

## Как предотвратить выход из строя выпускного клапана

---

Своевременный осмотр может помочь вам предотвратить дорогостоящую поломку выпускного клапана.

---

В прошлой главе мы обсуждали, как выходят из строя выпускные клапаны. Теперь давайте посмотрим, как мы можем это предотвратить, отслеживая состояние выпускных клапанов, обнаруживая зарождающиеся проблемы с клапанами и устраняя их до того, как произойдет отказ в полете.

Моя «ситуация» с выпускным клапаном, описанная в предыдущей главе, произошла в те старые добрые времена, когда у нас еще не было современных инструментов мониторинга двигателя. В частности, спектрографического анализа масла, проверки с помощью бороскопа и цифрового монитора параметров двигателя. В настоящее время подобную поломку в полете действительно нельзя ничем оправдать, потому что сегодня у нас есть технологии, позволяющая обнаруживать эти проблемы на ранних стадиях. Если сегодня произойдет подобная ситуация, значит, пилот просто не уделял должного внимания своему самолету.



---

Этот недорогой бороскоп ViVidia VA-400 отлично подходит для проверки выпускных клапанов.

## Осмотр с помощью бороскопа

На мой взгляд, регулярные проверки с помощью бороскопа — это первое, что помогает нам следить за состоянием наших клапанов. Бороскоп представляет собой оптический зонд или субминиатюрную цифровую камеру, которая может быть вставлена через отверстие для свечи зажигания. Он используется для визуального осмотра камеры сгорания, в том числе клапанов, головки цилиндра, корпуса цилиндра и головки поршня.



Обратите внимание на симметричный внешний вид выпускного клапана (слева), показывающий, что клапан работает нормально.

мишени. Это говорит о том, что этот клапан работает при одинаковой температуре по всей окружности своей поверхности, без перегретых участков. Именно так и должен выглядеть исправный выпускной клапан.

Сравните его с другим выпускным клапаном. Посмотрите на сильно асимметричный рисунок нагара от выхлопных газов на лицевой стороне этого клапана. Цилиндр работал довольно интенсивно, что привело к образованию толстого слоя нагара по большей части окружности торца клапана. Но левый участок клапана перегрет настолько, что в этой области сгорел почти весь нагар. Этот клапан в очень плохом состоянии и вышел бы из строя через небольшое количество часов.

Проверка с помощью бороскопа

Бороскоп позволяет быстро, недорого и точно определить, нормально ли работает выпускной клапан или он начинает подгорать и залипать.

Вот изображение обычных клапанов в цилиндре Continental. Клапан поменьше (слева) — это выпускной клапан. Обратите внимание на то, как распределился нагар на лицевой стороне клапана. Нагара не так много, что указывает на то, что в этом цилиндре использовалась хорошая, бедная смесь полного сгорания. Что еще более важно, рисунок нагара почти идеально симметричен и похож на «яблочко»



Этот выпускной клапан сильно поврежден, и ему осталось недолго. Очевидно, левая часть сильно перегрета.

