

УДК 629.7.05

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ В
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ: РАЗВИТИЕ И ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ ¹****Лысова Юлия Дмитриевна,**

студент 4 курса,

Санкт-Петербургский Государственный университет Гражданской Авиации им. А.А.

Новикова,

г. Санкт-Петербург, Россия

julialysovaqueen@yandex.ru

Аннотация

Гражданский воздушный транспорт является одним из самых массовых и популярных способов передвижения для миллиардов людей во всем мире. В ходе развития гражданской авиации создавались все более новые и совершенные технологии и системы, которые обеспечивали большую надежность, эффективность и безопасность. Одними из таких систем являются автоматизированные системы управления, позволяющие снизить нагрузку и вероятность ошибки пилота. Данные системы достигли довольно высокого уровня автоматизации на данный момент, но влияние человеческого фактора полностью не исключается. Поэтому чтобы понять, как еще больше снизить вероятность ошибки пилота, необходимо изучить историю развития данных систем и проанализировать их эффективность.

Ключевые слова: автоматизированные системы, системы управления, гражданская авиация, безопасность полетов, ошибка пилота.

**AUTOMATED CONTROL SYSTEMS IN CIVIL AVIATION: DEVELOPMENT
AND CURRENT STATUS****Lysova Yulia Dmitrievna,**

4th grade student,

St. Petersburg State University of Civil Aviation named after A.A. Novikov,

Saint-Petersburg, Russia.

ABSTRACT

¹ Научный руководитель: Соколов Олег Аркадьевич, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой №13 «Систем автоматизированного управления»

Scientific supervisor: Sokolov Oleg Arkadievich, PhD, associate Professor, head of Department № 13 of Automated Control Systems

Civil air transport is one of the most widespread and popular ways of transportation for billions of people around the world. In the course of the development of civil aviation, more and more new and advanced technologies and systems were created that provided greater reliability, efficiency and safety. One of these systems is automated control systems, which reduce the load and the likelihood of pilot error. These systems have reached a fairly high level of automation at the moment, but the influence of the human factor is not completely excluded. Therefore, in order to understand how to further reduce the likelihood of pilot error, it is necessary to study the history of the development of these systems and analyze their effectiveness.

Keywords: automated systems, control systems, civil aviation, flight safety, pilot error.

Введение

Каждый год сотни, тысячи и миллионы людей путешествуют с помощью коммерческого авиатранспорта, что делает его самым распространённым видом транспорта в мире. В ходе эволюции коммерческой авиации от самых первых летательных аппаратов до современных самолётов и вертолетов произошел значительный технологический прогресс в области инженерии, аэродинамики и приборостроения. На рассвете эры гражданской авиации все бортовые системы гражданских и военных самолётов были оснащены базовыми аналоговыми системами, которые отличались крайне низкой точностью и надёжностью. После успешных лётных испытаний самолёта братьев Райт многие гражданские подрядчики и предприниматели, некоторые из которых были инженерами, начали модифицировать и совершенствовать конструкции самолётов, доступные в то время. А в начале 1910-х – 1920-х годов крупные гражданские авиационные предприятия и компании, в том числе Cessna, Boeing, Lockheed и другие, начали производить модифицированные самолёты в коммерческих масштабах, прославив мир гражданской авиации [10].

Несмотря на высокий уровень технического развития гражданской авиации с момента своего появления в прошлом веке, одной из актуальных проблем в настоящее время является ошибка пилота [13]. Независимо от условий, ситуации, технологических достижений или состояния бортовых систем, пилот также остается важной фигурой в кабине, участвующей в управлении и принятии решений [11]. И любая малейшая ошибка может привести к серьёзным катастрофам и гибели сотен людей.

