предпочтительно для сбора испаряемой жидкости или рабочей среды (например, воды) пол вихревой станции содержит слив, при необходимости расположенный в центре пола.

Предпочтительно слив соединен по текучей среде с резервуаром или емкостью для хранения.

Предпочтительно обеспечена возможность повторного использования или переработки жидкости, собранной в указанный резервуар или емкость для хранения.

Предпочтительно обеспечена возможность подачи воды в достаточном количестве или объеме, или обеспечена возможность подготовки воздушного потока, направляемого в вихревую станцию, до достаточного насыщения для обеспечения создания вихря с относительно большим аспектным отношением.

Предпочтительно относительно большое аспектное отношение представляет собой отношение высоты вихря к ширине ядра созданного вихря, превышающее приблизительно 15:1.

Предпочтительно по меньшей мере одна ветряная турбина расположена или размещена вблизи центра указанной вихревой станции на пути концентрированного воздушного потока, перемещение которого в вихревой станции обеспечивает создание в ее центре атмосферного вихря, имеющего подъемную силу.

Предпочтительно обеспечение или подача испаряемой жидкости из источника в вихревую станцию и созданный таким образом вихрь способствуют увеличению аспектного отношения (например, высоты вихря к ширине ядра вихря) так, что увеличенное аспектное отношение обеспечивает подъемную силу и повышение устойчивости созданного вихря.

Предпочтительно, лопатки и по меньшей мере одна ветряная турбина находятся внутри или на границе наземной платформы.

Предпочтительно указанное средство для подачи воды на указанную вихревую станцию представляет собой множество сопел, питаемых из коллектора накачиваемой нагретой водой.

Предпочтительно указанное множество сопел выполнены с возможностью создания относительно мелкораспыленной струи горячей воды с относительно большой площадью поверхности, чтобы обеспечить достаточную площадь поверхности теплопередачи для создания или подготовки воздушного потока, направляемого в вихревую станцию (например, теплого воздуха), который находится в состоянии насыщения или по меньшей мере частичного насыщения водяным паром для управления вихрем посредством подъемной силы.

Предпочтительно указанное средство для подачи воды в указанную вихревую станцию представляет собой множество сопел, питаемых из коллектора накачиваемой горячей водой для создания мелкораспыленной струи горячей воды с большой площадью поверхности, чтобы обеспечить достаточную площадь поверхности теплопередачи для создания воздушного потока в вихре теплого воздуха, насыщенного водяным паром для управления вихрем посредством подъемной силы и стабилизации ядра при подъеме за счет вертикального ускорения в случае возникновения осевой деформации.

Предпочтительно указанное множество сопел выполнены с возможностью создания относительно мелкораспыленной струи горячей воды с относительно большой площадью поверхности, чтобы обеспечить достаточную площадь поверхности теплопередачи для создания или подготовки воздушного потока, направляемого в вихревую станцию (например, теплого воздуха), который находится в состоянии насыщения или по меньшей мере частичного насыщения водяным паром.

Предпочтительно, согласно настоящему изобретению разработано устройство, система или способ, которые предусматривают или подразумевают использование скрытой теплоты, высвобождаемой при конденсации влаги (например, подаваемой из источника влаги или влаги в виде воды, испаренной в воздушный поток в созданном вихре) по мере подъема частично или полностью насыщенного воздуха, а также снижения давления и температуры.

Предпочтительно введение частично насыщенного или полностью насыщенного воздушного потока в вихрь и последующая конденсация влаги, обеспечившей указанное насыщение, обеспечивает создание градиента вертикальной скорости (вертикальное ускорение или осевую деформацию) в вихре с тем, чтобы вытянуть частицы воздуха в ядре вихря, таким образом, концентрируя и стабилизируя вихрь, за счет сохранения углового момента.

Предпочтительно достижение достаточной устойчивости вихря позволяет устранить турбулентное перемешивание, при этом энергия становится доступной в виде высокоскоростного ветра у земли.

Предпочтительно на вихревой станции обеспечивают источник жидкости или пара (например, жидкой воды или водяного пара) или обеспечивают подачу из указанного источника в воздушный поток

вихря в основании вихревой станции или вблизи него в достаточном объеме или количестве для повышения уровней насыщения (например, относительной влажности до 100%) воздуха, поступающего в вихрь.

Предпочтительно обеспеченные или поданные из источника жидкость или пар после испарения и включения в поток воздуха вихря поднимаются под действием вихря на высоту и подвергаются воздействию температуры или условий окружающей среды таким образом, что по меньшей мере часть пара конденсируется, что приводит к высвобождению скрытой теплоты при конденсации на указанной высоте.

Предпочтительно обеспеченную или поданную из источника жидкость или пар обеспечивают или подают в созданный вихрь в непрерывном режиме (т.е. могут обеспечивать или подавать постоянно в воздушный поток, вводимый в вихрь), в то время как обеспечена возможность поддержки и управления вихрем внутри указанной вихревой станции.

Предпочтительно, предусмотренный или обеспеченный источник для насыщения (будь то частичное или полное насыщение, например, повышение относительной влажности по меньшей мере части воздуха, вводимого в вихрь или VCV, такое как, например, от более чем приблизительно 0% RH (относительной влажности) до приблизительно 100% RH) представляет собой источник или подвод воды.

Предпочтительно предусмотренный или обеспеченный источник для насыщения повышает насыщенность или влажность воздуха, вводимого в созданный в вихревой станции вихрь.

Предпочтительно относительная влажность как мера насыщения водой воздуха, вводимого в вихрь в вихревой станции, больше нуля и вплоть до 100% относительной влажности (RH), включая, без ограничений, например: от более приблизительно 0% до приблизительно 100% RH, от более приблизительно 1% до приблизительно 100% RH, от более приблизительно 5% до приблизительно 100% RH, от более приблизительно 10% до приблизительно 100% RH, от более приблизительно 15% до приблизительно 100% RH, от более приблизительно 20% до приблизительно 100% RH, от более приблизительно 30% до приблизительно 100% RH, от более приблизительно 35% до приблизительно 100% RH, от более приблизительно 40% до приблизительно 100% RH, от более приблизительно 45% до приблизительно 100% RH, от более приблизительно 50% до приблизительно 100% RH, от более приблизительно 55% до приблизительно 100% RH, от более приблизительно 60% до приблизительно 100% RH, от более приблизительно 65% до приблизительно 100% RH, от более приблизительно 70% до приблизительно 100% RH, от более приблизительно 75% до приблизительно 100% RH, от более приблизительно 80% до приблизительно 100% RH, от более приблизительно 85% до приблизительно 100% RH, от более приблизительно 90% до приблизительно 100% RH, от более приблизительно 95% до приблизительно 100% RH.

Предпочтительно обеспечение насыщения или источника насыщения (будь то частичное или полное насыщение, например, повышение относительной влажности по меньшей мере части воздуха, вводимого в вихрь или VCV) может быть достигнуто путем направления относительно теплой или нагретой жидкости (например, воды) от источника или подвода в устройство, которое подает теплую или нагретую жидкость в воздушный поток, вводимый в вихрь или VCV.

Предпочтительно теплая или нагретая жидкость может быть в некоторых случаях обеспечена путем активного нагрева для повышения температуры, чтобы обеспечить испарение жидкости после ее введения в воздушный поток, или может быть обеспечена путем косвенного или пассивного нагрева, например, с использованием потока вторичного тепла от производственной установки или процесса, таким образом, дополнительно повышают КПД использования энергии, поступающей от производственного предприятия или процесса.

Предпочтительно температура подачи или источника насыщения может быть отрегулирована или они могут иметь температуру, измеренную таким образом, чтобы обеспечить подачу в контроллер для управления объемом или расходом подачи или источника для насыщения воздушного потока, вводимого в вихрь или VCV.

Предпочтительно подачу или источник можно активно контролировать и/или управлять ими на основании других измеренных параметров вихря или VCV.

Предпочтительно указанное высвобождение скрытой теплоты при конденсации может способствовать одному или более из:

- расхождения вертикального градиента,
- осевой деформации для гидродинамической устойчивости при подъеме,
- высокого или увеличивающегося аспектного отношения,
- пониженной или понижающейся (температуры) температуры в резервуаре,
- относительно более высокого термодинамического КПД,
- увеличения величины скорости ветра вихря (скорости).

Предпочтительно вихревая станция может быть оборудована плоской станиной или платформой, расположенной по существу на уровне земли.

Предпочтительно лопатки выполнены или размещены по существу в круговом направлении по периферии вихревой станции.

Предпочтительно лопатки содержат множество регулируемых отклонителей.

Альтернативно или дополнительно лопатки могут представлять собой набор неподвижных лопаток. Альтернативно лопатки могут представлять собой паруса.

Предпочтительно указанные паруса выполнены из текстильного материала, такого как гибкий материал.

Предпочтительно указанные регулируемые отклонители лопаток выполнены с возможностью регулирования вручную или дистанционно.

Предпочтительно указанная вихревая станция содержит крышу в центре станции.

Предпочтительно указанная крыша может иметь кольцевую форму и может быть расположена выше и может проходить от по меньшей мере одной турбины.

Предпочтительно ветряные турбины состоят из вертикальных лопастей, вращающихся вокруг вертикальной центральной линии станции для обеспечения их размещения в зоне с наиболее концентрированным воздушным потоком у основания вихря и создания перепада радиального давления в цилиндре, в котором перемещаются лопасти, для стабилизации вихря, не допуская его боковое перемещение внешними ветрами. Предпочтительно это указывает на отсутствие необходимости в применении башни или цилиндрической стенки.

Предпочтительно ветряные турбины содержат вертикальные лопасти, вращающиеся вокруг вертикальной центральной линии станции, и, таким образом, располагаются в зоне с наиболее концентрированным воздушным потоком у основания вихря и создают перепад радиального давления в цилиндрической форме, в которой перемещаются лопасти, таким образом, чтобы стабилизировать основание вихря, не допуская его боковое перемещение внешними ветрами.

Предпочтительно может быть использовано множество концентрических турбин или может быть обеспечена одна или отдельная турбина с множеством наборов концентрических лопастей.

Предпочтительно, ветряная турбина расположена ниже внутреннего диаметра кольцевой крыши. Крыша может занимать зону минимальных меридиональных воздушных потоков у основания вихря. Крыша может позволить устранить втянутый воздушный поток в случае отсутствия указанной турбины. При необходимости крыша может принудительно обеспечить радиальный входящий поток в вихре, который затем проходит или перемещается через указанную турбину.

Предпочтительно пропускание или направление воздушного потока, подаваемого в вихревую станцию, создает перепад радиального давления воздушного потока или входящего потока в вихревой станции, так что основание вихря стабилизировано от бокового смещения, например, из-за внешнего ветра.

Предпочтительно коллектор и сопла для накачиваемой горячей воды размещают ниже кольцевой крыши, в пределах зоны входящего в вихрь потока.

Предпочтительно указанные сопла направляют воду в воздушный поток, направляемый в вихревую станцию, и от него.

Предпочтительно указанные сопла выполнены с возможностью создания или образования тумана или струи.

Предпочтительно вихревая станция содержит пол вогнутой формы.

Предпочтительно пол вихревой станции содержит слив для сбора жидкой воды.

Предпочтительно слив соединен по текучей среде с резервуаром или емкостью для хранения.

Предпочтительно вода, собранная в указанный резервуар или емкость для хранения, может быть повторно использована или переработана.

Нижеследующее описание относится к иницированию или запуску вихря в вихревой станции согласно настоящему изобретению, а также к текущему обслуживанию и усовершенствованию созданного вихря и другим процедурам.

Иницирование вихря

Этап 1. Обеспечить источник тепла для вихревой станции.

Чтобы обеспечить источник тепла, необходимо начать накачивать нагретую рабочую текучую среду, такую как вода, которая имеет повышенную температуру (повышенную за счет теплообмена с потоком вторичного тепла или источником тепла, например, поступающего от производственного предприятия или процесса). Накачиваемую рабочую среду направляют в одно или множество распылительных устройств, таких как распылительные сопла, которые распыляют нагретую рабочую текучую среду в замкнутом пространстве, ограниченном боковыми стенками и крышей вихревой станции.

Распыление нагретой рабочей среды происходит по существу в центре вихревой станции.

Распыление нагретой рабочей среды обеспечивает подъемную силу для воздуха внутри вихревой станции и для любого воздуха, направляемого в вихревую станцию одной или более лопатками, расположенными по периферии вихревой станции. При распылении нагретой рабочей среды происходит перенос тепла на воздух внутри вихревой станции и на воздух, направляемый в вихревую станцию. Таким образом, воздух нагревают, причем воздух внутри вихревой станции и воздух, направляемый в вихревую станцию, кондиционируют для повышения содержания воды. Плотность воздуха снижают до такой степени, чтобы обеспечить результирующую подъемную силу, которая обеспечивает подъем воздуха внутри вихревой станции и втягивание другого воздуха для его замены вблизи основания/платформы вихревой станции.

Этап 2. Создание закручивания.

Воздух втягивается в вихревую станцию, заменяя поднявшийся вверх воздух, вследствие его кондиционирования распыленной рабочей средой при повышенной температуре. Воздух, втягиваемый в вихревую станцию, направляют с помощью лопаток, которые расположены по периферии вихревой станции. Таким образом, воздух, втягиваемый в станцию у земли благодаря помещению лопаток в воздушный поток, обеспечивает закручивание в воздухе, чтобы обеспечить или направить воздух, втягиваемый в вихревую станцию, циркулировать вокруг центра вихревой станции.

Этап 3. Инициирование конвективного вихря.

После этапа 2 закручивание воздушного потока затем поднимает воздух, поднимающийся по центру вихревой станции (благодаря подъемной силе, обеспечиваемой теплопередачей от распыляемой рабочей среды). Закручивание противодействует протеканию входящего потока воздуха над землей за счет циклострофического равновесия. Благодаря этому возникает конвективный вихрь.

Этап 4. Из-за противодействия воздушному потоку в вихре над землей входящий поток воздуха у земли концентрируется, поскольку трение и сдвиг у земли обуславливают смещение циклострофического равновесия для обеспечения входящего потока воздуха у земли. Данный эффект называют эффектом торцевой стенки. Это означает, что лопатки не следует поднимать на большую высоту, чтобы создать закручивание во входящем потоке воздуха в вихре.

