

Прощай, торнадо!

Г.УСТЮГИНА, Ю.УСТЮГИН

ЧТО ТАКОЕ ТОРНАДО? С КАКОЙ СТАТИ ЛЮДИ должны терпеть такую напасть? Между тем, средства массовой информации несут тревожные вести со всех сторон. Значит, есть актуальная задача. И мы предлагаем один из путей ее возможного решения.

Обычно торнадо – так называют смерч над сушей в Соединенных Штатах Америки – возникает в грозовом облаке и стремительно движется вниз, к земле. При этом черные облака находятся так низко, что, кажется, уже касаются нас, а их видимое движение сопровождается сильным ветром у земной поверхности, дождем, градом и холодом. Этот атмосферный вихрь существует недолго, но порой вызывает значительные разрушения. В океане торнадо набирает силы и выходит, как разбойник, на большую дорогу. И надо же, дошло даже до того, что у него есть собственная дорога – известная в США «дорога торнадо».

Между тем, люди строили свои поселения, не рассчитывая на встречу с торнадо. И, как выяснилось, напрасно. Глобальные изменения климата, его потепление из-за парникового эффекта, вызванного нарастанием количества углерода в атмосфере, предсказывают увеличение числа случаев возникновения торнадо, а также его мощности и продолжительности. Легко представить себе торнадо, который будет уничтожать все, что построено человеком.

Как же бороться с ним? Оказывается, борьба с ураганами, тайфунами, смерчами, торнадо находится в начальной стадии – наблюдений за ними, накопления измерительной и визуальной информации, обсуждения возможных проектов и идей.

Чтобы начать поиск решения задачи, сформулируем ее. Начнем с условий задачи.

У нас есть атмосфера, т.е. воздушная среда, в которой обитает весь растительный и животный мир и сам человек. Воздушная атмосфера несет с собой облака. Речь идет о плотных, мощных, а потому по цвету черных, из-за непроницаемости для солнечного света, облаках, из которых рождается торнадо.

Известно, что облака являются продуктом взаимодействия солнечного излучения с водной поверхностью океана. Это взаимодействие приводит к процессам испарения воды океанов и конденсации пара в капли в верхних холодных слоях атмосферы. Солнечная энергия, способствовавшая процессу парообразования, как бы перемещается вместе с паром в верхние слои атмосферы, где некоторое время сохраняется до того момента, пока не начнется интенсивный процесс конденсации с последующим выпадением осадков на поверхность земли. Осадки превращаются в реки, реки впа-

дают в океаны и т.д. Так осуществляется кругооборот воды в природе под действием энергии солнца. Пока пар в облаках не сконденсировался до состояния выпадения в виде осадков, облака представляют собой визуально наблюдаемый вариант парогазовой среды – туман.

Есть различные теории и предположения, касающиеся механизма возникновения торнадо. Но мы здесь не будем обсуждать этот механизм и вообще механизм образования вращательного движения верхних слоев атмосферы. Тогда, не рассуждая о причинах появления крупномасштабного атмосферного вихревого движения, допустим, что в атмосфере, заполненной облачной массой, возникает некий процесс, порождающий ее вращательное движение. Назовем его «активатор-процесс». В этом понятии объединено все, что объективно обуславливает процесс образования торнадо, предшествует его возникновению и сопровождает его. Это – солнечная энергия, водная поверхность океана, суточная периодическая активность взаимодействия солнечной энергии с океаном и атмосферой, вращение Земли, порожденное этим вращением действие кориолисовых сил на потоки влажной и сухой атмосферы, сохранение момента импульса, процессы испарения и конденсации влаги до состояния облаков, выпадение осадков и т.д. (При этом, правда, следует понимать, что из-за взаимодействия с солнечным излучением земная атмосфера не является замкнутой системой, а, следовательно, сохранение момента импульса по отношению к атмосфере Земли вообще и к отдельному атмосферному вихрю в частности применимо с весьма существенными ограничениями.)

Результат всего этого – непрерывные потоки вихрей в атмосфере. Каждый из вихрей долго сохраняет свою индивидуальность, совершая перемещение на значительные расстояния над земной поверхностью вместе с верхними слоями атмосферы. Но некоторые крупномасштабные атмосферные вихри порождают более мелкие вихри – торнадо, характеризующиеся высочайшей концентрацией вращательного движения атмосферы, оказывающие разрушительное воздействие на строения и сооружения, возведенные людьми.

