



## «ФАКТОР АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ СУДНОМ» В БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ\*

Развитие вычислительной техники и обусловленное им повышение автоматизации управления воздушным судном (ВС), казалось бы, позволяли существенно компенсировать негативное влияние человеческого фактора на безопасность полетов (ограничив участие пилота в управлении ВС) и понизить планку профессиональной подготовки линейных пилотов (речь заходила даже о достаточности среднего специального образования), притупить тем самым остроту проблемы кадрового летного потенциала в гражданской авиации. «Взлет» приоритета автоматизированной системы в управлении воздушным судном (далее – АСУ) наводил на мысль о том, что рукой подать до беспилотных магистральных воздушных судов.

Иллюзии пошли на убыль вместе с ростом авиационных происшествий и осознанием того, что на сегодняшний день командир ВС – это пилот, а не оператор АСУ.

Другой парадокс – на фоне прикованного к человеческому фактору в безопасности полетов всеобщего внимания все больше стал ощущаться специалистами его недостаток по отношению к надежности авиационной техники. И это при непрерывно растущей ее сложности, в первую очередь бортового оборудования высокоавтоматизированных воздушных судов!

Последнее не может не вызывать ужесточения требований к анализу надежности всех систем ВС(\*\*) и ВС в целом на этапах их создания, в том числе и АСУ, включая ее программное обеспечение, к их контролепригодности и эксплуатационной технологичности.

Возможность экономии на профессиональной подготовке пилотов за счет автоматизации управления воздушным судном – настолько опасная иллюзия, что впору определять понятие «фактор автоматизации управления воздушным судном» в безопасности полетов (или уже сразу – «фактор бортового искусственного интеллекта»).

В связи с этим возникают вопросы концептуального характера, на которые журналу «Авианорама» отвечают ученые ЦАГИ имени профессора Н.Е. Жуковского.

Павел Иванов, главный редактор журнала «Авианорама»,  
кандидат технических наук

\* Роль АСУ в обеспечении безопасности полетов ни в коей мере не принижается.

\*\* Нетрудно подсчитать, сколько отказов авиационной техники в полете на ВС отечественных авиакомпаний произошло только после 5 мая с.г. и только на самолетах, например, SSJ-100.

Юрий ШЕЛЮХИН, главный научный сотрудник отделения динамики полета и систем управления ФГУП «ЦАГИ», кандидат технических наук;

Сергей БАЖЕНОВ, начальник отделения динамики полета и систем управления ФГУП «ЦАГИ», доцент Московского физико-технического института, доктор технических наук.

– Концептуальные основы современного и ближнего перспективного развития автоматизированных систем управления пассажирским самолетом. Изменились ли они со времени проектирования, например, Ту-204, Ту-334?

– Основные принципы построения современных систем транспортной категории были заложены школой академика Г.С. Бюшгенса в тесном сотрудничестве с коллегами из КБ. Они подразумевают использование так называемых интегральных законов управления, которые позволяют обеспечить оптимальные характеристики управляемости, реализовать функции автобалансировки, защиты диапазона параметров движения, совмещенное управление и т.д.