2. Концентрирование вихря.

Этап 1. Для концентрирования вихря должна быть доступной энергия для ускорения воздушных потоков в вихре.

Этап 2. Чтобы энергия была доступной, она должна быть преобразована из потенциальной энергии, присутствующей во входящих потоках воздуха на вихревой станции благодаря наличию их подъемной силы, в кинетическую энергию. Для достижения этой цели вихрь действует как тепловой двигатель.

Этап 3. КПД теплового двигателя зависит от перепада виртуальной эквивалентной температуры (температуры, выраженной таким образом, чтобы она отражала процессы внутренней работы и высвобождения скрытой теплоты при подъеме) между горячим резервуаром, из которого воздух втягивается в вихрь у земли, и холодным резервуаром, в который воздух выходит в верхней части вихря. Температура холодного резервуара зависит от вертикального градиента в вихре (скорости, с которой воздух охлаждается при подъеме, которая определяется свойствами воздуха) и высоты вихря.

Этап 4. Высота вихря при использовании сухого воздуха в нейтральной атмосфере будет приблизительно в 15 раз больше диаметра вихря из-за диффузии завихренности и нагрева по мере подъема ядра. Когда перепад температуры от ядра к окружающей среде и завихренность ядра падают ниже уровня, при котором возможно противодействие радиальным потокам, вихрь рассеивается и распадается с образованием турбулентного шлейфа. Таким образом образуется вершина вихря. Его можно расширить вверх, используя насыщенный воздух (воздух с относительной влажностью 100%, содержащий столько водяного пара, сколько возможно при преобладающих температуре и давлении), который будет подниматься при охлаждении с меньшей псевдоадиабатической скоростью из-за высвобождения скрытой теплоты за счет конденсации. Высвобождение скрытой теплоты обеспечивает поддержание перепада температур, а также повышение вертикальной скорости, поскольку повышается подъемная сила. Вертикальное ускорение обеспечивает вытягивание вихря (вызывающее осевую деформацию), в результате чего происходит концентрирование завихренности вследствие сохранения углового момента. Поддержание перепада температур и завихренности и недопущение диффузии позволяет вихрю расти не рассеиваясь до высоты, на которой вихрь сталкивается со значительной инверсией температуры, например, до тропопаузы.

Этап 5. Закачивание рабочей среды с повышенной температурой (такой как горячая вода) через множество сопел в основании вихревой станции обеспечивает распыление рабочей среды с повышенной температурой, имеющей достаточную площадь поверхности (т.е. распыление представляет собой мелкодисперсный туман) для обеспечения передачи тепла, чтобы поднять входящие потоки воздуха для их насыщения при достаточной температуре, чтобы обеспечить достаточное высвобождение скрытой теплоты для стабилизации вихря и недопущения рассеивания до большой высоты в атмосфере. Воздух с более высокой температурой имеет более высокую упругость насыщения для всех температур в атмосфере.

3. Оптимизация вихря.

Этап 1. Повышение температуры горячего резервуара выше температуры, необходимой для подачи скрытой теплоты, требуемой для доставки вихря в тропопаузу, снижает КПД теплового двигателя, поскольку в этом случае температура холодного резервуара повышается более чем на величину повышения температуры горячего резервуара. Последующее падение КПД связано с потерей энергии при рассеивании вихря в тропопаузе при температуре, которая выше необходимой. Необходимая скрытая теплота будет зависеть от атмосферных условий. Если инверсии температуры существуют на более низких уровнях, насыщенный воздух с более высокой температурой потребует для обеспечения подъема вихря через эти слои. Таким образом, устанавливают минимальную температуру, требуемую для стабилизации вихря в действующих атмосферных условиях.

Этап 2. Для извлечения энергии из вихря целесообразно размещать турбины (ветряные турбины) в

областях с максимальной скоростью ветра, поскольку плотность энергии в ветре изменяется пропорционально кубу скорости ветра.

Если в вихре будет обеспечено достаточное закручивание, то у основания вихря образуется характерная структура, известная как утопленный вихревой скачок (DVJ). При DVJ скорость ветра концентрируется более чем в два раза с повышением плотности энергии в восемь раз. Это позволяет использовать турбины значительно меньшего размера для извлечения такого же количества энергии. Таким образом, угол закручивающей лопасти регулируют таким образом, чтобы обеспечить достаточное закручивание для образования структуры DVJ. 4. Размещение турбины для выработки энергии.

Этап 1. Основная турбина расположена в зоне максимальной концентрации ветра в пределах DVJ. Для этого используют вертикальные лопасти турбины, вращающиеся вокруг вертикальной оси в цилиндре вращения (вместо диска). Это также приводит к созданию перепада радиального давления в турбине, что позволяет предотвратить сдувание вихря из вихревой станции боковыми ветрами. Если перепад давления в турбине больше, чем динамическое давление боковых ветров, вихрь остается внутри турбины. Это обеспечивает стабилизацию, предотвращающую поперечное смещение.

Этап 2. Задействованию турбины способствует использование кольцевой крыши различной высоты, выполненной с возможностью размещения в зоне нулевого поперечного потока (в которой воздух движется только тангенциально). Она препятствует воздушному потоку вокруг турбины и над ней, не нарушая при этом потоки DVJ.

Этап 3. Стабилизации вихря, предотвращающей поперечное смещение, способствует вогнутый пол станции. Из-за эффектов инерции воздушных потоков, поворачивающихся от почти горизонтального положения в вертикальное, вихрь будет стремиться остаться в самой низкой точке пола вихревой станции. Это также позволяет сливать сконденсировавшуюся на данный момент рабочую среду (например, воду), которая была подана в вихревую станцию и распылена, собираемую через центральный слив или через множество сливов.

Более подробно, характеристики (или состояния) входящего потока или воздушного потока, направленных в вихревую станцию, могут активно контролировать (т.е. на уровне объема) или более достоверный контроль может быть выполнен на основании условий окружающего воздуха (например, температуры, давления, влажности (например, температуры сухого/влажного термометра)) и на основании этих измерений, определения приблизительного уровня рабочей среды с повышенной температурой (например, горячей воды), которую следует подавать (при этой заданной температуре), затем могут закачивать через сопла.

Таким образом, тепловой поток от рабочей среды, которую накачивают к соплам для распыления (например, поток нагретой воды), зависит от его теплоемкости, изменения температуры, при котором охлаждается рабочая среда (например, вода) (для достижения равновесной температуры), и расхода при накачивании. Тепловой поток должен быть равен потоку, который требуется для поднятия температуры воздуха в вихревой станции или воздушного потока, введенного в вихревую станцию, до равновесной температуры (зависит от расхода воздуха, теплоемкости воздуха и изменения температуры, при которой нагревается воздух), а скрытая теплота необходима для испарения достаточного количества рабочей среды (например, воды) для насыщения воздуха. Поскольку доля скрытой теплоты воды намного выше, чем доля других величин, даже относительно небольшая испарившаяся часть распыляемой рабочей среды (например, воды) будет представлять значительную часть теплового потока.

Вследствие этого требуемый расход накачиваемой рабочей среды (например, воды) зависит от теплового потока, требуемого для нагрева и насыщения воздушного потока, вводимого в вихревую станцию, деленного на произведение теплоемкости, расхода при накачивании и перепада температуры при охлаждении. Соответственно, чем больше перепад температуры, тем ниже требуемый расход.

Если атмосферный воздух (который подают в вихревую станцию) имеет относительную влажность $RH > 0\%$, количество скрытой теплоты, требуемое для обеспечения относительной влажности воздуха приблизительно 100%, снижается, поэтому при более высоких коэффициентах смешивания в атмосфере уменьшается требуемый расход при накачивании рабочей среды (например, горячей воды). Соответственно, на основании результатов измерений для атмосферного воздуха количество или расход рабочей среды, распыляемой в вихревой станции, можно регулировать до более высоких или более низких уровней.

Вышеуказанная система управления, основанная на управлении или измерении, для определения достаточного количества или расхода подлежащей распылению рабочей среды остается подходящим приближением, пока площадь поверхности, доступная для передачи тепла при распылении, достаточна для того, чтобы перепад температуры внутри жидкой фазы можно было игнорировать. По этой причине целесообразно применение относительно небольших капель или мелкораспыленных струй из множества сопел. Кроме того, накачивание через сопла малого диаметра сопряжено с затратами, поскольку для достижения требуемой мощности накачивания при накачивании рабочей среды через небольшие отверстия сопел малого диаметра расходуется больше энергии. По этой причине необходимо соблюдать баланс, используя сопла малого диаметра для получения капель небольшого размера, но при этом минимизируя дополнительные расходы на накачивание. Одним из практических ограничений является то, насколько

низкой может быть температура рабочей среды (например, горячей воды). Если температура рабочей среды (например, воды) слишком близка к равновесной температуре, необходимой для работы вихря, потери на накачивание, связанные с облегчением теплопередачи, возрастают в отношении полезной энергии, которая может быть извлечена из вихря, что может привести к снижению общего повышения КПД, которого необходимо достичь на вихревой станции, соединенной с производственным предприятием или процессом.

В качестве альтернативы, в случае отсутствия активного регулирования количества или расхода рабочей среды (например, горячей воды), накачиваемой через сопла, по меньшей мере часть распыляемой рабочей среды (например, горячей воды) может просто конденсироваться и выпадать из воздушного потока, и будет собираться на полу через слив. Это связано с тем, что скрытая теплота испарения воды достаточно высока, поэтому доля воды, которая должна быть испарена, чтобы охладить ее до точки равновесия, является небольшой - приблизительно 5%. Остаток конденсируется и падает/выпадает на пол вихревой станции и выводится через слив в полу вихревой станции, и может быть переработан или возвращен для использования на производственном предприятии или в процессе, например, может быть возвращен во вторичный контур охлаждения тепловой электростанции. С точки зрения оператора тепловой станции вихревая станция по существу напоминает испарительную охлаждающую башню, которая вырабатывает электроэнергию, а не потребляет ее, таким образом, способствуя общему повышению энергоэффективности.

Дополнительные аспекты настоящего изобретения, которые должны быть учтены во всех его элементах новизны, станут очевидными из нижеследующего описания.

Описание чертежей

Далее множество вариантов осуществления настоящего изобретения будет описано в качестве примера со ссылкой на чертежи, которые кратко описаны ниже.

На фиг. 1 (предшествующий уровень техники) представлена иллюстрация для меридиональных входящих потоков, вызванных вязкостью и сдвигом вблизи земли (Barcilon, 1967).

На фиг. 2 (предшествующий уровень техники) представлена иллюстрация на виде в плане линии потока воздуха, поступающего в вихрь вблизи земли (Barcilon, 1967).

На фиг. 3 (предшествующий уровень техники) представлен водяной смерч у Флорида-Кис (Renno, 2008).

На фиг. 4 представлена схема, изображающая концентрацию завихренности (Mullen, Maxworthy, 1977).

На фиг. 5 представлена иллюстрация, изображающая циркуляцию вихря (Renno, 2008).

На фиг. 6 представлена иллюстрация отклонения давления при изменении турбулентности (Lewellen, Lewellen и др., 2000), показанного сплошными линиями, и вертикальной скорости в оттенках серого.

На фиг. 7 представлена иллюстрация генератора вихря в плане, который был применен для проведения лабораторных экспериментов (Mullen, Maxworthy, 1977).

На фиг. 8 показан график, изображающий перепад масштабированной температуры в зависимости от радиуса при угле лопатки 60° и мощности 778 Вт (Mullen, Maxworthy, 1977).

На фиг. 9 показан график, изображающий перепад масштабированной температуры в зависимости от высоты (Mullen, Maxworthy, 1977).

На фиг. 10 показан график, изображающий смоделированную и измеренную тангенциальную скорость в эксперименте Маллена и Максворти (Mullen, Maxworthy) с использованием измененной теории теплового двигателя Ренно (Renno) для объяснения тангенциальной скорости в экспериментальных вихрях.

На фиг. 11 (предшествующий уровень техники) представлен график, изображающий высоту пылевых вихрей при строгом допущении (Hess, Spillane, 1990).

На фиг. 12 (предшествующий уровень техники) представлен график, изображающий дисперсию вертикальной скорости при конвекции (Spillane, HESS, 1988).

На фиг. 13 представлена незамеченная тефиграмма изменения высоты пылевого вихря как части высоты конвекции, демонстрирующая важность высоты суперadiaбатического слоя, а не высоты конвективного слоя, при прогнозировании скоростей ветра пылевого вихря.

На фиг. 14 представлена иллюстрация радиозонда, полученная в Уинуапай (Whenuapai), Новая Зеландия в 13:00 NZDT, 17 декабря 2015 г. (metvuw.com), с примечаниями.

На фиг. 15 представлена схема вихревой станции согласно настоящему изобретению.

На фиг. 16 представлена схема, изображающая адвекцию ядра и меридиональные потоки в вихревой станции согласно настоящему изобретению.

На фиг. 17 представлена иллюстрация, изображающая адвекцию ядра с достаточным вертикальным градиентом вертикальной скорости

вследствие конденсации для вихря, созданного согласно настоящему изобретению.

На фиг. 18 представлена часть вихревой станции согласно настоящему изобретению.

На фиг. 19 показан воздушный поток через лопатки в вихревой станции согласно настоящему изобретению.

На фиг. 20 показаны потоки воды в вихревой станции согласно настоящему изобретению.

На фиг. 21 представлен вид в поперечном разрезе вихревой станции согласно настоящему изобретению.

Сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения.

Во всем описании одинаковые номера позиций будут использованы для указания одинаковых признаков в разных вариантах осуществления.

Авторы изобретения предложили усовершенствование теории обычного теплового двигателя для обеспечения улучшенного прогнозирования высоты вихря и, как следствие, термодинамического КПД и скорости ветра под действием подъемной силы атмосферных вихрей, благодаря пересмотру свойств холодного резервуара теплового двигателя. Предварительное моделирование позволяет обеспечить экономичный и нейтральный в отношении выбросов углерода способ преобразования вторичного тепла в электричество с общим КПД около 5%. Ниже представлены и подробно описаны варианты осуществления VCV или вихревой станции, которая способна преобразовывать вторичное тепло в электричество.