Поэтому на протяжении всей истории гражданской авиации самолёты оснащались самыми надёжными автоматизированными системами, которые максимально компенсировали и предотвращали ошибки пилотов. Например, в прошлом пилотам приходилось полагаться на визуальный контакт с ВПП, чтобы совершить посадку. В ясную погоду это простая и безопасная задача. Однако в плохую погоду, в туман, а иногда и при сильном боковом ветре практически невозможно безопасно посадить самолёт визуально, не нанеся при этом хотя бы минимальных повреждений самолёту и людям, находящимся в нём [6]. Теперь, благодаря использованию технологии инструментальной системы посадки (ILS), которая использует радиосигналы для выведения самолета на взлетно-посадочную полосу, пилоты могут безопасно посадить любое пассажирское воздушное судно при любых погодных условиях, даже не глядя на взлетно-посадочную полосу, полагаясь исключительно на приборы [11].

Развитие автоматизированных систем управления

После первого полёта братьев Райт зародилась отрасль гражданской авиации, и люди начали стремиться проектировать, строить и тестировать новые самолёты и системы [10]. Главной целью инженеров было эффективное использование аэродинамики самолета для

получения максимально возможной подъёмной силы. Каждый производитель в то время стремился улучшить такие характеристики, как скорость взлёта, грузоподъёмность, мощность двигателя, общее время полёта и практический потолок, но не оптимизировал бортовые системы управления.

Вскоре после начала Первой мировой войны воюющие страны, в основном США, Германия и Великобритания, начали создавать и производить большое количество боевых и транспортных самолётов. По этой причине основное применение самолётов происходило в рамках военных целей. В производственном процессе количество стало важнее качества, а оптимизация бортовых систем управления практически не проводилась.

С окончанием Первой мировой войны производство самолётов снова было сосредоточено на надёжности и безопасности конструкций, чтобы создавать более манёвренные и совершенные летательные аппараты, которые могли бы доминировать в небе.

Затем большим толчком к прогрессу в авиации послужила Вторая мировая война. Стали развиваться различные направления в таких областях, как электронные системы, новые более эффективные аэродинамические компоновки, газотурбинные двигатели и автоматизированные системы управления.

Что касается автоматизированных систем, поворотным моментом стало появления первых беспилотных летательных аппаратов, которые применялись во время Второй мировой войны. ВВС США проводили секретную операцию, в которой применялся бомбардировщик «Boeing» B-17, загруженный взрывчаткой и управляемый с помощью платформы дистанционного управления [7]. В ходе операции цели не были достигнуты полностью, но метод и технология имели большой успех и получили дальнейшее развитие.

Тем временем немецкие инженеры сосредоточились на создании усовершенствованных бортовых систем для ракет, бомб и самолётов, включая создание первой немецкой управляемой ракеты, получившей название Фау-1 (см. рис. 1), а также первой в мире баллистической ракеты дальнего действия Фау-2. При тщательном рассмотрении и анализе систем управления и электронных систем, используемых в этом оружии, можно сказать, что они являются началом передовых автоматизированных систем в аэрокосмической инженерии. Система управления ракетой Фау-2 (см. рис. 2) состояла из трех основных приборов: гироскопа, гироскопа и интегратора осевых перегрузок. Исполнительными органами являются рулевые машинки и газовые рули [1].

