

ОТЗЫВ

научного руководителя Сергея Георгиевича Баженова на диссертационную работу Козьяйчева Андрея Николаевича на тему «Разработка законов управления, повышающих безопасность полёта самолётов транспортной категории», представленной к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 «Динамика, баллистика и управление движением летательных аппаратов»

А.Н. Козьяйчев окончил Московский авиационный институт в 2009 г по специальности «Системы управления летательными аппаратами». В течение нескольких лет он занимался анализом динамики и разработкой алгоритмов системы управления неманевренных самолётов.

В настоящее время благодаря внедрению цифровых электродистанционных систем управления достигнут высокий уровень автоматизации управления самолётом, внедрён широкий спектр функций управления, ограничения параметров движения и снижения рабочей нагрузки экипажа. Вместе с тем, анализ текущего состояния функционального наполнения систем управления самолётов транспортной категории и анализ причин авиационных происшествий показывает, что существуют режимы полёта на которых необходимы дополнительные ограничения, например, режимы взлёта и посадки. Также из анализа видно, что происходит интенсивный рост числа функций управления, снижающих рабочую нагрузку на экипаж и улучшающих комфорт управления, что повышает конкурентоспособность авиалайнеров. Рост числа функций системы управления современных самолётов приводит к существенному усложнению алгоритмов управления. В настоящее время современные самолёты транспортной категории используют интегральный закон управления в продольном канале управления и статические законы управления в путевом и поперечном каналах. Использование статических законов управления не позволяет, в полной мере, реализовать растущий набор функций управления в боковом канале. В этих условиях целесообразным представляется переход на интегральные законы управления в боковом канале.

Целью диссертационной работы Козьяйчева А.Н. является повышение безопасности полёта самолётов при полёте вблизи земли и повышение удобства пилотирования самолётов транспортной категории. Для реализации поставленной цели автором формируются концепции управления в путевом и поперечных каналах, разрабатываются новые функции, определяемые этими концепциями, синтезируются интегральные законы управления в боковом канале, соответствующие функциям управления. В процессе разработки законов управления решалась задача определения устойчивости замкнутой многосвязанной системы. Была продемонстрирована эквивалентность модифицированных методов определения областей устойчивости многосвязанных систем, что продемонстрировано на примере самолёта с системой управления в боковом канале.

Для магистрального самолёта, Козьяйчев А.Н. обосновал необходимость разработки функции ограничения угла крена вблизи земли. На основе теории конечных автоматов синтезирован алгоритм функции ограничения угла крена вблизи земли. Данный алгоритм основан на прицепе переключения управляющего сигнала от лётчика на сигнал стабилизации заданного максимального угла крена при угрозе его превышения. Расчётными и стендовыми исследованиями продемонстрирована и подтверждена эффективность ограничения угла крена на малых высотах, тем самым предотвращается касание крылом или мотогондолой поверхности взлётно-посадочной полосы. Разработанная автором функция нашла практическое применение, данная функция внедрена в алгоритмы системы управления самолёта МС-21-300.

Козьяйчевым А.Н. предложены концепции управления в путевом и поперечном каналах управления. В поперечном канале управления – в заданном диапазоне углов крена осуществляется управление скоростью крена, за пределами этого диапазона осуществляется управление углом крена, но при отклонении рычага управления по крену направленном на создание угла крена противоположенного знака осуществляется управление скоростью крена. В

путевом канале –перемещению педалей соответствует угол скольжения и заданная скорость крена, а максимальному перемещению педалей соответствует заданный максимальный угол скольжения. Автором разработаны интегральные законы управления в путевом и поперечном каналах реализующие данные концепции управления. В работе представлено детальное описание данных алгоритмов.

Автором рассмотрены методы расчёта областей устойчивости самолёта с многосвязной системой управления с помощью частотных методов. Такая задача возникает при анализе устойчивости самолёта с системой управления в боковом канале, где используются элероны, руль направления и интерцепторы и присутствуют перекрёстные связи в системе управления между каналами путевого и поперечного управления. Показано, что анализ устойчивости системы при размыкании по вектору состояния эквивалентен анализу устойчивости при размыкании по управляющим сигналам.

Проведён расчёт областей устойчивости самолёта с системой управления с интегральными законами управления в боковом канале. Показано, что области устойчивости, рассчитанные с помощью разных методов совпадают. Расчёт логарифмических амплитудо-частотных характеристик передаточных функций, используемых в разных методах расчёта устойчивости, соответствующих точкам потери устойчивости показал, что все частотные характеристики пересекаются в одной точке, соответствующей границе устойчивости.

Автор провёл и представил результаты расчётных и стендовых исследований интегральных законов управления в поперечном и путевом каналах. В расчётных исследованиях рассматривалась реакция самолёта с интегральными законами управления в боковом канале на различные возмущающие и управляющие воздействия. В стендовых исследованиях, с участием лётчиков-испытателей, оценивалась управляемость самолёта с интегральными законами управления в боковом канале. Оценка проводилась для различных режимов полёта, представляющих всю эксплуатационную

область. Результаты проведённых расчётных и стендовых исследований по оценке управляемости самолёта при совместной работе интегральных законов в поперечном и путевом каналах управления демонстрируют, что интегральные алгоритмы обеспечивают выполнение заявленных для них функций в широком диапазоне режимов полёта с достаточной точностью.

Разработанные Козяйчевым А.Н. законы управления частично внедрены в алгоритмы управления самолётов ШФДМС и SSJ-NEW, также целесообразно внедрение данных законов в алгоритмы управления перспективных самолётов транспортной категории.

Дальнейшее развитие направления исследований, которым посвящена диссертационная работа Козяйчева А.Н. представляется весьма актуальной и перспективной вследствие дальнейшего наращивания числа и спектра функций системы ручного управления самолётов транспортной категории.

Результаты, полученные Козяйчевым А.Н. в ходе выполнения диссертационной работы с достаточной полнотой описаны и представлены. Диссертационная работа имеет хорошую апробацию. Материалы работы докладывались и обсуждались на российских и международных конференциях и семинарах.

В целом диссертационная работа представляет собой обоснование и решение актуальной комплексной научно-технической задачи разработки функций и алгоритмов системы дистанционного управления магистрального самолёта в боковом канале для улучшения характеристик управляемости и повышения безопасности полёта. Работа выполнена на высоком научном уровне, содержит новые теоретические и практические результаты и полностью соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 – «Динамика, баллистика и управление движением летательных аппаратов».

Считаю, что автор работы – Козяйчев Андрей Николаевич продемонстрировал способность самостоятельно ставить и решать научно-

технические задачи, и заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 «Динамика, баллистика и управление движением летательных аппаратов».

Научный руководитель

Доктор технических наук,

доцент



24.03.2021

С.Г. Баженов

Подпись Баженова Сергея Георгиевича удостоверяю

Заместитель начальника управления
персоналом – начальник отдела кадров



В.Н. Баранов