Для дальнейшего рассмотрения выделим один крупномасштабный атмосферный вихрь. В районе наблюдения за ним облака движутся низко. В них видны довольно быстрые хаотические движения, которые в отдельный момент переходят во вращательное движение вокруг некоторой области в нижней, видимой для наземного наблюдателя, части сплошной облачности. Происходит все так, словно некий активатор своим воздействием приводит хаотические движения атмосферы в организованное вращательное движение. При-

чем получается, что чем дольше действует активатор, тем большие массы воздуха начинают принимать участие в таком движении. Это – процесс аккумуляции энергии в виде вращения больших масс воздуха.

По мере протекания этого процесса все более глубокие слои атмосферы начинают принимать участие в движении, вращательное движение приближается к земной поверхности. Тем временем, из облака, точнее из его нижней части, видимой наземным наблюдателем, формируется воронка в сторону поверхности земли или воды. И, наконец, выделяется так называемый хобот – тот самый торнадо, быстро соединяющий нижнюю часть воронки с землей или водой. Он становится видимым из-за окрашивания (особенно в первые мгновения возникновения) вовлеченной в него частью парообразной влаги облаков, а затем пылью или предметами, спирально возносимыми вверх к облаку.

Но и это еще не все. Дальнейшее аккумуляирование энергии вращения приводит к нарастанию глубины и размеров воронки. Следовательно, необходимо создать физическую модель, в которой вращательное движение среды, задаваемое активатором, приводило бы к образованию воронки и хобота.

Что такое торнадо с точки зрения физики? Оказывается, это вихревая трубка в парогазовой среде, если иметь в виду атмосферные воздух, в котором она образуется и существует, и вращающуюся часть верхних слоев атмосферы, содержащую влагу в виде облаков и, как генератор, задающую вращательное движение нижним слоям атмосферы. А воронка – это общеизвестное явление. Только мы привыкли видеть воронку в воде. Чаще и легче всего ее можно наблюдать, когда вода вытекает из ванны или раковины через сток (рис.1).

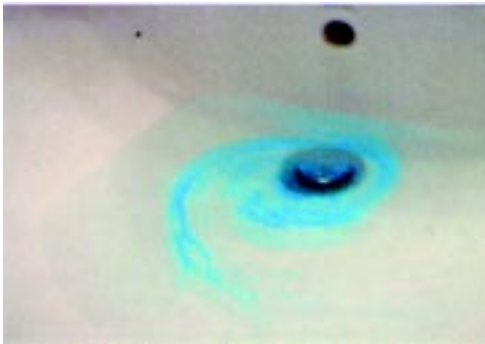


Рис. 1

Можно попробовать рукой побеспокоить воронку, но она довольно быстро восстанавливается, ну разве что может изменить направление вращения. Вот и все.

Продолжим наши рассуждения.

Итак, в качестве физической модели среды воспользуемся водой. Это жидкая среда, за состоянием и движением которой можно и очень удобно следить в лабораторных условиях. Теперь наша задача – воспроизвести торнадо в малом объеме воды. Это означает, что в жидкости под действием активатора вращательного движения должна образоваться воронка. Эта воронка должна иметь возможность развиваться по мере накопления вращательного движения жидкостью



Рис. 2

– т.е. увеличивать со временем свою глубину. Наконец, должен появиться хобот.

Воспользуемся готовым устройством для воспроизведения вихревого движения в воде. Например – малым шлифовально-полировальным устройством, на рисунке 2 оно обозначено буквой *a*. Это устройство не имеет опасных напряжений электрического тока, всегда готово к применению. В комплекте устройства имеется несколько сменных насадок, одна из которых, использованная нами при проведении экспериментальных работ, тоже изображена на рисунке 2 и обозначена буквой *б*. Насадка представляет собой цилиндрическое тело с «заovalенными» краями, ввинчивающееся в торцовую часть ротора устройства.

Наливаем обычную воду в прозрачный цилиндрический сосуд объемом один литр до уровня трех четвертей объема. Одна четверть должна быть свободной для того, чтобы неизбежное разбрасывание воды по сторонам под действием вращающегося активатора – насадки устройства – не приводило к попаданию воды на внешние предметы. Чтобы увидеть потоки движущейся жидкости, можно, как говорится, их визуализировать, добавив маковых зерен. Причем так, чтобы вначале они утонули и расположились на дне сосуда.

