

Ураган как форма существования торнадо

Аннотация.

В идеальном варианте равенства центробежной и центростремительной сил и в горизонтальном анаполе, и в вертикальном анаполе аксиальная скорость движения элементарных вихрей равна окружной скорости их движения по окружности, что и формирует в них равенство кинетической энергии и энергии вращения. В реальном варианте кинетическая энергия в анаполях больше их кинетической энергии, что и позволяет вихрю засасывать влагу, которая выделяясь в хоботе позволяет торнадо увеличивать свою энергия. При этом часть массы среды выбрасывается в вершине, что и создаёт пониженное атмосферное давление. Современная же метеорология пониженное атмосферное давление, являющееся следствием возникновения торнадо, выдаёт за причину его возникновения.

Современная метеорология убеждена, что ураган может развиваться из неизвестно каким образом возникшего пониженного атмосферного давления. Допустим, что действительно испарения поднимаются в какой либо локальной области океана (как это декларировано на рис 1).



Рисунок 1

Испарения же способны подниматься вверх только в том случае, если их влажность выше влажности окружающего воздуха (влажный воздух легче сухого). Влажность же в океане по представлениям метеорологов может повышаться по щучьему велению. А ведь для создания

пониженного атмосферного давления, даже при наличии испарений, хотя бы часть их обязана задержаться на высоте. Что же может их там задержать? Влажность? Допустим. Но по щучьему велению испарения продолжаться могут до бесконечности. Какой механизм преобразует испарения в облачность? И как или почему понижение атмосферного давления формирует ураган? Вопросы, вопросы, вопросы и ни одного разумного ответа.

Такой проблемы не возникает в вихревом движении. Ведь в вихре Бенара,

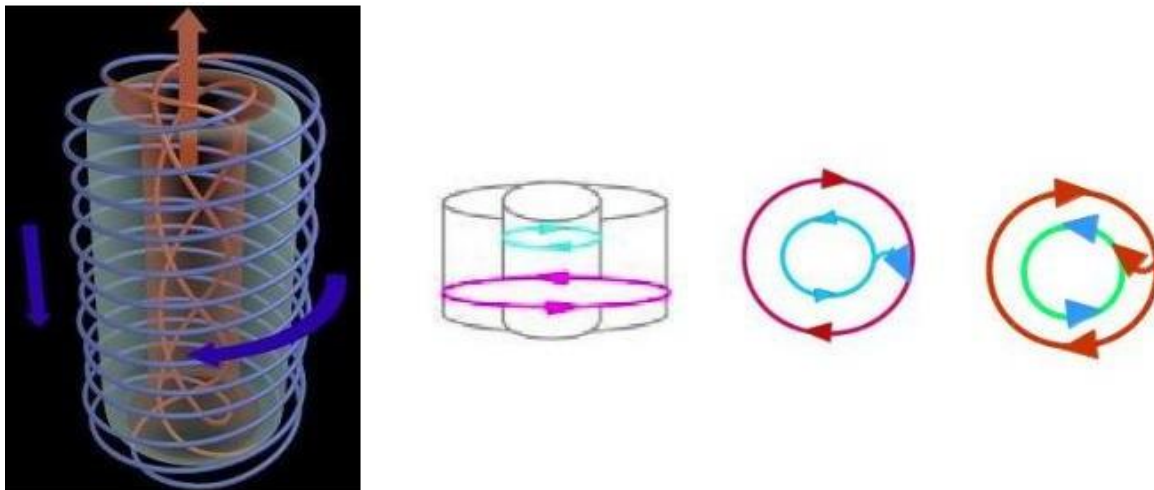


Рисунок 2

возникшем при движении воздуха по холодному пятну в океане, величина центростремительной силы больше силы центробежной. Центростремительная сила создаётся превышением кинетической энергии хобота над кинетической энергией периферии. Сила же центробежная создаётся превышением энергии вращения периферии над энергией вращения хобота. Для независимости же изложения повторим некоторые положения работ [1] и [2], несколько их расширив.

Кинетические энергии хобота, и периферии переходят в энергии вращения периферии и хобота. Т.е.

$$E_{кэх} = E_{эвп}$$

$$E_{кэп} = E_{эвх}$$

где $E_{кэх}$ кинетическая энергия хобота,

$E_{кэп}$ кинетическая энергия периферии,

$E_{эвп}$ энергия вращения периферии,

$E_{эвх}$ энергия вращения хобота.

