

УДК 681.51:629.735.051.-514(045)

В. И. Кашматов, канд. техн. наук

ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РУЧНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ САМОЛЕТОМ

Институт аэрокосмических систем управления НАУ, e-mail: iesy@nau.edu.ua

Изложена основная причина ошибок в технике пилотирования: перегруженность зрения и внимания пилота при управлении движением самолета одновременным решением параллельных задач. Предложен способ разгрузки зрения и внимания пилота за счет включения в процесс управления движением самолета внутреннего кинестетического контура управления человека.

Ключевые слова: безопасность полета, кинестезия, разгрузка зрения, внимание пилота.

Введение, анализ причин ошибок пилотирования. Прошло 100 лет с начала развития авиации. За это время сильно изменился планер самолета, его двигатели, появились и совершенствуются автоматические системы управления, и только ручные системы и способы управления принципиально не изменились. За все это время ни разу не была подвергнута сомнению правильность исходных принципов ручного управления, возникших вместе с появлением самолета.

Однако с увеличением количества и сложности задач, одновременно решаемых пилотом, возникает проблема рационального использования возможностей пилота при решении всего комплекса задач. Особенно важна эта проблема для конструкторов систем управления движением самолета, поскольку для управления движением длительное время необходимо зрение и внимание пилота, которые отвлекаются на решение других не менее важных, выполняемых одновременно, задач.

Летчики-испытатели «дают добро» ручным системам управления самолетов. Конструкторы ссылаются на пилотов, говоря «летчикам нравится ручное управление». Однако катастрофы самолетов по вине экипажа свидетельствуют об обратном. Если пилоты, управляя движением самолета, гибнут вместе с пассажирами, то это значит, что на самом деле им не нравятся системы управления самолетов.

Катастрофа самолета Ту-154 в Норильске свидетельствует о несогласованности ручного управления угловым положением и автоматического управления скоростью полета самолета [1]. Катастрофа в Иркутске свидетельствует о несогласованности автоматического управления угловым движением и ручного управления скоростью полета [2]. Грубые посадки самолетов Ил-86 в Симферополе, Ту-154 в Ташкенте, Борисполе, Сочи свидетельствуют о трудности одновременного управления угловым положением и скоростью полета самолета [3]. Гибель командира самолета Ту-134 в полете во Внуково свидетельствует об интенсивном расходе здоровья центральной нервной системы пилотов при ручном управлении движением самолета [4].

Причина трудностей ручного управления заключается в нежелании конструкторов ручных систем управления разбираться в человеке-операторе. Вследствие недостаточности знаний о человеке-операторе он для них представляет собой «черный ящик».

Медики, за редким исключением, не знают техники и занимаются в основном отбраковкой пилотов. Подготовка пилотов стоит дорого, раннее отстранение пилотов от полетов – недопустимая роскошь.

Пытается разобраться в проблеме «человек-машина» наука эргономика. Однако внедрению результатов этой науки препятствует инерция мышления конструкторов, сформировавшаяся за прошедшие сто лет.

Заинтересованы во внедрении результатов этой науки пассажиры и линейные пилоты, так как те и другие гибнут в катастрофах. Однако пассажиры не знают, что можно сделать

для повышения безопасности полета и доверяют конструкторам, наивно полагая, что конструкторы делают все возможное для повышения безопасности полета.

Линейные пилоты надеются на летчиков-испытателей, что они проанализируют в авиакатастрофы и исправят ошибки конструкторов.

Однако конструкторы не знакомят летчиков-испытателей с известными им достижениями эргономики, предпочитают наименьшие затраты на разработку систем управления и воспроизводят на новых самолетах принципы ручного управления столетней давности. Они заняли зрение и внимание пилота в основном для управления угловым положением и скоростью полета и в то же время добавляют все новые и новые функции управления и контроля в других системах.

Перегрузка зрения и внимания пилота функциями одновременного управления и контроля в многочисленных системах является основной причиной ошибок пилота.

Конструкторы не решают проблему разгрузки зрения и внимания пилота совершенствованием конструкции систем управления, позволяющей более рационально использовать органы чувств и центральную нервную систему пилота, а идут по пути интенсификации использования зрения и внимания, требуя улучшать отбор, обучение пилотов, повышать ответственность за ошибки пилотирования. Однако им не удается преодолеть естественные ограничения человека, применяя неестественное ручное управление.

У человека в процессе филогенеза и онтогенеза (развития человечества и конкретной личности) сложилась такая центральная нервная система, для которой предложенное конструкторами распределение функций управления орудиями труда между органами чувств и мозговыми структурами является неестественным, вредным для здоровья.

С помощью неестественных (профессиональных) навыков управления орудиями труда нельзя добиться высокого качества управления в сложных ситуациях и сохранять их дееспособными длительное время.

Изложение основного материала исследования. Возможности человека зависят от динамики объекта и способа его включения в контуры управления человека. У человека различают внутренний и внешний контуры управления [5]. Внутренний контур управления используется для непосредственного управления предметами, находящимися в руке, информация о них воспринимается кинестезией, внешний – для дистанционного управления объектами, информацию о которых можно воспринимать внешними органами чувств (зрением, слухом и т. п.).