Высокие конструкции и большие турбины из предшествующего уровня техники не требуются (что обуславливает меньшие затраты), поскольку VCV концентрирует мощность подъемной силы высокоскоростного ветра на уровне земли или возле уровня земли. Сам VCV может быть очень большим и может быть создан при небольших или сравнительно низких затратах по сравнению с системами генерирования вихря из известного уровня техники. Закручивающиеся потоки в этих колоннах с восходящим горячим воздухом препятствуют радиальному перемещению вследствие гидродинамической устойчивости и, таким образом, препятствуют нормальному турбулентному перемешиванию и создают энергию из подъемной силы, доступной для выполнения работы на земле. Этот эффект может быть использован или применен путем размещения небольшой ветряной турбины вблизи уровня земли в области или вблизи области с максимальной концентрацией воздушного потока в ядре VCV. Обычно она составляет основание VCV. Настоящим сделана ссылка на небольшую ветряную турбину, которая является меньшей по сравнению с обычной ветряной турбиной эквивалентной мощности. Подходящие ветряные турбины могут включать турбины с вертикальными лопастями и т.д.

Для подъемной силы атмосферных вихрей требуется источник подъемной силы и источник концентрированной горизонтальной циркуляции (далее именуемой "закручиванием"). Основным источником закручивания является концентрация циркуляции среды за счет действия эффекта торцевой стенки, который возникает в пограничном слое вблизи земли в результате трения на границе раздела, и горизонтального отклонения ветра над ним. Закручивание переходит в восходящий поток ядра, поддерживая вихрь по мере его подъема.

В ограниченных условиях конденсация превалирует в обеспечении конвекции, но в сухих пустынях над нижним уровнем пустыни могут образовываться абсолютно неустойчивые пограничные слои в результате адвекции из более холодных зон и нагрева (например, нагрева излучением) от земли, что позволяет пылевым вихрям двигаться за счет действия сухой адиабатической конвекции.

Энергетический вихрь можно рассматривать как содержащий четыре зоны.

1. Ядро: цилиндрический объем на вертикальной оси с ограниченными сильными циклострофическими потоками и положительной подъемной силой.

2. Потенциальный вихрь: гораздо больший цилиндр на той же оси, что и ядро, содержащий более слабые циклострофические потоки, которые можно рассматривать как невязкие, невихревые и обладающие нейтральной подъемной силой - диффузию, завихрение и подъемную силу можно игнорировать.

3. Диск торцевой стенки: зона, в которой потенциальные потоки встречаются с землей и подвержены эффекту торцевой стенки. Значительная концентрация ветра происходит в центре указанного диска.

4. Шлейф, расположенный выше: турбулентный шлейф, образованный нисходящим ветром (выше) ядра, когда перестают действовать механизмы удержания ядра.

Три процесса, составляющих основу энергетического вихря.

I. Эффект торцевой стенки.

II. Тепловой двигатель.

III. Гидродинамическая устойчивость.

Эти процессы рассматриваются в литературе отдельно, но работают одновременно, поэтому важна их взаимосвязь. В частности, устойчивость вихря к большим высотам зависит от гидродинамической устойчивости стенки ядра, подавляющей турбулентное перемешивание. Здесь все еще происходит диффузия завихрения и тепла наружу с потенциальным завихрением вокруг него, поскольку ядро адвектирует таким образом, что оно "ослабляется" с увеличением высоты, пока стенка больше не может подавлять турбулентность - в этом месте ядро распадается, переходя в форму турбулентного шлейфа - если только какой-либо другой процесс не сможет преодолеть диффузию. Положительное осевое ускорение в ядре препятствует диффузии завихренности и тепла, поскольку объем воздуха при этом вытягивается и, таким образом, уменьшается в диаметре. Сохранение углового момента и уменьшение диаметра способствуют концентрации завихренности в зависимости от радиальной диффузии.

Высота, до которой энергетический вихрь сохраняется до разрушения турбулентного шлейфа, влияет на воздушные потоки на земле, поскольку указанный шлейф не содействует этим потокам. Вместо

этого энергия расходуется в шлейфе на подъем и нагревание захваченного воздуха за счет турбулентного перемешивания. Таки образом, это указывает на то, что шлейф следует рассматривать как холодный резервуар теплового двигателя, приводящего в движение вихревые потоки.

Ядро может иметь структуру с одной ячейкой (только восходящий поток) или с двумя ячейками (кольцо восходящего потока с нисходящим потоком в центре) в зависимости от силы закручивания относительно подъемной силы и иногда с переходом от структуры с одной ячейкой к структуре с двумя ячейками на промежуточной высоте. Это явление отлично от разрушения шлейфа. Разрушение шлейфа происходит внутри вихря под шлейфом, но представляется незначительным, и, таким образом, очевидно, что нет необходимости рассматривать его для моделирования теплового двигателя.

Эффект торцевой стенки

Эффект торцевой стенки смещает циклострофическое равновесие (при котором градиент радиального давления уравнивается центробежной силой) вихревых течений вблизи земли. Градиент давления возникает из-за подъемной силы ядра. Трение на границе раздела и горизонтальное отклонение ветра над ней уменьшают тангенциальную скорость и центробежную силу, позволяя воздуху втягиваться под действием градиента радиального давления. Закручивание, таким образом, концентрируется в основании вихря. Было опубликовано множество работ, исследующих этот эффект в течение длительного периода. Барсилон (Barcilon, 1967) выполнил анализ существовавшего потенциального вихря, на который действует внезапно приложенная кинематическая вязкость, используя уравнения Нейпира-Стокса и безразмерный анализ, показав меридиональную рециркуляцию закручивания и вычислив, что потоки из потенциального вихря снижаются к диску торцевой стенки из-за вязкости и начинают двигаться в радиальном направлении вовнутрь по мере приближения к земле, как показано на фиг. 1.

Вычисленные линии потока, показанные в плане (Barcilon, 1967) на фиг. 2, аналогичны линиям торнадо у Флорида-Кис (Renno, 2008) на фиг. 3, где входящий поток становится видимым благодаря ряби на море.

Другой способ моделирования эффекта торцевой стенки предложен (Mullen, Maxworthy 1977) с учетом адвекции завихренности, он представлен на фиг. 4, где показано концентрирование завихрения.

В настоящее время может быть выполнен численный анализ с использованием компьютерных моделей. Например (Lewellen, Lewellen и др. 2000, Lewellen, Lewellen 2007) использовали модели LES (моделирование больших вихрей), чтобы показать, что турбулентность в диске торцевой стенки усиливает эффект торцевой стенки и вызывает усиление ветра в угловых потоках у основания ядра. Эту тему интенсивно изучали в течение длительного времени из-за потенциальных последствий для безопасности таких угловых потоков в торнадо.

Автор изобретения считает, что в отношении VCV возможны следующие последствия:

ядро не следует помещать в замкнутое пространство, которое также не содержит потенциальный вихрь и земную поверхность, не прерывая рециркуляцию закручивания.

усиление потока в ядре максимизируется, когда структуру с 2 ячейками устанавливают непосредственно над землей - это называют утолненным вихревым скачком (DVJ). В DVJ угловые потоки у основания вихря могут иметь удвоенную скорость циклострофических течений в стенке ядра.

Тепловой двигатель.

В работе (Renno, Burkett и др., 1998) авторы моделируют термодинамику конвекционных процессов в пылевых вихрях, которые обеспечивают поддержание перепада давления в ядре. Они предположили, что любое явление конвекции можно рассматривать в качестве теплового двигателя и рассмотрели пылевой вихрь в квазистационарном состоянии, подразумевая выполняемую тепловым двигателем работу по уравниванию механического трения, чтобы смоделировать максимальную объемную термодинамическую интенсивность вихря при циклострофическом равновесии. Они предположили, что потоки несжимаемы, поступающее тепло представляет собой заметный тепловой поток на поверхности, а отводимое тепло представляет собой излучение от оседающих воздушных потоков (при средней температуре конвективного слоя). Они предположили, что конвективные потоки являются адиабатическими, что двигатель является реверсируемым и что потеря энергии из-за смешивания воздуха в восходящем потоке с высокой энтропией и с окружающим воздухом с меньшей энтропией неявным образом включена посредством определения низкой температуры по отношению к CAPE. Отслеживая объем воздуха, переданный посредством пути, показанного на фиг. 5, изображающего циркуляцию вихря, они получили зависимости для перепадов давления и скорости циклострофического потока.

В источнике (Renno, Bluestein, 2001) указанный анализ распространяется на водяные смерчи. Для перепада давления, возникающего из подъемной силы ядра получено следующее выражение:

$$\Delta p \approx p_{\infty} \left\{ 1 - \exp \left\{ \left(\frac{\gamma \eta}{\gamma \eta - 1} \right) \left[\left(\frac{C_p}{R} \right) \left(\frac{T_0 - T_{\infty}}{T_s} \right) + \left(\frac{L_v}{R} \right) \left(\frac{r_0 - r_{\infty}}{T_s} \right) \right] \right\} \right\} \quad (1)$$

Предполагают циклострофическое равновесие и получают выражение для тангенциальной скорости на радиусе стенки ядра с использованием закона идеального газа:

$$V_a = \sqrt{RT_\infty \left\{ 1 - \exp \left\{ \left(\frac{\gamma\eta}{\gamma\eta-1} \right) \left[\left(\frac{C_p}{R} \right) \left(\frac{T_0 - T_\infty}{T_s} \right) + \left(\frac{L_v}{R} \right) \left(\frac{r_0 - r_\infty}{T_s} \right) \right] \right\} \right\}} \quad (2)$$

где: Δp представляет собой перепад давления, а p_∞ представляет собой давление на бесконечном радиусе и на уровне земли;

γ представляет собой долю совокупной энергии трения, рассеиваемой на поверхности;

$\eta = \left(\frac{T_h - T_c}{T_h} \right)$ представляет собой реверсируемую эффективность теплового двигателя;

C_p представляет собой теплоемкость воздуха при постоянном давлении;

R представляет собой газовую постоянную для воздуха;

T представляет собой абсолютную температуру;

L_v представляет собой скрытую теплоту испарения воды на единицу массы;

g представляет собой коэффициент смешивания водяного пара;

T_s представляет собой усредненную по энтропии температуру нагрева;

a представляет собой радиус ядра.

В указанных статьях приведены оценки тангенциальной скорости ветра в стенке ядра, которые хорошо подтверждаются упомянутыми наблюдениями за пылевыми вихрями и, в более общем случае, подтверждаются для водяных смерчей.

В работе (Renno, 2008) авторы явным образом указывают на необратимость. Они указывают $\gamma \sim 1$ и этот перепад давления является самым большим в зоне самых высоких скоростей непосредственно внутри стенки. Показано, что термодинамический КПД приближается к КПД цикла Карно с предположением, что необратимости невелики. Предполагается, что преобладающие необратимости участвуют в изменении фазы. Это представляется разумным, если исключить необратимости перемешивания в турбулентном шлейфе.

Гидродинамическая устойчивость и измененная турбулентность

Ядро вихря должно быть каким-то образом ограничено, чтобы не допустить перемешивание и сделать энергию доступной для выполнения работы на уровне земли. Это ограничение связано с радиальной гидродинамической устойчивостью в стенке ядра, обусловленной двумя факторами: циклострофическим равновесием и устойчивой стратификацией плотности.

Воздушные частицы в циклострофическом потоке подобны спутникам на орбите за исключением того, что сила, обеспечивающая центростремительное ускорение, связана не с силой тяжести, а с перепадом радиального давления, и воздушные частицы оказывают давление друг на друга, а не свободно падают. При постоянном градиенте давления существует равновесный радиус для частицы с постоянной тангенциальной скоростью и противодействие радиальному отклонению от равновесия. Смещение подъемной силы при центростремительном ускорении также способствует устойчивой стратификации плотности с менее плотной текучей средой к центру. Эти эффекты могут быть скомбинированы для обеспечения гидродинамической устойчивости, достаточной для предотвращения турбулентному перемешиванию на стенке ядра.

При нормальных условиях потока высокое число Рейнольдса в стенке ядра концентрированного вихря приведет к быстрому турбулентному перемешиванию для всех величин, включая температуру и завихренность, как это происходит в турбулентном шлейфе (Rouse, Yih и др., 1952, Morton, Taylor и др., 1956). Нормальный процесс турбулентной диффузии включает каскадное масштабирование, при котором все диффузионные величины передаются от основного потока (в нашем случае вихря) к меньшим вихревым движениям и еще меньшим вихревым движениям, при этом на каждом этапе каскада обеспечивают малоразмерные структуры с большим отношением площади поверхности к объему до тех пор, пока на нижнем уровне каскада градиент свойств не будет передан молекулярной диффузией. Это значительно ускоряет диффузию.

Этот каскад прерывает достаточная гидродинамическая устойчивость в стенке ядра. Турбулентность устраняется не полностью, но значительно изменяется. В то время как диффузия за пределами стенки ядра близка к ламинарному состоянию, диффузия вовнутрь к центру может одновременно быть турбулентной, как показано на фиг. 6 (поперечный разрез LES-моделирования, вихрь с 2 ячейками с сильным закручиванием).

Были предложены различные критерии устойчивости.

В (Howard, Gupta, 1962) приведен критерий, основанный на угловом моменте.

В (Leibovich, Stewartson, 1983) выведен другой критерий из раздельного рассмотрения трехмерных возмущений при радиальных сдвигах азимутальной и осевой скоростей.

В (Emanuel, 1984) показано, что критерии (Howard, Gupta, 1962) и (Leibovich, Stewartson, 1983) эквивалентны для концентрированного вихря и что неустойчивость, таким образом, должна быть инерционной по своему характеру.

В (Lewellen, 1993) предполагается, что числовой критерий Ричардсона для стратифицированной

турбулентности может быть изменен для осесимметричных закрученных потоков, чтобы получить критерий устойчивости, который также включает градиент потенциальной температуры.

$$\frac{\theta'}{\theta_0} < \frac{2\Gamma'}{\Gamma} - \frac{w'^2 r^3}{4\Gamma^2} \quad (3)$$

где: θ представляет собой потенциальную температуру;

Γ представляет собой циркуляцию;

w представляет собой осевую скорость;

r представляет собой радиус;

штрих обозначает дифференцирование по радиусу.

