

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Ступаков Валерий Яковлевич

кандидат педагогических наук,

Ростовский филиал Московского государственного
технического университета гражданской авиации

petrov55harov@mail.ru

AN INTEGRATED APPROACH TO IMPROVING THE EFFICIENCY OF AIRCRAFT CONTROL SYSTEMS

V. Stupakov

Summary: The problems of reducing the accident rate of air transport in modern realities are very relevant both at the national level of states and at the level of aircraft operating organizations. The existing operating conditions of aircraft suggest the need for effective and efficient mechanisms for monitoring and controlling the aircraft during operation. However, practice shows that despite the availability of standards and rules of manufacturers, many accidents occur due to operational problems associated with the ignorance of aircraft crews of the causes of failures in the aircraft control system, and as a consequence, the choice of the wrong mechanism to stabilize the situation during the flight. In the article, the author concludes that the inability of the aircraft crew to recognize erroneous readings of on-board instruments in a timely manner and respond to them is the most common cause of loss of control over the aircraft control system. Within the framework of the study, the author proposed a comprehensive approach aimed at improving the efficiency of aircraft control systems, which is based on a mechanism for timely response of the aircraft crew to failures in the aircraft control system during flight due to procedures for monitoring the readings of aircraft control systems and timely recognition of unreliable readings, rechecking the unreliability of instruments and stabilizing the situation.

Keywords: aircraft, Pitot tubes, air flow velocity, aircraft control system, aircraft crew.

Аннотация: Проблемы снижения аварийности воздушного транспорта в современных реалиях являются весьма актуальными как на национальном уровне государств, так и на уровне организаций-эксплуатантов воздушных судов. Существующие условия эксплуатации воздушных судов предполагают необходимость наличия эффективных и действенных механизмов контроля и управления воздушным судном в процессе эксплуатации. Однако практика показывает, что несмотря на наличие стандартов и правил заводов-изготовителей, многие несчастные случаи происходят из-за проблем эксплуатации, связанных с незнанием экипажами воздушных судов причин сбоев в системе управления воздушным судном, и как следствие, выбором неправильного механизма стабилизации ситуации во время полета. В статье автором делается вывод о том, что неспособность экипажа воздушного судна своевременно распознать ошибочные показания бортовых приборов и отреагировать на них является наиболее частой причиной потери контроля над системой управления воздушным судном. В рамках исследования автором предложен комплексный подход, ориентированный на повышение эффективности систем управления воздушным судном, в основу которого заложен механизм своевременного реагирования экипажа воздушного судна на сбой в системе управления во время полета за счет процедур контроля показаний систем управления воздушным судном и своевременного распознавания ненадежных показаний, перепроверки ненадежности работы приборов и стабилизации ситуации.

Ключевые слова: воздушное судно, трубки Пито, скорость воздушного потока, система управления воздушным судном, экипаж воздушного судна.

Специфика условий эксплуатации воздушных судов, характеризующаяся наличием очень высоких и очень низких температур, высоким давлением, присутствием окислителей и материалов, вызывающих эрозию и повреждения при ударе, высоким уровнем турбулентности и другими факторами, приводит к зависимости полета от показаний бортовых приборов и своевременной реакции на такие показания со стороны экипажа воздушного судна [3]. Способ, которым воздух перемещается над, вокруг или под воздушным судном, также может сильно повлиять на его аэродинамику. Например, когда воздушный поток отрывается от крыльев, изменение давления на транспортное средство может снизить управляемость пилотом или вызвать торможение воздушного судна. В свою очередь, несвоевременное реагирование на факторы, влияющие на эксплуатацию воздушного судна, может привести к потере контроля системой управления воздушного судна, и, как следствие, аварии со смертельным исходом.

Потеря контроля системой управления в полете обусловлена тем, что воздушное судно переходит в режим полета, выходящий за рамки стандартных возможностей воздушного судна, а дополнительный элемент неожиданности для задействованного летного экипажа создает тот факт, что потеря контроля системой управления воздушным судном происходит, как правило, на высокой скорости [2, 5, 6].

Значительные сбои в системе управления воздушным судном, которые мешают управлению, могут заключаться в многократном отказе двигателя, электрооборудования, неисправности летных приборов, потере контроля над одним из элементов управления полетом (реверсорами тяги, спойлерами, предкрылками, закрылками).

