

**Сведения о ходе выполнения проекта  
по Соглашению о предоставлении субсидии № 075-11-2019-017 от  
21.10.2019 г. (внутренний номер соглашения 05.625.21.0013, уникальный  
идентификатор соглашения RFMEFI62819X0013),  
субсидируемого Министерством науки и высшего образования Российской  
Федерации в рамках федеральной целевой программы «Исследования и  
разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического  
комплекса России на 2014 - 2020 годы»**

**Проект:** «Полунатурное моделирование критических режимов полета  
пассажирского самолета и рисков, обусловленных человеческим фактором»

**Руководитель проекта:** Зайчик Лариса Евгеньевна

**Этап 2.** Разработка методологических основ проведения экспериментальных  
исследований критических ситуаций в полете, обусловленных человеческим  
фактором.

**Цель и задачи проекта:**

Настоящее исследование проводится в рамках выполнения совместного научно-исследовательского проекта SAFEMODE рамочной программы Европейского Союза «Горизонт 2020», в составе международного консорциума, координатором которого является Deer Blue (DBL, Научно-исследовательская и опытно-конструкторская компания, Италия).

Целью данного исследования является разработка методологии наземной отработки на пилотажных стендах рисков, связанных с человеческим фактором, как средства интеллектуального подхода к проектированию пассажирских самолетов и создания более безопасного авиационного транспорта в составе транспортно-логических систем.

Для достижения этой цели в ходе реализации проекта необходимо решить следующие задачи:

1. Экспертная оценка летным составом математической модели движения регионального пассажирского самолета на больших углах атаки для моделирования в реальном времени.

Экспертная оценка будет проводиться на пилотажном стенде ПСПК-102 ЦАГИ заслуженным летчиком-испытателем и двумя летчиками-испытателями первого класса, имеющими большой опыт испытаний самолетов на сваливание самолетов транспортной категории, участвовавших в испытаниях современных пассажирских самолетов SSJ-100, MC-21, Ту-204, которые послужили прототипами при создании обобщенной математической модели. Все летчики имеют опыт в расследовании причин авиакатастроф и инцидентов с самолетами транспортной категории, в том числе связанных с потерей управления из-за попадания в сложное пространственное положение и сваливания.

2. Разработка и программная реализация для проведения моделирования на пилотажном стенде разработанной на Этап 1 данного проекта математической модели движения самолета в спутной турбулентности.

Будет проведена адаптация программного модуля движения самолета в спутной турбулентности для моделирования в реальном времени на пилотажном стенде, оценка эффективности применения нейросетевых аппроксиматоров для увеличения быстродействия разработанного программного модуля движения самолета в спутной турбулентности. Оценка адекватности разработанной модели будет проводиться на стенде ПСПК-102 ЦАГИ и стенде МФТИ опытным летчиком-испытателем.

3. Разработка обобщенной математической модели административного самолета адаптированной для использования при моделировании в реальном времени различных критических режимов полета.

Обращается особое внимание на то, что модель справедлива в широком диапазоне углов атаки, скольжения и угловых скоростей для возможности исследования таких режимов, как сваливание и штопор. Будет рассмотрен один из наиболее критичных для самолетов подобного класса режимов полета, - попадание в спутную турбулентность.

4. Анализ имеющихся критериев оценки качества воспроизведения акселерационных сигналов применительно к моделированию критических ситуаций. Разработка законов управления движением кабины пилотажного стенда для моделирования сценариев критических ситуаций;

Разработка законов управления движением кабины пилотажного стенда должна производиться с учетом критериев, разработанных ранее в ЦАГИ для штатных режимов полета, и с точки зрения минимизации ложных акселерационных сигналов для достижения наилучшего качества моделирования выбранных сценариев критических ситуаций.

Уделяется внимание особенностям воспроизведения вертикальных перегрузок на пилотажных стендах с системой подвижности на базе платформы Стюарта, а также путям улучшения качества моделирования за счет разработки адаптивных законов управления движением кабины стенда.

5. Оценка необходимости индикации на пилотажном стенде и самолете отдельных параметров полета, непосредственно отражающих пространственное положение самолета.