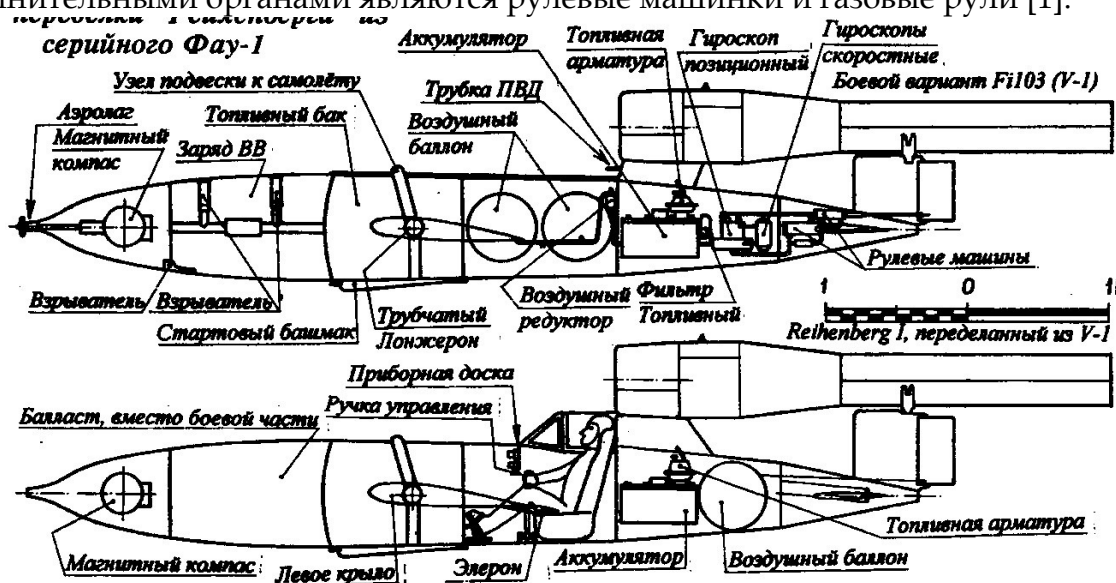


Рис. 1 Устройство ракеты Фау-1 [4]

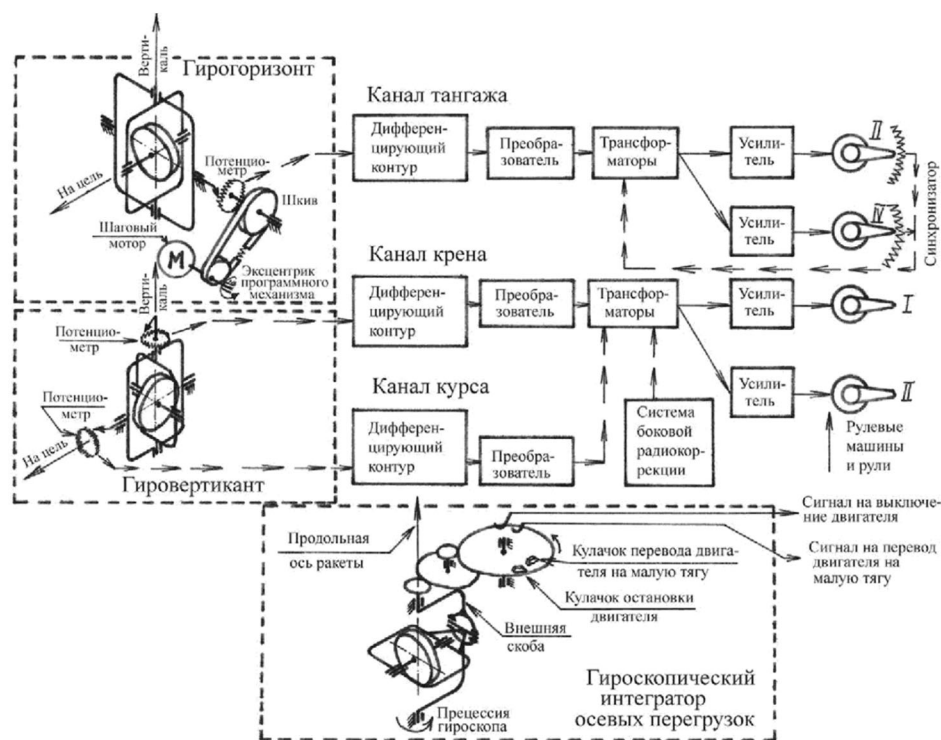


Рис. 2 Система управления ракетой Фау-2 [3]

После окончания войны мир стал более спокойным, была создана Организация Объединённых Наций, и страны находились под строгим контролем мирового сообщества, чтобы по возможности избегать и сокращать количество вооружённых конфликтов. Таким образом, у людей по всему миру появилась необходимость путешествовать из одной страны в другую, и самым быстрым и удобным способом для этого стали самолёты. В результате во время холодной войны мировая индустрия гражданской авиации продолжала стремительно развиваться, и почти в каждой стране мира появились собственные авиакомпании с собственным парком самолётов.