Устойчивость стенки повышается с увеличением завихренности и градиента температуры, поскольку градиент температуры на стенке энергетического вихря является отрицательным. В результате этого турбулентная энергия в стенке ядра преобразуется в инерционные волны, проходящие в стенке, аналогично эффекту неустойчивости Кельвина-Гельмгольца. Поскольку гидродинамическая устойчивость достаточна для поддержания создаваемых инерционных волн (Maxworthy, Hopfinger и др., 1985), каскадное масштабирование прерывается и диффузия свойств в стенке значительно снижается (Stewartson, Leibovich, 1987).

Возникает вопрос, как предсказать высоту, до которой гидродинамическая устойчивость будет обеспечивать сохранение вихря, пока диффузия завихренности и температуры не приведут к разрушению шлейфа. В (Dergarabedian, Fendell, 1967) предложен анализ усиления и ослабления вихря, основанный на асимптотическом разложении уравнений Нейпира-Стокса, обезразмеренных относительно числа Экмана. Это ламинарный анализ вихря с 1 ячейкой, но он может быть применен при моделировании процессов концентрации и диффузии завихренности вне стенки ядра в условиях изменившейся турбулентности. Число Экмана определяют следующим образом:

$$E = \nu/\Gamma_\infty \quad (4)$$

где ν представляет собой кинематическую вязкость, а Γ_∞ представляет собой циркуляцию среды.

Этот анализ показывает, что для концентрации вихря число Экмана должно быть намного меньше единицы, а произведение площади восходящего потока и градиента средней вертикальной скорости внутри него должно значительно превышать кинематическую вязкость.

Поэтому большой вихрь в атмосфере требует лишь небольшого вертикального ускорения для поддержания и концентрации ядра, но меньшие вихри требуют большего вертикального ускорения.

Безусловно несходящиеся вертикальные градиенты.

Для обоснования высоты вихрей в атмосфере для больших вихрей предложена теория безусловно несходящихся вертикальных градиентов, в которой предполагается, что ядро сохраняется и продвигается вверх, в то время как CAPE является положительным, а вертикальный градиент для ядра меньше, чем вертикальный градиент для среды. Положительное вертикальное ускорение возникает из-за несходящихся вертикальных градиентов, поскольку скорость высвобождения CAPE увеличивается с высотой. Концентрация завихренности преодолевает диффузию завихренности, поэтому ядро продвигается вверх. Это согласуется с теорией потенциальной завихренности (Ertel, Rossby, 1949).

Таким образом, сухой энергетический вихрь с вертикальным адиабатическим градиентом ядра концентрируется с повышением высоты за счет вертикального суперadiaбатического градиента среды, а насыщенный энергетический вихрь с вертикальным псевдоadiaбатическим градиентом ядра концентрируется при повышении потенциальной температуры в большинстве атмосфер, за исключением случаев инверсии температуры. В обоих случаях завихренность концентрируется в результате несхождения вертикальных градиентов среды и ядра. Как только пропадает несхождение и вертикальное ускорение, вихрь быстро распадается, преобразуясь в турбулентный шлейф, на высоту, имеющую порядок диаметра, на котором был сконцентрирован вихрь. Для образования холодного резервуара теплового двигателя, приводящего в движение вихревые потоки, учитывают турбулентный шлейф, а не конвективный слой.

Экспериментальные данные из литературы

Лабораторные эксперименты

На фиг. 7 показан генератор вихря с регулируемыми периферийными лопатками для создания закручивания и нагретая пластина для создания подъемной силы согласно (Mullen, Maxworthy, 1977). Генератор был установлен в защищенном от сквозняков шкафу с легкой вытяжкой в верхней части для обеспечения нейтральной стратификации. Данный анализ основан на функциональных параметрах, хорошо зарекомендовавших себя для анализа турбулентных шлейфов (Morton, Taylor и др., 1956), масштабированных для подводимой мощности.

Измерения скорости проводили с использованием нейтрально поднимающихся пузырьков и фотографирования с импульсной лампой. Температуру измеряли с помощью резистивных термометров с вольфрамовой нитью, имеющих большой охват.

Температурные профили были получены для некоторого диапазона углов лопаток и подводимой мощности, как видно, например, из фиг. 8, где показана структура с 2 ячейками.

На фиг. 8 показан перепад масштабированной температуры в зависимости от радиуса при угле лопатки 60° и мощности 778 Вт (Mullen, Maxworthy, 1977).

На фиг. 9 показана скорость затухания при максимальном перепаде температур (масштабированная по отношению к входной мощности) с высотой для двух вихрей. Для этих вихрей подводимая мощность является различной. Один из вихрей представляет собой вихрь с 1 ячейкой, а другой вихрь имеет 2 ячейки. В своих профилях масштабированной температуры они имеют общую точку перегиба. Над перегибом профили имеют зависимость $z^{-5/3}$, что характерно для турбулентного шлейфа. Высота перегиба приблизительно соответствует диаметру закручивающих лопаток для обоих вихрей.

В таблице приведены результаты из (Mullen, Maxworthy, 1977) с примечаниями, касающимися отображения вихрей, для которых приведен температурный профиль или которые можно экстраполировать на основе этих данных.

Интенсивность циркуляции вихря и диаметр ядра.

Значения интенсивности циркуляции (Mullen, Maxworthy, 1977) с аннотациями

Угол лопатки ($^\circ$)	346 Дж c^{-1}	778 Дж c^{-1}	1058 Дж c^{-1}	1382 Дж c^{-1}
30	$\Gamma = 968$ $d = 9,6$	$\Gamma = 1181$ $d = 11,5$		$\Gamma = 1452$ $d = 12,7$
45	$\Gamma = 1323$ $d = 17,2$	$\Gamma = 1542$ $d = 18,4$	$\Gamma = 2142$ $d = 17,8$	$\Gamma = 1910$ $d = 19,7$
60	$\Gamma = 1865$ $d = 19,9$	$\Gamma = 2600$ $d = 20,6$	$\Gamma = 2994$ $d = 20,8$	$\Gamma = 2916$ $d = 21,6$
75	$d = 21,8$	$\Gamma = 3671$ $d = 26,6$	$\Gamma = 4342$ $d = 25,6$	$\Gamma = 5445$ $d = 26,2$

Γ в $cm^2 c^{-1}$, а d в см.

Тангенциальную скорость оценивают на стенке ядра, которую учитывают для этой цели, как имеющую наружный диаметр зоны с крутым радиальным градиентом температуры у основания вихря. Например, на фиг. 8 показаны профили для вихря 5 в табл. 1 с $dt = 16$ см. В таблице величина d представлена как максимальная протяженность пузырьковых дорожек в ядре, причем $dt < d$. Тангенциальную скорость вычисляют следующим образом:

$$V_{ot} = \Gamma / ndt \quad (5)$$

Затем уравнение (2) используют для вычисления V_a .

Предполагают, что КПД трения равен $\gamma=95\%$.

$$\eta = \frac{T_h - T_c}{T_h}$$

Предполагают, что термодинамический КПД равен

$$T_h = T_\infty + \Delta T_h \text{ и } T_c = T_\infty + \Delta T_c.$$

T_h берут из заданных профилей или экстраполяции между соседними вихрями.

ΔT_c оценивают по фиг. 9 как $\Delta T_c = 30 \times Q^{2/3}$ (с масштабированием для мощности согласно (Mullen, Maxworthy, 1977)). При этом может быть получена температура в холодном резервуаре в точке, где ядро распадается в расположенный выше шлейф.

В случае использования $\Delta T_c = 0$ (эквивалентно температуре в верхней части конвективного слоя для вихря в атмосфере) значения скорости, наблюдаемые в эксперименте, будут переоценены, хотя $\Delta T_c = \Delta T_h / 2$ (эквивалентно средней температуре конвективного слоя) является более близким приближением. Поскольку атмосфера в шкафу нейтрально стратифицирована, вихри быстро разрушаются.

На фиг. 10 показана определенная корреляция между смоделированной и измеренной тангенциальной скоростью.

Результаты испытаний для пылевых вихрей (Ryan, Carroll, 1970) провели исследования в естественных условиях в пустыне Мохаве, собирая данные о профилях температуры воздуха на высоте до 1500 м; направлении, скорости и завихренности ветра в природной среде; диаметре, местоположении, направлении вращения, структуре и внутренней скорости ветра пылевого вихря. Скорость ветра представлена как пропорциональная квадратному корню высоты суперрадиабатического слоя, но существует значительный разброс. Это согласуется с предложенной теорией.

(Hess, Spillane, 1990) провели исследование пылевых вихрей, возникающих в Австралии, и указали на соответствие в статистике между высотой пылевого вихря (показано на фиг. 11) и дисперсией вертикальной скорости, нормированной по скорости конвекции w^* (Deardorff, 1970) (Spillane, HESS, 1988) (показано на фиг. 12), причем оба случая показаны по отношению к h , высоте конвективного слоя. Это согласуется с предложенной теорией.

На фиг. 11 показаны две группы. Верхняя группа демонстрирует среднюю высоту 0,51 h , что согла-

суется с предложенной теорией, если профили скорости соответствуют фиг. 12. Возможно, меньшее заполнение можно объяснить возникновением суперadiaбатического слоя, образованного нагревом за счет излучения от земли.

Эта теория также объясняет изменение высоты пылевого вихря, наблюдаемое в верхней группе по фиг. 11, которое представлено на фиг. 13 (на котором показано изменение высоты пылевого вихря как части высоты конвекции).

На фиг. 13 представлена неразмеченная тефиграмма (на которой структура не указана для ясности), изображающая два разных атмосферных условия с одинаковой конвективной высотой (h). Воздух является сухим, поэтому воздух в ядре поднимается в соответствии с адиабатическим вертикальным градиентом, показанным красным цветом.

T_s представляет собой температуру поверхности.

T_{conv} представляет собой температуру в верхней части конвективного слоя.

Показаны две разные суперadiaбатические атмосферы, имеющие общую высоту конвективного слоя. Первая атмосфера показана синим цветом. Вертикальный градиент для среды меньше, чем адиабатическая скорость до высоты H_{c1} . Если предположить, что в этом месте вихрь разрушается с образованием шлейфа, температура холодного резервуара равна T_{c1} .

Вторая атмосфера показана фиолетовым цветом. Вертикальный градиент для среды меньше, чем адиабатическая скорость до высоты H_{c2} .

Если предположить, что в этом месте вихрь разрушается с образованием шлейфа, температура холодного резервуара равна T_{c2} . Для ясности показаны линейные вертикальные градиенты для среды. В действительности они предположительно будут изменяться однообразно, но аргумент все же сохранится. Таким образом, $H_{c2} > H_{c1}$ и $T_{c2} < T_{c1}$, поскольку температура падает с высотой. В результате этого, КПД вихря во второй атмосфере выше, чем в первой, а обеспечиваемые скорости ветра выше, что согласуется с разбросом результатов для верхней группы по фиг. 11 и с (Ryan, Carroll, 1970).

Как можно видеть из геометрии тефиграммы, для сухих вихрей средняя высота вихря будет стремиться к половине конвективной высоты, как показано на фиг. 11, а температура холодного резервуара будет стремиться к средней температуре конвективного слоя, как предполагается в (Ренно, Буркетт et al. 1998), но можно ожидать отклонения от среднего.

Температура холодного резервуара, таким образом, будет выше, чем температура окружающей среды на высоте шлейфа, поскольку вертикальный градиент для процесса внутри ядра меньше, чем вертикальный градиент температура для среды до этой высоты, поэтому некорректно предполагать, что температура холодного резервуара равна температуре окружающей среды на высоте, на которой находится вихрь.

Предлагаемая теория предусматривает, что положительный градиент вертикальной скорости необходим для формирования концентрированного энергетического вихря, а также источников подъемной силы и закручивания. Автор изобретения полагает, что это объясняет, почему такие вихри редки, даже когда легко доступны CAPE и закручивание.

Влияние на VCV

Утопленные вихревые скачки (DVJ) и концентрация ветра.

Структура DVJ может обуславливать усиление ветра приблизительно в два раза для VCV с соответствующим закручиванием. Значения скорости ветра, создаваемые в DVJ, высоки для вихря со средним тепловым КПД. Авторы изобретения полагают, что использование турбины в зоне максимальной концентрации ветра может быть более эффективным, чем попытка оградить вихрь и поместить турбины в окружающую их стенку. Соответственно, VCV может содержать турбины, расположенные в зонах максимальной концентрации ветра.

Псевдоadiaбатические вертикальные градиенты и вертикальное ускорение.

Авторы изобретения также полагают, что за пределами суперadiaбатических атмосфер, которые иногда возникают в сухих пустынях, концентрированные энергетические вихри могут быть способны к адвекции высоко в атмосферу с использованием источника насыщенного воздуха или насыщения по меньшей мере части воздуха, вводимого в вихрь или VCV, в качестве источника подъемной силы ядра.

Соответственно, согласно одному варианту осуществления настоящего изобретения может быть предусмотрен или обеспечен источник для насыщения (будь то частичное или полное насыщение, например, повышение относительной влажности по меньшей мере части воздуха, вводимого в вихрь или VCV, такое как, например, от более чем приблизительно 0% RH (относительной влажности) до приблизительно 100% RH), который может быть использован для усиления или увеличения подъемной силы ядра. Следует учитывать, что относительная влажность может иметь любое значение, большее нуля, и вплоть до 100% RH, включая, без ограничений, например: от более приблизительно 0% до приблизительно 100% RH, от более приблизительно 1% до приблизительно 100% RH, от более приблизительно 5% до приблизительно 100% RH, от более приблизительно 10% до приблизительно 100% RH, от более приблизительно 15% до приблизительно 100% RH, от более приблизительно 20% до приблизительно 100% RH, от более приблизительно 30% до приблизительно 100% RH, от более приблизительно 40% до приблизительно 100% RH, от более прибли-

зительно 45% до приблизительно 100% RH, от более приблизительно 50% до приблизительно 100% RH, от более приблизительно 55% до приблизительно 100% RH, от более приблизительно 60% до приблизительно 100% RH, от более приблизительно 65% до приблизительно 100% RH, от более приблизительно 70% до приблизительно 100% RH, от более приблизительно 75% до приблизительно 100% RH, от более приблизительно 80% до приблизительно 100% RH, от более приблизительно 85% до приблизительно 100% RH, от более приблизительно 90% до приблизительно 100% RH, от более приблизительно 95% до приблизительно 100% RH. Более предпочтительно, для вихревой станции преимущественно обеспечивают поток воздуха со 100% RH, что может быть достигнуто путем кондиционирования входящего потока воздуха, направляемого в вихревую станцию, или может быть достигнуто путем кондиционирования воздуха внутри вихря.

