МЕЖДУНАРОДНОЕ
КОНСУЛЬТАТИВНО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ
АГЕНТСТВО «БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ»

# ФАКТЫ АНАЛИЗЫ РАССЛЕДОВАНИЯ (ВЕРТОЛЕТЫ)

ТЕМА ВЫПУСКА: ВИХРЕВОЕ КОЛЬЦО

ВЫПУСК №01-2016

mail@aviasafety.ru | +7 (916) 130-08-64

## УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!



*Вихревое кольцо стало причиной большого количества катастроф вертолетов. Проблема, которая является ключевой в этом вопросе – это слабая натренированность экипажей по своевременному распознаванию признаков состояния вихревого кольца, а также неумение действовать в этой сложной ситуации.*

*Существующая техника вывода из вихревого кольца, которую преподают в современных учебных заведениях для вертолетчиков, устарела и во многих случаях не способна помочь пилотам, попавшим в состояние вихревого кольца.*

*В 2013 году один из авторитетных вертолетчиков предложил новую технику выхода из вихревого кольца, которую мы очень подробно описываем в этом выпуске.*

*Важный момент: эту технику вывода из вихревого кольца можно использовать на любых вертолетах, включая вертолеты отечественного производства.*

*В этом выпуске мы предлагаем вам ознакомиться со статьей Тима Такера - шеф-пилота вертолетной компании Robinson, в которой он рассказывает о новой технике вывода вертолета из вихревого кольца - «Технике Вучарда».*

*С уважением,*
*МКАА «Безопасность полетов»*

## РЕЦЕНЗИЯ НА МАТЕРИАЛ МКАА "БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ"



Виктор Сергеевич Аксютин, генеральный директор авиакомпании "Авиашельф", руководитель Комитета по безопасности полетов Ассоциации Вертолетной Индустрии (АВИ):

*Выпуск, посвящённый вихревому кольцу, получил очень высокую оценку наших специалистов и в очередной раз напомнил, что в РФ для предотвращения АП по причине попадания в вихревое кольцо делается явно меньше того, что нужно. Существует очень серьезный риск в по крайней мере в масштабах гражданской вертолетной авиации – отсутствие практической подготовки летного состава по выходу из вихревого кольца, в том числе первоначальной подготовки. У нас этому навыку никогда не учили, в отличие от западной вертолетной школы. По поводу военной авиации утверждать на 100% не могу, но почти уверен, что ситуация не лучше.*

*Полагаю, что есть необходимость скорейшего решения этого вопроса, но это может быть очень не просто. Было бы хорошо, с моей точки зрения, включить эту задачу в план работы IE-HOST, получив одобрение IE-REST.*

# ФАКТЫ

## 23 АВГУСТА 2013 ГОДА

Вертолет Еврокоптер AS332 Super Puma, регистрационные знаки G-WNSB, на борту которого находилось 18 человек, выполнял заход на посадку по приборам в аэропорту Sumburg, на Шетландских островах — архипелаг на северо-востоке Шотландии.

Вертолет находился на предпосадочной прямой, на высоте менее 300 футов, с тангажом +12 градусов на кабрирование и на скорости 43 узла.

На высоте около 240 футов тангаж достиг 20 градусов, а приборная скорость уменьшилась до 32 узлов, в то время как вертикальная скорость снижения достигла значения 1000 футов в минуту и продолжала увеличиваться.




Вертолет продолжал заход на посадку, и на высоте 100 футов приборная скорость упала до значения менее 30 узлов. В эту секунду крутящий момент вырос до 115 процентов, а вертикальная скорость снижения выросла до 1800 футов в минуту.

Вертолет столкнулся с водной поверхностью, не долетев до ВПП 09. Погибло 4 пассажира, трое пассажиров и пилот получили серьезные травмы.

## 4 МАРТА 2003 ГОДА

Вертолет Robinson R44 одной из новостных телевизионных компаний выполнял воздушные съемки в районе Джакарты (Индонезия).

При заходе на посадку на посадочную площадку на крыше здания по крутой глиссаде, с попутным ветром 12-15 узлов, вертолет попал в вихревое кольцо и с большой вертикальной скоростью столкнулся с поверхностью посадочной площадки.

Пилот не смог вывести вертолет из состояния вихревого кольца и вертолет столкнулся с поверхностью площадки,




после чего подскочил вверх, перевернулся и упал с высоты 15 этажа на плавательный бассейн.