Но кинетические энергии и энергии вращения как хобота, так и периферии не могут быть произвольными. Между ними также должна существовать функциональная зависимость. А для выяснения этого вспомним, что каждый слой элементарных вихрей как хобота, так и периферии ведёт себя подобно твёрдому телу, т.е. на любом радиусе их угловая скорость вращения величина постоянная. Слой же элементарных вихрей сформирован из колец,двигающихся с одной и той же аксиальной скоростью, но с угловой скоростью изменяющейся по радиусу слоя (что и обеспечивает постоянство угловой скорости в слое).

Каждое же отдельно взятое кольцо элементарных вихрей

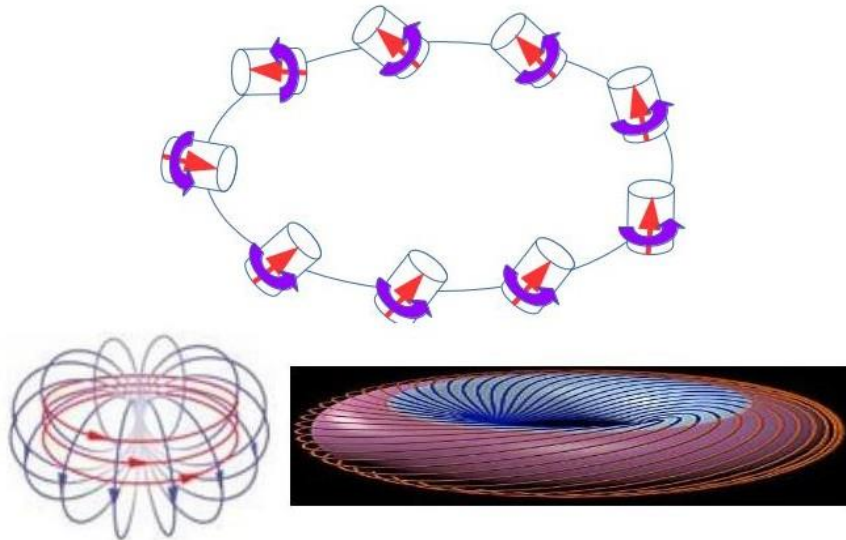


Рисунок 3

является самодостаточным объектом (следуя академику Зельдовичу назовём его горизонтальным анаполом), в котором кинетическая энергия и энергия вращения функционально связаны и не могут изменяться независимо друг от друга.

$$E_{\Gamma} = E_{\text{кЭК}} + E_{\text{ЭВК}}$$

где E_{Γ} общая энергия кольца элементарных вихрей,

$E_{\text{кЭК}}$ кинетическая энергия кольца,

$E_{\text{ЭВК}}$ энергия вращения кольца.

В начальной стадии существования вихря Бенара в горизонтальном анаполе (т. е. в одиночном кольце слоя элементарных вихрей хобота) на мгновение будем считать, что аксиальная скорость движения элементарных вихрей равна их линейной скорости по окружности. Отсюда непосредственно следует, что его кинетическая энергия равна энергии вращения анаполя (хотя в действительности кинетическая энергия анаполя всегда больше энергии вращения).

$$E_{\text{кЭК}} = E_{\text{ЭВК}}$$

При неизменности величины общей энергии кольца (что реализуется в трубке Ранка) изменение кинетической энергии может идти за счёт изменения энергии вращения и наоборот.

$$E_{\Gamma} = (E_{\text{кЭК}} + \Delta E) + (E_{\text{ЭВК}} - \Delta E)$$

$$E_{\Gamma} = (E_{\text{кЭК}} - \Delta E) + (E_{\text{ЭВК}} + \Delta E)$$

В трубке Ранка аксиальная скорость обратного потока больше скорости входного потока, что сопровождается понижением его температуры, т. е. понижением его угловой скорости вращения.

Поступившая же в хобот торнадо влага не может конденсироваться за счёт вращения «твёрдых» тел, которыми являются соседние слои хобота. Поэтому влагу конденсируют материальные объекты (элементарные вихри) каждого слоя хобота, в которых влага и содержится. Следовательно энергия от конденсации влаги остаётся в распоряжении слоёв хобота. И делиться она обязана между ними пропорционально величине кинетической энергии слоя и энергии его вращения. А т. к. не только в торнадо, но и в любом вихре Бенара величина кинетической энергии слоя больше его энергии вращения, то львиная доля поступившей энергии достаётся кинетической энергии хобота. Поэтому кинетическая энергия хобота торнадо (и его высота) растёт быстрее его энергии вращения (его ширины).