Одновременным следствием основной проблемы на воздушном судне, оборудованном системой управления «Fly-By-Wire» (FBW), в которой используют компью-

теры для обработки входных данных управления полетом, сделанных пилотом или автопилотом, может быть автоматическое переключение систем управления к режимам, обеспечивающим меньшую защиту огибающей полета по сравнению с обычным законом управления полетом. С технической точки зрения обычный закон управления полетом обеспечивает управление по трем осям, защиту огибающей полета и снижение нагрузки при маневрировании [1, 6, 7], при этом огибающая полета для воздушного судна определяется исходя из утвержденных проектных возможностей конкретного воздушного судна с точки зрения воздушной скорости, коэффициента загрузки и высоты [4, 7]. Вследствие неисправности может также отключиться и система автопилотирования.

Учитывая вышеперечисленные факторы, влияющие на систему управления воздушным судном, можно сделать вывод о том, что безопасное управление возможно только в случае комплексного подхода к управлению, заключающегося в понимании взаимосвязи между системами передачи данных всеми системами управления (включая автопилотирование) и действиями экипажа воздушного судна на конкретном типе воздушного судна. Иными словами, если сбой в системе управления воздушным судном во время полета может возникнуть из-за ситуации, не подконтрольной экипажу, то последствия такого сбоя имеют прямую связь с реакцией экипажа на сбой и последовательностью тех действий экипажа, которые направлены на минимизацию последствий сбоя. Такой подход в целом раскрывает комплексную составляющую системы управления полетом, заключающуюся в единстве взаимодействия технических систем управления транспортным средством и человека (экипажа воздушного судна или одного пилота, например, на легкомоторных воздушных судах).

Массовый характер авиационных инцидентов со смертельным исходом, причиной которых была полная потеря управления из-за ошибочной реакции летного экипажа на те или иные показания технических систем управления, свидетельствует о необходимости выработки каждым эксплуатантом воздушного судна такого комплексного подхода к повышению эффективности систем управления, который будет ориентирован на своевременное реагирование экипажа на сбой в системе управления воздушным судном во время полета.

Самым известным в эксплуатации воздушного транспорта примером авиационного инцидента со смертельным исходом, произошедшего по причине неправильного понимания ошибочных показаний приборов системы управления воздушного судна, является крупнейшая катастрофа в истории Air France, произошедшая 1 июня 2009 года. Airbus A330-200 авиакомпании Air France, следовавший по регулярному маршруту Рио-де-Жанейро-

Париж, вышел из режима контролируемого полета и упал в Атлантический океан со скоростью 180 метров в секунду. В авиакатастрофе погибли все 228 пассажиров воздушного судна. По итогу расследования данного авиационного инцидента было установлено, что потеря управления стала следствием неправильной реакции экипажа воздушного судна на кратковременную потерю показаний воздушной скорости в полете, вызванную уязвимостью трубок воздушного давления (трубок Пито) к обледенению кристаллами льда [11]. Также при расследовании инцидента выяснилось, что правила авиакомпании содержали ограниченный перечень действий, которые обязан предпринимать экипаж, если у него есть сомнения относительно правильности показаний скорости [9, 10].

Вышеприведенный пример показывает не только то, к каким последствиям может привести неспособность экипажа воздушного судна своевременно распознать ошибочные показания бортовых приборов системы управления и реагировать на них, но также и то, что экипажи воздушных судов должны быть квалифицированы в расшифровке типов ошибочных показаний, которые могут возникнуть в технических системах управления.

Так, например, знаниями о специфике трубок воздушного давления и о статических системах Пито и пониманием типов ошибочных показаний, которые могут возникнуть, экипаж воздушного судна может определить, что существует проблема, и следовать процедурам по установлению и поддержанию воздушного судна в безопасном состоянии, ссылаясь на оставшуюся на приборах системы управления достоверную информацию, в частности, на положение воздушного судна в отношении установки тяги и высоты, показания которых получаются из независимых друг от друга источников данных.

Рассмотрим более подробно проблему изменения показателей трубок воздушного давления. Указываемая воздушная скорость (IAS), которая отображается на датчике воздушной скорости системы управления, подключенном к системе Пито, зависит от разницы между общим давлением (Pt), измеренным при помощи Пито-датчика, и окружающего или статического давления (Ps), измеренного на статических пластинах или отверстиях [8].