Два пассажира и пилот вертолета погибли.

# АНАЛИЗЫ И РАССЛЕДОВАНИЕ

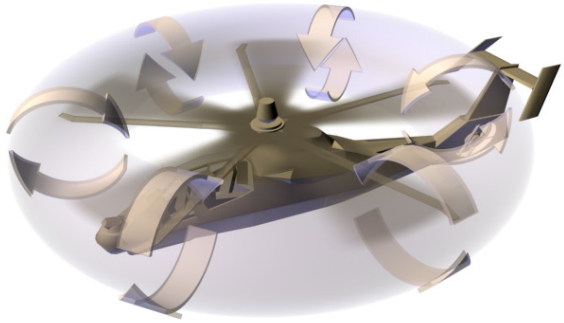
***Автор статьи: Тимоти Такер, шеф-пилот вертолетной компании «Robinson Helicopter Company»:***

Оба приведенных выше случая являются классическими ситуациями «вихревого кольца», или «проседания вертолета на мощности». Традиционно, в целях вывода вертолета из этого состояния, пилоты пытаются опустить нос вертолета, уменьшить мощность и ждать, пока вертолет сам выйдет из вихревого кольца. Однако, сейчас появился намного лучший способ вывода любого вертолета из этого состояния. Этот способ называется «Техника Вучарда», названная в честь ее создателя – Клода Вучарда, опытнейшего пилота-вертолетчика, инспектора Федерального управления гражданской авиации Швейцарии.

Что же такое вихревое кольцо? Рассмотрим три особенных режима работы ротора несущего винта вертолета.

Первый режим. В нормальных условиях поток, проходящий через ротор вертолета, воздуха направлен вниз, а сам ротор двигается в направлении вектора тяги, создаваемого им самим, аналогично как при вертикальном взлете. Это называется нормальной работой несущего винта вертолета, а висение является частным случаем такой работы ротора.

Второй режим. Если вертолет на висении начнет снижаться с вертикальной скоростью более 300 футов в минуту, он, скорее всего, попадет в состояние вихревого кольца. В этом случае, ротор по-прежнему направляет поток воздуха вниз, однако часть воздуха при этом растекается в разные стороны от вертолета, а затем



поднимается вверх, увлекаемая лопастями винта, где снова попадает в нисходящий поток. Этот поток воздуха и называется «вихревым кольцом». Обычно, в процессе полета вихревые кольца гораздо меньшего диаметра формируются вокруг лопастей несущего винта у крепления к втулке главного редуктора, однако они не влияют на подъемную силу в полете.

Состояние вихревого кольца можно распознать по самопроизвольному рысканию вертолета и хаотичному изменению тангажа, раскачиванию, тряске и болтанке вертолета при заходе на посадку с попутным ветром, в момент перехода с косого на прямой обдув.

Вихревое кольцо действует под прямым углом к диску главного ротора, поэтому, если пилот отклоняет ручку циклического шага от себя для восстановления, то хвостовой винт сдувает вихревое кольцо в том же направлении, в котором движется и сам вертолет. При этом выход из вихревого кольца существенно задерживается.

Третий режим работы ротора несущего винта – «ветряная мельница», когда вертолет производит снижение с вертикальной скоростью более 2000 футов в минуту, и поток воздуха проходит через ротор снизу-вверх. При этом, тяга ротора создается за счет