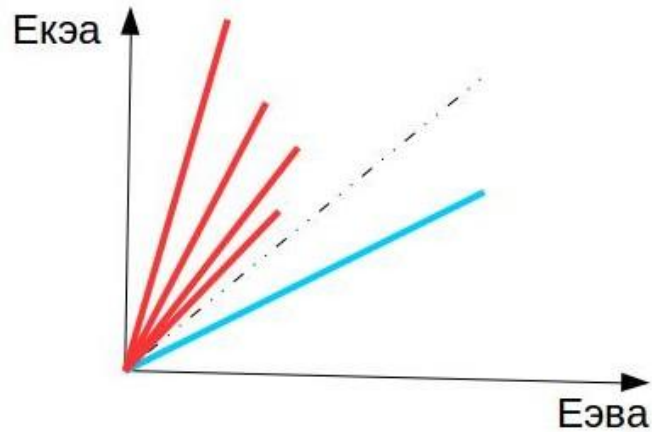


Рисунок 4

где $E_{кэа}$ кинетическая энергия анаполя,
 $E_{эва}$ энергия вращения анаполя.

В нижней части графика величина энергии вращения больше кинетической энергии хобота вихря. А это характерно для циклона средних широт. В порядочном же, уважающем себя торнадо величина кинетической энергии хобота хоть на немного, но должна быть больше энергии вращения. И только при дальнейшем развитии торнадо красная линия на графике будет приближаться к 90 градусам.

Но кроме этого механизма в торнадо действует механизм, увеличивающий угловую скорость вращения хобота. И связан он с взаимодействием соседних слоёв хобота.

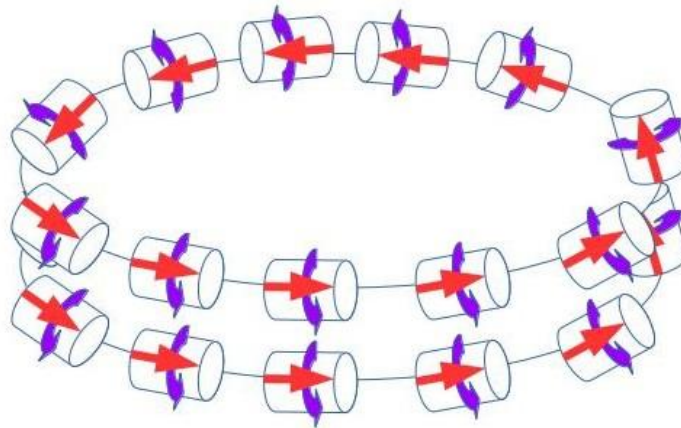


Рисунок 5

Как видно из рис 3, элементарные вихри имеют вертикальную и горизонтальную составляющие (горизонтальная составляющая изображена на рис 5). Элементарные вихри соседних слоёв создают касательную силу трения скольжения. И по правилу прецессии противодействующая сила действует в перпендикулярном направлении и смещена в направлении вращения. Следовательно каждый следующий слой по отношению к предыдущему получает приращение угловой скорости вращения $\Delta\omega$. И угловая скорость вращения хобота увеличивается на величину $\sum\Delta\omega$. И тут же возникает естественный вопрос. Может ли этот механизм претендовать на какую-то долю энергии, полученной при конденсации влаги? Но мы уже на него ответили. Конденсация влаги оставляет при этом неизменной величину $\Delta\omega$, возникающую между слоями хобота, увеличивая в то же время угловую скорость вращения ω внутри каждого слоя и его аксиальную скорость движения.

Иными словами, соседние горизонтальные анаполи взаимодействуют друг с другом. Но это взаимодействие внутрь анаполя не проникает, что и требовал Зельдович от анаполя.. Эти два процесса (внутри анаполя и между анаполями) идут параллельными курсами. Взаимодействие между

ними появляется только в вершине вихря, за счёт выбрасывания массы из хобота, что уменьшает как кинетическую энергию, так и энергию вращения анаполя. И вертикальный анаполь передаёт из хобота на периферию меньшую энергию.

В вихре Бенара кинетическая энергия всегда переходит в энергию вращения. Т.е. в вершине идёт переход кинетической энергии хобота в энергию вращения периферии. В основании же кинетическая энергия периферии переходит в энергию вращения хобота. Полученное же в вершине приращение энергии вращения хобота периферии не может передаваться и она покидает вихрь. Ведь $\Delta\omega$ возникает в результате взаимодействия слоёв хобота как единого целого. Т.е. слои получают приращение угловой скорости относительно друг друга. Сами же слои как вращались с постоянной угловой скоростью, так с ней и продолжают вращаться. И эта приобретённая угловая скорость вращения и преобразуется в вершине в аксиальную скорость движения периферии по следующему механизму.