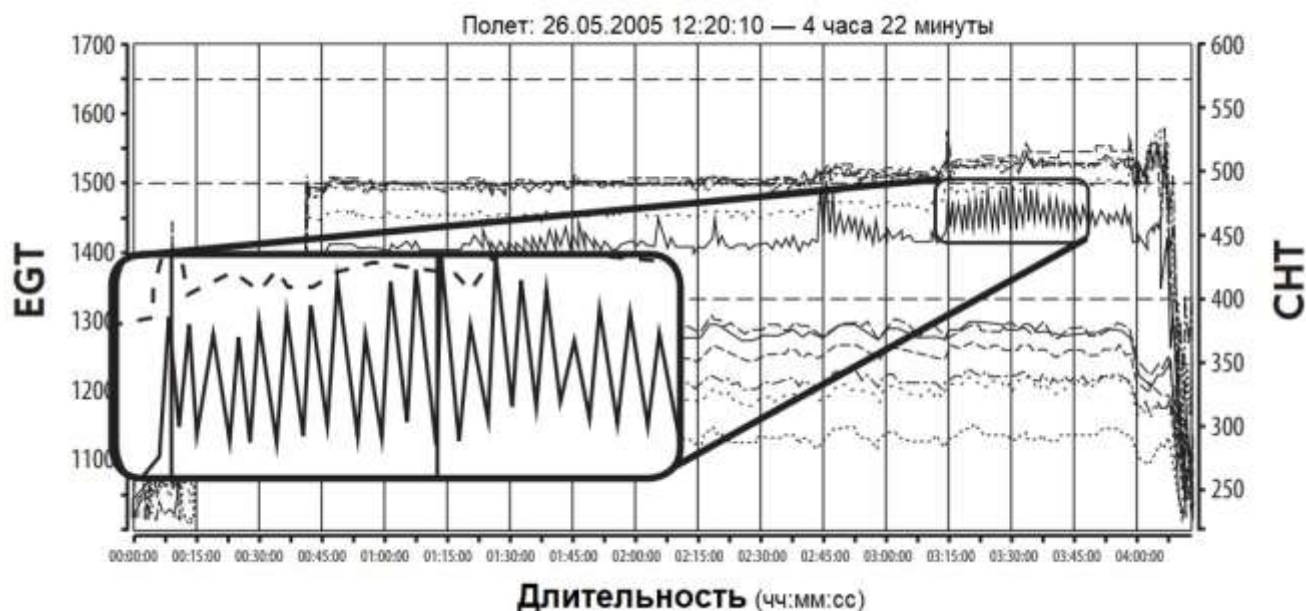
идеальна для оценки состояния выпускного клапана. В отличие от теста компрессии методом падения давления (который бессмыслен и ненадежен), бороскоп обеспечивает четкое и точное понимание того, исправен выпускной клапан или нет. Если клапан под бороскопом выглядит симметрично, все в порядке. Если внешний вид асимметричный (перекошенный), клапан неисправен и нуждается в замене. Все просто.

Единственная проблема с проверкой с помощью бороскопа заключается в том, что ее необходимо проводить регулярно и достаточно часто, чтобы точно обнаружить неисправный клапан до того, как он выйдет из строя в полете. Насколько часто? Мои исследования показывают, что хорошо обученный инспектор, как правило, может обнаружить перегретый участок на выпускном клапане за 100–200 часов до того, как клапан выйдет из строя в полете. Если вы проверяете свои цилиндры с интервалом в 100 часов и меньше, вы можете быть абсолютно уверены, что сгоревший выпускной клапан вы обнаружите прежде, чем он выйдет из строя в полете.

По счастливой случайности, 100 часов — это как раз тот интервал, через который необходимо проводить чистку, замену зазоров и откручивание свечей зажигания. Если верхний капот и верхние свечи зажигания сняты, то провести осмотр с помощью бороскопа не составит труда и займет не более получаса. На самом деле, каждый раз, когда свеча зажигания вынимается из цилиндра, не вставить бороскоп в отверстие и не провести осмотр — просто халатность.

## **Анализ монитора двигателя**

В наши дни все большая часть парка поршневых самолетов, включая большинство высокопроизводительных самолетов, оснащена цифровыми мониторами параметров двигателей, которые отображают и записывают данные EGT и СНТ для каждого цилиндра, а часто и множество других параметров. Цифровой монитор параметров двигателя должен стать вашим вторым подручным средством от неисправностей выпускных клапанов. Хотя он и близко не дает такого понимания состояния клапана, как бороскоп, его неоспоримое преимущество заключается в том, что он непрерывно контролирует работу двигателя.



Очень медленные, ритмичные колебания EGT (часто около одного цикла в минуту) являются уникальным признаком неисправности выпускного клапана.

Вставка: Цилиндр №5 EGT.

Посмотрите на этот график данных монитора двигателя и обратите внимание на ненормальные показания графика EGT для цилиндра №5 (вынесено). На первый взгляд может показаться, что это происходит из-за неисправного датчика или плохого сигнала. Но при ближайшем рассмотрении оказывается, что колебания EGT не быстрые и не случайные (как можно было бы ожидать от плохого датчика или соединения), а скорее очень медленные и почти идеально ритмичные. Как показано на вставке, EGT колеблется ровно 10 раз каждые 15 минут, и в общей сложности ровно 20 циклов за полчаса — чуть меньше одного цикла в минуту. Неисправный датчик или плохое соединение не могут так себя вести. На самом деле, есть только одна причина подобной аномалии: неисправный выпускной клапан.

