

## **Методические вопросы совершенствования метеорологического обеспечения**

Н.О. Моисеева, А.Н. Ефременко, Д.М. Караваев

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации», E-mail: natali.ziadinova@yandex.ru*

*Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского» Министерства обороны Российской Федерации, E-mail: dm.karavaev@mail.ru*

*Рассмотрены методические вопросы совершенствования метеорологического обеспечения на примере задачи обеспечения безопасности полетов воздушных судов. Обсуждается модель метеорологического обеспечения, предназначенная для прогнозирования опасных явлений погоды, связанных с развитием облаков и осадков, на основе метеорологической информации, поступающей от прямых и дистанционных средств наблюдений, и перспективы отработки методов прогнозирования опасных явлений на базе геофизической обсерватории Лехтуси.*

*The methodical issues of improving meteorological support are considered on the example of the task of ensuring the safety of aircraft' flights. The meteorological support model, designed to predict weather hazards associated with cloud and precipitation development, is discussed, based on meteorological information from direct and remote sensing observations, and the prospects for developing methods for predicting hazards based on the Lehtusi Geophysical Observatory.*

### **Введение**

Безопасность, регулярность и экономичность полетов воздушных судов в значительной степени связаны с метеорологическими условиями, в которых они выполняются. С ростом интенсивности полетов воздушных судов и развитием маршрутов роль метеорологического обеспечения возрастает. Актуальными являются исследования, направленные на повышение эффективности метеорологического обеспечения с учетом региональных особенностей формирования опасных метеорологических условий.

В планировании и управлении воздушным движением необходим учет состояния параметров природной среды по всей трассе полета. Метеорологическая информация должна обеспечивать выполнение полета, начиная от взлета, полета по заданному маршруту и заканчивая посадкой воздушного судна в пункте назначения. В первую очередь метеорологическая информация должна содержать данные об опасных явлениях погоды (грозы, обледенение в облаках и осадках, сильная турбулентность), а также о явлениях, резко снижающих видимость (туманы, метели, сильные осадки, пыльные и песчаные бури, морозные туманы и т.д.).

Основными направлениями развития метеорологического обеспечения являются совершенствование средств получения метеорологической информации, методов прогнозирования погоды, создание автоматизированных комплексов анализа метеорологической обстановки и предупреждения о развитии опасных явлений погоды.

Целью работы ставилось изучение региональных особенностей развития опасных явлений погоды и сложных для полетов метеоусловий, разработка методических основ построения модели регионального метеорологического обеспечения полетов воздушных судов, методические исследования путей совершенствования методов прогнозирования опасных явлений погоды и их комплексного использования в автоматизированных системах метеорологического обеспечения полетов авиации.

## Методические вопросы комплексирования методов прогнозирования

В области разработки методов прогнозирования погоды сформировались три подхода: синоптический, статистический и гидродинамический [1-3]. В настоящее время синоптические методы широко используются в оперативной практике прогнозирования, однако эффективность их использования зависит от опыта синоптика. К достоинствам статистических методов следует отнести объективность установленных статистических связей при соблюдении условия репрезентативности выборки исходных данных, широкий перечень прогнозируемых метеорологических величин. Перспективы развития прогнозирования атмосферных процессов и явлений связаны с внедрением в оперативную практику метеорологических подразделений технологий мезомасштабного краткосрочного прогноза погоды.

Структурная схема разрабатываемой модели регионального метеорологического обеспечения полетов воздушных судов показана на рис.1.