Взаимодействие между слоями хобота продолжается и в вершине. Сумма же $\sum\Delta\omega$, накопленная к вершине, создаёт силу трения скольжения между слоями в касательном направлении. И по правилу прецессии противодействующая сила возникает в аксиальном направлении. Эта сила и выбрасывает часть массы хобота за пределы вихря. Покинувшая же пределы вихря масса уносит с собой как кинетическую энергию, так и энергию вращения. Поэтому с меньшей величиной массы хобот передаст периферии меньшую величину как кинетической энергии, так и энергии вращения. Стоит отметить, что периферии в вершине передаётся та же величина как кинетической энергии, так и энергии вращения, которая поступила в слои хобота в основании вихря. Благоприобретённая же за счёт $\sum\Delta\omega$ энергия вращения хобота уходит за пределы вихря.

Следовательно для дальнейшего существования вихря Бенара ему должны быть восполнены потери энергии, ушедшие с массой покинувшей вихрь в его вершине. Т.е. для поддержания стабильности вихря уменьшенная величина массы, перешедшая на периферию, должна обладать большей величиной кинетической энергии. Эту дополнительную энергию и предоставляет вихрю конденсация влаги в хоботе. Конденсация влаги оставляет при этом неизменной величину $\Delta\omega$, возникающую между слоями хобота, увеличивая в то же время угловую скорость вращения ω внутри каждого слоя. Ведь влажная среда является принадлежностью слоёв хобота, внутри которых присутствует собственное вращение, которое и конденсирует влагу. И энергия от конденсации влаги принадлежит слоям хобота.

Хобот передаёт периферии свою кинетическую энергию.

$$E_{кх} = E_{вп}$$

где $E_{кх}$ кинетическая энергия хобота,

$E_{вп}$ энергия вращения периферии.

Энергия же вращения хобота увеличилась на величину определяемую $\sum\Delta\omega$. Но это увеличение энергии хобота периферии, как мы выяснили, в полном объёме не передаётся и остаётся на высоте вместе с массой покинувшей хобот. Таким образом, при возникновении на холодном пятне в океанской акватории вихря Бенара часть поднимающегося по его хоботу массы среды остаётся на высоте, что и создаёт пониженное атмосферное давление. Т.е. понижение атмосферного давления является следствием формирования вихря Бенара при движении воздуха по холодному пятну.

Пока ещё вещь в себе являются размеры хобота и периферии, которые формируются в момент появления вихря Бенара. Ведь в последующем при росте вихря в слои хобота и периферии добавляются по кольцу элементарных вихрей, что сопровождается и увеличением высоты торнадо. Диаметр же хобота и размеры периферии изменяться могут только за счёт изменения размеров элементарных вихрей. Т.е. под действием центростремительной силы элементарные вихри хобота уменьшают диаметр, увеличивая высоту. Под действием же центробежной силы элементарные вихри периферии напротив увеличивают диаметр, уменьшая высоту. Следовательно размеры хобота и периферии изменяются непропорционально.

Вновь воспользуемся логикой дискретного анаполя. Но если до этого мы рассматривали горизонтальный дискретный анаполь (т. е. одиночный слой хобота), то теперь рассмотрим вертикальный анаполь, т. е. вертикальную границу между хоботом и периферией.

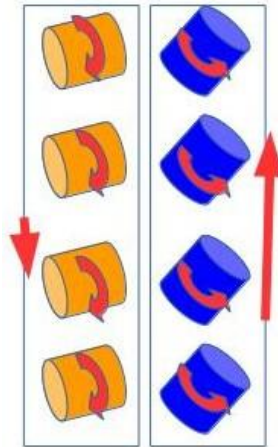


Рисунок 6

В горизонтальном анаполе окружность замкнутая кривая и элементарные вихри взаимодействуют с себе подобными. В вертикальном же анаполе мы имеем два концентрических цилиндра, сечение которых представлено на рисунке. И взаимодействуют между собой элементарные вихри, имеющие как разные аксиальные скорости движения, так и разные угловые скорости вращения. В горизонтальном анаполе элементарные вихри не склонны к перемене мест. В вертикальном анаполе элементарные вихри, двигаясь в противоположных направлениях постоянно меняют партнёров для взаимодействия. И если в горизонтальном анаполе мы могли сравнивать компоненты аксиальной скорости движения и скорости вращения элементарных вихрей, то в вертикальном анаполе мы обязаны сравнивать аксиальные скорости хобота с угловыми скоростями вращения периферии.