Полная или частичная блокировка Пито-датчиков (головок Пито) и статических портов может стать причиной искажения показаний приборов и сбить с толку неподготовленный экипаж воздушного судна, не разбирающийся в наличии причинно-следственной связи между сбоем в датчике воздушной скорости и возможной блокировкой Пито-датчиков. Сами же причины блокировки Пито-датчиков различны и могут быть вызваны факторами как природного, так и технического характе-

ра. В качестве факторов природного характера можно назвать: обледенение в полете, наличие во время полета сильного дождя или насекомых, вулканического пепла или дыма от горения сырой нефти. В качестве факторов технического характера можно выделить повреждение носового обтекателя, а также наличие крышек на вентиляционных отверстиях, не снятых после проведения технического обслуживания воздушного судна.

Важно отметить, что вышеперечисленный перечень причин неисправности трубок Пито не является исчерпывающим, однако наглядно показывает, что, во-первых, показатели приборов системы управления воздушного судна не всегда указывают на реальную ситуацию полета, и могут быть подвержены искажению вследствие возникновения различных факторов. Во-вторых, экипаж воздушного судна должен быть осведомлен о том, что вызывающие сомнения значения показателей скорости воздушного судна могут быть не реальными, а ошибочными и в указанной ситуации в условиях ограниченного времени первые действия, которые необходимо предпринимать, это не корректировать скорость, а проверить реальность показаний датчика скорости, то есть уметь распознавать ненадежные показания скорости воздушного потока.

Теперь, также на примере проблемы изменения показателей трубок воздушного давления, рассмотрим возможные пути решения такой проблемы в рамках комплексного подхода к повышению эффективности систем управления, ориентированного на своевременное реагирование экипажа на сбой в системе управления воздушным судном во время полета, который, на наш взгляд, должен разрабатываться эксплуатантом воздушного судна.

В основе соответствующего комплексного повышения эффективности системы управления подхода должен лежать соответствующий алгоритм действий экипажа воздушного судна в непредвиденной ситуации. При этом у лица, действующего по алгоритму, должно формироваться четкое представление о:

- причинно-следственной связи между сбоем в системе управления и возможным искажением показаний прибора (аналогично вышеприведенному примеру, где показана связь между искажением показаний скорости и сбоем в работе трубок Пито);
- порядке распознавания ненадежных показаний воздушной скорости, указывающего также на возможные средства предотвращения искажений приборов в конкретной ситуации;
- вариантах определения независимых источников информации, которые могут предоставить надежную информацию для формирования представления о ситуации.

Сформулируем порядок распознавания ненадежных показаний воздушной скорости. По общему правилу, слишком большое число Маха (обозначающее скорость полета) или колебания IAS, а также различия между целевой и фактической скоростью являются факторами, указывающими на недостоверные сведения о скорости воздушного транспортного средства.

Вместе с тем, показания приборов могут быть последовательными и при этом одинаково ненадежными, если проблема, связанная с трубками Пито, затрагивает все статические системы Пито (что характерно для старых самолетов, использующих два основных датчика Пито). В то же самое время разница между целевой и фактической скоростью может быть вызвана не сбоем в работе трубок Пито, а весом воздушного судна или неправильной конфигурацией для фазы полета. Исходя из сказанного, экипаж воздушного судна должен знать о типичных характеристиках конкретного воздушного судна: скорости, тяге, расходе топлива, особенностях набора высоты и скорости набора высоты и т.д.

Таким образом, в порядке распознавания ненадежных показаний воздушной скорости, составленном эксплуатантом воздушного судна, должны быть отражены механизмы быстрого определения причин искажения показаний. Например, исключение из возможных причин проблемы с весом, или наоборот, проблемы с трубками Пито.

Распознавание ненадежных показаний воздушной скорости является сложным процессом, поскольку экипаж может узнать о проблеме только тогда, когда она отобразилась в системе управления. Распознавание ненадежных показаний зависит и от экипажа судна и его понимания технических характеристик и устройства воздушного судна. Так, например, эксперты отмечают тот факт, что пилоты, летающие на высокоавтоматизированных самолетах, не в состоянии описать некоторые контрольные показатели скорости.

Причиной невозможности распознать ошибку может стать и автопилот. Так, при ошибочном определении превышения скорости системой автоматического торможения, при фактическом отсутствии такого превышения команда экипажу на уменьшение тяги может привести к сваливанию воздушного судна.

Для перепроверки причины ненадежности работы приборов системы управления должны быть определены надежные источники информации, которые позволяют быстро перепроверить данные о скорости и возможности их искажения.