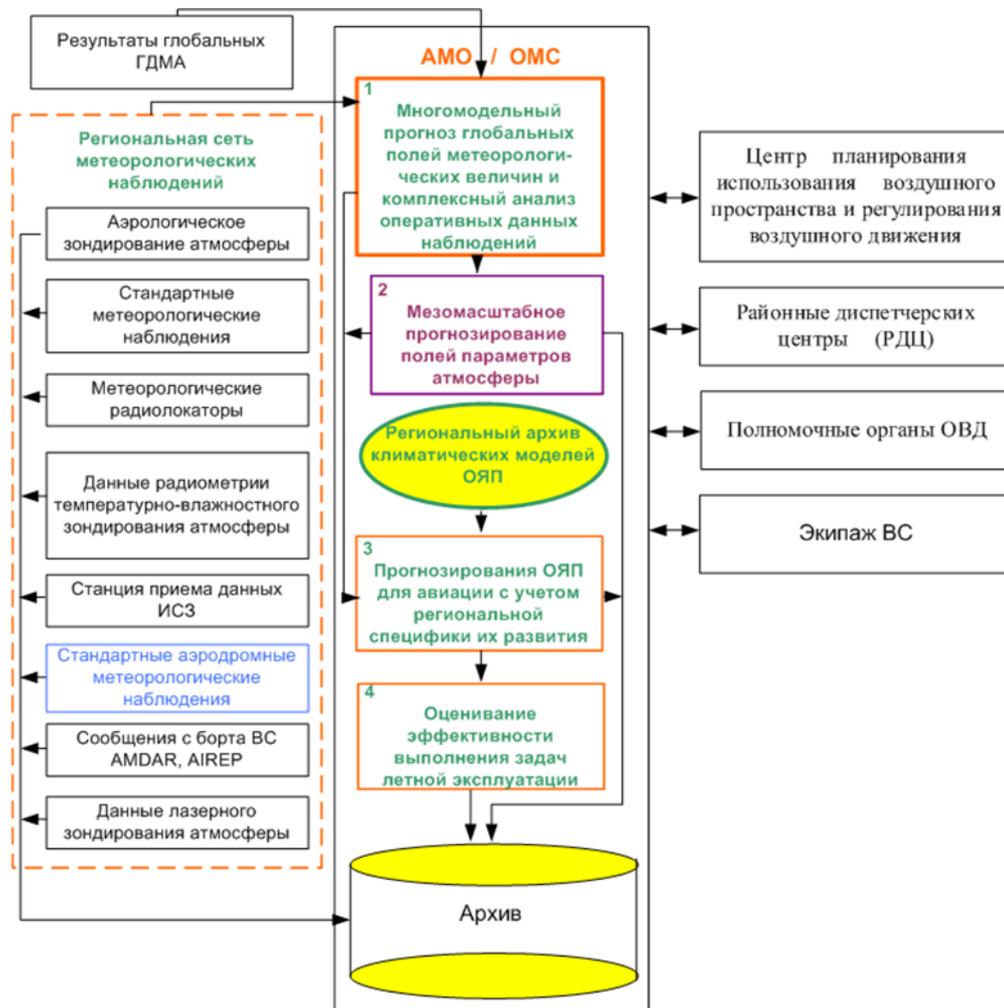


Рис. 1. Структурная схема модели регионального метеорологического обеспечения

Модель включает: а) блок автоматизированного сбора и анализа поступающей метеорологической информации Мировых метеорологических центров погоды; б) блок многомодельного прогнозирования глобальных полей метеорологических величин и комплексного анализа данных, получаемых от сети региональных метеорологических наблюдений; в) блок мезомасштабного прогнозирования полей параметров атмосферы; блок прогнозирования опасных явлений погоды (с учетом региональной специфики их развития); г) региональный архив климатических моделей опасных явлений погоды; д)

центральный архив метеорологической информации; е) блоки обмена данными с операторами и потребителями информации. Ответственные органы, осуществляющие метеорологическое обеспечение, представлены Аэродромным метеорологическим органом (АМО) и Органом метеорологического слежения (ОМС).

В основе методик прогнозирования опасных явлений погоды, с учетом региональных особенностей их развития, положены разработанные адаптивный метод многомодельного прогнозирования поля атмосферного давления и синоптико-статистические схемы вероятностного прогнозирования общего количества облаков, дополненные моделями вероятностного прогнозирования опасных явлений погоды.