Обеспечение насыщения или источника насыщения (будь то частичное или полное насыщение, например, повышение относительной влажности по меньшей мере части воздуха, вводимого в вихрь или VCV) может быть достигнуто путем направления относительно теплой или нагретой жидкости (например, воды) от источника или подвода в устройство, которое подает теплую или нагретую жидкость в воздушный поток, вводимый в вихрь или VCV. Теплая или нагретая жидкость могут быть в некоторых случаях обеспечены путем активного нагрева для повышения температуры, чтобы обеспечить испарение жидкости после ее введения в воздушный поток, или могут быть обеспечены путем косвенного или пассивного нагрева, например, с использованием потока вторичного тепла от производственной установки или процесса, таким образом, дополнительно повышают КПД использования энергии от производственного предприятия или процесса.

Температуру подачи или источника насыщения можно регулировать или они могут иметь температуру, измеренную таким образом, чтобы обеспечить подачу в контроллер для управления объемом или расходом подачи или источника для насыщения воздушного потока, вводимого в вихрь или VCV. Таким образом, подачу или источник можно активно контролировать и управлять ими на основании других измеренных параметров вихря или VCV.

Сухие вихри в умеренных атмосферах будут продвигаться только на высоту, имеющую порядок, соответствующий диаметру источника циркуляции, который их создал, поэтому они будут характеризоваться низким тепловым КПД. Насыщенный воздух охлаждается медленнее при подъеме, поскольку конденсат высвобождает скрытое тепло. Поскольку конденсат будет центрифугироваться от ядра вихря, ядро должно точно следовать псевдоадиабатическому вертикальному градиенту. Псевдоадиабатический вертикальный градиент для насыщенного горячего резервуара с достаточной температурой отличен от вертикального градиента для среды вплоть до тропопаузы, за исключением случая наличия условий тепловой инверсии. Кроме того, согласно Renno (2008) перепад давления является самым большим в зоне самых высоких скоростей непосредственно внутри стенки. Исходя из этого, автор изобретения полагает, что любая конденсация будет происходить с преимущественной отдачей тепла в этих зонах (путем высвобождения тепла конденсации, когда пар конденсируется в жидкость), способствуя тем самым дополнительно усилению и стабилизации или повышению устойчивости вихря.

Автор изобретения полагает, что большие насыщенные вихри, таким образом, будут подниматься высоко в атмосферу, пока они не попадут в зону тропопаузы или другую зону со значительной инверсией температуры, как показано на фиг. 14.

В данном случае вихрь поступает с насыщенным воздухом при $T_h = 40^\circ\text{C}$. Согласно настоящему изобретению вихрь должен сохраняться до тропопаузы с ядром с последующим псевдоадиабатическим вертикальным градиентом до $T_{c1} = 2^\circ\text{C}$ при том предположении, что вихрь может пройти через инверсию на отрезке А-В. Следует отметить, что температура окружающей среды в тропопаузе показана в точке С как отрицательная 50°C .

В других моделях энергетических вихрей для выработки электроэнергии (Michaud, 2009, Michaud, Monrad, 2013) вихрь проанализирован как тепловой двигатель, достигающий тропопаузы, с предположением, что температура холодного резервуара на этой высоте представляет собой температуру окружающей среды. При этом оценки температуры холодного резервуара составляют приблизительно отрицательные 80°C и, таким образом, могут быть обеспечены высокие оценки КПД цикла Карно и КПД преобразования. Представляется, что предположение о достижении сухим вихрем тропопаузы не подтверждается.

В Nizetic (2011) представлен несколько иной анализ, основанный на CAPE и общей энтальпии, обеспечиваемой в вихре, а предположения в отношении КПД преобразования тепловой энергии в работу основаны на рассмотрении циклов Карно и измененных термодинамических циклов Брайтона. Опять же, холодный резервуар моделируют как имеющий температуру окружающей среды в тропопаузе и оценки КПД на этой основе будут выше, чем в соответствии с предложенной теорией.

Создание вихря и обеспечение его устойчивости, определенные автором изобретения, противоречат этим предположениям и предполагают, что:

энергетические вихри поднимаются вверх только пока имеется доступный CAPE и вертикальный градиент для ядра меньше, чем вертикальный градиент для среды;

если не принимать во внимание условия с суперadiaбатическими вертикальными градиентами для

среды, которые иногда могут иметь место в сухих пустынях, вихрь со значительной высотой и умеренным

КПД будет образован, только если ядро насыщено и, таким образом, учитывает псевдоадиабатический вертикальный градиент;

даже если такой вихрь сохраняется в тропопаузе, температура холодного пласта значительно выше температуры окружающей среды на высоте, на которой вихрь распадается до турбулентного шлейфа, поскольку вертикальный градиент для ядра, по определению, меньше, чем вертикальный градиент для среды.

Предварительный анализ VCV

Используя уравнение (2) и предполагая:

условия среды, показанные на фиг. 14;

температура входящего в вихрь воздуха поднимается до 40°C и воздух полностью насыщается, поэтому $T_h = T_0 = 40^\circ\text{C}$ и $r_0 = 50$ г/кг;

структура DVJ обеспечивает концентрацию ветра 2 с ветряной турбиной, установленной в зоне максимальной концентрации потока;

входящий воздушный поток следует линии потока в плане на фиг. 2;

турбина способна извлекать 50% механической мощности проходящих через нее потоков;

результаты измерений: $T_1 = T_\infty = 18^\circ\text{C}$ и $r_\infty = 6,5$ г/кг;

КПД трения $\gamma = 95\%$;

температура нагрева составляет $\bar{T}_s = 40^\circ\text{C}$;

$\eta = \frac{T_h - T_c}{T_h} = 12\%$ термодинамический КПД;

$V_a = 119$ м/с, так что это очень мощный вихрь, даже если сравнивать с торнадо F5, но не такой мощный, как если бы холодный контакт происходил при температуре -50°C ;

49,2 МВт имеющегося вторичного тепла можно преобразовать в электрическую мощность 1,9 МВт - общий КПД составит 3,9% - в VCV с радиусом ядра 1,3 м, полученного с помощью закручивающих лопаток радиусом 13 м;

предполагая, что воду подают при 60°C и она охлаждается до 40°C , для 49,2 МВт требуется расход $F = P_{\text{tot}} / (C_w \Delta T) = 600$ л/с;

тогда требуемая мощность накачивания $P_p = p\dot{V} = 345 \text{ кПа} * 600 \frac{\text{л}}{\text{с}} = 207 \text{ кВт}$ основана на характеристиках доступных на рынке пылеулавливающих сопел.

Неочевидным аспектом этой модели является то, что термодинамический КПД VCV увеличивается, если снижается температура насыщенного входящего воздушного потока. Температура холодного резервуара падает на большую величину, чем снижение температуры в горячем резервуаре (при условии, что расхождение вертикального градиента все еще является достаточным для поднятия вихря в тропопаузу), поскольку псевдоадиабатический вертикальный градиент больше приближается к адиабатическому для более низких коэффициентов смешивания, как это, например, видно из фиг. 14:

для $T_h = 25^\circ\text{C}$, $r_0 = 20$ г/кг, $T_c = -25^\circ\text{C}$, таким образом $\eta = \frac{T_h - T_c}{T_h} = 17\%$, $V_a = 81$ м/с и общий КПД составляет 5,4%;

для $T_h = 20^\circ\text{C}$, $r_0 = 14,8$ г/кг, $T_c = -40^\circ\text{C}$, таким образом $\eta = \frac{T_h - T_c}{T_h} = 21\%$, $V_a = 68$ м/с и общий КПД составляет 6,6%.

Это указывает на то, что для VCV существует компромисс между эффективностью преобразования и устойчивостью вихря при инверсии температуры в зависимости от температуры насыщенного входящего воздушного потока.

Заключение

Теория безусловно несходящихся вертикальных градиентов разработана для обеспечения возможности использования теории теплового двигателя (Renno, Burkett и др., 1998, Renno, Bluestein, 2001) для объяснения скоростей ветра, возникающего в лабораторных вихрях и пылевых вихрях, и статистических данных, касающихся высоты пылевых вихрей, путем изменения предположений в отношении холодного резервуара. Кроме того, эту теорию применяют для масштабирования вихря в виртуальной дымовой трубе (VCV) для целей выработки электроэнергии из вторичного тепла, имеющегося в потоках охлаждающей воды на существующих электростанциях или, из других потоков вторичного тепла производственных установок или процессов (или даже могут быть использованы любые потоки тепла). Это указывает на то, что общий достижимый КПД преобразования в вихре в виртуальной дымовой трубе составляет приблизительно 5%. При условии, что КПД существующей электростанции составляет приблизительно 33%, вторичное тепло вдвое повышает выходную электрическую мощность, а это означает, что благодаря использованию такого устройства КПД электростанции может быть увеличен на 10%. Электрическая мощность 1 МВт будет доступна в случае применения VCV с диаметром ядра около 2 м и закручивающими лопатками диаметром 20 м.

Варианты осуществления вихревой станции или вихря в виртуальной дымовой трубе.

На фиг. 15-21 показан имеющий подъемную силу атмосферный вихрь, турбины и оборудование (вихревая станция), которые позволяют создать энергетический вихрь и извлекать из него энергию.

На указанных фигурах показан один вариант осуществления вихревой станции или VCV, которая способна преобразовывать вторичное тепло в электричество.

Согласно приведенному в данном документе изобретению по меньшей мере одну ветряную турбину или, в некоторых случаях, множество ветряных турбин предпочтительно размещают на уровне земли или вблизи уровня земли в зоне максимальной концентрации ветра в ядре VCV, которая предпочтительно находится в основании вихря в виртуальной дымовой трубе.

В некоторых вариантах осуществления может быть использовано множество концентрических турбин или просто одна турбина с множеством наборов концентрических лопастей.

В дальнейшем в этом документе указание на "турбину" может относиться к одной или более турбинам.

В предшествующем уровне техники часто для вихревых двигателей требуется дорогостоящая вертикальная цилиндрическая стенка, окружающая круглую площадку, для создания вихря, и в них не используют конденсацию для создания градиента вертикальной скорости для стабилизации и концентрирования вихря.

Согласно изобретению в данном документе VCV включает устройство и механизм или способ для обеспечения источника или подачи жидкости для частичного или полного насыщения воздушного потока, вводимого или подаваемого в вихрь или VCV таким образом, чтобы затем использовать высвобожденную энергию скрытой теплоты конденсации пара, добавленного в воздушный поток вихря, что, в свою очередь, способствует созданию градиента вертикальной скорости для стабилизации или повышения устойчивости и концентрирования вихря. В результате этого может быть создан искусственный вихрь, для которого может быть обеспечено относительно большое аспектное отношение.

Кроме того, будет происходить концентрирование вихря, если действие осевой деформации (или вертикального градиента вертикальной скорости, как ее можно иначе назвать) при концентрировании закрученных потоков сильнее действия турбулентного перемешивания импульса и тепла при их рассеивании.

Устойчивость вихря, обусловленная достаточной гидродинамической устойчивостью концентрированного вихря, устраняет турбулентное перемешивание. Таким образом, для концентрированного вихря расхождение вертикального градиента (при котором ядро охлаждается при подъеме медленнее, чем окружающий воздух) обеспечивает поддержание подъема вихря и преодоление действия диффузии, что, таким образом, позволяет вихрю развиваться с относительно большим аспектным отношением.

При отсутствии осевой деформации колоннообразный вихрь над земной поверхностью имеет предполагаемое аспектное отношение, равное приблизительно 15:1, т.е. высота шлейфа приблизительно в 15 раз больше диаметра ядра из-за аспектов импульса. Аспектное отношение пылевых вихрей, движущихся в атмосфере с суперрадиабатическим вертикальным градиентом, может достигать значений более 400:1, ограниченных лишь глубиной суперрадиабатического слоя, который обеспечивает расхождение вертикального градиента в сухой среде.

При использовании насыщенных или по меньшей мере частично насыщенных воздушных потоков в ядре охлаждение ядра может быть замедлено до псевдоадиабатического вертикального градиента, поскольку конденсация высвобождает скрытое тепло. Таким образом, расхождение вертикального градиента и последующую осевую деформацию можно поддерживать на большей высоте; потенциально в тропосфере, которая расположена приблизительно в 10 км над землей.

Способность воздуха переносить водяной пар в растворе снижается по мере снижения давления и температуры. Таким образом, нет необходимости в поднятии поступающего воздуха для насыщения или обеспечения 100% относительной влажности у земли только для достижения достаточно высокого коэффициента смешивания, чтобы насыщение, а также конденсация, расхождение вертикального градиента и осевая деформация происходили до того, как восходящий вихрь потеряет устойчивость, обеспечиваемую эффектом торцевой стенки и нагреванием, осуществляемым у земли. Исходя из этого, подачу или использование источника насыщающей жидкости можно регулировать таким образом, чтобы обеспечить достаточное количество или расход для подачи конденсируемой жидкости в виде пара в воздушный поток, и чтобы обеспечить для этого достаточного количества энергию для вихря с использованием скрытой теплоты конденсации.

В условиях наличия ожидаемого относительного удлинения вихря при отсутствии осевой деформации для меньших вихрей требуется воздух, который имеет относительную влажность около 100% у земли. Хотя большие вихри будут концентрироваться при подаче воздушного потока на уровне земли при менее 100% RH, важно, чтобы относительная влажность достигла 100% на высоте, меньшей высоты ядра, которое возникает без осевой деформации. Таким образом, хотя циклон работает с воздухом при сравнительно низкой RH, в то же время VCV, как раскрыто в данном документе, может использовать источник или подачу нагретой воды, которую затем прокачивают через одно или более сопел или распыляющих устройств для обеспечения относительно насыщенного воздушного потока по существу у земли

или возле земли/основания вихря.