В большинстве двигателей используется поворотный колпачок, установленный на конце штока выпускного клапана. Он заставляет клапан поворачиваться на долю градуса каждый раз, когда клапан циклически открывается и закрывается. Целью такого вращения является продление срока службы клапана за счет выравнивания тепловой нагрузки по окружности его торца и поддержания клапана и седла в чистоте и без нагара. Скорость вращения клапана зависит от оборотов двигателя и конструкции крышки вращателя. Для большинства двигателей Continental это около одного RPM при типичных крейсерских оборотах, что немного быстрее большинства двигателей Lycoming.

Следовательно, если вы заметили медленное, ритмичное изменение в графике EGT с частотой, как правило, порядка одного цикла в минуту, существует только одно

явление, которое это объясняет: утечка из выпускного клапана. Вашей реакцией на это должен быть скорейший осмотр поврежденного цилиндра, с помощью бороскопа. По всей вероятности, бороскоп покажет, что на выпускном клапане имеется перегретый участок, потребуется запрессовка седла клапана и нужно будет снять цилиндр для замены выпускного клапана и направляющей втулки.

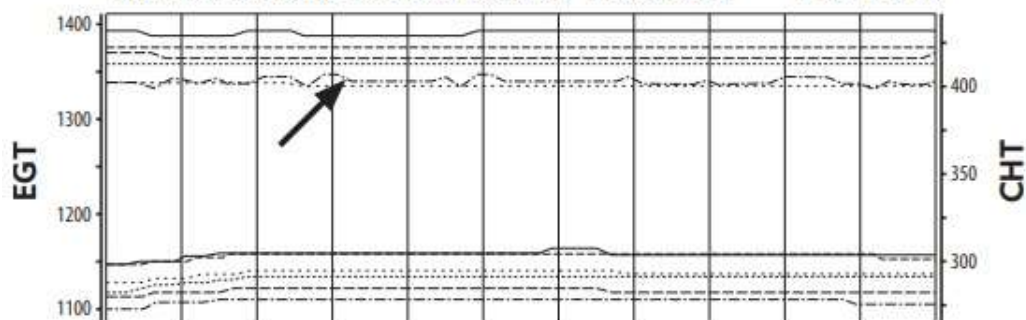
На следующей странице посмотрите на прогрессирующий износ выпускного клапана №2 в двигателе Continental IO-520 Bonanza в течение пяти месяцев. Обратите внимание, как изменение EGT становится все более очевидным, регулярным и ритмичным по мере износа выпускного клапана. Также обратите внимание на частоту: почти один цикл в минуту. Клапан буквально кричал о помощи. В конечном счете, владелец заметил проблему и вытащил цилиндр до того, как клапан вышел из строя в полете.

Монитор двигателя не даст и близко такого заблаговременного понимания о неисправности выпускного клапана, как бороскоп. Но мои исследования показывают, что он даст вам порядка 25 часов, прежде чем клапан выйдет из строя. При условии, что пилот внимателен и знает, на что обращать внимание.

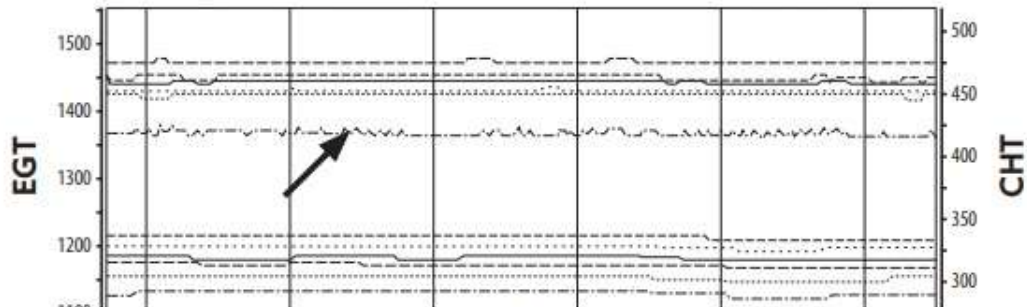
Обратите внимание, что эта характеристика EGT зависит от того факта, что выпускной клапан вращается во время работы двигателя. В некоторых двигателях не используются поворотные колпачки (особенно в двигателях Lycoming с выпускными клапанами с твердым штоком); кроме того, определенные режимы отказа (например, заклинивание клапанов) могут препятствовать вращению клапана. Следовательно, медленное ритмичное изменение EGT может присутствовать не во всех сценариях отказа выпускного клапана, но оно будет присутствовать в большинстве из них.