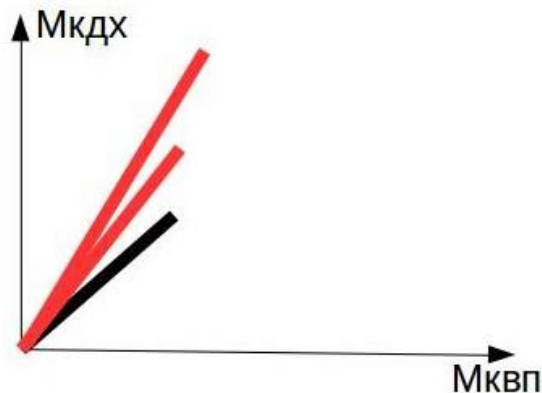


Рисунок 7

Также как и в горизонтальном анаполе рассмотрим моменты количества движения одиночного слоя хобота в целом и момент количества вращения одиночного слоя периферии. Для существования вихря момент количества движения хобота должен быть немного больше момента количества вращения периферии, но как и ранее примем их на время равными друг другу.

$$M_{кдх} = M_{квп}$$

$$m_{х1} v_{х} = m_{п} \omega (R^2/2 - r^2/2)$$

где $M_{кдх}$ момент количества движения одиночного слоя хобота,

$M_{квп}$ момент количества движения одиночного слоя периферии,

$m_{х1}$ масса одиночного слоя хобота,

$m_{п}$ масса одиночного слоя периферии,

v_x аксиальная скорость движения хобота,
 ω угловая скорость вращения одиночного слоя периферии,
 r внешний радиус хобота,
 R внешний радиус периферии.

Т.к. окружная скорость равна $v=\omega r$, то естественно считать, что аксиальная скорость движения хобота равна окружной скорости движения периферии. Ведь пока слой хобота пройдет от основания к вершине, слой периферии совершит один оборот, что и позволяет считать, что окружная скорость периферии равна аксиальной скорости хобота. И мы можем сократить скорости, получив.

$$m_{x1}=m_{п}(R^2/2-r^2/2)/r$$

Т.к. $m_x=Nm_{x1}$, а периферия содержит хобот в целом $m_{п}=Nm_{x1}$, то

$$r=N(R^2/2-r^2/2)$$

$$1=Nr(R^2/r^2-1)/2$$

Естественно, что при добавлении по кольцу в хобот и на периферию масса периферии увеличится сильнее массы хобота. Ведь число колец в хоботе увеличилось на единицу. Следовательно порядковый номер первого кольца периферии увеличился на единицу, а порядковый номер конечного кольца периферии изменился на двойку. А в каждом следующем кольце размещается большее число элементарных вихрей, что и определяет разное изменение массы в хоботе и на периферии, что и показано на рисунке. При этом в начальный момент формирования вихря должно выполняться ещё и следующее условие.

$$m_x v_x^2 = m_{п} \omega^2 (R^2/2 - r^2/2)$$

где m_x уже масса всех слоёв хобота.

Т.е. кинетическая энергия хобота должна переходить в энергию вращения одиночного слоя периферии. А т.к. N слоёв элементарных вихрей хобота формирует одиночный слой периферии, то это позволяет оценить высоту вихря.

Но горизонтальный анаполь непосредственно связан с вертикальным анаполем. Ведь кинетическая энергия хобота определяется суммой кинетических энергий его слоёв (которые определяются суммой кинетических энергий всех его горизонтальных анаполей). А вертикальный анаполь связывает кинетическую энергию хобота с энергией вращения периферии. Но на этом моменте останавливаться не будем.

Любит природа тиражировать удачные свои находки. На суше вихрь Бенара (правда неполноценный) создаётся над нагретым солнцем склоном холма. Двигающийся по склону воздух испаряет влагу и как более лёгкий поднимается вверх по хоботу. Осушенный вращением хобота воздух опускается по периферии вихря. В океанской акватории возникает холодное пятно, которое окружающий воздух устремляясь на пятно стремится нагреть. А т.к. влаги в океане всё же «несколько» больше, чем на склоне холма, то двигающийся по холодному пятну воздух насыщается влагой. Двигающийся по хоботу с вращением воздух охлаждается, конденсируя влагу, которая и формирует облачность над холодным пятном.

При этом существенную роль играет время существования холодного пятна [2], которое позволяет создать над пятном торнадо той или иной мощности. Линия, соединяющая центры луны и земли (по ней анаполи эфирного тела луны двигаются по вихрю Бенара океанского течения строго горизонтально) двигается по вихрю океанского глобального течения начиная с середины. В результате она пройдет по вихрю больший путь и погрузит основание на большую глубину. Начиная же свой путь по вихрю не с середины линия пройдет меньший путь и погрузит основание на меньшую глубину.

Глубина же погружения основания вихря имеет существенную роль.

