МЕЖДУНАРОДНОЕ
КОНСУЛЬТАТИВНО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ
АГЕНТСТВО «БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ»

ФАКТЫ АНАЛИЗЫ РАССЛЕДОВАНИЯ (ВЕРТОЛЕТЫ)

ТЕМА ВЫПУСКА:
ПОТЕРЯ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ
ЧАСТЬ 2.

ВЫПУСК № 28
ДЕКАБРЬ 2015

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

Уважаемые коллеги!

В этом выпуске мы продолжаем рассматривать авиационные происшествия с вертолетами, связанные с потерей мощности двигателя. Одно из событий проанализировано.



Одно из событий проанализировано.

С уважением,
МКАА «Безопасность полетов».

ФАКТЫ

18 МАРТА 1994 ГОДА



В районе Голден (Канада) произошло авиационное происшествие с вертолетом Aerospatiale AS 350B, регистрационные знаки C-GAHG. Во время выполнения полета по маршруту произошла частичная потеря мощности двигателя. КВС предпринял аварийное снижение, в момент захода на посадку на поляну вертолет задел несущим винтом деревья и столкнулся с землей. Пилот и двое из четырех пассажиров получили серьезные травмы.

18 ОКТЯБРЯ 2004 ГОДА



В районе Пурш-Пурш (Сахалинская область) произошло авиационное происшествие с вертолетом Ми-2, регистрационные знаки RA-23200.

По объяснительной командира вертолета при заходе на посадку, при осмотре площадки на высоте примерно 15 метров произошёл хлопок в районе силовой установки и начала резко возрастать вертикальная скорость снижения с падением оборотов несущего винта до 80%.

Вертолёт приземлился за 40 метров до посадочной площадки в русло протоки, опрокинулся на правый борт и загорелся. Командир воздушного судна не пострадал.

По заключению комиссии по расследованию данного авиационного происшествия причиной аварии явилась частичная потеря мощности левого двигателя при выполнении посадки на площадку, подобранную с воздуха.

Малые высота и скорость полета, на которых произошла потеря мощности левого двигателя, обусловили для пилота дефицит времени для маневра. Вертолет приземлился до посадочной площадки в русло протоки, опрокинулся на правый борт и загорелся.

Наиболее вероятной причиной потери мощности левого двигателя явился отказ агрегатов его топливной автоматики. Установить характер отказа не представилось возможным в связи с тем, что все агрегаты топливной автоматики двигателя получили значительные вторичные повреждения при пожаре.

04 АВГУСТА 2013 ГОДА

В районе Белла Кула (Канада) произошло авиационное происшествие с вертолетом Ка-32 авиакомпании «VIH Helicopters», регистрационные знаки C-GKHL.

Детальная информация в отношении этого события приведена далее, в разделе «Расследования».



16 АВГУСТА 2015 ГОДА

В районе н.п. Кучаны (Кировская область) произошло авиационное происшествие с вертолетом Ми-2, регистрационные знаки RA-15757.



В результате потери мощности одного из двигателей на этапе гашения скорости произошла просадка вертолета с грубым приземлением на правую стойку шасси с касанием земли лопастями несущего винта и разрушением правой стойки.

Жертв и пострадавших нет. Во время полета на борту вертолета находился один пилот.

АНАЛИЗЫ

БЕЗО ЛЬДА, ПОЖАЛУЙСТА!

Обледенение карбюратора считается одной из возможных причин серьёзных аварий на вертолётах с поршневым двигателем. Данный факт требует тщательного изучения во избежание риска потери мощности или даже полной остановки двигателя. Поскольку обледенение карбюратора – естественный и, в некоторой степени, неизбежный процесс, пилоты и операторы по-прежнему не понимают, как и по какой причине это происходит.

Более того, они не реагируют должным образом, когда это случается. Не доказано, что обледенение карбюратора само по себе служит основной причиной аварий (улика успевает растаять до прибытия экспертов), однако имеются косвенные доказательства того, что обледенение вызвало несколько аварий, произошедших недавно, причём некоторые из них привели к человеческим жертвам.

Совершенно необходимо, чтобы пилоты понимали, как образуется наледь. Также эта информация пригодится пилотам самолётов, которые проходят переподготовку для управления вертолётом, поскольку их знания об этом явлении неприменимы к данным условиям.

Большая часть данных об обледенении поплавковых карбюраторов, имеющихся у современных пилотов, касается поршневых двигателей, установленных на аэропланах (с неподвижным крылом).