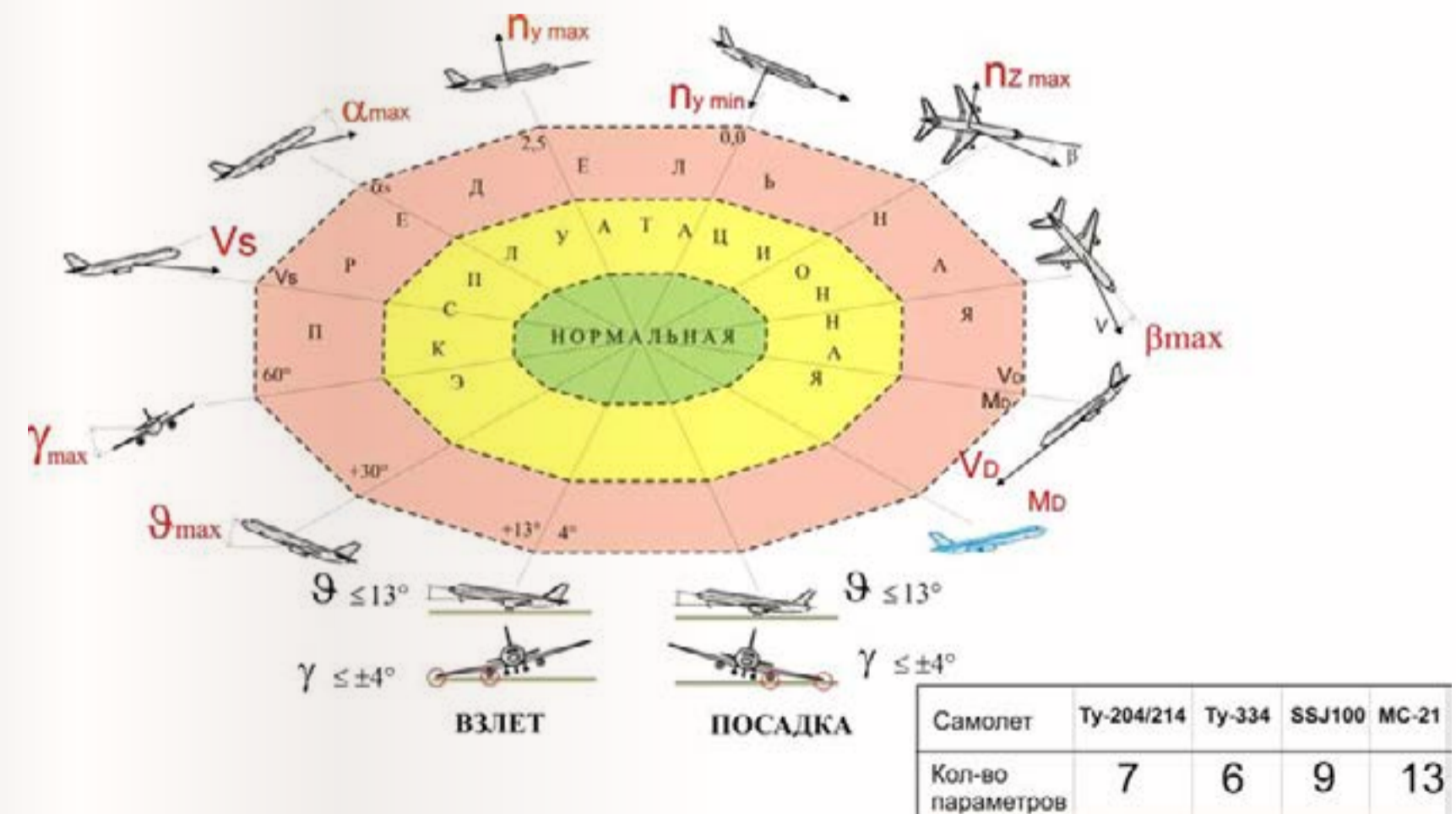
В соответствии с этой концепцией происходило создание систем автоматизированного управления самолетами Сухой Суперджет 100 и МС-21. Это же можно сказать и про создаваемые самолеты Ил-276 и ШФДМС (СР-929). В этом смысле концепция не изменилась. Однако при этом постоянно происходит увеличение количества функций, реализуемых системой дистанционного управления (СДУ). Это прежде всего относится к ограничению

предельных параметров (ОПР) движения. Современное состояние ОПР последнего поколения российских самолетов показано на рис. 1. Помимо функций ОПР, возросло количество функций, улучшающих комфорт управления – автоматическое парирование возмущений как при отказах оборудования, так и при нормальной работе систем (выпуске/уборке механизации или изменении тяги двигателей) и внешних ветровых и других возмущений (попадание в спутный след летящего впереди самолета). Внедрение интегральных законов в СДУ позволило реализовать автобалансировку по всем каналам управления и существенно снизить нагрузку на пилота по управлению самолетом.

Дальнейшее развитие автоматизации управления направлено на комплексирование систем ручного и автоматического управления, т.е. создание комплексных систем управления (КСУ).

В то же время архитектурное построение систем управления и технологии отработки всего цифрового комплекса управления претерпели значительные изменения. Это касается как структурно-аппаратного построения информационно-вычислительной и силовой частей и принципов разработки и отработки алгоритмического и программного обеспечения. На самолете Ту-204 силовая система была построена на принципе последовательного соединения электрогидравлического сервопривода и гидромеханического привода с аварийной гидромеханической системой. На самолете Ту-334 был осуществлен переход к единому силовому электрогидравлическому рулевому приводу (ЭГРП) с сохранением аварийной

Рис. 1. Повышение безопасности – ограничение параметров движения





Отработка систем управления гражданского самолета в дозвуковой аэродинамической трубе ЦАГИ / Фото: tsagi.ru

гидромеханической системы, а на самолетах SSJ-100 и MC-21 силовая система построена на ЭГРП без аварийного резерва.