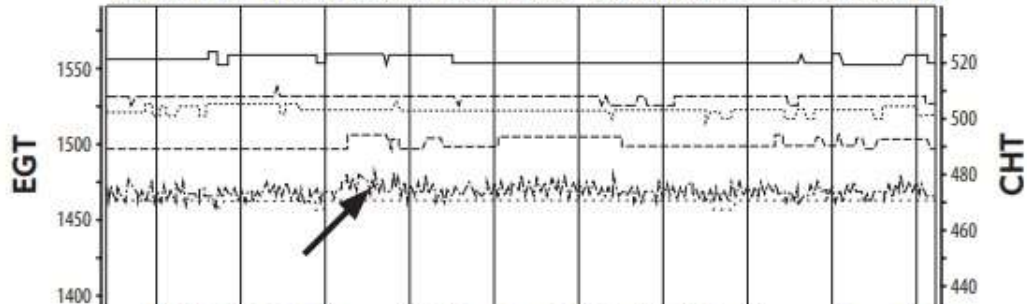
N42MM: Полет: 09.04.2005 16:31:04 — 1 ч. 16 м.



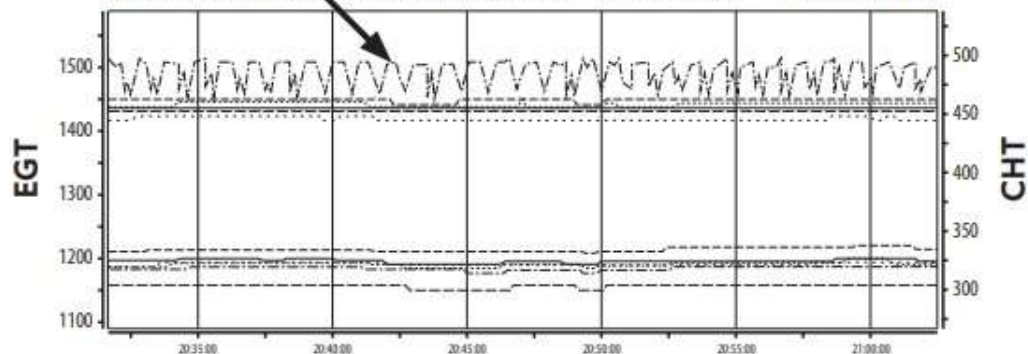
N42MM: Полет: 05.06.2005 13:07:40 — 2 ч. 22 м.



N42MM: Полет: 28.07.2005 18:08:04 — 3 ч. 36 м.