Хотя причины схожи, последствия могут быть гораздо более серьёзными. Воздушные суда с неподвижным крылом имеют преимущество: поток воздуха движется через пропеллер, что предотвращает остановку двигателя.

Вертолёт же имеет муфту свободного хода, которая отсоединяет двигатель, а потеря мощности может привести к опасному снижению числа оборотов несущего винта (см. Уведомление о безопасности № 24 компании «Робинсон Хеликоптерс Кампани»).

Опыт расследования причин аварий показывает, что обледенение карбюратора спровоцировало уже не одну аварию на вертолётах.

При определённых атмосферных условиях, когда относительная влажность превышает 50%, а температура находится в промежутке от -6 C до +32 C, возможно образование льда в системе всасывания воздуха, причём даже в летнее время. Однако наиболее вероятным обледенение становится при температуре от -1 C до +15 C.

ЗОНЫ ОБЛЕДЕНЕНИЯ В КАРБЮРАТОРЕ

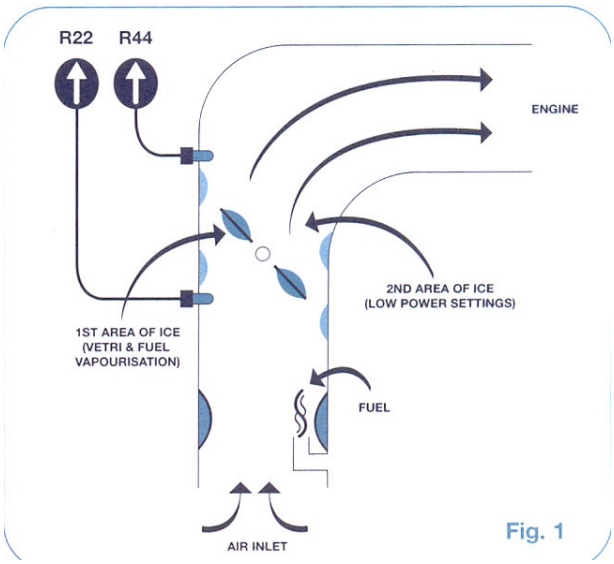


Fig. 1

Карбюратор имеет две зоны обледенения, которые причиняют изрядные неудобства пилотам: (Рис.1)

1-я зона обледенения: диффузор; вызвано испарением топлива.

2-я зона – область обледенения: дроссельная заслонка карбюратора.

Первая зона находится выше дроссельного клапана: воздух на высокой скорости проходит через диффузор карбюратора, при этом тепло воздуха поглощается для испарения топлива, что вызывает обледенение. Вы сами можете это ощутить, если нанесёте на тыльную сторону ладони лосьон после бритья или туалетную воду – по мере испарения летучих веществ вы почувствуете, как поверхность кожи остывает, поскольку тепло было поглощено. В смесительной камере температура падает, становясь на 20-30С ниже, чем температуре всасываемого воздуха (см.Рис.1).

Вторая зона находится ниже дроссельной заслонки, и здесь обледенение вызвано резким падение давления при закрытии клапана, что провоцирует резкое падение температуры при снижении пилотом отбора мощности (см.Рис.1). Ключевое слово здесь - «влага». Если воздух, поступающий в карбюратор, очень влажный, процесс охлаждения может вызвать выделение жидкости из воздуха в виде льда, как правило, в зоне дроссельной заслонки. Лёд может скопиться в таком объёме, что это приведёт к снижению отбора мощности, а если не будет принято мер по устранению данной ситуации, это вызовет остановку двигателя и опасное снижение числа оборотов несущего винта.

СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ПИЛОТА

Во избежание обледенения карбюратора, все установки с поршневыми двигателями оснащены системой обогрева для предварительного подогрева воздуха, поступающего в карбюратор (подогрев карбюратора). Таким образом, вырабатывается достаточное количество тепла для возмещения его потери в процессе прохождения через диффузор и испарения топлива, а температура в карбюраторе не опускается до или ниже точки замерзания воды. Данные системы подогрева карбюратора представляют собой, главным образом, воздухозаборник, трубку или кожух, через которые проходит выхлопной патрубок одного или более цилиндров. Воздух подогревается выхлопной системой и направляется в карбюратор через корпус воздушного фильтра. Пилот полностью контролирует данный процесс и на пульте управления в кабине может выбрать режим «холодный», «частично подогретый» или «горячий». В большинстве подобных систем для вертолётов имеются фильтры для воздуха, поступающего в карбюратор.

