

Кубланов М.С., Чернигин К.О.

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПОЛЁТА
ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ТРАНСПОРТНОЙ КАТЕГОРИИ ЗА ПРЕДЕЛАМИ
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ**

При сертификации воздушного судна (ВС) подтверждается его соответствие требованиям Норм лётной годности в определённых заявителем ожидаемых условиях эксплуатации (ОУЭ) – условиях, возникновение которых можно с достаточным основанием предвидеть в течение срока службы самолёта с учётом его назначения. Эти условия включают в себя параметры состояния и факторы воздействия на самолёт внешней среды, эксплуатационные факторы, влияющие на безопасность полёта. При этом ОУЭ не включают в себя экстремальные условия, встречи с которыми можно надёжно избежать путём введения эксплуатационных ограничений и правил, а также экстремальные условия, которые возникают настолько редко, что требование выполнять Нормы лётной годности в этих условиях привело бы к обеспечению более высокого уровня лётной годности, чем это необходимо и практически обосновано. Под эксплуатационными ограничениями подразумеваются условия, режимы и значения параметров, преднамеренный выход за пределы которых недопустим в процессе эксплуатации самолёта [1].

Таким образом, из вышесказанного следует, что экстремальные условия, выходящие за пределы ОУЭ, статистически могут возникать (хотя и редко) при воздействии неуправляемых факторов, также в них можно попасть при непреднамеренном выходе за эксплуатационные ограничения или при нарушении правил эксплуатации. Статистика и результаты анализа авиационных происшествий и инцидентов показывают, что основной их причиной является выход за пределы эксплуатационных ограничений (по различным причинам) в сочетании с не соответствующими ситуации действиями экипажа (недостаточность действий, некорректность действий), что приводит к дальнейшему выходу за предельные ограничения [2]. В связи с этим представляется актуальной задача исследования параметров полёта воздушных судов за пределами эксплуатационных ограничений с целью обеспечения экипажа информацией о поведении воздушного судна на таких режимах полёта. Причем исследоваться должны как управляемые параметры состояния, так и неуправляемые факторы воздействия на ВС.

В качестве примера рассматривается задача математического моделирования

посадки самолёта на взлётно-посадочную полосу (ВПП) со сверхнизким коэффициентом сцепления. Исходно ставилась задача оценки возможных условий посадки самолёта Ил-76ТД-90ВД на ледяную ВПП в Антарктиде при осуществлении особых полётов [3]. Однако ситуация, связанная с посадкой на ВПП с коэффициентом сцепления ниже допустимого, может происходить и в регулярной коммерческой эксплуатации при передаче на борт ВС недостоверной информации о состоянии ВПП, при ошибочном принятии решения экипажа о посадке, при необходимости совершить вынужденную посадку. Исследования проводились с помощью разработанной и постоянно совершенствуемой Системы математического моделирования динамики полёта летательных аппаратов (СММ ДП ЛА), доказавшей свою применимость при решении различных задач для различных самолётов в различных условиях [4].

В процессе решения задачи были выделены основные особенности и трудности математического моделирования динамики полёта за пределами эксплуатационных ограничений:

- каждая математическая модель должна пройти проверку на адекватность в той части диапазона значений исследуемых параметров, для которой она используется. В данном случае в связи с тем, что исследование происходит за пределами эксплуатационных ограничений, нахождение и использование для проверки адекватности данных реальных полётов представляется предельно сложной задачей;

- исследование влияния определённого фактора вне диапазона эксплуатационных значений на динамику полёта ВС требует модернизации соответствующей нормативной документации. Так, для значений коэффициента сцепления $\mu_{\text{сц}}$ ниже эксплуатационных требуется новая лексическая классификация;

- требуется расширение возможностей математического моделирования значений исследуемого фактора в зависимости от всех определяющих его условий. Для текущих значений $\mu_{\text{сц}}$ необходимо проведение исследований количественного влияния таких факторов, как состояние ВПП, скорость движения, относительное проскальзывание колёс, давление в пневматиках. Такого рода исследования были проведены только в области существования данных добротных лётных испытаний. Таковых при $\mu_{\text{сц}} < 0,37$ не существует, поэтому требуемые исследования можно провести только на уровне оценок диапазонов значений влияющих факторов [5].

С учётом вышеописанных особенностей были получены достоверные качественные результаты, адекватно описывающие поведение самолёта Ил-76ТД-90ВД

при посадке на скользкую ВПП. Удалось получить характерный разворот самолёта в конце пробега и показать, что манера управления пилота в этих условиях мало влияет на качественный характер поведения самолёта. Самый существенный фактор, приводящий к такому манёвру, скрывается в особенностях связи продольного и поперечного сцепления колес шасси с ВПП. Также удалось идентифицировать минимально допустимое значение нормативного коэффициента сцепления взлётно-посадочной полосы (0,42), при котором возможна безопасная посадка в условиях бокового ветра 15 м/с [3].

Библиографический список

1. АП-25, Нормы лётной годности самолётов транспортной категории [Текст]. – М: Авиаиздат – 2004 г. – 240 с.
2. Чернигин, К.О. Методика анализа развития особых ситуаций на основе математического моделирования динамики полёта воздушных судов [Текст] / К.О. Чернигин // Научный вестник МГТУ ГА – №188 – 2013 г. – С. 114-120.
3. Кубланов, М.С. Математическое моделирование посадки самолёта Ил-76ТД-90ВД в Антарктиде [Текст] / М.С. Кубланов, К.О. Чернигин // Научный вестник МГТУ ГА – Том 19, №6 – 2016 г. – С. 35-41.
4. Кубланов, М.С. Математическое моделирование задач лётной эксплуатации воздушных судов на взлёте и посадке: монография [Текст] / М.С. Кубланов // М. РИО МГТУ ГА – 2013 г. – 270 с.
5. Кубланов, М.С. Исследование возможности математического моделирования эксплуатации тяжелых транспортных самолётов на взлётно-посадочных полосах со сверхнизким коэффициентом сцепления [Текст] / М.С. Кубланов, К.О. Чернигин // Материалы XXVIII научно-технической конференции по аэродинамике. 20 - 21 апреля 2017 г. пос. Володарского – ЦАГИ – 2017 г. – С. 160.