После того, как война закончилась, ракеты Фау-2 были исследованы, и технологии, использованные в ракетах, послужили основой для разработки новых типов оборудования, которые могли бы применяться в гражданских целях. Установление мира на планете побудило людей по всему миру путешествовать из одной страны в другую, и, так как необходимо было преодолевать большие расстояния за короткое время, самым быстрым и удобным способом для этого был развивающийся воздушный транспорт. В результате во времена холодной войны мировая отрасль гражданской авиации продолжала стремительно развиваться, и почти в каждой стране мира были свои авиакомпании с собственным парком воздушных судов.

На заре развития гражданской авиации большинство авиакатастроф и происшествий происходило из-за сбоев в системах самолётов, а также из-за функциональных проблем и проблем с управлением. Но по мере того, как самолёты становились всё более надёжными и безопасными для полётов, возникла новая проблема. Эта новая и самая опасная проблема называется «ошибка пилота».

В самом начале развития авиации большое количество катастроф происходило по причине технических отказов и низкой надёжности систем. Но по мере развития технологий, воздушные суда становились более надёжными и безопасными, и новым камнем преткновения стал сам человек и так называемый «человеческий фактор».

В 1950-х и 1960-х годах инженеры исследовали и определили, что причина ошибки пилота кроется в некоторых из следующих [5].

Из-за увеличения продолжительности полета пилотам приходилось работать в расширенные смены.

Средняя нагрузка, которую приходилось выполнять пилоту, была высокой из-за ручного управления большинством систем.

Поскольку в то время не было ни автопилота, ни бортовой автоматизированной системы, пилоты испытывали сильный стресс, что приводило к напряжению и усталости.

По этой причине необходимость в автоматизированных системах стала стимулом для их разработки в гражданской и военной авиации. Так, со временем появилась автоматизированная система управления или автопилот. Производители самолётов по всему миру стали разрабатывать собственные уникальные системы автопилота для самолётов, и, благодаря их применению, функциональные возможности, а также эксплуатационные характеристики самолётов увеличились. Уже более полувека автопилот выступает в качестве третьего функционального пилота на борту гражданских авиалайнеров, контролируя, отслеживая и выполняя некоторые элементарные действия по управлению полетом.

Современные системы автоматизированного управления

Системы автопилота, находившиеся на начальном этапе разработки, были усовершенствованы и модифицированы для обеспечения более комфортного и безопасного выполнения полета. С использованием новых автоматизированных систем все поверхности управления, триммеры и тяга двигателей стали контролироваться самим летательным аппаратом [12].

Современная система автоматического управления предназначена для автоматического управления полётом без вмешательства лётчика и может включать следующие режимы: стабилизация продольного и бокового движения, стабилизация барометрической высоты полёта, стабилизация приборной скорости или числа Маха, стабилизация заданного курса, программное управление от навигационного комплекса в боковом и продольном канале, автоматический или директорный заход на посадку по сигналам курсо-глиссадных маяков и стабилизация движения на глиссаде снижения [2].

На пассажирских машинах применяется автомат тяги, позволяющий автоматически регулировать обороты двигателей в незначительных пределах с целью стабилизации приборной скорости без изменения тангажа. Автомат тяги является самостоятельной электронной системой, работающей на системе автоматизированного управления. Также автомат тяги выводит рычаги управления двигателями на взлётный режим при автоматическом уходе на второй круг от кнопки «Уход на 2-й круг».

Другим элементом автоматизированных систем является EICAS, или система индикации и оповещения экипажа о работе двигателя. Она представляет собой электронную систему мониторинга на самолётах Boeing, которая отображает основные параметры двигателя и его рабочее состояние, а также другие конфигурации систем и неисправности на борту. Системы EICAS также установлены на самолётах Embraer и многих других типах самолётов под разными названиями в зависимости от производителя. EICAS напрямую связан с сотнями датчиков и исполнительных механизмов, расположенных внутри самолёта. Информация и данные, полученные с этих датчиков, обрабатываются и отображаются пилотам, для их информирования о текущем рабочем и функциональном состоянии всех систем самолёта [9].