Одним из основных отличий систем подогрева карбюратора в вертолётах и самолётах является то, что в вертолётах есть опция «частичного» подогрева, в то время как в самолётах воздух, подаваемый в карбюратор, может быть только холодным или горячим.

Вертолёты оснащены датчиком температуры в кабине (CAT), который позволяет контролировать температуру воздуха внутри карбюратора. Это необходимо потому, что неконтролируемый частичный подогрев воздуха в карбюраторе может стать причиной обледенения, особенно если в поступающем воздухе имеется влага в виде кристаллов льда, которые могут беспрепятственно попасть в систему всасывания (температура воздуха -10 С или ниже).

Частичный подогрев растапливает эти кристаллы льда, и жидкость затем вновь замерзает, образуя корочку на дроссельной заслонке.

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ ПИЛОТА ВЕРТОЛЁТА

Как правило, в руководствах по эксплуатации систем подогрева для карбюраторов говорится, что во время взлёта должна быть выбрана опция «холодный», поскольку возможность обледенения открытых отверстий дроссельных клапанов крайне мала, настолько, что ею можно пренебречь.

Это применимо к воздушным судам с неподвижным крылом, которые производят взлёт в режиме максимального газа, но как насчёт вертолётов, оснащённых двигателями с пониженной тягой? (См.Рис.2)

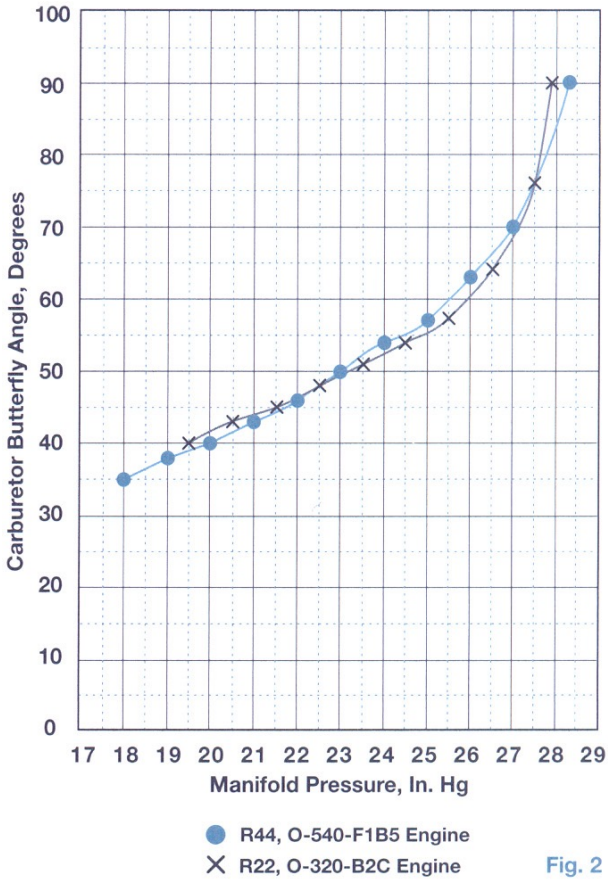


Fig. 2

Вертолёты «Robinson R22» и «R44» имеют деформированные двигатели, а это значит, что при взлёте клапаны открываются лишь частично. Поэтому обледенение может произойти в процессе взлёта. (См. Рис.2, 3 и 4, а также Уведомление о безопасности № 25 компании «Робинсон Хеликоптерс Кампани»). Будучи пилотом вертолёта, необходимо осознавать, что одним из главных элементов управления является контроль скорости вращения винта.

Двигатели производства «Lycoming» «Robinson R22» и «R44 Astro/Raven» оснащены поплавковым карбюратором. Всасываемый воздух поступает в воздухозаборник с правой стороны воздушного судна и проходит по гибкому каналу в воздушную камеру. Ковшеобразный воздухозаборник направляет подогретый воздух в воздушную камеру.