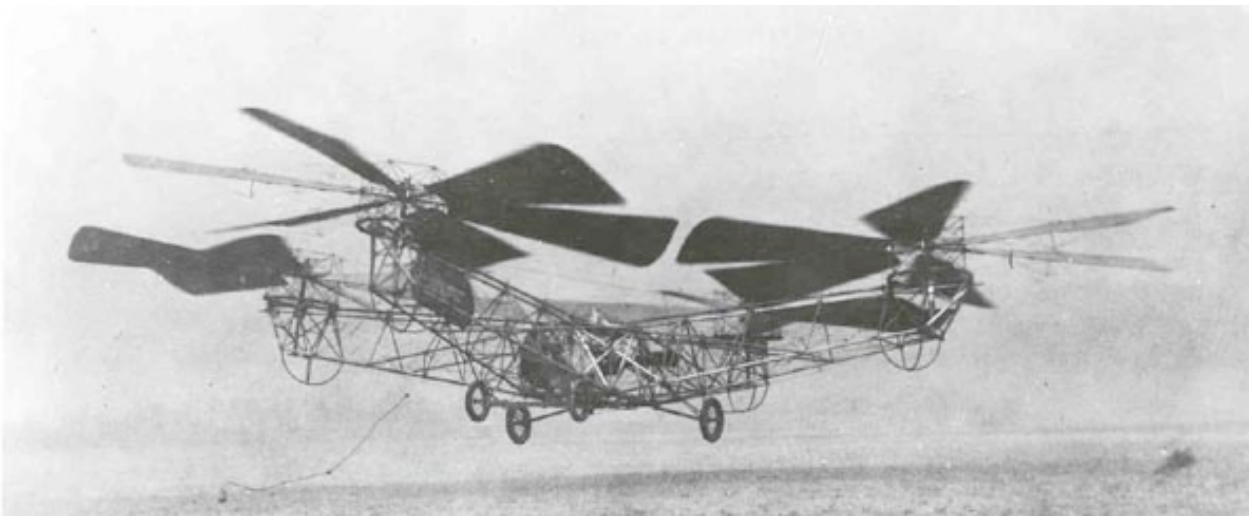
замедления этого потока, а мощность, генерируемая ротором, эквивалентна мощности, генерируемой парашютом аналогичного диаметра.

Примечательно то, что пограничное состояние между состоянием вихревого кольца и эффектом ветряной мельницы является идеальным условием для выполнения авторотации.

Первым пилотом вертолета, кто распознал и описал состояние вихревого кольца, был Джордж де Ботезат, создатель вертолета «Летающий осьминог», в 1922 году. Это был вертолет с четырьмя массивными, шестилопастными несущими винтами, который очень сильно напоминает квадрокоптеры наших дней. С тех пор наука сильно продвинулась вперед на пути изучения состояния вихревого кольца, располагая современными математическими моделями, компьютерами, аэродинамическими трубами и тестовыми испытаниями. Сегодня известно, что количество лопастей несущего винта, скорость их вращения и диаметр ротора – все это оказывает влияние на формирование вихревого кольца, однако вертолеты с большим диаметров ротора, более высокой нагрузкой и бóльшим углом кручения лопастей более подвержены вихревому кольцу, чем другие вертолеты.

В 2011 году в Швейцарии, во время проведения Курса по безопасному выполнению полетов на вертолете Robinson для пилотов, проходивших переподготовку на вертолете R44, я объяснял слушателям стандартную технику вывода вертолета из вихревого кольца, которой учат американских пилотов на протяжении 60 лет. После курса один из слушателей, Клод Вучард, опытнейший пилот-вертолетчик с 35-тилетним стажем, имеющий более 16.000 часов налета на других типах, предложил продемонстрировать мне свою особенную технику вывода вертолета из вихревого кольца, которую он разработал и создал за многие годы работы в Швейцарских Альпах.

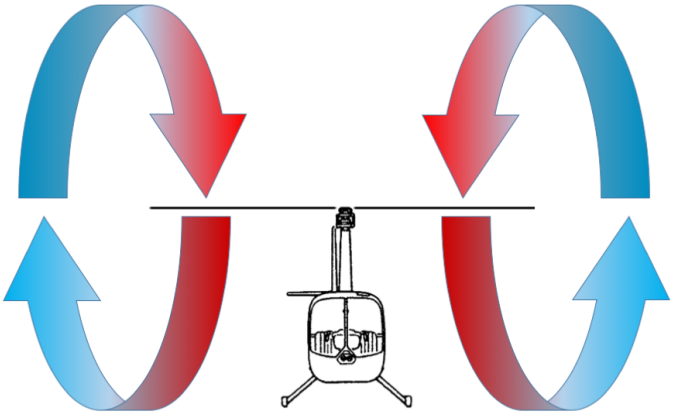
Обычно, я довольно неохотно соглашаюсь на предложения от моих слушателей показать мне кое-что из своей личной техники пилотирования. Особенно за пределами США, где я плохо знаю особенности выполнения полетов и местные правила полетов и законы. Но в этом случае я неохотно согласился.