Электронный централизованный авиационный монитор, или ЕСАМ, — это система, аналогичная EICAS, которая обычно используется в самолётах Airbus [13]. Несмотря на то, что эти системы имеют разные названия, они выполняют схожие функции в самолёте. В отличие от EICAS, ЕСАМ имеет особую функцию: в случае чрезвычайной ситуации, ошибки или отказа двигателя ЕСАМ показывает все необходимые инструкции и шаги для устранения неисправности и обеспечения безопасности (см. рис. 3). Таким образом, пилоты следуют этим действиям и устраняют неисправность. Эта функция чрезвычайно важна,

поскольку эта конкретная система может быть дополнена алгоритмом машинного обучения, который может успешно прогнозировать и принимать необходимые решения, как действовать в конкретной ситуации.



Рис. 3 Дисплей ECAM (A320) [8]

Заключение

Проанализировав наиболее распространенные причины ошибок пилотов, можно сделать вывод, что пока полный контроль управления находится в руках пилота, вероятность ошибки высока. Автоматизированные системы направлены на уменьшение вероятности такой ошибки, но они не могут полностью заменить экипаж. Ключевой недостаток машины - неспособность принимать решения, с учетом множества факторов, которые могут оказывать влияние на безопасность полета в чрезвычайной ситуации.

Рассматривая используемые на данный момент технологии, можно сказать, что они являются лишь полуавтономными системами. И эти запрограммированные системы создают некоторые проблемы в эксплуатации.

Запрограммированная система выполняет заданный набор команд независимо от ситуации в рассматриваемый период времени.

Если в систему будет введен какой-либо неточный параметр, результат также будет неточным.

Эти системы не способны принимать решения и не учитывают текущую обстановку.

Для устранения данных проблем, необходим альтернативный способ, а именно система, способная принимать прогнозируемые решения. Для этого машинное обучение является идеальным решением.

Алгоритмы и системы искусственного интеллекта способны как обучаться, так и выполнять действия. Для каждого полета данные о нем могут храниться в базе данных алгоритма, и он может обучаться с их помощью. Основываясь на текущей ситуации и условиях, нейронные сети способны принимать гибкие прогнозные решения, которые невозможно принять с помощью заранее запрограммированных системных функций.

Алгоритмы искусственного интеллекта могут использоваться в качестве системы контроля пилотов во время ручного пилотирования и управления системами, отслеживая каждое действие и выдавая предупреждения в случае отклонений, снижая, таким образом, вероятность ошибки в геометрической прогрессии.

Список литературы:

1. Поленов Д. Ю. Эволюция телеметрии в ракетной технике // Молодой учёный. 2014. № 6. С. 216–218.
2. Автоматическая бортовая система управления // Википедия [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/?curid=2684870&oldid=142416485> (дата обращения: 12.05.2025).
3. Система управления ракеты Фау-2 // Хронология запусков ракет и космических аппаратов [Электронный ресурс]. URL: https://spacecraftrocket.org/rocket_v2_us_upravlenie.html (дата обращения: 12.05.2025).
4. Фау 1 крылатая ракета // Воентех. [Электронный ресурс] - URL: <https://voentex.ru/blog/74> (дата обращения: 12.05.2025).
5. Human error in aviation // Springer Series in Reliability Engineering, Springer, London. 2007. - P. 117–130.
6. Masys A. J. Pilot error: Dispelling the hegemony of blamism - A case of de-centered causality and hardwired politics // Disaster Prevention and Management: An International Journal. 2008. Т. 17, № 2. С. 221–231.
7. Prisacariu V. The history and the evolution of UAVs from the beginning till the 70s // Journal of Defense Resources Management. - 2017. - Vol. 8, Issue 1 (14). - P. 181–189.
8. Do you think cars should have an ECAM system like Airbus has? // Linus Tech Tips. [Электронный ресурс] - URL: <https://linustechtips.com/topic/736640-do-you-think-cars-should-have-an-ecam-system-like-airbus-has/page/1> (дата обращения: 12.05.2025).
9. Electronic Centralized Aircraft Monitor (ECAM) // SKYbrary Aviation Safety [Электронный ресурс] - URL: [https://www.skybrary.aero/index.php/Electronic_Centralized_Aircraft_Monitor_\(ECAM\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Electronic_Centralized_Aircraft_Monitor_(ECAM)) (дата обращения: 12.05.2025).
10. History // ICAO [Электронный ресурс] - URL: <https://www.icao.int/secretariat/TechnicalCooperation/Pages/history.aspx> (дата обращения: 12.05.2025).
11. Loss of Control (LOC-I) in Approach and Landing // European Union Aviation Safety Agency. [Электронный ресурс] - URL: <https://www.easa.europa.eu/en/domains/general-aviation/flying-safely/loss-of-control-in-approach-and-landing> (дата обращения: 12.05.2025).
12. The origin of the autopilot // [Электронный ресурс] - URL: <https://aertecsolutions.com/en/2019/05/27/theorigin-of-the-autopilot/> (дата обращения: 12.05.2025).
13. What is Pilot Error? // Flying [Электронный ресурс] - URL: <https://www.flyingmag.com/what-pilot-error/> (дата обращения: 12.05.2025).

References:

1. Polenov D. Yu. Evolution of telemetry in rocket technology // Young scientist. 2014. No. 6. P. 216–218.

2. Automatic onboard control system // Wikipedia [Electronic resource]. URL: <https://ru.wikipedia.org/?curid=2684870&oldid=142416485> (accessed: 12.05.2025).
3. V-2 rocket control system // Chronology of rocket and spacecraft launches [Electronic resource]. URL: https://spasecraftrocket.org/rocket_v2_us_upravlenie.html (accessed: 12.05.2025).
4. V-1 cruise missile // Voentek. [Electronic resource] - URL: <https://voentex.ru/blog/74> (access date: 05/12/2025).
5. Human error in aviation // Springer Series in Reliability Engineering, Springer, London. 2007. - P. 117-130.
6. Masys A. J. Pilot error: Dispelling the hegemony of blamism - A case of de-centered causality and hardwired politics // Disaster Prevention and Management: An International Journal. 2008. T. 17, no. 2. pp. 221-231.
7. Prisacariu V. The history and the evolution of UAVs from the beginning till the 70s // Journal of Defense Resources Management. - 2017. - Vol. 8, Issue 1 (14). - P. 181-189.
8. Do you think cars should have an ECAM system like Airbus has? // Linus Tech Tips. [Electronic resource] - URL: <https://linustechtips.com/topic/736640-do-you-think-cars-should-have-an-ecam-system-like-airbus-has/page/1> (accessed: 12.05.2025).
9. Electronic Centralized Aircraft Monitor (ECAM) // SKYbrary Aviation Safety [Electronic resource] - URL: [https://www.skybrary.aero/index.php/Electronic_Centralized_Aircraft_Monitor_\(ECAM\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Electronic_Centralized_Aircraft_Monitor_(ECAM)) (accessed: 12.05.2025).
10. History // ICAO [Electronic resource] - URL: <https://www.icao.int/secretariat/TechnicalCooperation/Pages/history.aspx> (date of access: 12.05.2025).
11. Loss of Control (LOC-I) in Approach and Landing // European Union Aviation Safety Agency. [Electronic resource] - URL: <https://www.easa.europa.eu/en/domains/general-aviation/flying-safely/loss-of-control-in-approach-and-landing> (date of access: 12.05.2025).
12. The origin of the autopilot // [Electronic resource] - URL: <https://aertecsolutions.com/en/2019/05/27/theorigin-of-the-autopilot/> (date of access: 12.05.2025).
13. What is Pilot Error? // Flying [Electronic resource] - URL: <https://www.flyingmag.com/what-pilot-error/> (date accessed: 12.05.2025).