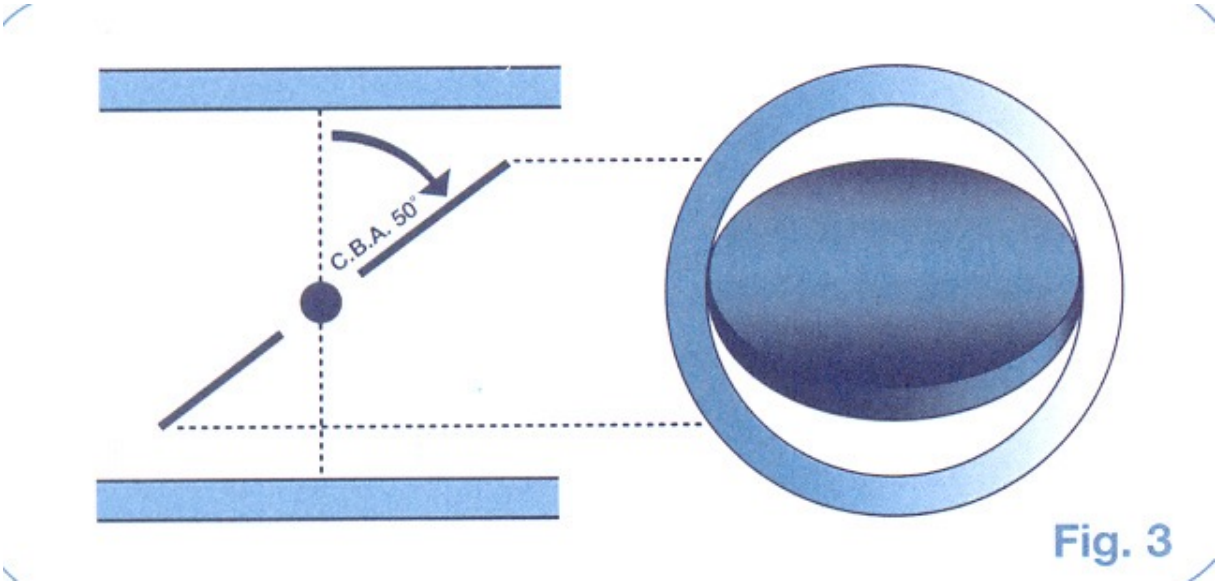


Fig. 3

Задвижная заслонка, регулируемая пилотом, открывает доступ в воздушную камеру для прохладного или тёплого воздуха, который проходит через воздушный фильтр и поступает в карбюратор. Температурный датчик, встроенный в карбюратор (в «R22» в верхней части, в «R44» - в нижней) и соединённый с датчиком в кабине пилота, позволяет контролировать температуру воздуха, проходящего через карбюратор (См. рис.1).

Двигатели производства «Lycoming», установленные на «Robinson R22», предрасположены к образованию наледи, в связи с чем необходимо иметь чёткое представление о том, как это происходит, когда и почему это случается.

КАК:

При недостаточном прогреве воздуха, поступающего в карбюратор, лёд будет образовываться выше дроссельного клапана (см.рис.1). Поскольку лёд препятствует процессу образования смеси, скорость вращения двигателя снижается, что приводит к перебоям в работе и к его полной остановке.

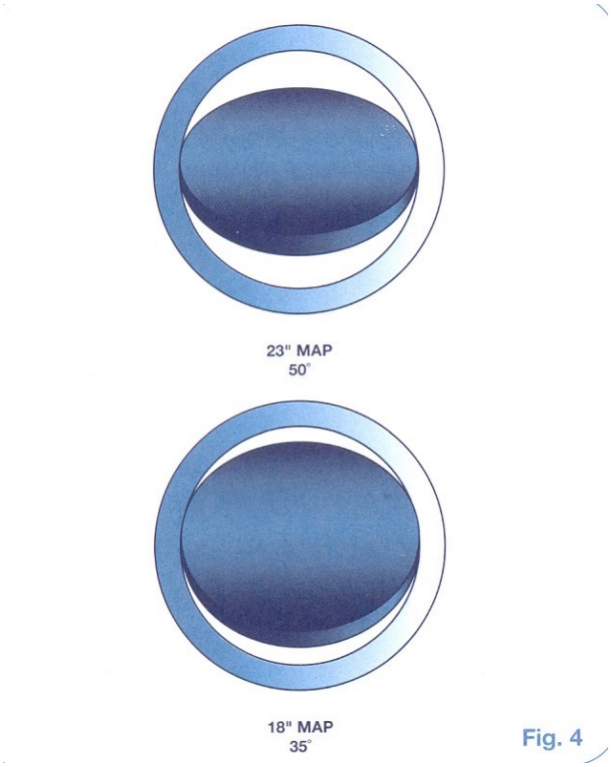


Fig. 4

Внимательный пилот должен предусмотреть возможность обледенения и подключить подогрев до образования льда. Однако, если наледь всё же образовалась, подогрев (в полном режиме) необходим для растапливания льда. Если до того, как вы включили полный прогрев воздуха, двигатель работал с перебоями, ситуация сначала ухудшится, а затем выправится. Горячий воздух растопит лёд, и вода проникнет во всасывающую систему, из-за чего в