Низкий уровень развития науки и техники в то время, когда появился самолет, и простота включения самолета во внешний контур привели к тому, что задача включения самолета во внутренний контур тогда не была поставлена и с тех пор включение самолета во внешний контур считалось единственно возможным.

Обычные ручные системы управления самолетом для подключения пилота к дистанционно-управляемому объекту имеют визуальный указатель (авиагоризонт, указатель скорости) и кинестетический орган управления (рычаг управления с пружинным загрузителем, рукоятка управления двигателем).

Главный недостаток визуально-кинестетических систем в том, что зрение нужно для включения пилота во все системы управления, поэтому его используют путем распределения и переключения внимания из одной системы в другую.

Во время отвлечения внимания на другие системы управление в первой системе отсутствует вообще или существует ошибочное управление. Из-за загруженности визуального контура управления пилота конструкторы стремятся заменить пилота автоматами, разделить функции управления между членами экипажа. При этом возникают проблемы взаимодействия пилота с автоматом и другими членами экипажа, которые сложнее, чем проблемы взаимодействия пилота с пультами управления.

Предлагается иной путь решения проблемы взаимодействия пилота с самолетом: использовать изобретение «пульта, система, способ управления и стабилизации регулируемой величины движения летательного аппарата» [6].

Внутри человека есть не только внешний визуальный одноканальный контур, но и внутренний многоканальный кинестетический контур, который разгружает зрение и внимание человека при управлении предметами различной динамики, которые находятся в руке человека.

Для включения самолета во внутренний контур управления необходимо создать предметную модель динамики самолета, используя сам самолет, взять её в руку и управлять предметной моделью, как самим самолетом. В этом случае способ дистанционного управления называется квазипредметным (будто бы предметным).

Предметная модель динамики самолета представляет собой кинестетический пульт управления, в котором орган управления и указатель регулируемой величины совмещены в едином устройстве.

Для этого необходимо создать кинестетический указатель, который может передать информацию о регулируемой величине руке оператора. Это можно сделать, если взяться рукой за стрелку кинестетического указателя углового положения или указателя скорости и использовать кинестетический указатель одновременно в качестве органа управления.

Обычно дистанционные указатели выполняют в виде следящих систем. Следящую систему можно одновременно использовать в качестве органа управления, если приложить к рычагу-стрелке управления, связанной жестко с выходным валом исполнительного двигателя следящей системы, управляющее усилие. Сигнал усилия снять со следящей системы и подать на исполнительное устройство ручной системы. Смещение рычага-стрелки под действием усилия пилота можно сделать пренебрежимо малым, незаметным для глаза, но достаточным для того, чтобы вызвать движение самолета. Рычаг управления воспринимается неподвижным до начала движения самолета. После начала движения следящая система по сигналу датчика регулируемой величины объекта заставляет двигаться рычаг управления в ту же сторону, в какую направлено усилие пилота и в какую движется самолет синхронно с ним.

Если на самолет действует возмущение, то самолет стремится изменить своё положение и переместить рычаг управления.

Пилот, стремясь сохранить позу руки, будет противодействовать смещению рычага управления и создаст сигнал со следящей системы кинестетического указателя и через исполнительное устройство ручной системы вызовет противодействие возмущению. Самолет усилием пилота на рычаг управления будет удержан от смещения из заданного положения.

В эксперименте, проведенном в НАУ, было смоделировано одновременное управление углом тангажа и скоростью полета самолета. При одновременном управлении пикирование самолета вызывает увеличение скорости. Если пилот, двигая рукоятку от себя, вводит самолет в пикирование, то рукоятка управления скоростью стремится двинуться вперед, показывая увеличение скорости. Пилот, удерживая рычаг-стрелку кинестетического указателя скорости, через исполнительный механизм автомата тяги дистанционно перемещает рукоятку управления двигателя в сторону уменьшения скорости. В результате воздействия пилота на две рукоятки осуществляется управление углом тангажа и стабилизация скорости. При этом зрение пилот использует в основном для дискретного контроля правильности изменения угла тангажа и отсутствия изменения скорости. Непрерывное управление углом тангажа и стабилизация скорости осуществляется внутренним кинестетическим контуром без участия зрения с помощью предметных навыков управления.

Навыки управления предметами, имеющими динамику, аналогичную динамике самолета, есть у каждого человека, поэтому процесс управления углом тангажа и стабилизацией скорости не требует специального обучения и проходит удачно с первого раза без многократного переключения внимания пилота из канала тангажа в канал скорости.

Первоначальное обучение, необходимое для обоих способов управления состоит в указании направления усилий и соответствующих им перемещений стрелок. В ручном режиме необходимо дополнительно сообщать еще и закон управления: требуемое перемещение рукоятки в зависимости от желаемого перемещения стрелки указателя.

В квазипредметном способе закон управления пилот находит сам, реализуя указание перевести рукоятку тангажа из исходного положения в заданное, а рукоятку управления скоростью удерживать в неизменном положении.

