



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
(РОСАВИАЦИЯ)**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ
АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)**

ФАКУЛЬТЕТ Механический

КАФЕДРА «Аэродинамики, конструкции и прочности летательных
аппаратов» (АКПЛА)

Направление подготовки 25.06.01 Аэронавигация и эксплуатация
авиационной и ракетно-космической техники
(код и наименование направления подготовки)

Направленность 05.22.14 Эксплуатация воздушного транспорта
(наименование направленности)

НАУЧНО-КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Тема Методика предотвращения выкатывания ВС за пределы ВПП

Обучающийся:

Волынчук А.И.
(Ф.И.О.)

(Подпись)

Научный руководитель:

д.т.н., профессор Киселев М.А.
(уч.степень, уч.звание, Ф.И.О.)

(Подпись)

Рецензенты:

д.т.н., профессор Петров Ю.В.
(уч.степень, уч.звание, Ф.И.О.)

(Подпись)

д.т.н., профессор Чинючин Ю.М.
(уч.степень, уч.звание, Ф.И.О.)

(Подпись)

Работа допущена к защите:

Заведующий кафедрой

д.т.н., профессор Киселев М.А.
(уч.степень, уч.звание, Ф.И.О.)

(Подпись)

МОСКВА 2025

Методика предотвращения выкатывания ВС за пределы ВПП

Актуальность научно квалификационной работы (НКР).

Посадка воздушного судна была и остается наиболее сложным и опасным этапом полета. Для совершения безопасной посадки воздушному судну (ВС) необходимо уменьшить вертикальную (на этапе выравнивания) и горизонтальную (на этапе выдерживания) составляющие вектора скорости полета ВС, что в свою очередь уменьшает возможности по увеличению подъемной силы и ограничивает экипаж в возможностях совершения маневров. В тоже время экипаж во время посадки должен подвести ВС к взлетно-посадочной полосе (ВПП) и совершить касание, последующие пробег и остановку ВС в пределах довольно ограниченной по своим размерам площадки, что в конечном итоге и в частности при воздействии сопутствующих неблагоприятных факторов (ошибки пилотирования, сдвиг ветра, обледенение, отказ двигателя, гидроглиссирование и др.) может привести к перелету и выкатыванию самолетов за пределы ВПП.

Анализ статистики авиационных происшествий (АП) указывает на то, что несмотря на малую продолжительность посадки относительно остальных этапов полета (менее 5% от всего полетного времени), именно на этапы захода и собственно посадки приходится больше всего АП. Значительная часть указанных авиационных событий (АС) связано с выкатыванием ВС за пределы ВПП. Так по данным международной ассоциации воздушного транспорта (IATA) 23% АС за 2017-2021 г. связаны с выкатыванием ВС за пределы ВПП, что является самым высоким показателем относительно других видов АС.

В настоящее время вопрос возможности предотвращения и предупреждения выкатываний ВС, как показывает анализ статистики авиационных происшествий, достаточно актуален. Поиск решения в части предотвращения выкатываний ВС за пределы ВПП ведется как на уровне авиационных властей, так и на уровнях производителей и эксплуатантов ВС.

Несмотря на активную разработку и использование в настоящее время мероприятий, направленных на предотвращение выкатывания ВС за пределы взлетно-посадочной полосы ВПП, исключить или значительно сократить инциденты и происшествия, связанные с выкатыванием ВС за пределы ВПП до сих пор не удается.

Большинство исследований в области предотвращения (снижения последствий) выкатывания ВС за пределы взлетно-посадочной полосы направлены на повышение ситуационной осведомленности экипажа, а также бортовые системы, позволяющих более точно принимать решения при заходе на посадку и посадке. Особое внимание в НКР уделено рассмотрению методов предотвращения (снижения последствий) выкатываний ВС, с выделением методов активной защиты. В качестве активной защиты, как наиболее перспективный вариант, выбрана разработка методики на основе модели пилота, учета данных о фактической погоде, состоянии ВПП и параметров ВС.

Объект исследования

Объект исследования – активная бортовая система предотвращения выкатывания ВС за пределы ВПП.

Предмет исследования

Управление траекторией полета ВС на этапе посадки и ухода на второй круг.

Целью работы является повышение уровня безопасности полетов (БП) за счет разработки методики, алгоритма, обеспечивающих возможности предотвращения выкатывания ВС за пределы ВПП.