течение нескольких секунд будут наблюдаться ещё более значительные сбои в работе двигателя. Поэтому, если пилот не до конца понимает происходящее, вследствие стресса и растерянности он может выключить подогрев, что приведёт к обледенению двигателя.

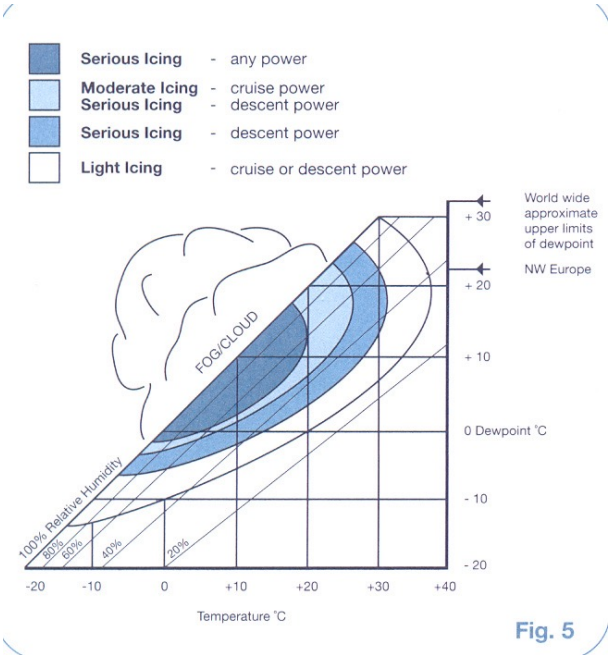


Fig. 5

Данная ситуация является весьма стрессовой, и вы можете непреднамеренно вручную преодолеть действие системы регулятора оборотов, когда клапан будет зажат «мёртвой хваткой» и не сможет поддерживать необходимую скорость вращения.

Иными словами, даже при включённой системе регулирования оборотов низкая скорость вращения несущего винта может иметь место. Насколько же хороша ваша техника преодоления низкой скорости вращения?

КОГДА:

Работая в зонах умеренного климата, вы в любое время года можете оказаться в таких погодных условиях, которые могут спровоцировать обледенение.

Например, в Великобритании средняя влажность воздуха составляет 65%, а температура варьируется в пределах от -6С до +32С. Чем ближе температура точки росы к температуре воздуха снаружи, тем вероятнее наступит обледенение.

ПОЧЕМУ:

Как уже было сказано, влажность, содержащаяся в воздухе, может образовать ледяную корку на дроссельном клапане и вокруг него, препятствуя созданию смеси из воздуха и испаряемого топлива, что может привести к остановке двигателя.

КАК ПРЕДОТВРАТИТЬ

Наземная проверка

Убедитесь в том, что датчик температуры воздуха в карбюраторе показывает достоверные данные (это возможно только при холодном двигателе), и, если они ошибочны, вы должны будете учитывать это и высчитывать точные показатели. Узнайте соотношение температуры точки росы с внешней температурой, тогда вам не придётся проводить визуальную проверку, выглядывая из окна.

Подготовка к взлёту

Во время предвзлётной проверки убедитесь в отсутствии обледенения. Внимание: во время проверки регулятор оборотов должен быть выключен, поэтому его требуется включить, согласно лётному руководству для пилотов, т.е. в режиме ниже 80% скорости вращения, перед завершением проверки.

Проверка подогрева карбюратора на земле во время подготовки к взлёту должна включать следующие шаги:

- включите режим полного подогрева карбюратора и убедитесь в том, что температура воздуха в карбюраторе повысилась;
- проверьте скорость вращения: она должна снизиться и остаться на этом уровне, если нет обледенения. Если скорость вращения восстанавливается, т.е. вновь возрастает, это означает, что в карбюраторе образовался лёд, который только что был растоплен поступающим тёплым воздухом. Когда вы снова включите режим «холодного воздуха», скорость вращения возрастёт.