Одновременно с совершенствованием силовой системы происходило и развитие цифровой вычислительной части СДУ. Если на самолете Ту-204 вычислительная часть СДУ была аналого-цифровой (цифровая триада без разнородного аппаратного и программного резервирования + резервный встроенный аналоговый вычислитель), то на самолетах Ту-334, SSJ-100, MC-21 она стала цифровой, построенной на самоконтролируемых цифровых парах (Ту-334 и SSJ-100) и самоконтролируемых триадах (MC-21). При этом цифровые вычислители СДУ самолетов SSJ-100 и MC-21 имеют разнородное аппаратное и программное обеспечение, что существенно повышает надежность всей СДУ.

Проблема кибербезопасности не находится в зоне компетенций ЦАГИ, что не дает оснований дать детальный и обоснованный анализ этого вопроса. Можно отметить, что в настоящее время цифровые СДУ всех российских самолетов физически изолированы от внешних сетей, т.е. внешнее воздействие на СДУ невозможно.

Относительно также упомянутой в вопросах «Авианормы» проблемы злонамеренного создания членом экипажа предпосылок к катастрофической ситуации, возможности внешнего мониторинга его действий и

принудительного исключения его из контура управления. Создание систем внешнего независимого управления в настоящее время вызывает много вопросов, связанных как с технической стороной создания такой системы, так и с задачей ее защищенности от внешнего вмешательства, т.е. той же кибербезопасности. Существенное усложнение системы управления аэродинамическими органами, двигателями и другими самолетными системами (СКВ, ЭС, ГС и др.) за счет дополнительной надстройки, которую в свою очередь надо и резервировать, и защищать от внешнего воздействия, обуславливает большие сомнения в целесообразности такого пути решения проблемы безопасности полетов, по крайней мере, на текущий момент.

– Как преодолевается противоречие «повышение уровня автоматизации управления самолетом неизбежно снижает возможности парирования пилотом опасной ситуации в случае перехода на ручное управление»?

– Действительно, в настоящее время полет магистрального, да и регионального самолетов на 90-95% происходит в автоматическом режиме, с использованием вычислительной системы управления полетом и тягой – ВСУПТ, реализующей функции автопилота и автомата тяги. Эта система использует данные навигационных систем и вычислительной системы самолетовождения (ВСС). Такими системами оборудованы все современные пассажирские самолеты. Практически сразу после

взлета летчик включает ВСУПТ, активирует режимы ВСС, и дальнейший полет происходит под автоматическим управлением. В результате летчик управляет самолетом только на начальном этапе полета в процессе разбега, отрыва от ВПП и весьма короткого начального набора высоты и затем только на заключительном этапе захода на посадку и посадке. Столь малое участие летчика в процессе управления самолетом, естественно, приводит к снижению готовности принятия летчиком управления самолетом на себя в случае непредвиденных обстоятельств, связанных с отказом техники, внезапным изменением внешней обстановки или какими-либо другими причинами. В результате до настоящего времени значительное количество летных происшествий обусловлено неготовностью экипажа адекватно оценить возникшую ситуацию, принять правильное решение и должным образом пилотировать самолет. Актуальность этой проблемы подтвердило последнее авиационное происшествие с самолетом Сухой Суперджет 100 в «Шереметьево». В настоящее время наиболее правильным решением по поддержанию высокого уровня готовности летчика к непосредственному управлению самолетом видится регулярная практика экипажа на тренажерах с целью обучения действиям в сложных ситуациях.

Другим важным направлением повышения безопасности полетов является создание информационных систем по повышению осведомленности экипажа о состоянии самолета и летной ситуации, а также по выработке экипажу рекомендаций по управлению самолетом в создавшейся летной ситуации. Такими системами, например, являются: системы предотвращения столкновений в воздухе

(TCAS), предотвращения столкновения с земной поверхностью (EGPWS), предупреждения о сдвиге ветра (GPWS), предупреждения о вихревой опасности и т.д. Интенсивное внедрение в последнее время систем предотвращения выкатывания самолета за пределы ВПП при посадке (ROPS) или системы контроля процесса разбега и взлета позволит еще в большей степени повысить безопасность полетов.