В одном варианте осуществления температура жидкости для подачи или из источника для насыщения (например, воды, используемой в вихревой станции согласно настоящему изобретению), зависит от двух аспектов.

1. Как показано на фиг. 14, обычные атмосферы содержат полосы или слои устойчивости, например, показанные местоположением А-В. Насыщенный воздух, начиная движение у земли при $T_h = 40^\circ\text{C}$ будет подниматься вдоль псевдоадиабатической кривой, показанной линией $T_{c2}-T_{c1}$, таким образом, сохраняя расхождение вертикального градиента и устойчивость вихря вплоть до тропопаузы, начинающейся

$$\frac{T_h - T_{c1}}{T_h} = 12\%$$

ся при 250 мбар. В T_{c1} КПД цикла Карно

В аналогичной атмосфере, но без стабильного слоя на участке А-В, можно использовать насыщенный воздух, имеющий более низкие температуры. В крайнем случае, $T_h = 20^\circ\text{C}$ обеспечит ядро, близкое к

$$\frac{T_h - T_{c1}}{T_h} = 21\%$$

псевдоадиабатическому. Теперь $T_{c1} = -40^\circ\text{C}$, тогда поскольку падение температуры холодного резервуара больше заданного изменения температуры горячего резервуара. Таким образом, существует компромисс между более высоким КПД при низкой температуре ядра и более высокой устойчивостью ядра при высокой температуре ядра, что потребует регулирования температуры ядра во время использования, в зависимости от атмосферных условий.

2. Для достижения требуемой температуры воздуха ядра объем воды, который необходимо прокачать через одно или более сопел или распыляющих устройств, зависит от температуры воды. Тепловая мощность источника или средства подачи для насыщения (например, потока воды) при падении температуры, которое происходит до установления равновесия, должна соответствовать тепловому потоку, участвующему в выпаривании или испарении и нагревании воздушных течений до равновесной температуры.

Таким образом, для насыщения воздушного потока в вихре при температуре около 40°C расход воды, требуемый для воды, подаваемой при температуре около 50°C , в два раза выше, чем для воды, подаваемой при температуре около 60°C , при условии, что вода охлаждается до температуры около 40°C в обоих случаях. Чтобы обеспечить требуемую скорость теплопередачи при более низком перепаде температур от воды к воздуху, требуется более мелкодисперсный туман. Эти эффекты в совокупности увеличивают потери на закачивание, возникающие при обеспечении вихря с применением более холодной воды.

Для вихревой станции согласно одному конкретному варианту осуществления температура источника или средства источника для частичного или полного насыщения (например, подачи воды) составляет около 60°C , причем температура около 50°C является фактическим нижним пределом для целей выработки энергии. Если обеспечение полезной эффективной мощности не является первоочередной задачей в таких вариантах применения, как транспортирование запыленного приземного воздуха на высоту или поднятие влаги на высоту для усиления дождя, допустимо применение более низкой температуры подачи воды.

Соответственно, для настоящего изобретения рабочую среду (например, поток воды, который нагревают) можно подавать при температуре, превышающей приблизительно 40°C , или превышающей приблизительно 45°C , или превышающей приблизительно 50°C , или она может составлять 60°C или более.

Вторичный контур водяного охлаждения многих существующих тепловых электростанций часто содержит большое количество вторичного тепла в потоках воды с температурой выше 60°C , которые, как правило, отправляют в испарительные охлаждающие башни. Таким образом, в вихревой станции согласно настоящему изобретению можно использовать тепло от таких нагретых потоков сточных вод.

Сопла или распылители

Сопла или распылительные устройства могут быть размещены во входящем потоке или воздушном потоке, вводимом в вихрь, непосредственно над землей или у основания вихря и предпочтительно находятся под крышей для обеспечения создания или инициирования вихря. Как только вихрь будет создан или иницирован, дополнительные сопла или распылительные устройства, которые все еще находятся во входящем потоке на земле или у основания вихря, но в радиальном направлении дальше от центра или ядра вихря, могут быть использованы для обеспечения или подачи источника насыщения (например, воды).

Сопла или распылительные устройства не обязательно должны быть наклонены таким образом, чтобы распыляемая жидкость была подана в вихрь с угловым моментом, но в некоторых случаях могут быть выполнены с такой возможностью. Угловой момент вихря главным образом создают лопадки на периферии вихревой станции.

Большое аспектное отношение

Аспектное отношение представляет собой отношение высоты вихревого шлейфа к диаметру ядра. Диаметр ядра считается равным диаметру при максимальной тангенциальной скорости ветра, кото-

рую измеряют с помощью анемометра или лазера (PIV). Высота вихря, используемая для вычисления аспектного отношения (Γ), представляет собой высоту от основания до вершины ядра, где ядро начинает рассеиваться (т.е. где ядро превращается в турбулентный шлейф).

$$\frac{T_{\text{гор}} - T_{\text{хол}}}{T_{\text{гор}}}$$

КПД теплового двигателя зависит от КПД цикла Карно

$T_{\text{хол}}$ определяется высотой вихря, а вертикальный градиент задают с помощью свойств воздуха. Высота зависит от поддержания устойчивости вихря при подъеме при действии эффектов турбулентной диффузии тепла.

В одном варианте осуществления вихрь 2 создают на вихревой станции 1 путем закачивания воды, предпочтительно горячей, через коллектор для сопел 3, расположенный под кольцевой крышей 4, для создания потоков теплого насыщенного воздуха 5, который образует вихрь 2. Этот воздух 5 поднимается относительно окружающей атмосферы, поскольку он более горячий и содержит больше водяного пара (водяной пар менее плотный, чем воздух), таким образом, он поднимается вверх по вихрю 2, а воздух 6 втягивается к земле, заменяя его. Такой механизм показан, например, на фиг. 15 и 21.

Для обеспечения инициирования или создания вихря сопла или распылительные устройства выполнены с возможностью создания относительно мелких капель воды для создания подходящей поверхности теплопередачи, и число Нуссельта является достаточно высоким для приближения к требуемому насыщению воздушного потока, в который вводят воду. По мере увеличения стойкости вихря горизонтальное отклонение ветра обеспечивает автоматическое разрушение более крупных капель воды, так что возможно применение более крупных сопел, распылительных головок или распылительных устройств и более низких давлений накачивания (с более низкими потерями на накачивание) при нормальной эксплуатации, что позволяет дополнительно уменьшить количество энергии, требуемой для создания или поддержания вихря.

Закручивание предпочтительно сообщается всасываемому воздуху (или воздуху, вводимому в вихрь) 6 при его втягивании через лопатки 7. Предпочтительно лопатки 7 наклонены под углом к радиусу и расположены в окружающем круге вокруг вихря (называемом "закручивающим элементом"). Угол, под которым поступает воздух, определяется углом установки лопаток.

Лопатки могут быть сформированы с использованием технологии парусов яхт (т.е., например, могут быть изготовлены из гибких материалов), поскольку они могут обеспечить недорогую установку лопаток. Лопатки могут иметь изменяемую конфигурацию или могут быть выполнены с возможностью регулирования угла или формы. В других формах лопатки могут быть выполнены из композитного материала(ов).

Небольшая часть закручивающего элемента, например, показана на фиг. 19, но при использовании закручивающий элемент полностью окружает основание вихря 2, поэтому при прохождении через закручивающий элемент закручивающая сила действует на весь поступающий воздух.

Кольцевая крыша 4 предпочтительно расположена в зоне с нулевым потоком меридиональной циркуляции (т.е. циркуляции, которая происходит в одной вертикальной половине поперечного сечения, включая центральную линию), что характерно для поля 20 потока утопленного вихревого скачка (DVJ) (см. фиг. 16), которое самопроизвольно происходит в вихрях с достаточным закручиванием.

При конструировании крыши 4 в зоне 21 с нулевым потоком крышу выполняют или конфигурируют таким образом, чтобы ограничить воздушные потоки в точке максимальной концентрации 22 ветра у основания вихревой станции.

По меньшей мере одну турбину 8 располагают по центру и у основания 9 вихревой станции 1.

Турбина(ы) предпочтительно представляет собой турбину с вертикальными лопастями, движущимися вокруг вертикальной оси (аналогично турбине Магнуса). Вертикальные лопасти могут быть фиксированными или регулируемые.

Крыша 4 выполнена с возможностью ограничения воздушных потоков в вихревой станции и обеспечения их прохождения через турбину(ы) 8 без искажения угловых потоков DVJ, которые обеспечивают концентрацию ветра в точке максимальной концентрации 22 ветра. Если турбина(ы) размещена в зоне максимальной концентрации 22 ветра (на земле или вблизи земли 9 вихревой станции 1), может быть достигнут максимальный отбор мощности. Кроме того, при использовании такой турбины возникает перепад радиального давления во входящем потоке 22, который стабилизирует основание 11 вихря 2, не допуская его бокового смещения, например, внешним ветром.

Далее будут более подробно описаны фигуры.

На фиг. 15 показан вариант осуществления, в котором воздух 6 втягивается в вихрь 2 благодаря эффекту торцевой стенки. Воздушный поток концентрируется в основании 11 вихря 2 и путь воздушных частиц, поднимающихся в ядре, можно отслеживать посредством вихря (по стрелке, обозначенной числом 12). Стенка ядра показана на фиг. 15 пунктирной линией, обозначенной числом 13 и ядро имеет центр, обозначенный числом 10. Воздушные потоки, проходящие вокруг ядра вихря (потенциального вихря), обозначены внешней протяженностью потенциального вихря 14. В ядре вихря тангенциальная скорость воздушных течений выше, чем осевая скорость, которая, в свою очередь, выше, чем радиальная

скорость.

На фиг. 16 показана адвекция ядра (без вертикального ускорения) и меридиональные потоки в вихревой станции согласно настоящему изобретению. Зона 22 имеет максимальные значения скорости ветра в структуре утопленного вихревого скачка (DVJ). Линия, обозначенная числом 23, представляет собой линию нулевого меридионального потока. Линия 24 указывает зону вихря с гидродинамически устойчивой стенкой ядра. В данном случае завихренность распространяется наружу к потенциальному вихрю за счет молекулярной диффузии. Потоки за пределами стенки близки к ламинарным. Диаметр ядра почти постоянен, но происходит его расширение, замедляющееся с высотой, поскольку вихрь уменьшается (по мере уменьшения завихренности и тангенциальной скорости). В позиции 25 динамическая устойчивость уже недостаточна для подавления турбулентности, поэтому ядро распадается с образованием турбулентного шлейфа. Высота распада (h) имеет такой же порядок величины, что и диаметр закручивающего элемента (D).

На фиг. 17 показана адвекция ядра с достаточным вертикальным градиентом вертикальной скорости вследствие конденсации. Диффузия завихренности сопоставлена в зоне 30 концентрации завихренности. Когда частица воздуха движется из A в B , она ускоряется. Верхняя часть ускоряется больше, чем нижняя часть; $A_1 \rightarrow B_1 \rightarrow C_1$, $A_2 \rightarrow B_2 \rightarrow C_2$, поэтому она вытягивается, становится тоньше, уменьшается в диаметре и сохраняет угловой момент, который концентрирует завихренность. Таким образом, диаметр ядра является постоянным или уменьшается с подъемом от зоны 30 до зоны 31. Вертикальный масштаб 32 вихря в данном случае уменьшен в передней части. Затем ядро вихря может подниматься в тропопазу на высоту приблизительно 10 км. Предпочтительно, ядро поднимает достаточное количество воды или воду с достаточным значением расхода в виде выпаренной или испаренной влаги (для полного или частичного насыщения воздушного потока, добавляемого в вихрь), добавляемую в вихрь таким образом, чтобы скрытая теплота, высвобождаемая при конденсации этой влаги была достаточной для обеспечения ускорения для преодоления диффузии завихренности. В тропопазе или при другой значительной инверсии температуры воздуха ускорение пропадает и ядро "рассеивается". Указанное рассеивание показано числом 25 на фиг. 16 и 17.

В еще одном варианте осуществления на фиг. 18 показана часть вихря 2. На этой фигуре показана одна турбина 8, но в полной системе может быть использовано множество турбин. Предпочтительно лопасти турбины установлены вертикально и вращаются вокруг вертикальной оси вихря 2. Предпочтительно перепад давления в турбине 8 является радиальным и способствует усилению вихря за счет увеличения снижения давления в ядре, что позволяет избежать нарушения устойчивости вихря и противодействует поперечному смещению основания ядра, например, ветром; таким образом, ядро не может быть слето.

В другом варианте осуществления на фиг. 19 показан воздушный поток через лопасти вовнутрь вихря. Как описано выше, лопасти "закручивающих элементов" 7 имеют аэродинамические поверхности (предпочтительно с использованием технологии парусов яхт). Закручивание передается входному воздушному потоку, когда оно втягивается лопатками 7. В зоне 40 (вдоль вертикальной оси вихря 2) закручивание усиливают с помощью эффекта торцевой стенки. Тепло добавляют к входящему воздушному потоку путем накачивания воды (предпочтительно горячей) через сопла, чтобы создать достаточную площадь поверхности теплопередачи для создания насыщенного или частично насыщенного воздушного потока к ядру под крышей 4 и на поверхности земли. Предпочтительно вертикальные лопасти турбины вращаются по кругу во внутреннем диаметре крыши 4.

В другом варианте осуществления на фиг. 20, например, показаны потоки воды в вихревой станции. Подаваемую воду 41 (предпочтительно горячую воду) закачивают в вихревую станцию 1. Сопла 3 направляют воду во входящий поток воздуха и от него для создания мелкодисперсного тумана или струи с относительно большой площадью поверхности для нагрева и передачи указанных тумана или струи в воздушный поток в виде пара или в виде выпаренной воды. Большая часть воды, распыленной или иным образом впрыснутой в вихрь, выпадает из вихря в виде конденсата и переносится или направляется в центральный слив (позиция 42) для ее сбора и рециркуляции. Дренажированию воды способствует воздушный поток вихря и применение вогнутого пола 9 вихревой станции 1.

