

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОДЭТАПОВ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПОСАДКИ ПО КАТЕГОРИИ ШВ ВЫСОКОАВТОМАТИЗИРОВАННОГО МАГИСТРАЛЬНОГО САМОЛЁТА В СЛОЖНЫХ МНОГОФАКТОРНЫХ УСЛОВИЯХ ПОЛЁТА

А.В. Гребёнкин

Московский институт электромеханики и автоматики (ПАО «МИЭА»)
Россия, 125167, Москва, авиационный переулок, 5
E-mail: inbox@aomica.ru

Ключевые слова: автоматическая посадка, выравнивание, доворот, пробег, вспомогательный управляющий сигнал.

Аннотация: Рассматривается оптимизация этапов выравнивания и пробега магистрального самолёта при реализации автоматической посадки по категории Шв. На подэтапе выравнивания рассматривается возможность использования вспомогательных управляющих сигналов на секции интерцепторов для уменьшения нормальной перегрузки и уменьшения воздушного участка посадочной дистанции. На подэтапе пробега рассматривается целесообразность использования манёвра «Доворот» с целью повышения эффективности сопротивляемости боковому уводу в условиях посадки с предельными боковыми возмущениями.

1. Введение

Качество посадки по категории Шв определяется определённой последовательностью подключений и эффективностью управляющих воздействий на различных подэтапах. Интерес представляет возможность использования корректирующих вспомогательных сигналов на секции интерцепторов в реализации общей концепции управления по принципу погони за «целью», позволяющей оптимизировать подэтап выравнивания по критериям уменьшения дистанции воздушного участка, величины нормальной перегрузки и вертикальной скорости касания ВПП.

Для повышения сопротивляемости самолёта боковым возмущениям рассматривается целесообразность разбиения этапа пробега на два участка:

- Участок входа в режим пробега, с условным названием «Доворот», который начинается с момента первого касания ВПП и заканчивается опусканием самолёта на переднюю опору, на котором минимизируется угол крена с одновременным аperiодическим выходом на курс ВПП;

- Участок собственно пробега, на котором выполняется стабилизация самолёта в равносигнальной зоне курсового радиомаяка (КРМ) на курсе ВПП с применением торможения колёс и реверса тяги двигателей.

2. Постановка задачи

В основе реализации автоматической посадки заложен сценарий в виде специальной логики обработки сигналов датчиков и, в зависимости от сформированных сигналов, формирования определённых задач и процедур управления. Сценарий с реализацией подэтапа «Доворот» предполагает выполнение следующей последовательности действий [1]:

1. На этапе стабилизации курса и глиссады:

- Управлением элеронами до высоты 0,5 м по радиовысотомеру выполняется задача стабилизации самолёта на курсе посадки по сигналам курсового радиомаяка (КРМ);
- Управлением рулём высоты выполняется задача стабилизации самолёта на траектории снижения по глиссаде по сигналам глиссадного радиомаяка (ГРМ);
- Управлением рулём направления до высоты 0,5 м по радиовысотомеру обеспечивается минимизация угла скольжения;
- Управлением тягой двигателей до высоты 5 м по радиовысотомеру автоматом тяги реализуется задача стабилизации заданной лётчиком приборной скорости захода на посадку для соответствующего положения взлётно-посадочной механизации;
- Управлением стабилизатором до высоты 20 м по радиовысотомеру реализуется задача автобалансировки (на высоте меньше 20 м режим автобалансировки отключается).

2. С высоты начала выравнивания ($H_{нв} \leq 15м$):

- Управлением рулём высоты и секциями интерцепторов реализуется задача выравнивания траектории до фиксации (без возможности отмены в рамках сценария посадки) события раскрутки колёс левой и правой стоек шасси или фиксации (без возможности отмены в рамках сценария посадки) события обжатия амортизаторов левой и правой стоек шасси.

3. При уменьшении высоты до 5 метров по радиовысотомеру:

- Автомат тяги переключается в режим «стабилизации тяги» с переводом РУД в положение земного малого газа.

4. С высоты 0,5 м по радиовысотомеру:

- Управлением элеронами до конца пробега ($V_{пр} \leq 70$ км/ч) реализуется задача стабилизации нулевого значения угла крена;
- Управлением рулём направления до фиксации события касания ВПП колёсами передней опоры шасси выполняется задача удержания самолёта на оси ВПП по сигналам КРМ и магнитного курса, поступающих от инерциальной навигационной системы (БИНС), с учётом заданного пилотом или принятого от вычислительной системы самолётовождения (ВСС) курса ВПП.