Оценка необходимости прямой индикации будет проводиться для таких параметров как угол атаки и нормальная перегрузка путем анализа имеющихся способов индикации с учетом особенностей восприятия и обработки летчиком визуальной и акселерационной информации.

Совокупность перечисленных задач являет собой методологию наземной отработки на пилотажных стендах рисков, связанных с человеческим фактором, что позволяет проводить полунатурное моделирование критических режимов полета как средства интеллектуального подхода к проектированию пассажирских самолетов и создания более безопасного авиационного транспорта в составе транспортно-логистических систем.

**Актуальность проблемы** определяется необходимостью повышения безопасности авиационного транспорта посредством более своевременной, сфокусированной и интегрированной адаптации человеческого фактора в

создание самолетов и их систем. Решение этой задачи предусматривает углубление знаний в области наземных полунатурных экспериментальных исследований взаимодействия в системе самолет-летчик при возникновении аварийной ситуации в полете и создание способов снижения аварийности с учетом влияния человеческого фактора уже на стадии проектирования самолета и его систем управления без введения новых, ранее неизвестных, рисков безопасности.

Отработка и создание новых систем предупреждения и вывода самолета из СПП и сваливания предъявляет еще более строгие требования к полунатурному моделированию полета, чем просто тренировка экипажей. Создание адекватных моделей, их валидация и технология моделирования, которые способны эффективно воспроизводить условия потери управления в полете, являются необходимым условием как для тренировки летчиков, так и для разработки и оценки бортовых систем предупреждения сваливания и возвращения самолета в нормальный полет. Кроме этого, технологии, разрабатываемые с целью предотвращения потери управления в полете, должны быть эффективны для широкого спектра причин с учетом случайности их возникновения, и процесс валидации должен обеспечивать уверенность в том, что предлагаемые технологии не привнесут новые риски. Развитие методологии полунатурного моделирования критических режимов полета предполагает, в первую очередь, разработку адекватных моделей движения самолета, отражающих особенности поведения самолета на этих режимах.

Вторым вопросом, определяющим адекватность методологии полунатурного моделирования, является обеспечение высокого качества воспроизведения условий пилотирования системами пилотажных стендов и тренажеров. Валидация созданных моделей и способов моделирования потери управления в полете является сложной задачей, решение которой требует использования данных летных испытаний, статистических данных и данных наземного эксперимента. В связи с этим, а также для выработки рекомендаций по дальнейшему использованию разработанных моделей в процессе тренировок экипажей и при исследованиях критических режимов полета, эти модели должны пройти экспертную оценку опытных летчиков-испытателей.

Непрерывное совершенствование вычислительной техники дает возможность с достаточно высоким качеством моделировать на пилотажных стендах визуальную, приборную, звуковую информацию, усилия на рычагах управления и другие виды информации, обеспечивающей взаимодействие летчика с самолетом. Качество моделирования угловых ускорений и линейных перегрузок, действующих на летчика в полете, в меньшей степени зависит от уровня развития вычислительной техники и, кроме того, их в принципе невозможно точно воспроизвести на наземных пилотажных стендах, даже на самых уникальных с перемещениями кабины 10-20м. Однако неправильное воспроизведение акселерационной информации или большие искажения, вносимые алгоритмами управления подвижностью, могут исказить представление летчика о маневре и отразиться на результатах наземного моделирования и тренировке летчиков. Это особенно критично при отработке

действий для редко встречающихся опасных режимов полета, таких как попадание и вывод самолета из сложного пространственного положения и/или сваливания. Большинство летчиков не встречались с такими ситуациями в полете и не имеют понятия о возникающих при этом перегрузках и ускорениях. Поэтому неправильное воспроизведение акселерационной информации может отразиться на результатах наземного моделирования и привести к привитию отрицательных навыков при тренировке летчиков. В связи с этим, вопрос о качестве воспроизведения акселерационной информации при моделировании критических ситуаций в полете приобретает особую актуальность.