Адаптивный метод многомодельного прогнозирования поля атмосферного давления предполагает комплексирование результатов прогнозирования различных гидродинамических моделей атмосферы. В основу метода комплексирования результатов прогнозирования положена модель оценивания математических ожиданий метеорологических параметров в классе линейных функций для неравноточных прогнозов по каждой точке заданной сеточной области с использованием нескольких гидродинамических моделей атмосферы. Вклад каждого метода в результирующий прогноз определяется с учетом статистики ошибок прогнозирования и возможности реализации.

Для получения прогностической информации об опасных явлениях погоды и неблагоприятных метеорологических условиях для авиации предлагается использовать методы синоптической климатологии в автоматизированных системах статистической интерпретации выходной продукции прогностических гидродинамических моделей атмосферы. При этом представляется целесообразным объединить модели физико-статистического прогнозирования элементов погоды с синоптической интерпретацией выходной продукции гидродинамических моделей атмосферы. Предлагается использовать все имеющиеся данные результатов гидродинамического прогнозирования, а затем применять разработанные авторами синоптико-статистические модели вероятностного прогнозирования опасных явлений погоды на основе интерпретации поля давления. При этом для каждого района должны уточняться статистические связи между типом синоптической ситуации и опасными для авиации явлениями погоды с учетом особенностей их формирования.

Для уточнения исходных данных в мезомасштабных гидродинамических моделях атмосферы предлагается использовать разработанный метод комплексного использования всех доступных метеорологических данных, полученных от различных наблюдательных систем. При этом возникает ряд задач по обоснованию оптимального размещения измерительных систем и настройке систем усвоения данных разнородных наблюдений, в том числе информации от современных наземных и спутниковых средств зондирования атмосферы.

Результаты, полученные на основе каждого метода прогнозирования, реализуемого в модели регионального метеорологического обеспечения поступают в базу данных информационных архивов и передаются пользователю в виде, удобном для принятия решений о применении или не применении защитных мер.

### **Перспективы отработки методов усвоения метеорологической информации**

Отработка новых технологий прогнозирования опасных явлений погоды не представляется без создания специализированной системы комплекса средств метеорологических наблюдений. Примером такой системы может быть создаваемая на северо-западе России геофизическая обсерватория Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского[4]. Геофизическая обсерватория расположена в п. Лехтуси, Ленинградской области и предназначена для практического освоения методик,

технологий и особенностей эксплуатации современных и перспективных средств информационного гидрометеорологического обеспечения. Комплекс средств геофизического и гидрометеорологического назначения Геофизической Обсерватории Лехтуси позволяет ставить новые научно-исследовательские работы, связанные с испытаниями разработкой новых методов и технологий прогноза опасных явлений погоды на основе применения методов и средств дистанционного зондирования атмосферы и данных наземных гидрометеорологических измерений.

В настоящее время в состав средств обсерватории включены: автоматизированная метеорологическая станция для измерения приземных значений влажности и температуры воздуха, атмосферного давления, параметров ветра, осадков, метеорологической дальности видимости, высоты нижней границы облачности, температуры почвы; метеорологические радиолокаторы некогерентные МРЛ-5 (частоты 9.5 ГГц и 2.9 ГГц) и доплеровский радиолокатор МРМЛ (частота 9.3 ГГц) для зондирования облаков и осадков, параметров ветра, дополнительно, перспективно использование пассивно-активного режима работы МРЛ-5 для повышения точности определения водности конвективных облаков и интенсивности осадков; средства аэрологии на базе аэрологической станции «Полюс» и дополнительных средств микроволновых радиометрических измерений водозапаса облаков, температурно-влажностных параметров тропосферы; средства приема информации метеорологических ИСЗ «Сюжет-МБ» для представления спутниковой информации (об облачности и температурно-влажностных характеристиках атмосферы); средства атмосферно-электрических измерений и сеть грозопеленгаторов в Ленинградской области для определения местонахождения гроз; центр сбора, обработки и представления метеорологических наблюдений на базе программно-технического комплекса АРМ-ВГМ-М [5].