5. После фиксации события раскрутки колёс левой и правой стоек шасси или фиксации события обжатия амортизаторов левой и правой стоек шасси:

- Автоматически выпускаются все средства аэродинамического торможения в соответствии с логикой автоматического выпуска интерцепторов и воздушных тормозов;
- Управлением рулём высоты реализуется задача опускания самолёта на переднюю опору шасси до фиксации события касания ВПП колёсами передней опоры при условии касания ВПП колёсами левой или правой стоек шасси (без возможности отмены в рамках сценария);

- Пилот переводит РУД в положение малого реверса.
 6. После фиксации события касания ВПП колёсами передней опоры шасси при условии касания ВПП колёсами левой или правой стоек шасси:
 - Подключается основное управление рулём направления и носовым колесом, направленное на минимизацию бокового отклонения самолёта от осевой линии ВПП в процессе стабилизации движения самолёта на заданном курсе ВПП в равносигнальной зоне КРМ;
 - САУ переводит руль высоты в положение на пикирование для дополнительного прижатия носового колеса;
 - При педальном способе торможения пилот за 1 секунду полностью обжимает педали тормоза и удерживает их обжатыми до конца пробега;
 - При автоматическом торможении при условии заданного режима замедления (LOW, MED, MAX) подключается соответствующих режим автоматического торможения;
 7. При уменьшении приборной скорости до 110 км/ч:
 - Пилот переводит РУД в положение малого реверса.
 8. При уменьшении приборной скорости до 70 км/ч:
 - САУ отключается.

Характеристики приземления и последующего пробега в значительной степени определяются манерой и качеством формирования управляющих сигналов в продольном и боковом каналах управления на этапах выравнивания и доворота. Существуют различные способы управления на этапе выравнивания. Интерес представляет способ выравнивания по принципу погони за «целью», которая движется по оси ВПП на определённом (заданном) расстоянии от центра масс самолёта [2]. Суть алгоритма поясняется на рис. 1. Основными управляющими сигналами алгоритма являются угол между вектором траекторной скорости и направлением на «цель» ε_u и скорость изменения этого угла. Очевидно, что чем меньше расстояние до «цели», тем больше начальная величина управляющего сигнала и наоборот. Рассматривается возможность дополнительной коррекции управляющего сигнала на руль высоты путём формирования вспомогательного корректирующего сигнала на секции интерцепторов с учётом изменения расстояния до «цели», зависящее от разности между путевой и приборной скоростью. Некоторые результаты моделирования приведены на рис. 2.

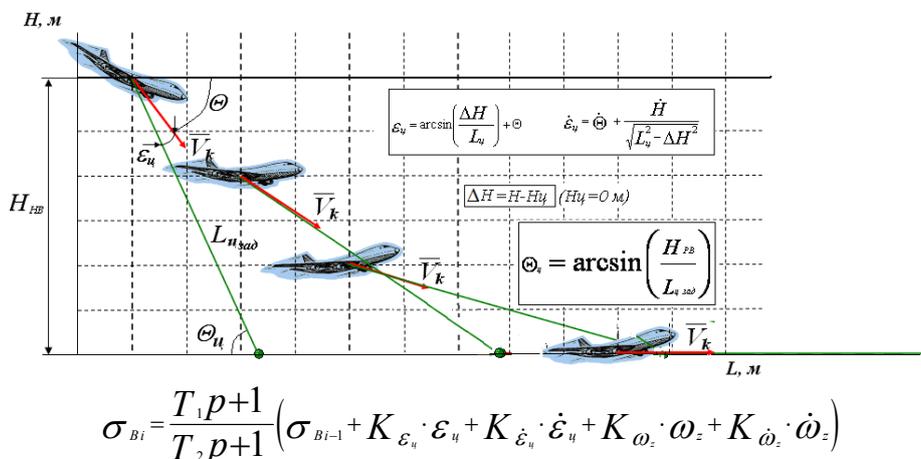


Рис. 1. Формирование управляющего сигнала на этапе выравнивания.

