

УДК 629.7.015.7

С.М. Еременко<sup>1</sup>, В.Н. Кобрин<sup>1</sup>, О.В. Соловьев<sup>2</sup>, П.В. Прусак<sup>1</sup><sup>1</sup>Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков<sup>2</sup>ГП «Чугуевский авиационный ремонтный завод», Чугуев

## ПРОГНОЗ ВИХРЕВОЙ ОБСТАНОВКИ В РАЙОНЕ АЭРОДРОМА

*Рассматриваются цели разработки и создания системы мониторинга и прогноза вихревой обстановки в районе аэропорта, требования, предъявляемые к такой системе и её предполагаемая структура.*

**Ключевые слова:** система прогноза вихревой обстановки, летательный аппарат, крупный аэроузел.

### Введение

Существующие и разрабатываемые современные системы мониторинга вихревой обстановки в районе аэродрома базируются на основе лидарных систем, включающих в свой состав доплеровские измерители скорости, лазерные измерители скорости и акустические системы. Перечисленные системы фиксируют в реальном масштабе времени текущие значения возмущённых скоростей в ограниченном пространстве ВПП и аэродрома. Это не позволяет в полной мере предсказать пространственное положение вихревых следов относительно предполагаемой траектории полёта самолёта, следующего за самолётом-генератором вихревого следа. Кроме того, надёжность работы лазерных и акустических систем зависит от атмосферных условий в районе аэродрома, таких как дымка, туман, атмосферные осадки, пылевые облака. Однако, безусловно, дальнейшее развитие лидарных систем крайне необходимо для изучения физики вихревых следов, а также для обеспечения заданного уровня безопасности полётов в районе аэродрома. Комплексное использование лидарных установок с системой прогноза вихревой обстановки в районе аэродрома, базирующейся на математических моделях вихревого следа, позволит с большей степенью вероятности и надёжнее выявлять опасные зоны, сгенерированные вихревым следом, для ЛА, следующих за самолётом-генератором.

В настоящее время не существует оперативных численных моделей, которые специально прогнозировали бы появление или время существования турбулентных вихрей. Исследования продолжаются, и развивается моделирование вихревых следов, что позволяет для рассматриваемого воздушного судна и условий окружающей среды определить, где, когда, и в течение, какого времени за воздушным судном могут наблюдаться вихревые следы [1].

В работе рассматривается, как вариант, система прогноза вихревой обстановки в районе аэродрома, построенная на использовании численных методов.

**Цель разработки системы прогноза вихревой обстановки.** Система мониторинга и прогноза вихре-

вой обстановки в районе аэродрома предполагает содержать информационные подсистемы, обеспечивающие хранение, расчёт и представление пользователю информации о предполагаемом положении вихревого следа в пространстве. В качестве пользователя, который может задавать критерии опасности, выступает экипаж ЛА и/или диспетчерские службы управления воздушным движением (УВД). Информация может быть визуализирована в удобном для восприятия виде, в объёме, достаточном для формирования предписывающего сигнала на выполнение манёвра уклонения ЛА от опасной зоны вихревого следа.

Существует потенциальная возможность оптимизации безопасных дистанций между ЛА на режимах взлёта, посадки и горизонтального полёта на основе достоверного прогнозирования динамики движения вихревого следа с учётом текущего и краткосрочного прогноза соответствующих метеорологических условий, влияния атмосферных условий и плоскости раздела сред (экрана) на динамику вихревого следа. Таким образом, целью разработки системы прогноза вихревой обстановки в районе аэродрома является обеспечение заданного уровня безопасности полётов в условиях воздействия вихревых следов, генерируемых летательными аппаратами, наземными, надводными, подвижными и неподвижными объектами, находящимися в окрестности летящего летательного аппарата, в том числе, при выполнении взлётно-посадочных операций.

### Основной раздел

#### Требования, предъявляемые к системе прогноза вихревой обстановки

Одним из основных направлений обеспечения безопасности полётов ЛА в условиях, когда определяющим фактором является вихревой след, является выбор режимов полёта, обеспечивающих заданный уровень безопасности. Способствовать решению этой задачи может создание, как бортовых вычислительных систем, так и стационарных наземных систем, работающих в реальном масштабе времени, способных определять степень опасности аэродинамических возмущений, действующих на ЛА, позволяющих выби-

рять способ коррекции управления ЛА с целью наиболее эффективной компенсации этих возмущений.

Таким образом, система прогноза вихревой обстановки должна удовлетворять требованиям:

- система прогноза вихревой обстановки должна информировать пользователя о наличии в окрестности ЛА, генерируемых различными объектами вихревых следов, которые могут представлять для него опасность;

- критерии опасности возмущённых областей пространства, сгенерированных вихревыми следами, могут задаваться пользователем системы, или определяться системой по установленным критериям;

- система должна вырабатывать предупреждающий сигнал экипажу ЛА или другим пользователям, имеющих возможность влияния на режим полёта, для выполнения манёвра уклонения ЛА от опасных зон вихревых следов.