Теперь подводим вращающуюся насадку к свободной поверхности воды и наблюдаем за

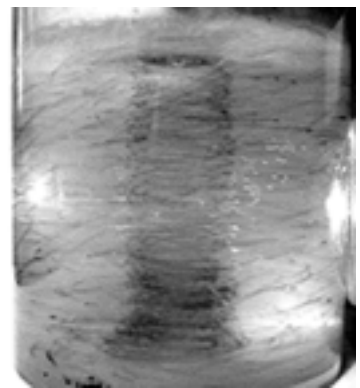


Рис. 3

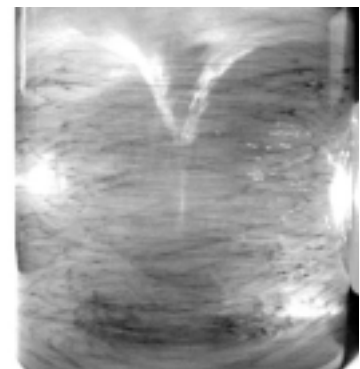


Рис. 4



Рис. 5

тем, что происходит. А происходит следующее. Совершенно удивительным образом вся масса маковых зерен вдруг приподнимается вертикально вверх в своем спиральном движении. Некоторое время можно наблюдать это поразительное явление, оно запечатлено на рисунке 3. Затем можно увидеть, как зерна мака вместе с потоками воды из центрального столба отбрасываются к стенкам сосуда, и там они продолжают свое уже ниспадающее спиральное движение ко дну сосуда, чтобы снова вернуться в центральную часть жидкости. Начинается циклический процесс движения жидкости. Продолжение процесса приводит к образованию и развитию воронки. Воронка становится все более глубокой, и в какой-то момент ее развития появляется хобот (рис.4).

А вот еще одно наблюдение (рис.5). Энергия восходящих потоков такова, что массивное стальное тело, помещенное в пустотелую алюминиевую чашечку, отрывается от дна и начинает всплывать, совершая «полет». И лишь придавливающие ее периферические потоки не позволяют такому телу полностью оторваться от дна и всплыть к свободной поверхности жидкости. Теперь-то уж точно можно себе представить, как торнадо поднимает в воздух автомобили и объемные массивные тела и разбрасывает их на большие расстояния, которые задают размеры торнадо.

Идем дальше.

В лабораторных, даже домашних, условиях мы воспроизвели торнадо. Причем убедились, что он ведет себя так же, как природный торнадо в атмосфере, — образуются воронка и хобот. Но, оказывается, самый страшный, самый энергичный, самый разрушительный торнадо тот, в котором уже нет хобота, а воронка в своем развитии нижней частью достигла земной поверхности. От такого торнадо нужно прятаться как можно глубже в подвалы или другие подземные убежища.

Все это мы видим в своем домашнем эксперименте, представляя, как это происходит в больших масштабах. Значит, нельзя допускать, чтобы торнадо развился до такого состояния. Необходимо тормозить его развитие, отнимать его энергию, чтобы не происходил процесс аккумуляции энергии. Нужно подавлять те условия, которые способствуют развитию торнадо. А еще лучше — заставить его бороться с самим собой. Для этого нужно отнимать у него энергию движения воз-

душных потоков, преобразовывать эти потоки и вновь возвращать их основному вихрю. Но возвращенные потоки должны вступать во взаимодействие с основным вихрем таким образом, чтобы в результате он разрушался, превращаясь в неорганизованную турбулентную воздушную среду. (Выражение «турбулентная воздушная среда» означает, что ветер в районе торнадо будет дуть в самые разные стороны, только не к центру торнадо.) Вот в этом и состоит наша задача.

Но возникает вопрос: можно ли считать нашу физическую модель близкой к природному атмосферному вихрю, если у природного вихря нет свободной поверхности, как у воды в нашей модели, а также отсутствуют твердые стеклянные стенки?

Те, кто занимаются вопросами вихреобразования, знают, что вихрь обязательно должен начинаться и заканчиваться на поверхностях раздела двух сред. Он как бы «присасывается» к ним своими окончаниями, т.е. окончания вихря не могут располагаться свободно в сплошных средах. Если же вихревая нить или вихревая трубка, состоящая из множества вихревых нитей, образуется внутри сплошной среды, вдали от свободной или контактной с внешней средой поверхности жидкости, то она не должна иметь ни начала, ни конца. Это тот вариант, когда вихрь представляет собой замкнутую геометрическую фигуру, называемую тором. Такое объемное тело легко себе представить как дымовое кольцо, образующееся при выхлопе газов (продуктов сгорания жидкого топлива) двигателями в момент их запуска. Очень часто его можно видеть вылетающим с большой скоростью из выхлопной трубы при запуске дизельного двигателя трактора. При определенном навыке курильщик может развлекаться колечками, образованными выдыхаемым им дымом. Есть и целый ряд демонстрационных устройств, воспроизводящих вихревые кольца как в газообразных, так и в жидких средах. Значит, существование отдельного атмосферного вихря указывает на то, что физическое состояние атмосферы верхних слоев принципиально отличается от физического состояния нижних околоземных слоев атмосферы, причем настолько, что даже вихрь «присасывается» к невидимой границе раздела.