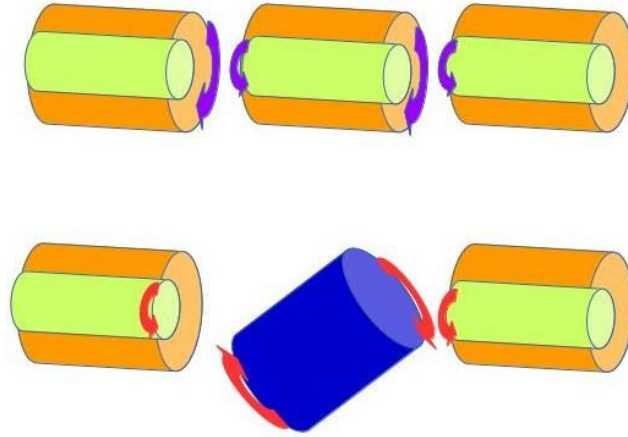


Рисунок 8

В стандартном состоянии (верхний рисунок) среда в вершине переходит из хобота на периферию с одним направлением вращения, а в основании среда переходит из периферии в хобот с противоположным направлением вращения. Т.е. между вершиной одного вихря и основанием соседнего вихря появляется трение скольжения в касательном направлении. И по правилу прецессии противодействующая сила действует со стороны заднего вихря на передний вихрь. Поэтому и реки в океане имеют возможность течь на тысячи км практически без потерь энергии. Но в повёрнутом положении (нижний рисунок) то же правило прецессии диктует, что должен появляться момент сил, стремящийся вернуть вихрь в стандартное положение. И чем сильнее повёрнут вихрь, тем дольше он возвращается в стандартное положение и тем дольше существует холодное пятно в океане.

Но кроме времени существования играет роль и температура холодного пятна. Ведь при невысоком понижении температуры пятна скорость потока воздуха на пятно незначительна. Небольшая скорость движения воздуха по пятну насыщает его влагой в меньшей степени. Для описания же насыщения воздуха влагой при его движении по холодному пятну видоизменим первый закон Фика.

$$j = -D \frac{\partial c}{\partial x}$$

1 закон Фика

Где j поток влаги через границу периферии торнадо,
 D коэффициент диффузии,
а вместо градиента концентраций рассматриваем
 $P_1 - P_2 = \rho v^2 / 2$ или $\Delta P = \rho v^2 / 2$ градиент давлений,
 v скорость движения периферии.

Без проблем определяется и энергия, выделяемая при конденсации влаги.

Энергию, выделяемую при конденсации $m = 1$ кг водяного пара при конденсации можно посчитать по формуле:

$$Q = L \cdot m,$$

где $L = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$ — удельная теплота парообразования воды, $Q = 2,3 \cdot 10^6 \cdot 1$ Дж.

Выделившаяся при конденсации влаги энергия увеличивает энергию вращения хобота. А т. к. слой элементарных вихрей хобота является горизонтальным анаполем, то полученная энергия распределяется между кинетической энергией аксиального движения хобота и его энергией вращения.

Конденсация влаги выделяет меньше энергии, что ведёт и к меньшему размеру формируемого над пятном вихря. Т.е. площадь сечения периферии несущественно превышает площадь сечения хобота (левый рисунок).

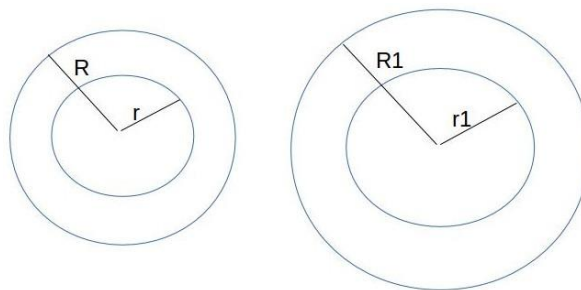


Рисунок 9

Температура холодного пятна значительно ниже предыдущего случая. Скорость потока воздуха существенно выше. Воздух набирает существенно больше влаги. Его конденсация снабжает вихрь большей величиной энергии. И как следствие площадь сечения периферии существенно превышает площадь сечения хобота (правый рисунок).

Пока существует холодное пятно торнадо сидит на нём. Ведь природа умная и понимает, что при сходе с холодного пятна скорость движения воздуха определяется уже не температурой холодного пятна, а самим вихрем. На холодном пятне низкая температура привлекала дополнительный поток воздуха извне вихря. Вне холодного пятна в основании вихря засасывается только столько массы, сколько требует угловая скорость вращения периферии. И конечно же чем более мощный вихрь был сформирован на холодном пятне, тем больше величина угловой скорости вращения периферии, и тем больше массы он затягивает в основании из тёплого окружения. И вновь умная природа понимает, что большую влажность воздуха вихрь может получить на тёплом окружении. Поэтому при своём движении торнадо выбирает более тёплые воды.