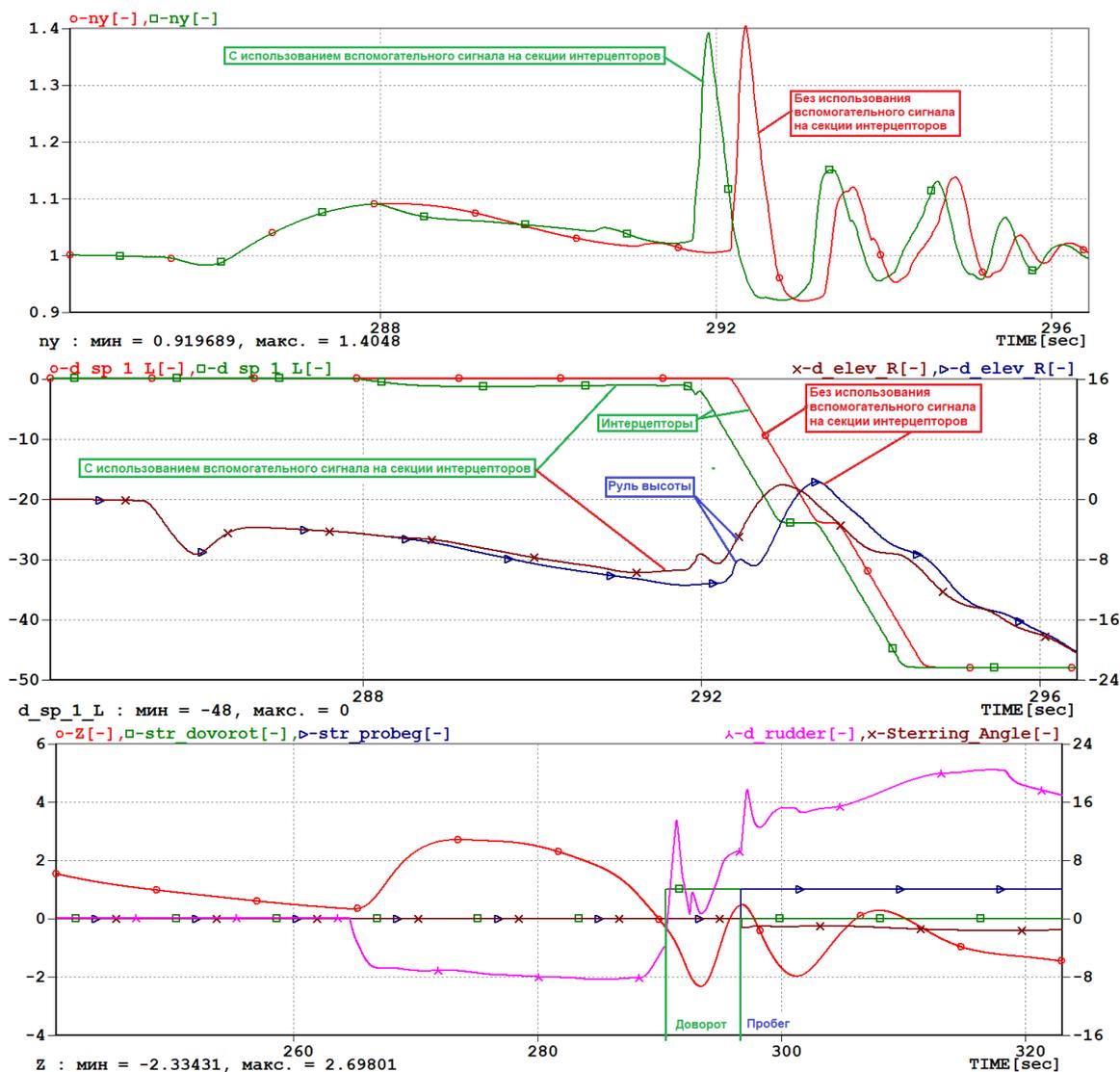


Рис. 2. Влияние доворота на характеристики пробега в условиях градиентного бокового ветра 12 м/с и отказа критического двигателя (ВПП сухая)

3. Заключение

Высокая эффективность и качество автоматической посадки определяется не только качеством законов управления, но и выбором, реализацией сценария посадки с увязкой в рамках выполняемого сценария характерных событий (формируемых по сигналам датчиков), задач и процедур управления в каналах тяги, тангажа, крена, рыскания и всех средств торможения на пробеге.

Корректирующие вспомогательные сигналы на секции интерцепторов позволяют сократить воздушный участок посадочной дистанции и уменьшить величину нормальной перегрузки при выполнении манёвра выравнивания.

Добавление участка доворота позволяет повысить эффективность сопротивляемости самолёта боковому уводу.

Список литературы

1. Гребёнкин А.В., Кузнецов А.Г., Колбасов В.Н. Оценка алгоритмов и логики автоматической посадки магистрального самолёта по категории Шб Вып. 42 // Навигация и управление летательными аппаратами / Отв. ред. к.т.н., доцент Ю.В. Гавриленко. М.: МИЭА, 2023. 30-69 с.
2. Гребёнкин А.В. Реализация универсального способа траекторного управления в вертикальной плоскости применительно к режимам САУ «Автоматический взлёт», «Смена эшелона», «Стабилизация высоты», «Посадка» // II Всероссийская научно-техническая конференция «Моделирование авиационных систем». Сборник тезисов докладов. М: ФГУП «ГосНИИАС», 2013. 69-70 с.
3. Гребёнкин А.В. Разработка алгоритмов автоматического выравнивания траектории на посадке с использованием интерцепторного управления // Труды Московского института электромеханики и автоматики. Вып. 6: Навигация и управление летательными аппаратами / Отв. ред. к.т.н. Ю.В. Гавриленко. М.: МИЭА, 2013. 84 с.