Предпочтительно вогнутый пол вихревой станции также может способствовать обеспечению устойчивости вихря, поскольку угол воздушного потока изменяется более чем на 90° , и, таким образом, возникает большее ускорение воздушных течений.

На фиг. 21 показан еще один вариант осуществления вихревой станции 1 в поперечном разрезе. Крыша 4 размещена в нулевой зоне меридиональных потоков для предотвращения возникновения радиальных потоков, обтекающих турбину 8. Входящую воду 42 подают через коллектор сопел 3 для образования мелкодисперсного тумана или струи с достаточной площадью для теплопередачи и испарения.

Если в контексте явным образом не оговорено иное, во всем настоящем описании слова "содержит", "содержащий" и т.п. следует толковать в широком смысле, а не в исключительном или исчерпывающем смысле, т.е. в смысле "включающий, без ограничений".

Хотя настоящее изобретение было описано на примере и применительно к возможным вариантам его осуществления, следует понимать, что в него могут быть внесены изменения или усовершенствования.

ния без отступления от объема настоящего изобретения. Кроме того, можно утверждать, что настоящее изобретение в широком смысле состоит из частей, элементов и признаков, упомянутых или указанных в настоящем описании, по отдельности или обобщенно, в любой или во всех комбинациях двух или более из указанных частей, элементов или признаков. Кроме того, если в настоящем изобретении была сделана ссылка на конкретные компоненты или системы, имеющие известные эквиваленты, то такие эквиваленты включены в настоящий документ, как если бы они были изложены независимо.

Любое обсуждение предшествующего уровня техники в любом месте настоящего описания ни в каком случае не следует рассматривать как признание того, что такой предшествующий уровень техники широко известен или является частью общедоступных знаний общего характера в данной области.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Вихревая станция (1), содержащая:
наземную платформу (9), образующую основание вихревой станции (1),
множество лопаток (7) для направления воздушного потока в вихревую станцию (1) и вокруг вихревой станции (1) по существу с закручиванием;
по меньшей мере одну ветряную турбину (8), размещенную или расположенную вблизи центра, в основании или вблизи основания указанной вихревой станции (1), на пути концентрированного воздушного потока, причем перемещение воздуха (5) в вихревой станции (1) обеспечивает создание в ее центре атмосферного вихря (2), имеющего подъемную силу;
средства подачи испаряемой жидкости или рабочей текучей среды посредством множества сопел в вихревую станцию (1) по центру или вблизи центра и основания вихревой станции (1) с насыщением или по меньшей мере частичным насыщением по меньшей мере части воздуха (5) испаряемой жидкостью или рабочей текучей средой, подаваемой в количестве или с расходом для способствования поддержанию подъемной силы и устойчивости создаваемого вихря (2).
2. Вихревая станция (1) по п.1, в которой:
обеспечена подача испаряемой жидкости или рабочей текучей среды в количестве или с расходом для увеличения аспектного отношения для обеспечения подъемной силы и устойчивости создаваемого вихря (2).
3. Вихревая станция (1) по п.2, в которой аспектное отношение представляет собой отношение высоты вихря к ширине ядра вихря.
4. Вихревая станция (1) по любому из пп.1-3, в которой испаряемая жидкость или рабочая текучая среда представляет собой воду или поток нагретой воды.
5. Вихревая станция (1) по любому из пп.1-4, в которой испаряемая жидкость или рабочая текучая среда выполнена с возможностью подготовки воздуха (6), поступающего в вихрь (2), с обеспечением состояния, близкого к состоянию насыщения.
6. Вихревая станция (1) по любому из пп.1-5, в которой воздух, поступающий в вихревую станцию, подготовлен для обеспечения высвобождения скрытой теплоты за счет конденсации в созданном ядре вихря для поддержания подъемной силы и устойчивости созданного вихря, в результате чего вихрь достигает большей высоты, чем в противном случае без подготовки указанного воздуха, поступающего в вихревую станцию.
7. Вихревая станция (1) по любому из пп.1-6, в которой воздух (6), поступающий в вихревую станцию (1), подготовлен для обеспечения высвобождения скрытой теплоты за счет конденсации в созданном ядре вихря для поддержания подъемной силы и устойчивости созданного вихря.
8. Вихревая станция (1) по любому из пп.1-7, в которой обеспечена возможность подачи испаряемой жидкости или рабочей текучей среды в количестве или объеме, или обеспечена возможность подготовки воздушного потока, направляемого в вихревую станцию, до насыщения для обеспечения создания вихря с относительно большим аспектным отношением.
9. Вихревая станция (1) по любому из пп.1-8, в которой относительно большое аспектное отношение представляет собой отношение высоты вихря (2) к ширине ядра вихря, превышающее приблизительно 15:1.
10. Вихревая станция по любому из пп.1-9, в которой обеспечение или подача испаряемой жидкости или рабочей текучей среды или источника испаряемой жидкости или рабочей текучей среды в вихревую станцию (1) и созданный таким образом вихрь способствуют увеличению аспектного отношения так, что увеличенное аспектное отношение обеспечивает подъемную силу и повышение устойчивости создаваемого вихря.
11. Вихревая станция (1) по любому из пп.1-10, в которой лопатки (7) и указанная по меньшей мере одна ветряная турбина (8) находятся внутри или на границе наземной платформы (9).
12. Вихревая станция (1) по любому из пп.1-11, в которой обеспечена подача испаряемой жидкости или рабочей текучей среды в указанную вихревую станцию (1) посредством множества сопел (3), питаемых из коллектора накачиваемой нагретой испаряемой жидкостью или рабочей текучей средой.
13. Вихревая станция (1) по п.12, в которой обеспечена подача испаряемой жидкости или рабочей

текучей среды в указанную вихревую станцию посредством множества сопел, питаемых из коллектора накачиваемой нагретой испаряемой жидкостью или рабочей текучей средой для создания мелкораспылённой струи испаряемой жидкости или рабочей текучей среды с относительно большой площадью поверхности, для обеспечения достаточной площади поверхности теплопередачи для создания воздушного потока в вихре теплого воздуха, насыщенного испаряемой жидкостью или рабочей текучей средой, для управления вихрем посредством подъемной силы и стабилизации ядра при подъеме за счет вертикального ускорения в случае возникновения осевой деформации.

14. Вихревая станция (1) по п.12 или 13, в которой указанное множество сопел (3) выполнены с возможностью создания относительно мелкораспылённой струи испаряемой жидкости или рабочей текучей среды с относительно большой площадью поверхности для обеспечения достаточной площади поверхности теплопередачи для создания или подготовки воздушного потока, направляемого в вихревую станцию, насыщенного или по меньшей мере частично насыщенного паром испаряемой жидкости или рабочей текучей среды.

15. Вихревая станция (1) по любому из пп.1-14, в которой обеспеченную или поданную из источника испаряемую жидкость или рабочую текущую среду в поток воздуха вихря (2) в основании вихревой станции (1) или вблизи него обеспечивают в объеме или количестве для повышения уровней насыщения или для обеспечения насыщения потока воздуха, вводимого в вихрь.

16. Вихревая станция (16) по любому из пп.1-15, в которой обеспеченная или поданная из источника испаряемая жидкость или рабочая текущая среда после испарения и включения в поток воздуха, направляемый в вихрь (2), поднимается под действием вихря (2) на высоту и подвергается воздействию температуры или условий окружающей среды таким образом, что по меньшей мере часть пара конденсируется, что приводит к высвобождению скрытой теплоты при конденсации на указанной высоте.

17. Вихревая станция (1) по любому из пп.1-16, в которой предусмотрено обеспечение или подача обеспеченной или поданной из источника испаряемой жидкости или рабочей текучей среды постоянно в воздушный поток, вводимый в вихрь, в то время как обеспечена возможность поддержки и управления вихрем (2) внутри указанной вихревой станции (1).

18. Вихревая станция (1) по любому из пп.1-17, в которой обеспеченная или поданная из источника испаряемая жидкость или рабочая текущая среда для подготовки потока воздуха, направляемого в вихревую станцию (1), увеличивает насыщенность или влажность воздуха, вводимого в вихрь в вихревой станции.

19. Вихревая станция (1) по любому из пп.1-18, которая представляет собой плоскую раму или платформу, расположенную по существу на уровне земли.

20. Вихревая станция (1) по любому из пп.1-19, в которой лопатки (7) выполнены или размещены по существу в круговом направлении по периферии вихревой станции (1).

21. Вихревая станция (1) по любому из пп.1-20, в которой лопатки (7) содержат множество регулируемых отклонителей.

22. Вихревая станция (1) по любому из пп.1-21, в которой лопатки (7) включают набор неподвижных лопаток.

23. Вихревая станция (1) по любому из пп.1-22, в которой лопатки (7) представляют собой паруса.

24. Вихревая станция (1) по п.23, в которой паруса выполнены из текстильного материала.

25. Вихревая станция (1) по п.21, в которой лопатки (7), содержащие регулируемые отклонители, выполнены с возможностью регулирования вручную или дистанционно.

26. Вихревая станция (1) по любому из пп.1-25, по центру которой также имеется крыша (4).

27. Вихревая станция (1) по п.26, в которой крыша (4) имеет кольцевую форму и/или расположена выше и проходит от по меньшей мере одной турбины (8).

28. Вихревая станция (1) по любому из пп.1-27, в которой ветряные турбины (8) содержат вертикальные лопасти, вращающиеся вокруг вертикальной центральной линии станции, и, таким образом, располагаются в зоне с наиболее концентрированным воздушным потоком у основания вихря (2) и создают перепад радиального давления в цилиндрической форме, в которой перемещаются лопасти, таким образом, чтобы стабилизировать основание вихря, не допуская его боковое перемещение внешними ветрами.

29. Вихревая станция (1) по любому из пп.1-28, в которой использованы множество концентрических турбин или одна турбина с множеством наборов концентрических лопастей.

30. Вихревая станция (1) по п.29, в которой ветряная турбина (8) расположена ниже внутреннего диаметра кольцевой крыши (4).

31. Вихревая станция (1) по любому из пп.1-30, в которой коллектор и сопла (3) для накачиваемой испаряемой жидкости или рабочей текучей среды расположены ниже кольцевой крыши (4) указанной вихревой станции (1) и на поверхности земли, в пределах зоны воздушного потока, направленного в вихревую станцию (1).

32. Вихревая станция (1) по п.12, в которой указанные сопла (3) выполнены с возможностью направления испаряемой жидкости или рабочей текучей среды в воздушный поток, направляемый в вихревую станцию (1), и от него.

33. Вихревая станция (1) по п.32, в которой указанные сопла выполнены с возможностью создания или образования тумана или распылённой струи из указанной испаряемой жидкости или рабочей текучей среды.

34. Вихревая станция (1) по любому из пп.1-33, содержащая пол вогнутой формы.

35. Вихревая станция (1) по п.34, в которой для сбора испаряемой жидкости или рабочей текучей среды пол вихревой станции (1) содержит слив.

36. Вихревая станция (1) по п.35, в которой слив расположен в центре пола.

37. Вихревая станция (1) по п.36, в которой слив соединен по текучей среде с резервуаром или емкостью для хранения.

38. Вихревая станция (1) по п.37, в которой обеспечена возможность повторного использования или переработки жидкости, собранной в указанный резервуар или емкость для хранения.

39. Вихревая станция (1) по любому из пп.1-38, которая не содержит башню или цилиндрическую стенку.

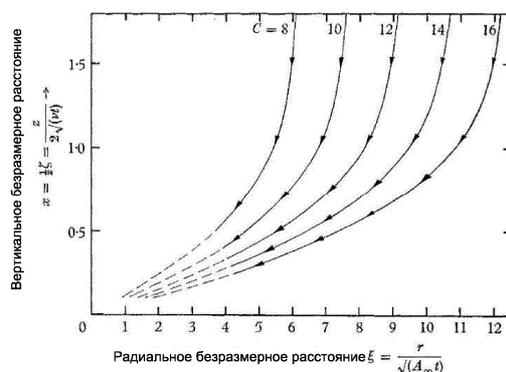
40. Способ повышения устойчивости искусственного вихря (2) внутри вихревой станции (1), включающий:

обеспечение наземной платформы, образующей основание вихревой станции,

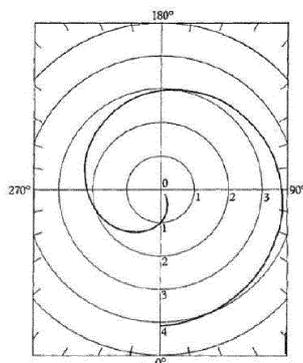
подачу воздуха (6) в вихревую станцию (1) посредством множества лопаток (7), выполненных с возможностью направления подаваемого воздуха (6) в вихревую станцию (1) и вокруг нее таким образом, чтобы инициировать закручивание воздуха (5),

обеспечение и размещение по меньшей мере одной ветряной турбины, расположенной вблизи центра, в основании или вблизи основания указанной вихревой станции, на пути концентрированного воздушного потока, причем перемещение воздуха в вихревой станции (1) обеспечивает создание в ее центре атмосферного вихря, имеющего подъемную силу, и

подачу испаряемой жидкости или рабочей текучей среды посредством множества сопел в вихревую станцию (1) по центру или вблизи центра и основания вихревой станции (1), причем испаряемую жидкость или рабочую текучую среду подают в количестве или с расходом для обеспечения насыщения или частичного насыщения по меньшей мере части воздуха (5) для увеличения аспектного отношения так, что увеличенное аспектное отношение обеспечивает подъемную силу и устойчивость создаваемого вихря (2).