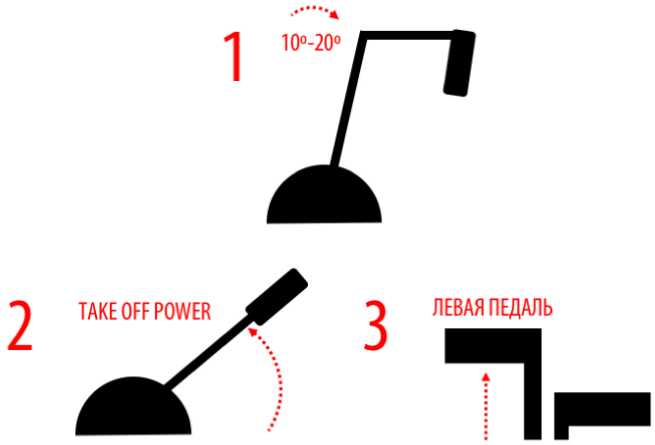
Вместо стандартной практики отдачи циклического шага от себя и опускания общего шага, которую я сам преподавал пилотам многие годы, Клод Вучард поднял общий шаг до взлетного режима, нажал на левую педаль для удержания продольной оси вертолета в прежнем направлении и отклонил циклический шаг вправо. Такая комбинация тяги хвостового винта и крена сдвинули вертолет вправо и практически моментально вывела его из состояния вихревого кольца. Я был потрясен! После небольшой тренировки я мог самостоятельно выводить вертолет из глубокого вихревого кольца, которое создавал в целях тренировки. При этом потеря высоты при применении этой техники составляла всего около 20-30 футов.

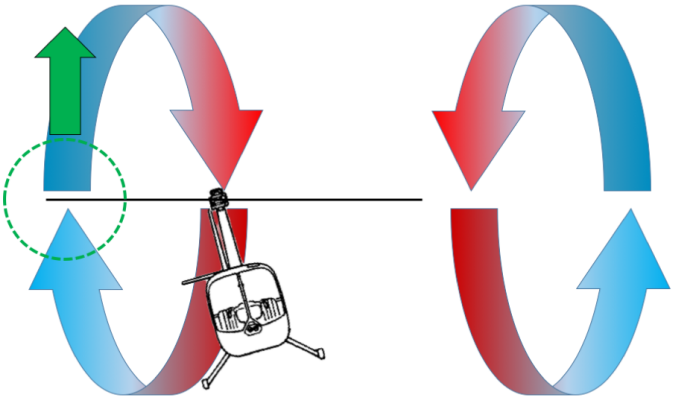
На протяжении почти двух лет на курсах безопасного пилотирования Robinson по всему миру мы с большим успехом практиковали эту технику вывода из вихревого кольца. Я включил эту технику в руководство по обучению пилотированию вертолетов R22, R44 и R66. Пилоты могли видеть огромную разницу применения обеих техник и очевидное преимущество Техники Вучарда из-за малой потери высоты и быстрого восстановления летных характеристик вертолета.

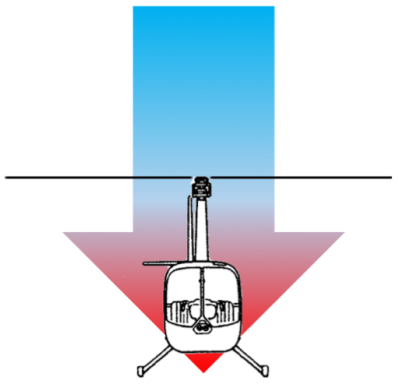
Одной из распространенных ошибок, которую допускают пилоты при выполнении техники Вучарда, является некоординированное действие левой педалью при поднятом общем шаге, в результате чего вертолет начинает рыскать вправо. Необходимо помнить, что тяга хвостового винта позволяет сдвинуть вертолет вправо для выхода из вихревого кольца.



ЦЕЛЬ: ПЕРЕМЕСТИТЬ НАБЕГАЮЩУЮ ЛОПАСТЬ В ВОСХОДЯЩИЙ ПОТОК ВОЗДУХА





ПОТЕРЯ ВЫСОТЫ: ОТ 5 ДО 15 МЕТРОВ

Поэтому левая педаль имеет очень важное значение. В процессе обучения Технике Вучарда я обнаружил, что намного проще для пилотов выполнять ее в такой последовательности: сначала отклонить циклический шаг вправо для создания крена 10-20 градусов, а затем одновременно поднять общий шаг и нажать на левую педаль, парируя разворот вертолета вправо. Выполнив эти два действия в такой последовательности, пилоту затем намного проще контролировать выход вертолета из состояния вихревого кольца.

Как и в случае тренировки классической техники вывода из вихревого кольца, я рекомендую тренировать Технику Вучарда на высотах не ниже 1000 футов. В целях демонстрации, я часто создаю высокую вертикальную скорость снижения для того, чтобы продемонстрировать эффективность Техники Вучарда.