Поставленная **задача достигается** решением следующих основных задач:

1. Анализ статистики авиационных событий и факторов опасности, обуславливающих риск выкатывания.

2. Анализ содержания и недостатков существующих мероприятий, активных и пассивных методов предотвращения выкатывания ВС за пределы ВПП.

3. Анализ влияния состояния ВПП, манеры пилотирования и данных о фактических погодных условиях на точность прогноза посадочной дистанции.

4. Обоснование требований к активной системе предотвращения выкатываний.

5. Разработка методики предотвращения выкатывания ВС за пределы ВПП.

6. Разработка алгоритма работы активной системы предотвращения выкатываний ВС за пределы ВПП.

Научная новизна состоит в том, что впервые предложена методика предотвращения выкатывания ВС за пределы ВПП, обеспечивающая, в отличие от существующих, следующие возможности:

- непрерывный анализ планируемой и фактической дистанции пробега ВС на ВПП с учетом данных о внешних погодных условиях, реальных значений коэффициента сцепления и данных об особенностях пилотирования летчиков, управляющих ВС;
- возможность предотвращения выкатывания ВС за пределы ВПП путем выдачи рекомендаций экипажу о необходимости конкретных действий по управлению ВС или путем прямого вмешательства в управление ВС с кратковременным исключением пилотов из контура управления ВС.

Практическая ценность состоит в том, что разработанный алгоритм предотвращения выкатываний ВС за пределы ВПП, может быть положен в основу работы активной бортовой системы предотвращения выкатывания ВС за пределы ВПП, допускающей реализацию с минимальными затратами в виде функции на современных комплексах бортового оборудования, построенных по принципам интегрированной модульной авионики и «стеклянной кабины». Внедрение активной бортовой системы предотвращения выкатывания ВС за пределы ВПП будет способствовать устранению причин значительного числа авиационных происшествий и обеспечению безопасности при эксплуатации авиационной техники.

В первой главе выполнен анализ посадки ВС, как наиболее опасного этапа полета, проанализированы особенности поперечного и осевого выкатывания ВС за пределы ВПП, выделены факторы, способствующие выкатыванию ВС. Рассмотрены существующие организационные и технические способы предотвращения выкатывания ВС за пределы ВПП, включающие в себя активные (бортовые системы) и пассивные (EMAS) методы. Обоснована актуальность научной задачи разработки методики предотвращения выкатываний ВС за пределы ВПП с учетом состояния ВПП, манеры пилотирования и данных о фактических погодных условиях

Во второй главе выполнена постановка задачи исследования, проанализированы ожидаемые условия работы системы активного предотвращения выкатывания ВС за пределы ВПП. Сформированы требования к функционалу активной система предупреждения выкатывания ВС за пределы ВПП, описаны функции системы и разработана методика и алгоритм работы активной бортовой системы предотвращения выкатывания ВС за пределы ВПП.

В третьей главе выполнено описание тестовой задачи, заключающейся в моделировании реального АП с ВС A330-300 Korean Air в октябре 2022. Выполнено моделирование ситуации без срабатывания активной системы предотвращения выкатываний и с применением системы. Установлено, что как и в реальном АП, при моделировании посадка окончится выкатыванием ВС за пределы ВПП на 150 м. Погрешность в точности моделировании составила 7%. Включение системы обеспечивает генерацию рекомендации по уходу на второй круг на скорости 200 км/ч на 1500 метрах пробега, выполнение которой обеспечивает безопасное продолжение полета.

В четвертой главе дана оценка возможности внедрения и экономической эффективности методики предотвращения выкатывания ВС за пределы ВПП. Показано, что система может быть внедрена на существующих и перспективных ВС, созданных в соответствии с концепцией IMA и «стеклянной кабины» в виде функции FMC на базе

существующих решений аэродромного обеспечения полетов. Приведено финансовое обоснование эффективности внедрения методики на основании открытых данных о нанесенном ущербе в результате выкатываний и усредненных данных по стоимости разработки и внедрения программных решений в ГА. Установлено, что при стоимости внедрения пакета функции на одно ВС в размере \$50000-\$100000 окупаемость составит в среднем 3 года (на основе данных об ущербе от выкатываний).

Предложены пути внедрения системы с учетом требований к сертификации и необходимых дополнительных испытаний в рамках эксплуатации системы в составе ВС.

В заключении сформированы выводы по работе.