– Как рассматриваются в исследованиях ЦАГИ характеристики контролепригодности и восстанавливаемости АСУ?

– Как уже отмечалось выше, современные СДУ реализуют большое количество функций управления, повышения безопасности полета, снижения нагрузок и темпа расходования ресурса и т.д. Объем реализуемых функций резко вырос при переходе на цифровые системы дистанционного управления, что резко расширило возможности СДУ. Вместе с тем, расширение функционала СДУ потребовало значительного увеличения объема и номенклатуры используемой СДУ информации. Необходимость выполнения требований надежности и безопасности повлекла за собой резкий рост объема функций контроля. Вся входная информация (и не только входная) должна быть проконтролирована, отказавшие источники информации должны быть обнаружены и изолированы, некондиционные данные исключены из вычислительных процессов. В случае полной потери информации по какому-либо сигналу, в СДУ предусмотрена реконфигурация законов управления, чтобы минимизировать потери функционала СДУ (рис. 2).

Отработка системы управления MC-21 на пилотажном стенде ПСМС ЦАГИ / Фото: tsagi.ru



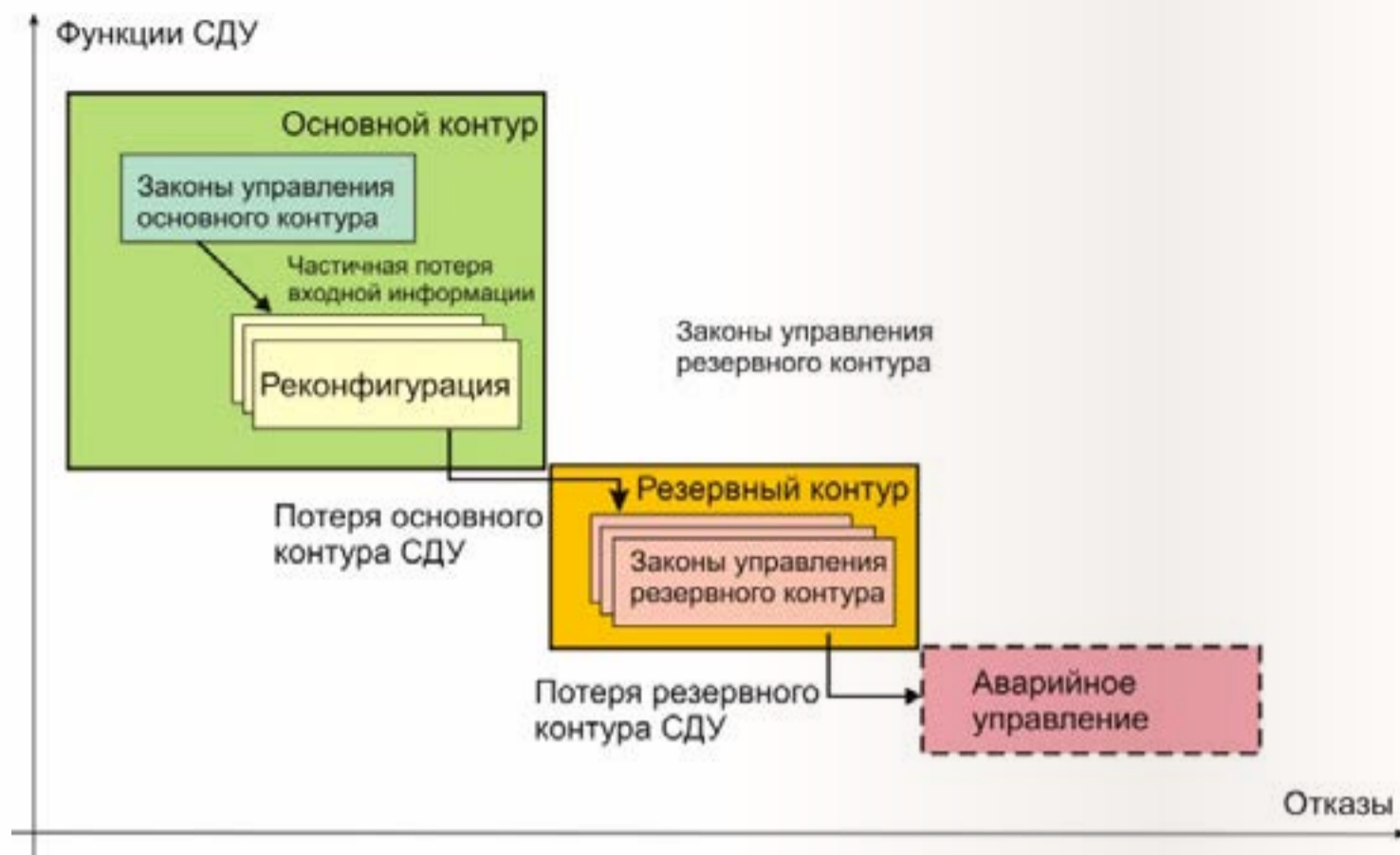


Рис. 2. Иерархическое построение системы управления самолетом

Для реализации функций обнаружения и изоляции отказов и реконфигурации управления разрабатываются соответствующие алгоритмы системы контроля, что является весьма сложной и ответственной задачей. Достаточно сказать, что в современных СДУ на функции контроля тратится от 60 до 80% вычислительных ресурсов СДУ. Все отказные случаи рассматриваются в процессе математического моделирования, где оцениваются последствия отказов, их критичность для безопасности полета, способность обеспечить требуемую безопасность полета в рамках выбранного архитектурного построения и достигнутой эффективности алгоритмов контроля. В дальнейшем эти сценарии входят в отказную программу стендовых испытаний, где функции реконфигурации должны получить одобрение летного состава.

Еще одной важной проблемой является обеспечение одинаковых состояний каналов резервированной СДУ. Как уже отмечалось выше, общей тенденцией развития автоматизированных систем является увеличение функционала, что ведет к их значительному усложнению. В современных СДУ имеется большое количество логических элементов, что ведет к комбинаторному росту возможных состояний каналов СДУ. С другой стороны, состояния каналов СДУ должны быть одинаковыми, т.