Тем не менее, в реальной жизни именно раннее распознавание состояния вихревого кольца и мгновенная реакция на него являются ключом к минимальной потере высоты в процессе вывода вертолета из него. Как только пилот освоит технику вывода, он должен начинать вывод вертолета из вихревого кольца в то же мгновение, как распознает его.

Не менее интересным будет сравнение двух техник вывода из вихревого кольца в контексте выхода вертолета из этого состояния. Традиционно, при выводе вертолета из вихревого кольца обычной техникой, он выходит из этого состояния в состоянии нырка, подобно ныряльщику, из-за низко наклоненного носа вертолета и опущенному общему шагу, что провоцирует высокую вертикальную скорость снижения и большую потерю высоты. При этом, на протяжении всего времени, пока пилот корректирует положение вертолета, выводя его из глубокого тангажа, вертолет продолжает терять высоту. Техника Вучарда позволяет выводить вертолет из вихревого кольца на взлетной мощности и горизонтальном положении вертолета, что приводит к минимальной потере высоты.

Я убежден, что Техника Вучарда – это огромный скачок в повышении безопасности полетов вертолетов, который способен поднять ее на новый уровень. Необходимо обучать всех пилотов новой технике вывода вертолета из вихревого кольца, доводя эти действия до инстинктивных, и вырабатывать интуитивную реакцию на состояние вихревого кольца на всех этапах подготовки.

Очень важно также и для авиационных властей включить новую технику в базовую подготовку и требования к пилотам вертолетов.

Важно помнить, что вихревое кольцо – это один из трех особенных режимов работы ротора вертолета. В Технике Вучарда используется хвостовой винт и крен для перемещения вертолета из вихревого кольца в сторону.

Во избежание двусмысленности, необходимо разделить два термина: «просадка на мощности» (Settling with power) и «вихревое кольцо» (Vortex ring state). Это два разных термина, которые нельзя путать, и при описании этого состояния ротора несущего винта необходимо использовать именно термин «Вихревое кольцо».

## 4 СЕНТЯБРЯ 2014 ГОДА

04 сентября 2014 года, днем, в простых метеорологических условиях, при выполнении посадки в аэропорту г. Геленджик Краснодарского края потерпел катастрофу вертолет Ми-8Т RA-24255, пилотируемый экипажем ОАО НПК «ПАНХ».

В результате авиационного происшествия экипаж погиб, воздушное судно полностью разрушено и частично сгорело. На земле жертв и разрушений нет.

Причиной авиационного происшествия явилось попадание ВС в режим «вихревого кольца» при выполнении посадки по-вертолетному без использования влияния «воздушной подушки». Попыток вывода из данного режима методом, указанным в РЛЭ вертолета Ми-8Т, экипаж не предпринимал.

Попадание в режим «вихревого кольца» обусловлено ошибкой КВС при выполнении предпосадочного маневра (полет «хвостом вперед» на скорости до 40 км/ч), описание выполнения которого в РЛЭ вертолета отсутствует и экипажем не отрабатывалось.

Согласно п.п. 6.22.1 - 6.22.2. РЛЭ вертолета Ми-8:

*«Попадание вертолета в режим "вихревого кольца" возможно при пилотировании вертолета на скоростях полета менее 40 км/ч с вертикальными скоростями снижения более 4 м/с. Режим "вихревого кольца" характерен самопроизвольным увеличением вертикальной скорости снижения до 14...16 м/с с появлением тряски и бросков вертолета, ухудшением эффективности управления и неустойчивой работой указателей скорости и вариометров».*

*Для вывода вертолета из режима «вихревого кольца» необходимо:*

- *отклонением ручки управления от себя создать угол тангажа -5...-10о для разгона поступательной скорости;*
- *после достижения поступательной скорости по*



*прибору 60...80 км/ч плавно увеличить общий шаг несущего винта и перевести вертолет в горизонтальный полет.*

*Примечание: потеря высоты при таком методе вывода вертолета из режима «вихревого кольца» в горизонтальный полет составляет 20... 200 м и зависит от значения исходной поступательной скорости в момент входа вертолета в режим «вихревого кольца», времени, прошедшего с момента входа вертолета в режим «вихревого кольца» до начала вывода из этого режима, и темпа разгона поступательной скорости».*

*Анализ параметрической информации показывает, что экипаж не предпринимал попыток вывода вертолета из «вихревого кольца» указанным в РЛЭ вертолета методом.*

Столкновение вертолета с землей произошло в 11:27:04 с вертикальной скоростью снижения 5.5...6 м/с, углом тангажа +6°, без крена и поступательной скорости. При приземлении с повышенной вертикальной скоростью произошло разрушение хвостовой балки вертолета, правой опоры шасси и правого подвесного топливного бака, что привело к распылению топлива и возникновению пожара.