Как мы выяснили, в торнадо действует два механизма. Один механизм, связанный с $\sum \Delta\omega$, обеспечивает вихрю потери массы в вершине. Второй механизм, связанный с получением энергии от конденсации влаги, обеспечивает торнадо возможности для роста. Большая часть энергии, полученной от конденсации влаги, достаётся кинетической энергии хобота. А кинетическая энергия хобота в полном объёме переходит в энергию вращения периферии. Следовательно увеличивается и угловая скорость вращения периферии. Сила трения скольжения периферии об окружающую атмосферу увеличивается. И по правилу прецессии растёт и величина противодействующей силы, действующей по радиусу. Поэтому увеличивается и объём воздуха, засасываемого в вихрь в его основании. И конечно же увеличивается и скорость его движения, что вызывает большее испарение влаги с поверхности океана. Дополнительная масса воздуха, поступающая в вихрь ведёт к росту его высоты.

Т.к. львиная доля энергии, выделившейся при конденсации влаги, пошла на увеличение кинетической энергии хобота, а следовательно и на увеличении энергии вращения, то увеличивается разность между угловыми скоростями периферии и хобота. Следовательно растёт центробежная сила и уменьшается разность между центростремительной и центробежной силами. А т.к. поступление влаги в хобот из основания торнадо не прекращается, то одновременно с ростом его высоты уменьшается и разность между центростремительной и центробежной силами. И неизбежно наступит момент, когда величина центростремительной силы станет меньше величины центробежной силы.

Центробежная сила действует со стороны хобота на периферию. Поэтому одновременно добавится по дополнительному кольцу элементарных вихрей в каждом из слоёв как хобота, так и периферии. Естественно при этом, что высота торнадо уменьшится на такое число слоёв, которое обеспечит увеличение диаметра торнадо. Иными словами высота вихря при этом уменьшится, но не до прежних размеров. И мы образно можем сказать, что вихрь сделав пару шагов вперёд, на один шаг возвращается назад только затем, чтобы сделать следующие пару шагов вперёд. Т.е. вихрь растёт как

в высоту, так и в ширину скачками. При неизменной ширине торнадо растёт в высоту. Скачком же уменьшив высоту, торнадо за счёт этого растёт в ширину.

Но сделав пару шагов вперёд торнадо не всегда имеет возможность сделать один шаг назад. Ведь приращение высоты торнадо от предыдущего шага может не позволить увеличить число колец во всех слоях как хобота, так и периферии. Центробежная же сила обязана разрушить торнадо. И здесь возникают две возможности, по которым может развиваться торнадо далее. И кукловодом в этом процессе выступает момент схода торнадо с холодного пятна. Природа всё же дама разумная, это мы бестолочи не понимаем её языка. Приращение влажности воздуха, поступающего в хобот торнадо на холодном пятне существенно выше приращения влажности при движении торнадо по тёплым водам.

При малом времени существования холодного пятна торнадо будет иметь относительно малые размеры. И после схода с холодного пятна будет реализован первый вариант дальнейшей жизни торнадо. При существенно большем времени существования холодного пятна торнадо при сходе с холодного пятна будет иметь существенно большие размеры, что позволит торнадо развиваться по второму варианту.

Как мы выяснили, торнадо изменяет свои размеры скачкообразно. Но в первом варианте при превышении силы центробежной над силой центростремительной неизбежно наступит момент, когда торнадо уже будет неспособно сформировать по кольцу элементарных вихрей во всех слоях хобота и периферии. Поэтому центробежная сила просто разрушит торнадо. И в океанской акватории возникнет буря. Нам этот вариант неинтересен, поэтому и не будем на нём останавливаться.

Во втором варианте также неизбежно наступит момент, когда при превышении величины центробежной силы над силой центростремительной торнадо способно сформировать не по одному кольцу элементарных вихрей во всех слоях хобота и периферии, а несколько большее число колец (но не обязательно дотягивает до их формирования во всех слоях хобота и периферии). Торнадо разрушится при этом обязано. Но лишней остаток элементарных вихрей пропасть не может. Поэтому торнадо обязано сформировать внешнее относительно себя новое торнадо, сформировав молодой ураган. И конечно же при этом резко уменьшится высота исходного торнадо. Ведь во внешнем к исходному торнадо должна превышать кинетическая энергия над величиной энергией вращения.