к. в противном случае будет происходить «разбегание» каналов, и система контроля будет трактовать их как отказавшие, что может привести к выключению СДУ. Обеспечение идентичных состояний каналов СДУ требует разработки соответствующих алгоритмов синхронизации, которые должны быть отработаны путем математического и стендового моделирования. Для реализации функций контроля, синхронизации и реконфигурации в архитектуре СДУ предусмотрены соответствующие средства межмашинного

обмена, что также приводит к ее усложнению.

– Текущий всплеск интереса к автоматизированным системам управления пассажирским самолетом обусловлен недавней катастрофой Boeing 737 max 8 «Эфиопских авиалиний». В чем вы, будучи специалистами высшего уровня в области систем управления, предполагаете ее возможные причины? И, главное, каким образом они могут быть исключены в дальнейшем?

– Очень трудно говорить о возможных причинах катастрофы, не имея детальной и достоверной информации. Первое, что приходит в голову при анализе информации, доступной из открытых источников, это то, что к катастрофе могло привести срабатывание ограничителя угла атаки, который подразумевает формирование команды на пикирование при превышении заданного максимального угла атаки. В условиях полета на малой высоте это могло привести к катастрофе. Однако еще раз необходимо отметить, что подлинные причины катастрофы вправе определять только аварийная комиссия.

Следует сказать, что конфликт ограничителя угла атаки с условиями низковысотного полета уже приводил к катастрофе современного высокоавтоматизированного самолета. В частности, 26 июня 1988 г. при выполнении демонстрационного полета на малой высоте и малой скорости потерпел катастрофу самолет А-320, что стало первой катастрофой самолетов данного типа. Эта катастрофа несколько охладила эйфорию по поводу безопасности высокоавтоматизированных самолетов. В качестве возможного решения данной проблемы видится обеспечение траекторной безопасности полета, с ограничением не только угловых, но и траекторных параметров, что может быть сделано в рамках КСУ.

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ



# НАЦИОНАЛЬНАЯ ПРЕМИЯ В ОБЛАСТИ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ «ПРИОРИТЕТ-2019»

## ПРИЕМ ЗАЯВОК НА УЧАСТИЕ В КОНКУРСЕ

[prioritetaward.ru](http://prioritetaward.ru)