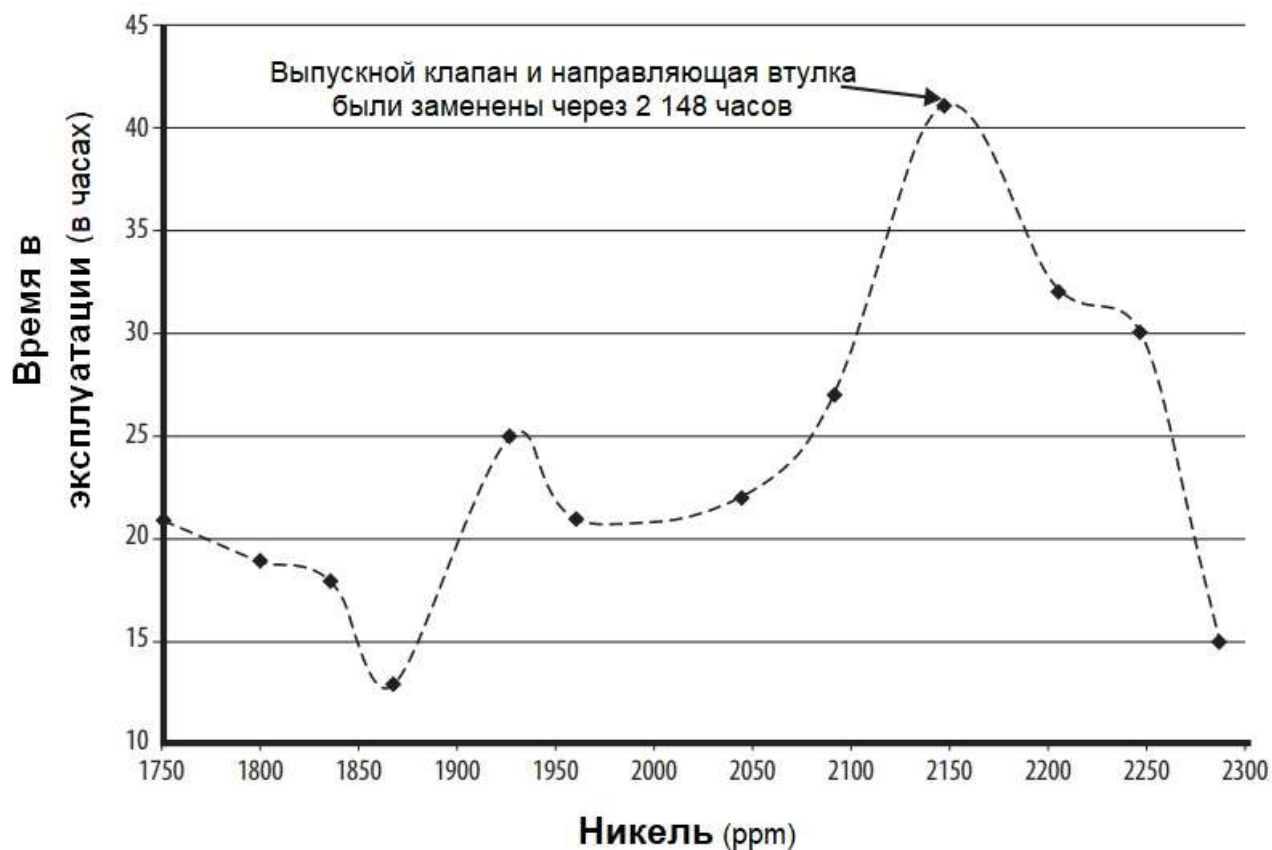


N42MM: Полет: 07.08.2005 17:15:44 — 5 ч. 13 м.



**Длительность (чч:мм:сс)**

Последовательное снижение показывает прогрессирующий износ выпускного клапана №2 в течение пяти месяцев. Обратите внимание на ритмичное изменение EGT с точностью до почти одного цикла в минуту.



Анализ масла показал повышенное содержание никеля (материал направляющей втулки) задолго до того, как неисправность выпускного клапана была обнаружена другим способом.

## Анализ масла

Третьим средством защиты от выхода из строя выпускного клапана является спектрографический анализ масла. Мы видели, что выход из строя выпускного клапана обычно вызван ускоренным износом направляющих втулок клапана. Они изготовлены из сплава с высоким содержанием никеля, поэтому ускоренный износ направляющих обычно проявляется при анализе масла в виде повышенного содержания никеля.

На графике выше показаны показатели расхода никеля в левом двигателе моей Cessna 310 за 550 часов работы. Этот двигатель стандартно «производил» около 14 ppm (частей на миллион; миллионная доля) в течение первых 1500 часов после капитального ремонта, что в целом нормально для шестицилиндрового двигателя Continental. Затем показания никеля начали вести себя странно, то падая, то поднимаясь на 20 единиц. Что говорило об ускоренном износе направляющей втулки выпускного клапана.

К сожалению, анализ масла не позволяет определить, какой цилиндр является виновником неисправности. Но растущие показатели содержания никеля предупредили меня о том, скорее всего, в ближайшем будущем выпускной клапан выйдет из строя. Следовательно, я начал внимательно следить за монитором двигателя и стал чаще

осматривать его с бороскопом. В конце концов, было обнаружено, что на выпускном клапане №3 образуется перегретый участок. Через 2 148 часов с момента капитального ремонта цилиндр №3 вышел из строя, после этого выпускной клапан и направляющая были заменены. Затем содержание никеля начало снижаться когда новый клапан и направляющая прирабатывались, и после нескольких замен масла оно снова упало до нормальных 15 ppm.

С помощью анализа масла, данных монитора параметра двигателя и регулярных проверок с помощью бороскопа, неисправность выпускного клапана можно обнаружить задолго до того, как клапан выйдет из строя. В наши дни действительно допущение подобной ситуации, что случилась со мной почти 20 лет назад нельзя ничем оправдать. Ведь сегодня у нас есть все средства, позволяющие предупреждать и устранять эти неполадки.