Это общее заключение из наблюдаемого явления подтверждается исследованиями специалистов в воп-

росах физики атмосферы, которые уже много десятилетий знают о слоистом строении атмосферы и весьма сложном движении этих слоев. Слои различаются, например, такими показателями, как плотность, давление, температура. Следовательно, физическая модель, использующая свободную поверхность жидкой среды, не противоречит условиям существования атмосферных вихрей.

Далее.

Если вспомнить карту погоды, показываемую, например, ежедневно по различным телевизионным каналам, то можно обратить внимание на тот факт, что атмосферные вихри движутся один за другим с запада на восток, очень долго сохраняя каждый свою индивидуальность.

Из гидроаэродинамики и метеорологии хорошо известно, что два соседних вихря могут иметь как одинаковые направления вращения, так и противоположные. При этом одинаковые вихри равной интенсивности, но противоположных направлений вращения движутся параллельно друг другу вдоль разделяющей их поверхности. Вихри же, одинаковые и по направлению вращения, совершают вращательное движение вокруг их общего геометрического центра.

В научно-популярной и специальной литературе читатель может найти массу фотографий, иллюстрирующих взаимодействие вихрей. Для нас же важно, что вихри, в том числе и атмосферные, сохраняют свою индивидуальность в общей динамике движения бесконечного потока вихрей. При этом каждый из них ограничен и отделен «своим» пространством, как стеклянной стеной. И в этом пространстве осуществляется вся собственная картина движения среды. Говорят, что вихрь отделен своими линиями тока от остальной части сплошной среды. Эти линии тока в совокупности составляют замкнутую поверхность, аналогичную внешней поверхности цилиндрической трубки, внутри которой располагается весь вихрь. Следовательно, стеклянные стенки физической модели воспроизводят картину ограничения атмосферного вихря в пространстве собственными линиями тока.

Таким образом, задача воспроизведения вихревого движения в сплошной среде поставлена, условия известны. Критерием развития торнадо будет образование воронки и возникновение хобота. Если в результате применения нашего устройства в среде не развивается воронка и не возникает хобот, то мы нашли способ и средство для торможения развития торнадо. И в этом будет состоять наш самый важный результат.

Можно представить себе некие гипотетические установки, которые, обладая запасом энергии, не имеющим отношения к торнадо, воздействуют на торнадо так, что разрушают как сам торнадо, так и условия его существования и развития. Но при этом, как оказывается, необходима энергия в таком количестве, что она сравнима с энергией нескольких самых больших электростанций из существующих на земле. Такой путь крайне расточителен для человечества.

Чтобы не тратить дополнительную энергию, нужно воспользоваться собственной энергией торнадо. Такой

процесс будет называться самоподавлением торнадо. Чем большую энергию торнадо пытается передать окружающей среде, тем больше эта среда будет ему противодействовать, превращая собственную энергию торнадо в энергию борьбы с ним.

Ну, допустим, эта мысль нам понятна. А как ее осуществить?

Вспомним, что есть энергия воздушных потоков, движущихся к центру торнадо. А ведь именно она, возвращаясь в торнадо, приносит, или, можно сказать, возвращает ему энергию развития. При этом самоорганизация торнадо такова, что возвращенная энергия вращательного движения не рассеивается, а складывается с уже имеющейся энергией вращательного движения торнадо. Иными словами, торнадо, разбрасывая свою энергию в верхней части, возвращает ее в своей центральной нижней части.

То же самое мы видим в нашей установке. Маковые зерна показывают, как в нижней части они «сбегают» к центру и там возносятся вверх. Значит, нужно использовать эти нижние придонные потоки для подавления развития воронки.

Гигантский вихрь торнадо необходимо заставить взаимодействовать с более мелким вихрем (но не мельчайшим). Нужно, чтобы главный вихрь «замечал» более мелкий вихрь и активно вступал с ним во взаимодействие, и чтобы в результате этого взаимодействия образовывались пусть в большом количестве, но более мелкие вихри, которые поглощали бы энергию основного вихря и рассеивали ее в среде. При этом процесс аккумуляции средней энергии движения должен быть хаотическим, а не направленным на концентрирование ее в одном центральном вихре – торнадо.