Система прогноза вихревой обстановки предполагает включать в себя:

- подсистему информации об ЛА – генераторе вихревого следа, обеспечивающую хранение и предоставление пользователям информацию о нём;

- подсистему, обеспечивающую фиксацию, хранение и предоставление пользователям в текущий момент времени информацию о состоянии атмосферы;

- подсистему расчёта характеристик вихревого следа, их хранение и предоставление пользователям в прогнозируемый и текущий момент времени;

- подсистему предупреждения о возможности входа ЛА в зону воздействия вихревого следа в про-

гнозируемый момент времени;

- подсистему отображения текущей и прогнозируемой информации о вихревой обстановке;

- подсистему формирования управляющего сигнала на уклонение ЛА от опасных зон вихревых следов;

- подсистему коммуникации, обеспечивающую интеграцию системы в единый комплекс с инструментальными системами.

### Предполагаемая структура системы прогноза вихревой обстановки

Структура, как пример, системы прогноза вихревой обстановки в районе аэродрома представлена на рис. 1. Основной системы прогноза вихревой обстановки является подсистема расчёта характеристик вихревого следа, которая функционально соединена с «внешними» подсистемами (каналы радиообмена, РЛС, лидары, метеослужба), обеспечивающими её работу, как исходными данными для расчёта, так и дополнительной текущей служебной информацией. Прогнозом вихревой обстановки являются данные, получаемые из подсистемы предупреждения входа ЛА в зону неблагоприятного воздействия вихревого следа. Полученная, в ходе расчёта, информация передаётся пользователям системы через подсистемы обмена и синхронизации данными. В подсистемах диспетчерской службы и УВД вырабатывается управляющий сигнал на уклонение ЛА от зоны воздействия вихревого следа. Пример представления видеoinформации прогноза вихревой обстановки наземной системы представлен на рис. 2.