### **Ожидаемые результаты проекта:**

В рамках проекта будет разработана технология полунатурного моделирования полета пассажирского самолета при возникновении критических ситуаций, связанных с рисками человеческого фактора. Основными аспектами этой технологии являются:

- Экспертная оценка летным составом математической модели движения регионального пассажирского самолета на больших углах атаки для моделирования в реальном времени;
- Экспертная оценка летным составом обобщенной математической модели движения самолета в спутной турбулентности;
- Создание обобщенной математической модели административного самолета адаптированной для использования при моделировании в реальном времени различных критических режимов полета;
- Анализ необходимости воспроизведения нормальной перегрузки при моделировании на пилотажных стендах вывода самолета из сложного пространственного положения и сваливания;
- Оценка качества моделирования линейных перегрузок и угловых ускорений (акселерационных сигналов) при моделировании критических ситуаций;
- Описание законов управления движением кабины пилотажного стенда при моделировании сценариев критических ситуаций и их экспертная оценка летным составом;
- Анализ необходимости прямой индикации угла атаки и перегрузки для предупреждения и вывода самолета из сложного пространственного положения и сваливания.

### **Перспективы практического использования:**

Результаты проекта найдут применение:

- при разработке систем управления и интерфейсов новых самолетов для учета рисков, обусловленных человеческим фактором;
- для демонстрации линейным летчикам различных прогностических сценариев попадания в сложное пространственное положение, обусловленных различными причинами: потеря управления в полете из-за дезориентации, попадание в спутную турбулентность, отказы в системе управления;

- для обучения линейных летчиков своевременному обнаружению сложного пространственного положения и выводу самолета в нормальный режим полета.

Разработанная технология позволит повысить качество подготовки пилотов и снизить количество происшествий, связанных с человеческим фактором.

### **Партнеры проекта SAFEMODE по тематике:**

Со стороны российских партнеров:

1. Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем (ФГУП «ГосНИИАС»).

2. Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), МАИ.

3. Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет), МФТИ.

Со стороны иностранных партнеров: всего 34 европейские организации. Организации, с которыми происходит наиболее тесное взаимодействие:

1. «Научно-исследовательская и опытно-конструкторская компания» (Deer Blue, DBL, Италия) – координатор проекта.

2. «Национальная школа гражданской авиации» (ENAC, Франция).

3. «Университет Де Монфорт» (DMU, Великобритания).

4. «Европейская организация по безопасности воздушной навигации» (Eurocontrol, Бельгия).

5. «Государственная компания HungaroControl» (Венгрия).

В ходе выполнения проекта по Соглашению о предоставлении субсидий от 21.10.2019 г. № 075-11-2019-017 с Минобрнауки России в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 - 2020 годы» на этапе № 2 в период с 01.01.2020 по 30.09.2020 выполнялись следующие работы:

1) Проведена экспертная оценка летным составом математической модели движения регионального пассажирского самолета на больших углах атаки для моделирования в реальном времени.

2) Проведена экспертная оценка летным составом обобщенной математической модели движения самолета в спутной турбулентности.

3) Представлено описание обобщенной математической модели административного самолета, адаптированной для использования при моделировании в реальном времени различных критических режимов полета.

4) Проведен анализ необходимости воспроизведения нормальной перегрузки при моделировании на пилотажных стендах вывода самолета из сложного пространственного положения и сваливания.

5) Проведена оценка качества моделирования линейных перегрузок и угловых ускорений (акселерационных сигналов) при моделировании критических ситуаций.

6) Описаны законы управления движением кабины пилотажного стенда при моделировании сценариев критических ситуаций и их экспертная оценка летным составом.

7) Проведен анализ необходимости прямой индикации угла атаки и перегрузки для предупреждения и вывода самолета из сложного пространственного положения и сваливания.

8) Подана заявка на патент.

9) Определены перечень расчетных критических случаев и сценариев для оценки влияния человеческого фактора.

10) Описана математическая модель административного самолета для воспроизведения ряда сценариев критических режимов полета.

Работы в рамках задач (1)-(8) проводились Получателем субсидии за счет средств субсидии, а в рамках задачи (9)-(10) – Иностранными партнерами за счет внебюджетных средств.

Комиссия Минобрнауки России признала обязательства по Соглашению на отчетном этапе выполненными надлежащим образом.