Теперь уместно вспомнить, как истекает жидкость через сток в раковине. Если на дне сосуда расположить решетку с отверстиями (рис.6), причем так, что она



Рис. 6

будет находиться на некоторой высоте над донной поверхностью, то мы получим целую серию стоков для придонных потоков жидкости. Только в этом варианте через сток жидкость поднимается вверх, а не сливается вниз. И при этом она также закручивается в вихрь. В результате возникает целый ряд вихрей, их удобнее называть вихревыми нитями, которые взаимодействуют друг с другом и разделяют собой основной вихрь на группы взаимодействующих вихрей.

На рисунке 7,а показаны траектории придонного

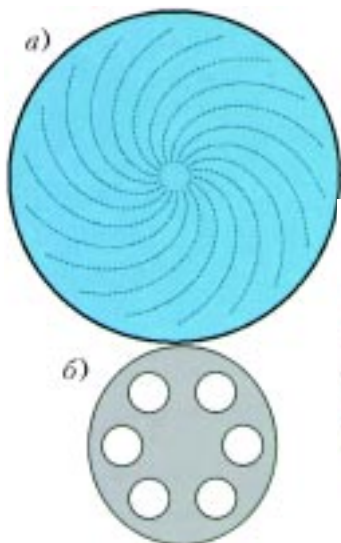


Рис. 7



Рис. 8

хватываются восходящими потоками жидкости и поднимаются к свободной поверхности жидкости, составляя один мощный вихревой поток. На рисунке 7,б схематически показана решетка с гексагональным расположением каналов, через которые придонные потоки жидкости могут проходить в область главного вихря, существенным образом составляя тело основного вихря. Рисунок 8 (вид сверху) иллюстрирует расположение решетки в центральной придонной области сосуда. Спиральными линиями показаны наблюдаемые в эксперименте траектории движения маковых зерен под воздействием основного циркулирующего движения, которое возникает в результате действия активатора, вращающегося по часовой стрелке.

А пока идем дальше.

Видим (рис.9), что маковые зерна, пройдя через каналы решетки снизу вверх, вовлекаются в процесс общего вихревого движения, поднимаясь по спирали. Затем активатор их рассеивает к периферии, где они участвуют во вращательном движении среды, ниспадая по спирали ко дну. В центральной же придонной части потоки маковых зерен вновь проходят через решетку вверх и опять вовлекаются в основное центральное движение. По сравнению с картиной на рисунке 3 здесь движение маковых зерен хаотичное и заметно более медленное.



Рис. 9

И теперь тоже можно видеть вращательное и циркуляционное движение жидкости. Но сколько бы вы ни поддерживали вращательное движение жидкости своим активатором, добиться образования воронки и хобота не удастся. Изменение размеров решетки, диаметра каналов решетки, высоты расположения ре-

шетки над дном сосуда не изменяет результат – воронка и хобот не образуются.

На рисунке 10 приведена фотография объема жидкости, находящегося под воздействием активатора в присутствии решетки. Маковые зерна не добавлялись. Фотографирование проводилось с боковой подсветкой, для того чтобы зафиксировать движение кавитационных пузырьрьков, которые также делают видимыми возникшие потоки жидкости. Вихрь не образуется.



Рис. 10

Однако, может быть, само тело, погруженное на дно сосуда, мешает развитию хобота? Для проверки закрываем каналы сверху

тонкой пленкой, чтобы исключить потоки жидкости через каналы. Запускаем устройство и видим следующее. Маковые зерна, располагавшиеся на пленке, покрывающей диск, традиционно поднимаются вверх. Жидкость приобретает циркуляционное движение. Образуется воронка, а затем и хобот (рис.11).



Рис. 11

Возможно замечание. В эксперименте воронка пытается развиться прямо над решеткой, а она этого «не позволяет». А что если, как в природе, вихрь будет развиваться где-то в стороне от решетки? Тогда они друг друга могут не заметить. И что дальше?

Берем более крупный сосуд, чтобы иметь возможность изменять взаимное расположение активатора и связанной с ним воронки по отношению к месту расположения решетки. Сначала убеждаемся, что воронка развивается. Но теперь на ее развитие требуется большее время, поскольку принять участие в вихревом движении должна большая масса воды. И все же воронка развивается, как это видно на фотографии на рисунке 12. Затем на дне сосуда размещаем решетку, по горизонтали смещенную



Рис. 12