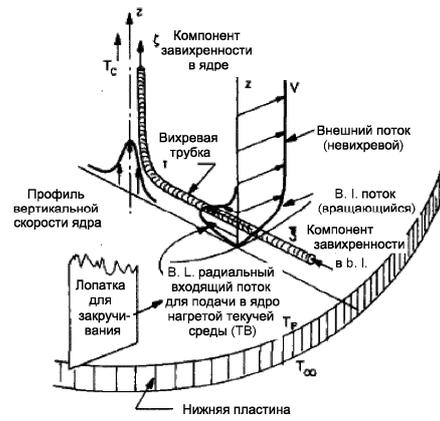
Фиг. 1



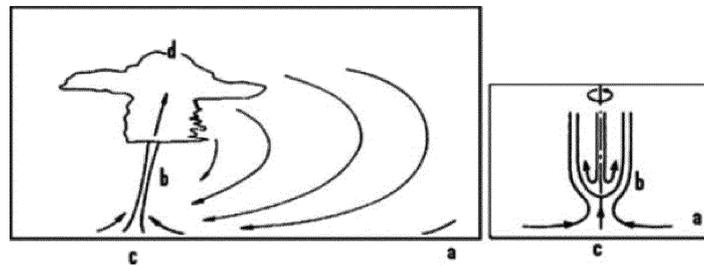
Фиг. 2



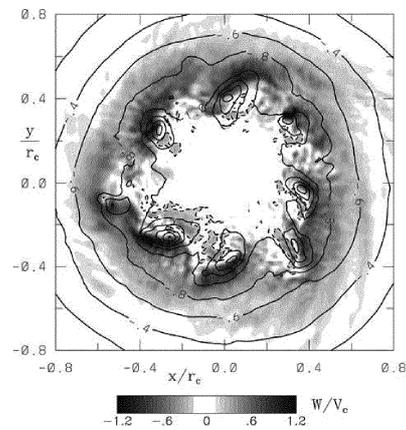
Фиг. 3



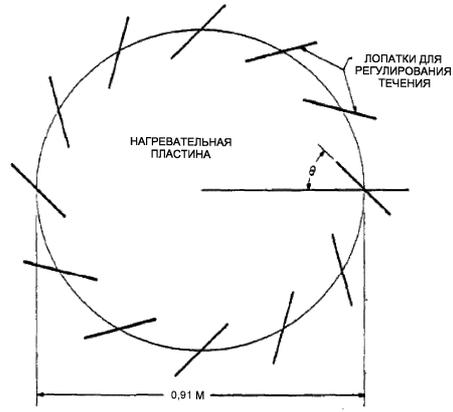
Фиг. 4



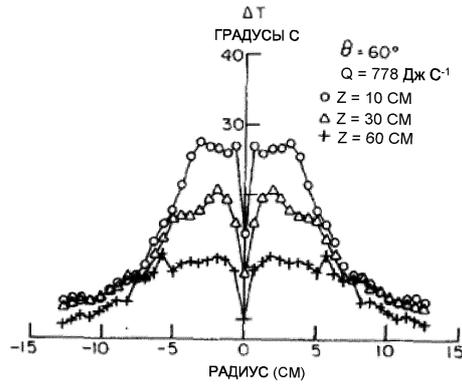
Фиг. 5



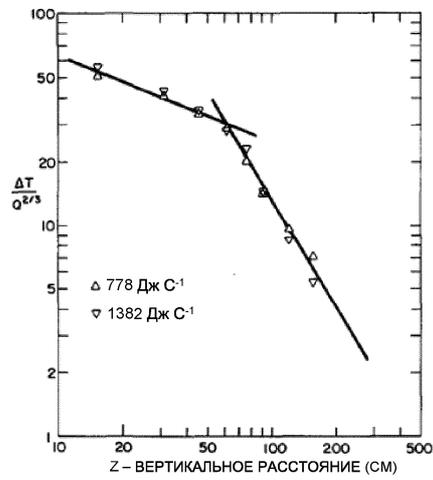
Фиг. 6



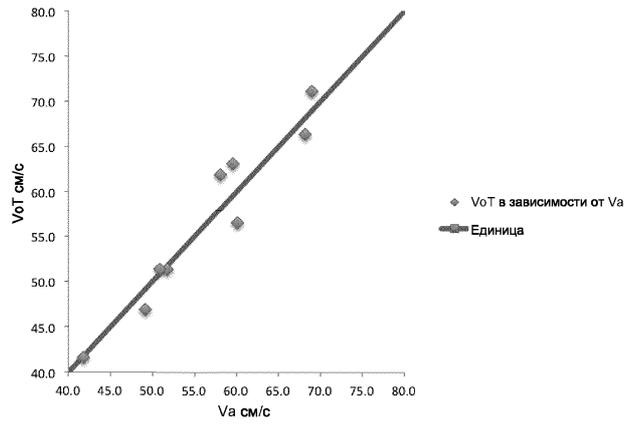
Фиг. 7



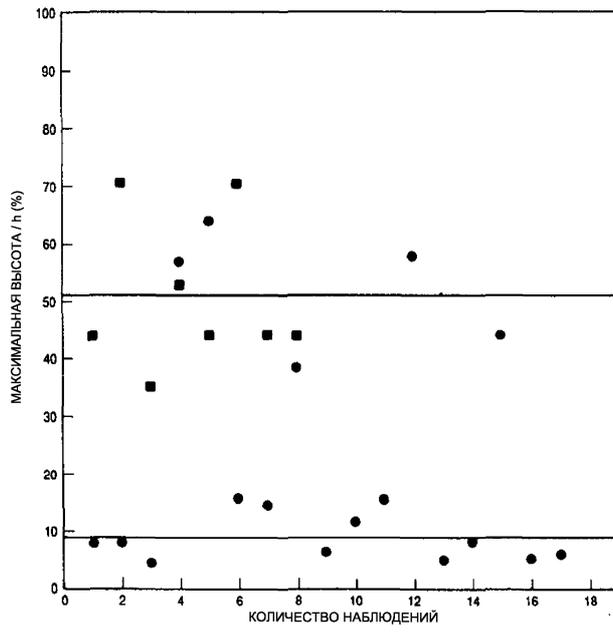
Фиг. 8



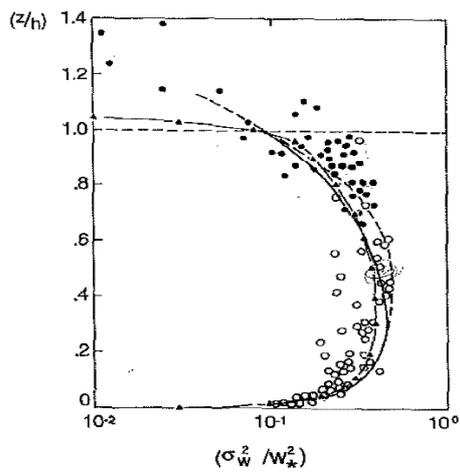
Фиг. 9



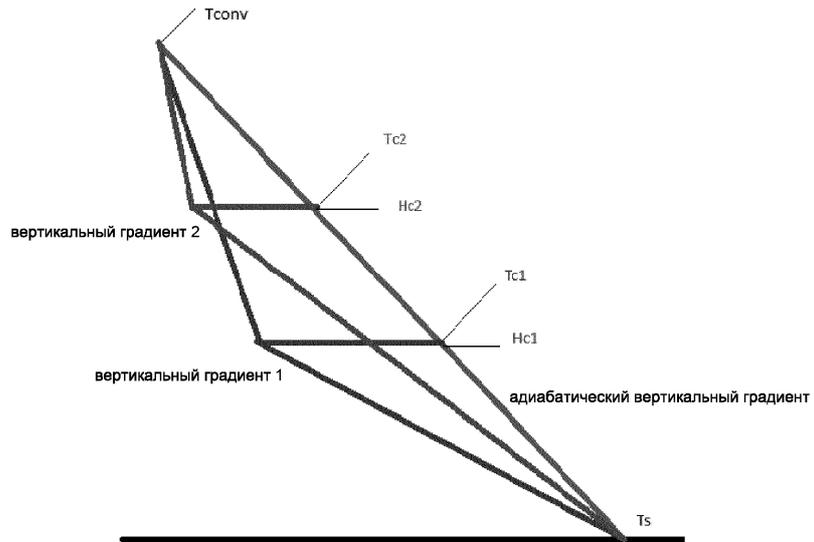
Фиг. 10



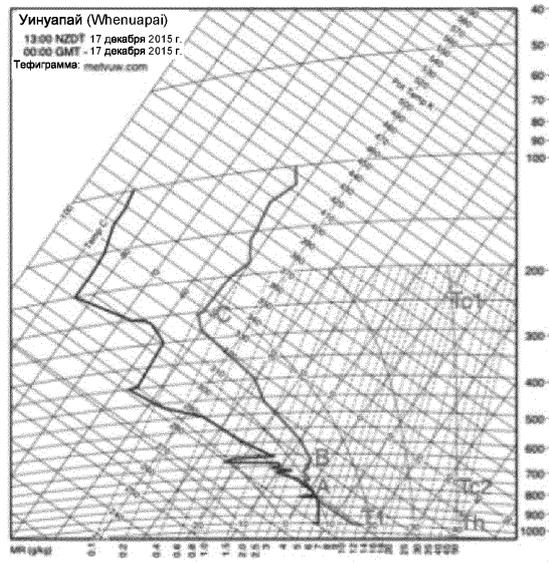
Фиг. 11



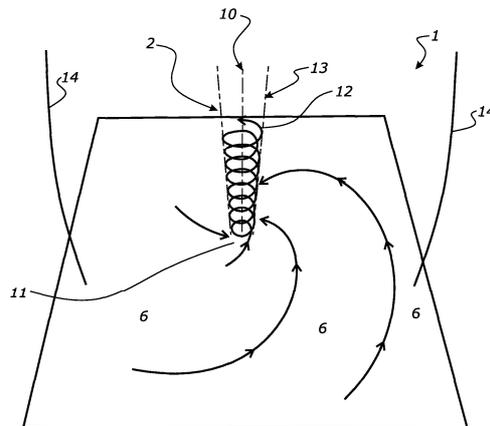
Фиг. 12



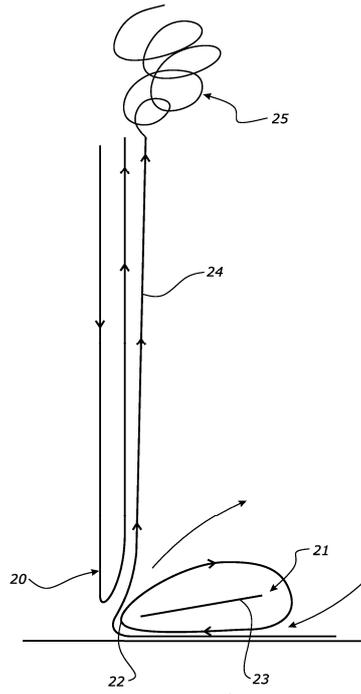
Фиг. 13



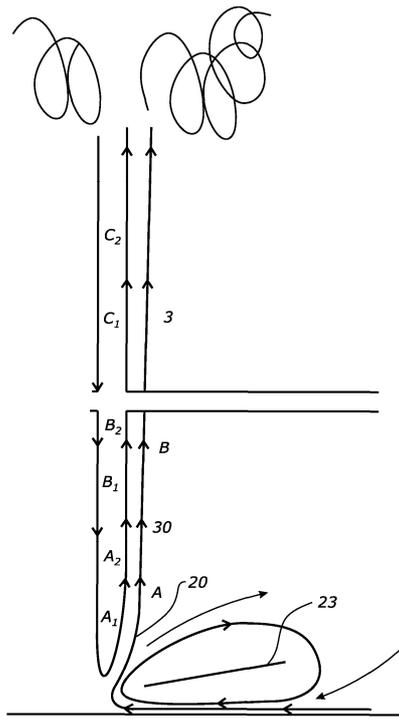
Фиг. 14



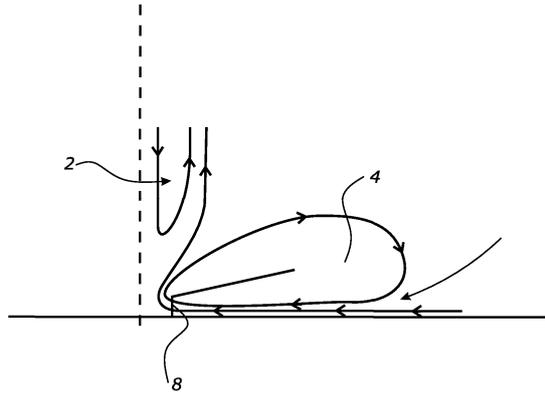
Фиг. 15



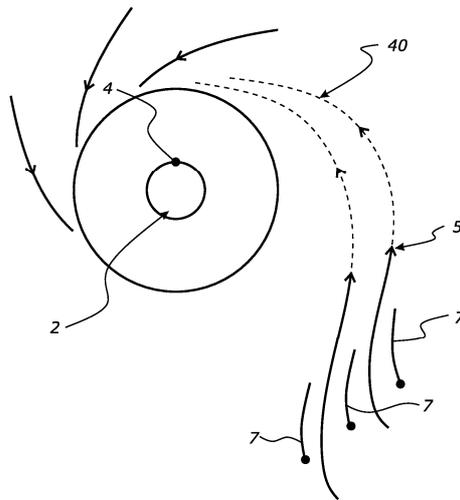
Фиг. 16



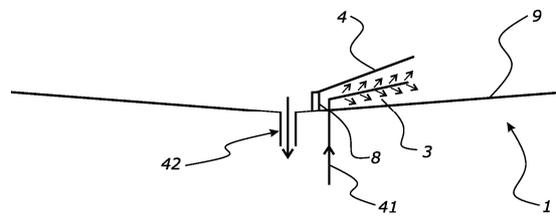
Фиг. 17



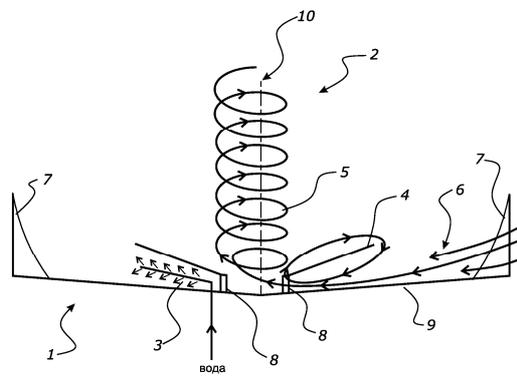
Фиг. 18



Фиг. 19



Фиг. 20



Фиг. 21