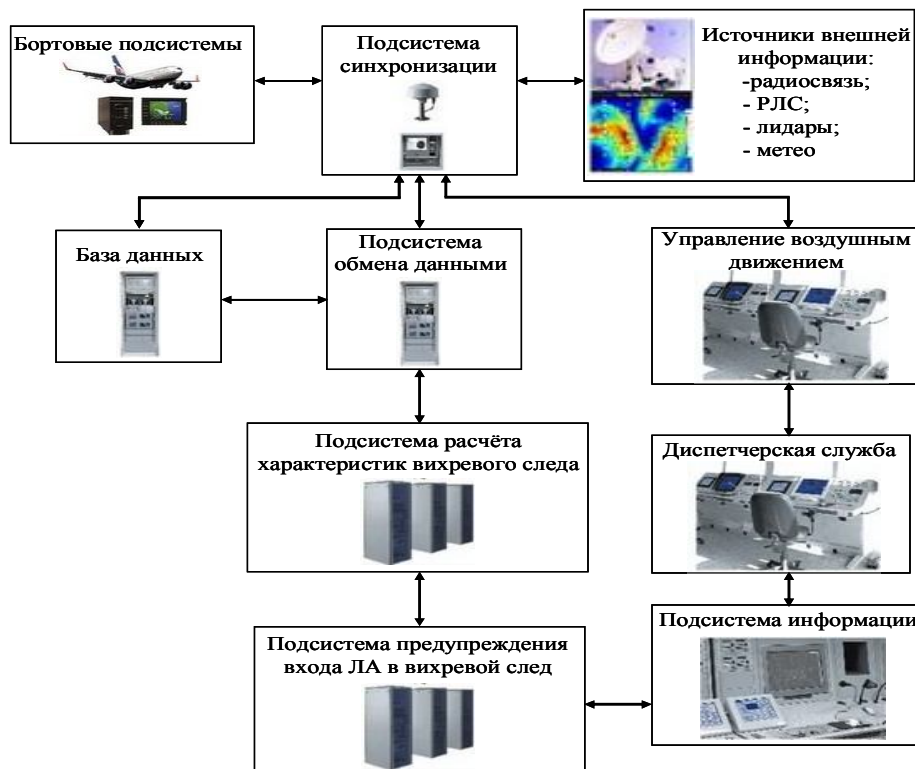


Рис. 1. Структура системы прогноза вихревой обстановки

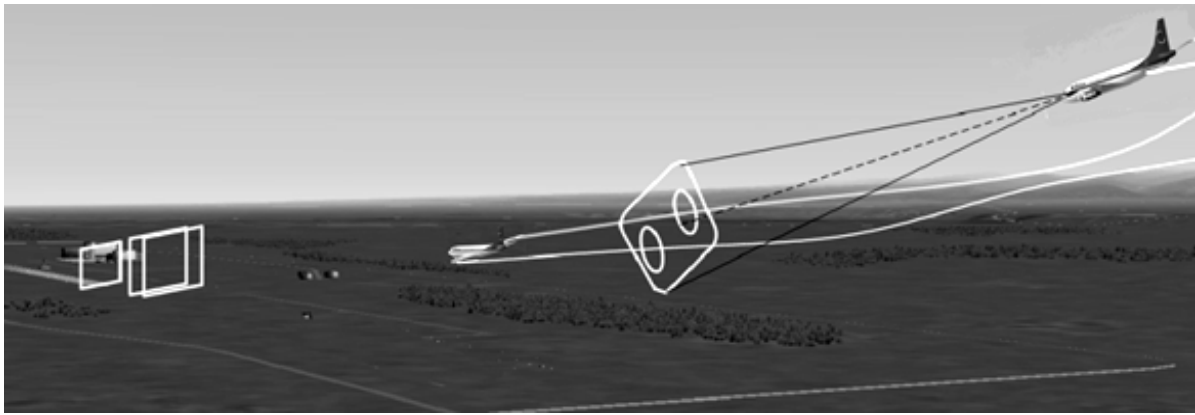


Рис. 2. Пример представления вихревой обстановки на глиссаде

Результаты работы системы прогноза вихревой обстановки могут непосредственно передаваться по служебному радиоканалу самолётному ответчику на борт самолёта, следующего за самолётом-генератором вихревого следа, таким образом, командир экипажа может самостоятельно принимать решение на уклонение от зоны воздействия вихревого следа.

Использование служебного радиоканала самолётного ответчика возможно с целью передачи данных в систему прогноза вихревой обстановки о типе ЛА, его полётной конфигурации, режиме полёта, координаты траектории движения и т.д., кроме того, эти же данные могут быть использованы для бортовых подсистем прогноза вихревой обстановки на самолётах, следующих за этим самолётом.

Таким образом, перекрёстный обмен информацией между наземной системой и бортовыми подсистемами обеспечит, как диспетчерскую службу, службу УВД, так и экипажи самолётов необходимой информацией для обеспечения поддержания заданного уровня безопасности на различных этапах полёта.

## Выводы

1. Целью разработки системы прогноза вихревой обстановки в районе аэродрома является обеспечение заданного уровня безопасности полётов в условиях воздействия вихревых следов, генерируемых летательными аппаратами, наземными, надводными, подвижными и неподвижными объектами, находящимися в окрестности летящего летательного аппарата, в том числе, при выполнении взлётно-посадочных операций.

2. Основой системы прогноза вихревой должна являться подсистема расчёта характеристик вихревого следа, которая функционально соединена с «внешними» подсистемами (каналы радиообмена, РЛС, лидары, метеослужба), обеспечивающими её работу, как исходными данными для расчёта, так и дополнительной текущей служебной информацией.

## Список литературы

1. Желанников А.И. В спутном вихре / А.И. Желанников // Гражданская авиация. – 1990. – № 2. – С. 27-31.
2. Зелей С. Исследование вихрей в следе с помощью термоанемометра и вихреметра / С. Зелей // Ракетная техника и космонавтика. – 1976. – Т. 14. – № 5. – С. 179-181.
3. Соловьев О.В. Анализ концепции построения и функционирования системы воздушного мониторинга с целью решения экологических задач на основе использования беспилотных летательных аппаратов [Текст] / О.В. Соловьев, И.В. Калужнинов, Н.В. Нечипорук // Проблемы створення та забезпечення життєвого циклу авіаційної техніки. – Х.: НАКУ «ХАІ», 2012. – С. 141.
4. Соловьев О.В. Анализ методов исследования спутного следа летательного аппарата при проведении летных экспериментов [Текст] / О.В. Соловьев // Проблемы створення та забезпечення життєвого циклу авіаційної техніки: тези доп. – Х.: НАКУ «ХАІ», 2013. – С. 131.
5. Соловьев О.В. Анализ процесса формирования вихревых следов за летательным аппаратом [Текст] / О.В. Соловьев, В.Н. Кобрин, В.В. Чмовж // Системи озброєння і військова техніка. – 2013. – № 2 (34). – С. 93-98.

Поступила в редколлегию 23.12.2014

**Рецензент:** канд. техн. наук, проф. Ю.И. Миргород, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

## ПРОГНОЗ ВИХРОВОЇ ОБСТАНОВКИ В РАЙОНІ АЕРОДРОМУ

С.М. Єрьоменко, В.М. Кобрін, О.В. Соловйов, П.В. Прусак

*Розглядаються цілі розробки та створення системи моніторингу і прогнозу вихрової обстановки в районі аеропорту, вимоги, які пред'являються до такої системи та її розроблювана структура.*

**Ключові слова:** система прогнозу вихрової обстановки, літальний апарат, великий аероузол.

## VORTEX SITUATION FORECAST IN AIRDROME AREA

S.M. Eryomenko, V.N. Kobrin, O.V. Solovjov, P.V. Prusak

*The design goals and creating a system of monitoring and vortex conditions forecasting near the airport, the requirements for such system and its proposed structure are viewed.*

**Keywords:** vortex conditions system forecast, aircraft, major air hub.