Режим зависания

После проверки точности датчиков включите подогрев, чтобы избежать обледенения. (Как минимум, 15С на датчике температуры для «R22». Стрелка должна слегка выходить за пределы жёлтой зоны в «R44 Astro/Raven I» или больше, если того требуют обстоятельства). Запомните – маловероятно, что вам придётся летать в условиях, когда обледенение не представляет угрозы. В режиме зависания не убирайте руку с рычага общего шага, чтобы иметь возможность регулировать подогрев карбюратора. Всегда сначала приземляйтесь, поскольку рычаг может упасть, вызывая аэроинерционное вращение, что приведёт к аварии. Такое уже случалось. Если ваш вертолёт какое-то время находился в режиме зависания над мокрой травой, в карбюраторе мог образоваться лёд. Приземлитесь и прочистите карбюратор, включив полный прогрев, прежде чем вылететь.

Набор высоты

Датчик должен показывать температуру, равную минимум 15С или более, если того требуют условия. Не забывайте, что двигатель вертолёта – дефорсированный, а это значит, что дроссельный клапан не будет открываться полностью, и, в отличие от самолётов, двигатель может обледенеть как во время взлёта, так и в процессе набора высоты. (См. Рис.4)

Крейсерский полёт

Во время крейсерского полёта следите за тем, чтобы обогрев был достаточным, и на датчике - минимум 15С или более, если того требуют условия. Если вы считаете нужным установить прогрев на полную мощность, сделайте это. Производитель двигателей «Lycoming» предупреждает, что полный прогрев не отразится на работе двигателя, если отбор мощности составляет около 75% расчётной мощности, а номинальная мощность вертолёта «R22» как раз равна 75% расчётной мощности двигателя. Если вы управляете «R22», имеющим вспомогательную систему подогрева, вам, скорее всего, придётся постоянно регулировать степень прогрева,

чтобы поддерживать необходимую температуру. При полёте в условиях, в которых возможно обледенение, пилота должна заботить не возможность преждевременного воспламенения или детонации из-за подогрева в режиме крейсерского полёта, а необходимость поддерживать работу двигателя независимо от того, сколько тепла для этого потребуется.

Внимание: В вышеописанных случаях, при управлении вертолётом «R44 Astro/Raven I», который имеет термодатчик, вам потребуется следить за тем, чтобы его стрелка лишь немного выходила за пределы жёлтого сектора.

Снижение

Прежде чем опустить рычаг общего шага, обязательно включите полный подогрев карбюратора примерно на 15-20 секунд. Если вы управляете вертолётами «R22» или «R44», которые оснащены системой подогрева карбюратора, вне зависимости от действий, предлагаемых системой, включите полный подогрев. На высоте 200 футов выберите автоматический режим подогрева. Карбюратор будет прогрет, и дроссельный клапан откроется, когда вы увеличите мощность, так что обледенения не произойдёт и на этом последнем отрезке. При переходе в зависание не убирайте руку с рычага общего шага. Если подогрев по-прежнему включён в полном режиме, доступная мощность будет на 13% меньше.

ЧТО ПРОИСХОДИТ ВО ВРЕМЯ ПОЛЁТА?

Когда происходит обледенение карбюратора, снижаются обороты, и происходит падение давления в впускном коллекторе. Лёд будет образовываться выше дроссельной заслонки из-за эффекта инжекции потока и испарения топлива. Вертолёт «R22» оснащён очень хорошей системой управления двигателем, которая отрегулирует количество оборотов посредством открытия клапана, из-за чего можно не заметить, что в карбюраторе скопился лёд (См. Уведомление о безопасности № 31 компании «Робинсон Хеликоптерс Кампани»). Вследствие этого, первым признаком обледенения, который заметит пилот, будут перебои в работе двигателя, что означает, что двигатель вскоре остановится совсем.

КАК ДОЛЖЕН ДЕЙСТВОВАТЬ ПИЛОТ?

Что если пилот всего лишь опустит рычаг шаг-газа? Дроссельная заслонка закроется под действием механизма управления дроссельной заслонкой, и лёд образуется ниже заслонки из-за снижения давления. Если учесть, что лёд уже образовался выше дроссельной заслонки, двигатель вот-вот остановится.

Что если пилот включит полный подогрев карбюратора и сразу опустит ручку шаг-газа? Что ж, двигатель сразу остановится!