Создаваемый в Геофизической обсерватории комплекс средств гидрометеорологического и геофизического мониторинга позволяет ставить новые научно-исследовательские работы по направлениям:

- совершенствование технологий сверхкраткосрочного прогноза опасных явлений погоды на основе данных комплексного дистанционного зондирования атмосферы с помощью средств геофизического обеспечения;
- совершенствование методов диагноза и сверхкраткосрочного прогноза электрически опасных зон в облаках, не дающих разрядов, на основе применения методов и средств дистанционного зондирования атмосферы;
- совершенствование радиолокационных критериев обнаружения опасных явлений погоды (ливень, гроза, град, сдвиг ветра) на основе применения метеорологических радиолокаторов и др.

Дальнейшее оснащение мезомасштабной сети наблюдений в Ленинградской области с использованием широкого набора средств дистанционного зондирования позволит совершенствовать методы анализа полей метеорологических величин с высоким пространственным разрешением и совершенствовать технологии прогнозирования опасных явлений погоды.

## **Выводы**

Рассмотрены методические вопросы повышения качества метеорологического обеспечения задач на примере задачи совершенствования метеорологического обеспечения полетов воздушных судов. Показаны возможности комплексного использования методов прогнозирования метеорологических условий с учетом региональных климатических особенностей условий формирования явлений, опасных для полетов. Предложена модель регионального метеорологического обеспечения,

основанная на комплексном использовании разнородной информации о параметрах атмосферы и методов прогнозирования метеорологических условий с учетом региональных климатических особенностей условий формирования опасных явлений в различных географических районах.

Перспективные направления исследований связаны с комплексным применением методов прогнозирования опасных явлений погоды, совершенствованием современных технологий мезомасштабного гидродинамического прогнозирования, развития схем усвоения разнородной наземной и спутниковой информации в гидродинамических моделях атмосферы, развитием сетевых методов и средств метеорологических наблюдений атмосферы.

### **Литература**

1. Вельтищев Н.Ф., Жупанов В.Д. Численные прогнозы погоды по негидростатическим моделям общего пользования WRF-ARW и WRF-NMM. Современные системы мезомасштабного прогноза погоды: состояние и перспективы: 80 лет Гидрометцентра России.-М.: Триада ЛТД. 2010. 456 с.
2. Моисеева Н.О., Ременсон В.А., Румянцева Е.А. Применение методов синоптической климатологии в автоматизированных системах статистической интерпретации выходной продукции прогностических гидродинамических моделей атмосферы // «Ученые записки РГГМУ». 2016. № 44.С.157-164.
3. Девяткин А.М., Моисеева Н.О., Ременсон В.А., Удриш В.В. Современные технологии численного прогнозирования барических полей в интересах метеорологического обеспечения планирования действий войск (сил). Труды III Всероссийской научной конференции «Проблемы военно-прикладной геофизики и контроля состояния природной среды». Т.1. С-Петербург. 2014. С.102-114.
4. Готюр И.А., Денисенков Д.А., Жуков В.Ю., Караваев Д.М., Коровин Е.А., Кулешов Ю.В., Чернышев С.В., Щукин Г.Г. Состояние и перспективы создания геофизической обсерватории ВКА имени А.Ф. Можайского. ТрудыВКА. 2018. Вып. 662. С.184-187.
5. GotyurI. A., KuleshovYu. V., MakovA. B., RemensonV. A., SuvorovS. S., ShchukinG. G. Atechnologyofforecastingweatherconditions for space rocket launching at the Vostochnyi cosmodrome using the automatic meteorological system data // Russian Meteorology and Hydrology. 2015. Vol. 40. № 11. PP.758–765.