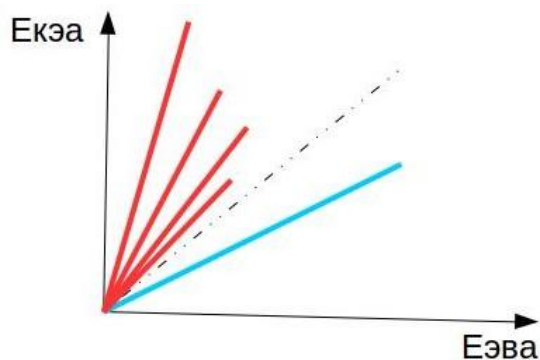


Рисунок 4

Как хобот, так и периферия торнадо вращаются подобно твёрдому телу с постоянной угловой скоростью на любом из радиусов. И центробежная сила во втором из вариантов разрушает торнадо из центра его хобота, формируя глаз тропического циклона.

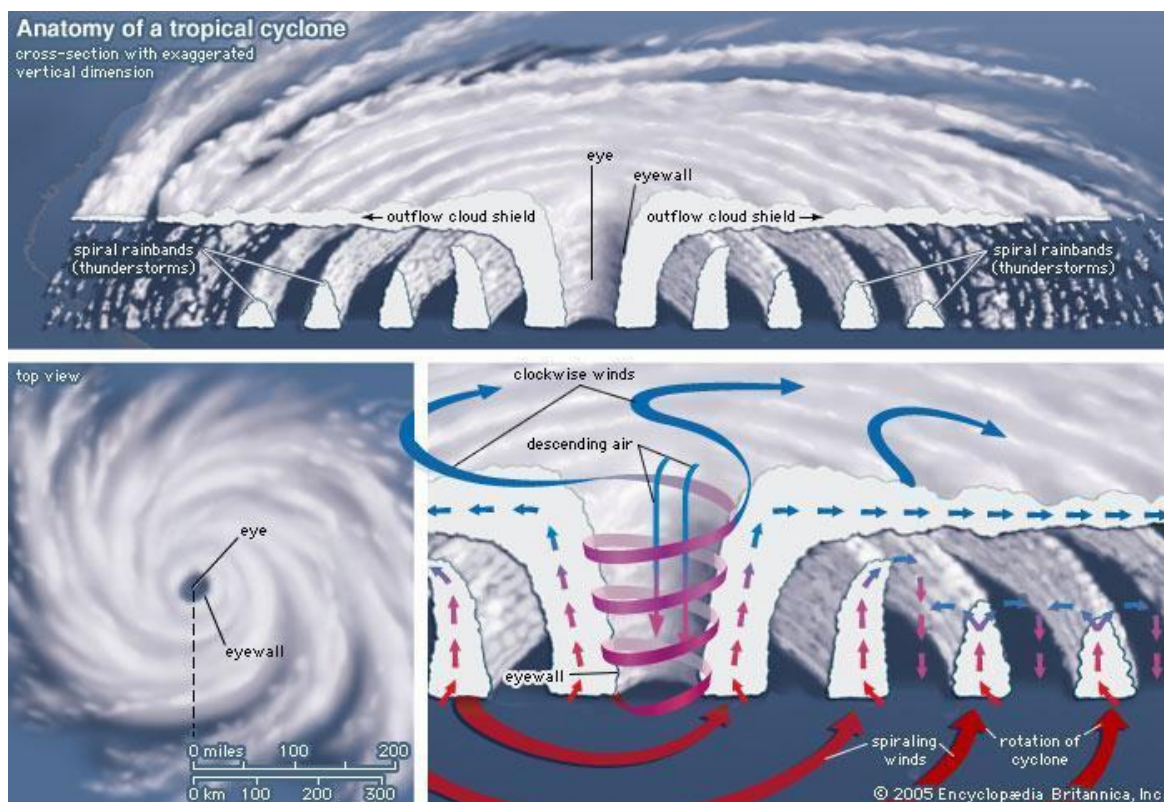


Рисунок 10

Следовательно стена урагана это разорванный хобот бывшего торнадо, в котором среда поднимается вверх. А т. к. в вершине торнадо среда, двигаясь из хобота на периферию, изменяет направление вращения, то облачность, формируемая ураганом, приобретает направление вращения периферии, что и показано на рис 7. Таким образом светлые стены рисунка являются хоботами концентрических торнадо, а тёмные промежутки между ними являются их перифериями. А т. к. в стенах среда движется вверх, увлекая за собой и среду глаза, то в нём наблюдается пониженное атмосферное давление.

Литература.

1. Букреев В.С. Уточнение математической модели торнадо 2. Академия Тринитаризма
2. Букреев В.С. Ураган как форма существования торнадо. Академия Триитаризма.