Что если пилот увеличит коррекцию и опустит рычаг шаг-газа? Увеличение коррекции приведёт заслонку в правильное положение и не позволит механизму управления дроссельной заслонкой закрыть заслонку во время опускания рычага шаг-газа, что, в свою очередь, сохранит нужные обороты. Теперь можно включить полный подогрев карбюратора, и, если двигатель всё-таки остановится, шаг будет

небольшим, скорость вращения винта будет снижаться медленнее, и у Вас будет время для перехода в авторотацию.

ПОРЫВЫ ВЕТРА/ТУРБУЛЕНТНОСТЬ

Скорость вращения несущего винта подвержена воздействию порывов ветра и турбулентности. Скорость вращения возрастает при нагрузке на диск винта. Если вы упустили момент обледенения карбюратора, система управления двигателем, реагируя на возросшую нагрузку на диск, закроет клапан, чтобы компенсировать увеличение скорости вращения винта. Закрытие клапана плюс уже имеющийся лёд – блокировка и полная остановка двигателя.

Система управления двигателем измеряет параметры поведения летательного аппарата, поэтому, чем больше отклонение скорости вращения винта от установленной нормы, тем быстрее произойдёт реакция системы. Это значит, что дроссельная заслонка будет закрыта очень быстро.

СИСТЕМА ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОГРЕВА КАРБЮРАТОРА

Данная система была установлена во избежание обледенения карбюратора, однако она включает подогрев карбюратора тогда, когда пилот опускает рычаг, то есть слишком поздно.

Необходимо включать полный подогрев на 15-20 секунд до любого значительного снижения мощности, иначе это приведёт к остановке двигателя.

Данная система призвана помогать пилоту поддерживать установленный режим подогрева двигателя, однако бывает сложно приработать систему так, чтобы она реагировала на малейшие изменения: мощность меняется в процессе крейсерского полёта, и это может сбить настройки подогрева, установленные пилотом. Основным преимуществом этой системы является снижение нагрузки на пилота – она уменьшает степень подогрева карбюратора при увеличении мощности при завершении авторотации или снижения.

КАК ПРОГРЕВ КАРБЮРАТОРА ВЛИЯЕТ НА МОЩНОСТЬ

Включение полного подогрева карбюратора вызовет снижение мощности примерно на 13%. Эффективная мощность двигателя (в л.с.) проверяется при скорректированной стандартной температуре 15C. Есть один проверенный временем метод определения влияния подогрева на мощность: на каждые 4C, прибавляемые к стандартным 15C, происходит потеря мощности на 1%. Поскольку прогрев карбюратора, как правило, составляет 40C выше стандартной температуры, данный режим подогрева вызовет потерю мощности в размере 10%. К тому же, тёплый воздух менее плотный, и смесь получается более насыщенной, и в итоге потеря мощности приближается к 13% из-за подогрева.

РАССЛЕДОВАНИЯ

Мы приводим анализ ситуации, связанной с авиационным происшествием с вертолетом Ка-32, регистрационные знаки C-GKHL (см. раздел «Факты»):

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

4 августа 2013 года вертолет а/к VIH Helicopters Ltd. Ка-32А11ВС, регистрационные знаки C-GKHL, серийный номер 31594, выполнял полеты по пожаротушению с резервуаром для воды на внешней подвеске в районе Белла Кула (Британская Колумбия). Около 18.30 по тихоокеанскому летнему времени, сразу после забора воды из высокогорного озера произошел громкий удар, сопровождаемый воющим и скрежещущем звуком, возникла сильная вибрация. Второй пилот произвел сброс груза, в то время как КВС осуществлял аварийную посадку. Вибрация была настолько сильной, что экипаж не видел показаний приборов.

Вертолет совершил грубую посадку и опрокинулся на правую сторону. Членам экипажа, получившим при посадке незначительные травмы, удалось заглушить двигатели и покинуть вертолет.

Пожара не было. Аварийный радиомаяк активировался после касания земли на частоте 406 МГц.

Экипаж связался с компанией по спутниковому телефону и был эвакуирован другим вертолетом.





МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Метеоусловия в районе АП соответствовали минимумам для выполнения визуальных полетов: видимость неограниченная, облачность отсутствовала, западный ветер 8 м/с, температура +15С.