## ВЫВОДЫ

- Выполнение вертикальной посадки с высоты 100 м, указанной КВС в программе демонстрационного полета, согласно п. 4.5.2.1 РЛЭ вертолета Ми-8 разрешается только в случае невозможности снижения с поступательной скоростью из-за наличия препятствий или при специальном применении





вертолета. В данном случае необходимости в ее выполнении не было. Заключением Комитета по полетам экипаж был допущен к полетам на авиашоу в соответствии с представленной командиром ВС программой, предусматривавшей выполнение «вертикальной посадки со 100 м», без учета положений п. 4.5.2.1 РЛЭ Ми-8Т.

- РЛЭ вертолета Ми-8Т не содержит запрещения выполнения полета хвостом вперед и ограничений по его выполнению. В то же время, в РЛЭ не раскрываются особенности поведения вертолета при выполнении таких полетов, отсутствуют какие-либо предупреждения и рекомендации по технике пилотирования. Таким образом, выполнение этого сложного элемента полета в Руководстве не регламентировано и не описано, данный элемент полета экипажами не отрабатывается, пилоты не знают порядок и особенности его выполнения.

- Уменьшение шага НВ, предпринятое командиром ВС с целью предотвращения набора высоты в процессе полета хвостом вперед, привело к возникновению «дефицита» шага НВ порядка 3° (по сравнению с величиной, необходимой для режима висения вертолета) и вызвало избыточное дросселирование двигателей.
- Интенсивный темп изменения тангажа вертолета на пикирование с целью торможения и резкое гашение скорости до околонулевых значений привели, в силу указанного «дефицита» шага, к возникновению недостатка тяги винта при переходе в режим висения и началу снижения вертолета. Расчеты показали, что за счет значительного отрицательного угла тангажа в этот момент составляющая скорости воздушного потока, нормальная плоскости НВ, достигала -4 м/с.
- Увеличение командиром ВС общего шага НВ из-за низкой приемистости двигателей вызвало уменьшение оборотов НВ и интенсивный рост вертикальной скорости снижения до величины, значительно превышающей рекомендованные РЛЭ вертолета Ми-8 значения. Параметры движения ВС указывают на его попадания в режим «вихревого кольца».
- Полеты на каждом типе вертолета (всего 5 типов) КВС выполнялись с достаточно большими перерывами, что могло отрицательно сказаться на качестве техники пилотирования, тем более, что каждый тип вертолета имеет свои конструктивные и аэродинамические особенности.
- Согласно выводам специалистов МВЗ им. М.Л.Миля, сделанным по результатам анализа проведенного моделирования, наиболее вероятной предпосылкой к неконтролируемому увеличению вертикальной скорости, приведшему в конечном итоге к попаданию вертолета в режим "вихревого кольца", является «чрезмерно интенсивное перемещение вертолета назад и последующее интенсивное торможение с резким изменением угла тангажа на пикирование».

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Причиной авиационного происшествия явилось попадание ВС в режим «вихревого кольца» при выполнении посадки по-вертолетному без использования влияния «воздушной подушки». Попыток вывода из данного режима методом, указанным в РЛЭ вертолета Ми-8Т, экипаж не предпринимал.

Попадание в режим «вихревого кольца» обусловлено ошибкой КВС при выполнении предпосадочного маневра (полет «хвостом вперед» на скорости до 40 км/ч), описание выполнения которого в РЛЭ вертолета отсутствует и экипажем не отрабатывалось.

## ПРИ ПОДГОТОВКЕ ВЫПУСКА БЫЛИ ИСПОЛЬЗОВАНЫ МАТЕРИАЛЫ ИЗ СЛЕДУЮЩИХ ИСТОЧНИКОВ


- http://www.youtube.com
- http://www.airliners.net
- http://www.panh.ru
- http://www.robinsonheli.com
- http://mak-iac.org
- http://www.wikiwand.com
- http://www.gov.uk