Перспективы дальнейших исследований квазипредметного управления движением воздушного судна. Перспективы дальнейших исследований в данном направлении зависят от содействия секретариата ИКАО внедрению идеи квазипредметного управления в практику конструирования систем управления движением воздушного судна.

Автор этой работы рассчитывает на содействие секретариата ИКАО этому внедрению, имея в виду циркуляры ИКАО, описывающие зависимость безопасности полетов воздушных судов от человеческого фактора и пути её повышения. В предисловии к циркуляру ИКАО №217-AN/132 в п. 1 отмечено: «примерно три из четырех аварий происходят в результате недостаточно оптимальных действий человека, и это указывает на то, что любое достижение в этой области будет в значительной мере способствовать повышению уровня безопасности полетов».

В п. 6 этого циркуляра сказано: «секретариат ИКАО будет стремиться оказывать государствам помощь путем запроса дополнительной информации об имеющихся материалах из различных источников, об исследованиях, проводимых в государствах, и о возможной помощи со стороны учреждений или отдельных лиц.»

В циркуляре ИКАО № 277-AN/163 при цитировании выступления президента ИКАО доктора Ассада Котайта на открытии четвертого всемирного симпозиума ИКАО по безопасности полетов и человеческому фактору указывается главный путь повышения безопасности полетов.

1. «Помните: человек не может сделать больше того, что позволяет сделать система, в которой он работает; от вас в немалой степени будет зависеть дальнейшая прокладка путей к пониманию природы человеческой ошибки и достижению целей авиации в области безопасности полетов.»

2. «Мое предложение в этой связи вполне простое: человеческие способности и недостатки должны приниматься в расчет еще на этапе проектирования наших систем, до того как они вводятся в эксплуатацию.»

Выводы.

1. Разгрузка зрения и внимания пилота за счет кинестезии позволит улучшить качество управления основных и параллельных задач, решаемых пилотом, понизить напряженность и утомляемость пилота, продлить летное долголетие пилота.

2. Использование предметных навыков пилота для управления движением самолета уменьшит время обучения технике пилотирования и в авиации общего назначения будет способствовать превращению самолета в личное транспортное средство.

3. Квазипредметная система управления движением самолета открывает новое направление автоматизации. Вместо замены оператора автоматом, вызванной занятостью внешнего контура, предлагается включение многоканального внутреннего контура человека с помощью кинестетического пульта управления. Роль автомата не в замене человека, а в натурном моделировании динамики самолета.

Список литературы

1. *Кашматов В. И.* Эргономический анализ катастрофы самолета Ту-154 Б-2 в аэропорту «Норильск» / В. И. Кашматов // Проблемы безопасности полетов: сб. обзорной информации. – М.: ВИНТИ, 1999. – Вып. 6 – С. 3 – 8.
2. . *Кашматов В. И.* Эргономический анализ причин ошибок техники пилотирования экипажа самолета Ту-154 М при катастрофе в районе аэропорта «Иркутск» 3.07.2001 г. / В. И. Кашматов // Сб. материалов IV Междунар. науч.-техн. конф. «Авиа-2002» (23–25 апреля 2002 г.) – К., 2002. – Т. II – С. 59 – 61.
3. *Кашматов В. И.* Эргономический анализ ошибочных действий пилота при грубой посадке / В. И. Кашматов // Промежуточный отчет о НИР № 536-В86. Определение и специфика общих факторных нагрузок и анализ ошибочных действий с целью проведения антистрессовой подготовки летного и диспетчерского состава в свете директив министерства ГА, №11, 12. – 1986. – 10 с.
4. *Кашматов В. И.* Эргономический анализ инцидента с самолетом Ту-134А UR 65135 ОАО авиакомпании «Авиалинии Украины» / В. И. Кашматов // материалы I науч.-метод. конф. «Безопасность жизни и деятельности человека – образование, наука, практика». – К.: НАУ, 2002. – С. 137–139.
5. *Чхаидзе Л. В.* Координация произвольных движений человека в условиях космического полета / Л. В. Чхаидзе – М.: Наука, 1965. – 134 с.
6. *Описание* к пат. Р.Ф. МКИ В 64С «Пульт, система способ управления и стабилизации регулируемой величины движения летательного аппарата» – № 2128600 заявитель и патентообладатель В. И. Кашматов заявл. 15.08.95; опубл. 10.04.99. Бюл. 10 М. №10.

В. Й. Кашматов

Підсумки і перспективи розвитку ручних систем керування літаком

Викладено основну причину помилок у техніці пілотування: перевантаженість зору і уваги пілота під час керування рухом літака одночасним вирішенням паралельних завдань. Запропоновано спосіб розвантаження зору і уваги пілота за рахунок включення у процес керування рухом літака внутрішнього кінестатичного контуру керування людини.

V. I. Kashmatov

Results and Perspectives of Aircraft Manual Control Systems Development

The main cause of piloting mistakes due to the overload of pilots vision and attention during the aircraft piloting because of simultaneous solving parallel tasks is stated in this report. The method of unloading of the pilots vision and attention at the cost of internal kinesthetic contour of human control which is included into the process of aircraft piloting is proposed in this report.