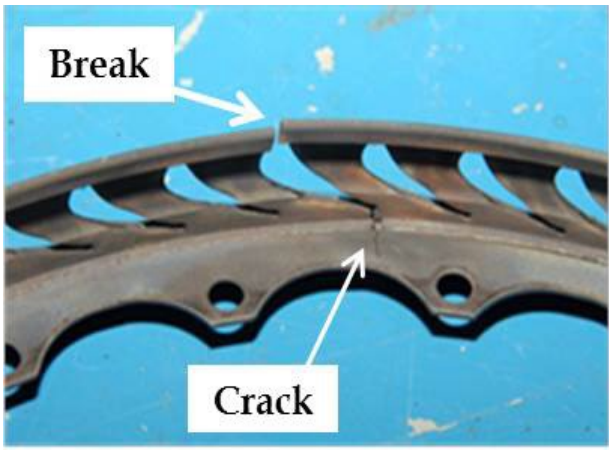
ИССЛЕДОВАНИЕ ОТКАЗАВШЕГО ДВИГАТЕЛЯ

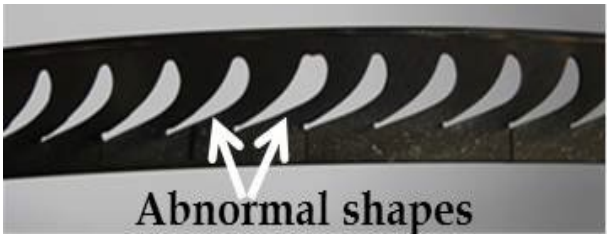
Первоначальный осмотр на месте АП выявил повреждения левого двигателя (№1), связанными с разрушением турбины до касания с землей. Дальнейшие лабораторные исследования подтвердили поломки деталей турбины двигателя №1.

Лопатки турбины были сломаны, некоторые из них были сломаны у основания, что вызвало потерю мощности двигателя и вибрацию.

Были выявлены разлом на внешнем радиусе крепежного кольца, и трещина на внутренней его части.

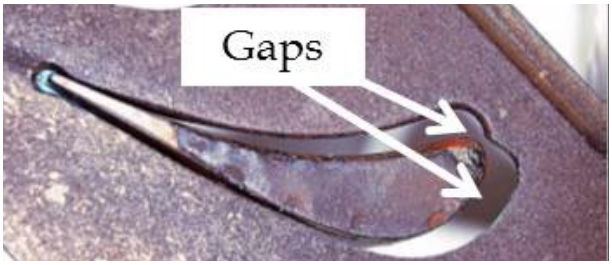
Также, в крепежном кольце были обнаружены отверстия аномальной формы, возникшие при его производстве.





Производственные дефекты в крепежном кольце и направляющей лопатке видны невооруженным взглядом,

Направляющие должны входить в отверстия кольца плотно и без видимых зазоров.



ПРИЧИНА АВИАЦИОННОГО ПРОИСШЕСТВИЯ

1. Отклонения от норм производства деталей секции турбины компрессора двигателя №1 привело поломке этих деталей, что вызвало потерю мощности двигателя.
2. Контроль качества при производстве и сборке секции турбины компрессора двигателя не обнаружил этих очевидных отклонений.
3. Сильная вибрация и нарушение контроля над управлением вертолетом вынудили экипаж произвести посадку на неровную поверхность, что привело к опрокидыванию воздушного судна.

ОБНАРУЖЕННЫЙ РИСК

Если ненадлежащий контроль качества при производстве и сборке деталей двигателей ТВ3-117 является систематическим, вертолеты с этими двигателями подвержены риску поломок, которые могут иметь последствия для ВС, экипажей и пассажиров.

МЕРОПРИЯТИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Рекомендации владельцу сертификата

Регулятор (Российский уполномоченный орган) издал исправленную директиву летной годности RU-2012-53-05R1 11 ноября 2013 года, в которой обязывает производителя двигателей ТВ3-117ВМА для вертолетов Ка-32, выполняющих работы с грузом на внешней подвеске, внести следующие изменения:

- К циклу двигателя должен применяться коэффициент 1,2 (это значит, что ресурс двигателя, измеряемый в циклах, будет выработан на 20% быстрее)
- По достижению наработки 750 часов после капитального ремонта детали «горячей секции» должны быть заменены. То же касается замены этих деталей при капитальном ремонте.

Рекомендации VIH Helicopters Ltd

- VIH Helicopters Ltd сделала обязательными и периодичными тренировки по сбрасыванию груза при полетах с внешней подвеской и увеличила их количество.
- Компания проводит тестовые испытания электронного устройства, облегчающего сброс груза при полетах на Ка-32.