Рассмотрим наиболее простые источники информации, независимые от статических систем Пито, которые

могут предоставить надежную информацию и о которых должны знать экипажи во время предполетной подготовки: данные об оборотах и расходе топлива для индикации тяги двигателя; данные об отображении тангажа и крена; данные о векторе траектории полета (FPV) (при наличии), данные со средств радионавигации.

После перепроверки показаний воздушной скорости и определения причин ненадежных показаний должен быть определен алгоритм действий экипажа в зависимости от причины неисправности. Применительно к рассматриваемой в настоящем исследовании неисправности в качестве алгоритма действий экипажа можно предложить выполнение дальнейшего полета с учетом приблизительной мощности и тангажа, до устранения проблемы или при невозможности ее устранения до определения того, какой именно элемент системы управления показывает недостоверную информацию.

В качестве основ для настройки тангажа и мощности для полетов на разных этапах, для каждого воздушно-

го судна целесообразно обязать экипаж изучать также соответствующие рекомендации производителей конкретных типов воздушных судов. Благодаря вышеприведенному комплексному подходу можно обеспечить безопасность воздушного судна и минимизировать риск возникновения человеческой ошибки.

Подводя итог настоящему исследованию, отметим, что неспособность экипажа воздушного судна своевременно распознать ошибочные показания бортовых приборов и отреагировать на них является наиболее частой причиной потери контроля над системой управления воздушным судном. В рамках исследования автором предложен комплексный подход, ориентированный на повышение эффективности систем управления воздушным судном, в основу которого заложен механизм своевременного реагирования экипажа воздушного судна на сбой в его системе управления во время полета за счет процедур контроля показаний систем управления воздушным судном и своевременного распознавания ненадежных показаний, перепроверки ненадежности работы приборов и стабилизации ситуации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дубинский В.С., Нестеренко Г.И., Райхер В.Л. Поддержание летной годности конструкций аттестованных самолетов по условиям ресурса: труды ЦАГИ. — 1998. — Вып. 2631. — С. 73–75.
2. Мешанков Д.В., Тихонов А.И. Создание современной системы обеспечения безопасности полетов на воздушном транспорте // Московский экономический журнал. — 2022. — № 1. — С. 801–811.
3. Нестеренко Б.Г., Нестеренко Г.И. Обеспечение безопасности эксплуатации конструкций самолетов по условиям прочности // Проблемы машиностроения и надежности машин. — 2013. — № 1. — С. 76–92.
4. Проблемы обеспечения безопасности полетов гражданских транспортных самолетов в условиях длительной эксплуатации // Техническая информация ЦАГИ. — 1980. — №8. — С. 9–25.
5. Окоёмов Б.Н., Роднов Н.А., Фашевский Н.Н. Один из подходов к повышению безопасности полета самолета при нарушении работоспособности системы управления // Спецтехника и связь. 2010. №2-3. С. 38–45.
6. Ezzeddine W, Schutz J, Rezg N. Experiences Plan Approach for Static Pressure Reliability; Case Study: Aircrafts Pitot Sensors. Int J Aeronautics Aerospace Res. 2019; S1:02:001:1-8.
7. Robert A. Meyers. Encyclopedia of Physical Science and Technology. Reference Work. Third Edition. Academic Press. 2001. 793 p.
8. Valasek, John & Dorsett, K & Valasek, John & Dorsett, Kenneth. (2001). AIAA-2001-4312 A Modern Approach to Graduate Flight Dynamics, Stability, and Control Courses A MODERN APPROACH TO GRADUATE FLIGHT DYNAMICS, STABILITY, AND CONTROL COURSES. 10.2514/6.2001-4312.
9. Accident and Serious Incident Reports. Электронный ресурс. Режим доступа: AW <https://skybrary.aero/articles/accident-and-serious-incident-reports-aw> (дата обращения 27.03.2023 г.).
10. Официальный сайт Joint Council on Aging Aircraft Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.aaaa.aero/jcaa.html> (дата обращения 31.03.2023 г.).
11. Промежуточный отчет о расследовании катастрофы A330-200 «Эр Франс» Режим доступа: <https://www.aex.ru/docs/4/2009/12/29/908/?ysclid=lhap7xhj9v362239332> (дата обращения 31.03.2023 г.).

© Ступаков Валерий Яковлевич (petrov55harov@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»