

УДК 551.582+589.1

## МЕТОДИКА ПРОГНОЗА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПОЛЕТОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ В СЛОЖНЫХ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ МЕСТНОСТИ

И.П. Расторгуев, А.В. Максименко, М.Б. Качмар

*Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

На примере закавказского региона представлена методика разработки прогностических алгоритмов метеорологических условий полетов при выполнении поисково-спасательных работ с учетом сложных физико-географических особенностей местности.

Актуальность дальнейшего совершенствования способов краткосрочного прогноза метеорологических условий полетов в условиях сложной орографии и специфически протекающих синоптических процессов вызвана необходимостью повышения безопасности и эффективности деятельности авиационных формирований при выполнении таких сложных задач, как поисково-спасательные работы.

Целью работы является построение прогностических правил для определения характеристик метеорологических условий полетов, адаптированных к синоптико-климатическим и физико-географическим условиям района базирования применительно к выполнению поисково-спасательных работ.

После детального рассмотрения влияния метеорологических факторов на деятельность авиации, проведения анализа аэросиноптических условий, наиболее благоприятных для формирования низкой облачности и ограниченной видимости, были рассмотрены физико-географические, климатические и синоптические особенности исследуемого района.

На основе полученной информации на следующем этапе исследования были разработаны прогностические правила для прогноза метеорологических условий полетов государственной авиации.

Представляемая методика построения прогностических правил предусматривает в качестве исходного срока единый момент времени – 8 часов утра местного времени. Заблаговременность разрабатываемых прогнозов – 12 часов: с 9 до 21 часа местного времени – светлое время суток, наиболее эффективно используемое при проведении поисково-спасательных работ.

Соответственно в качестве предикторов могут быть использованы данные, которыми прогнозист располагает ко времени разработки прогноза (8 часам местного времени) [1, 2].

Исходя из сказанного, в качестве исходного материала использовались карты погоды за все синоптические сроки и данные срочных наземных метеорологических наблюдений по территории Азербайджана. При непосредственном построении прогностических правил использовались данные за 2005-2012 годы.

С дневников погоды снимались следующие данные:

- количество, высота и форма облаков ( $N$ ,  $h$ ,  $C$ ),
- давление в пункте прогноза  $P$ , барическая тенденция  $\Delta P$ ,
- температура воздуха  $T$ , температура точки россы  $T_d$ ,
- направление и скорость ветра ( $dd$  и  $ff$ ),
- относительная влажность  $R$ ,
- дальность видимости  $S$ ,
- явления погоды в срок и между сроками.

Были также рассчитаны значения изменений перечисленных метеовеличин за 3-х часовые интервалы ( $\Delta X(t_i - t_j)$ , где  $X$  – соответствующая величина,  $t_i$  и  $t_j$  – соседние сроки наблюдений).

Были зафиксированы и минимальные значения дальности видимости и ВНГО за текущие ( $S_{\min}$ ,  $h_{\min}$ ) и предшествующие ( $S^*_{\min}$ ,  $h^*_{\min}$ ) сутки и разности значений видимости и высоты облачности за последний срок (7 часов местного времени) и их минимальными значениями за предшествующие сутки ( $\Delta h_{\text{сут}}$  и  $\Delta S_{\text{сут}}$ ).

С приземных карт погоды и карт барической топографии снимались значения давления и относительного геопотенциала в точках регулярной сетки  $P_1$ - $P_4$ ,  $\text{Not}_1$ - $\text{Not}_4$  с шагом 500 км и центром в пункте прогноза.

На основе данных, снятых с карт погоды, были рассчитаны лапласианы приземного давления  $\Delta^2 P$  и относительного геопотенциала  $\Delta^2 H$  (формулы 1, 2), а также значения барического градиента между всеми точками, используемой сетки (формула 3):

$$\Delta^2 P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 - 4P_0, \quad (1)$$

$$\Delta^2 H = H_1 + H_2 + H_3 + H_4 - 4H_0, \quad (2)$$

$$\Delta P_{i,j} = P_i - P_j / \Delta n, \quad (3)$$

где  $P_i$ ,  $P_j$  – значения давления, снятые с приземных карт погоды методом интерполяции в соответствующих точках;  $\Delta n$  – расстояние в сотнях километров между точками, в которых снималось давление.

С высотных карт ( $AT_{700}$ ,  $AT_{500}$ ) снимались значение направления и скорости ветра над исследуемым пунктом ( $dd$  и  $ff$ ), по которым в последствии вычислялось отклонение ведущего потока от зонального направления переноса по абсолютному значению и с учётом знака ( $\Delta dd$  и  $\Delta dd^*$ ).

Таким образом, была сформирована архивная выборка, состоящая из двух частей: обучающей, состоящей из 750 случаев и контрольной, объемом 225 случаев.

На следующем этапе исследования был проведен анализ одномерных статистических характеристик и количественных показателей взаимосвязи исследуемых величин.

Расчеты проводились как для всей обучающей выборки, так и дифференцированно по теплomu и холодному периоду, сезонам года и месяцам.

Из полученных результатов можно сделать следующие выводы.

1. Подобранные исходные данные являются репрезентативными – они охватывают весь диапазон возможных значений исследуемых величин и отражают реальные соотношения повторяемостей их значений.

2. В выборке имеются величины (потенциальные предикторы) имеющие распределения, как близкие к нормальному, так и существенно отличающиеся от него – это необходимо учитывать на этапе построения прогностических уравнений и при проверке их успешности.

3. В одномерных статистических характеристиках внутри сезонов наблюдается относительная однородность, в то же время для различных сезонов наблюдается существенная изменчивость исследуемых характеристик. Из этого следует целесообразность построения прогностических правил дифференцированно по периодам или сезонам года.

На следующем этапе исследовались повторяемости различных значений (градаций) элементов архивной выборки.

Для установления количественных связей был проведен корреляционный анализ. Установленные количественные значения взаимосвязи исследуемых величин для сезонов выше, чем для всего года, а для отдельных месяцев еще выше – из этого подтверждается заключение о необходимости дифференцированного построения прогностических правил. Полученные результаты были использованы при дальнейшем отборе предикторов для построения прогностических моделей.

Далее с использованием стандартных процедур были построены дискриминантные функции для разработки альтернативного прогноза достижения пороговых значений дальности видимости и высоты нижней границы облачности.

В качестве критериев успешности альтернативных прогнозов использовались общая оправдываемость (U), оправдываемость на наличие явления (U') и оправдываемость на отсутствие явления (U").

Для расчета конкретных значений минимальной дальности видимости и ВНГО методом пошаговой линейной регрессии были получены следующие регрессионные уравнения.

В качестве критериев успешности применялись коэффициент детерминации R<sup>2</sup> (тракуемый, как процент дисперсии прогнозируемой величины, учтенный моделью) и средняя абсолютная ошибка (δ).

На завершающем этапе исследования проведена проверка разработанных прогностических правил на независимом материале.

Большинство из приведенных моделей, по своим критериям успешности, полученным на независимых данных, может быть использовано в практике метеорологических подразделений.

Подтверждено ранее сформулированное утверждение, что уравнения, разработанные дифференцированно по периодам года, дают более высокий результат (обладают более высокой точностью или оправдываемостью).

Разработаны практические рекомендации для реализации результатов исследования в ведомственных метеорологических подразделениях.

Схема разработанной методики краткосрочного авиационного прогноза метеорологических условий представлена на рис. 1.

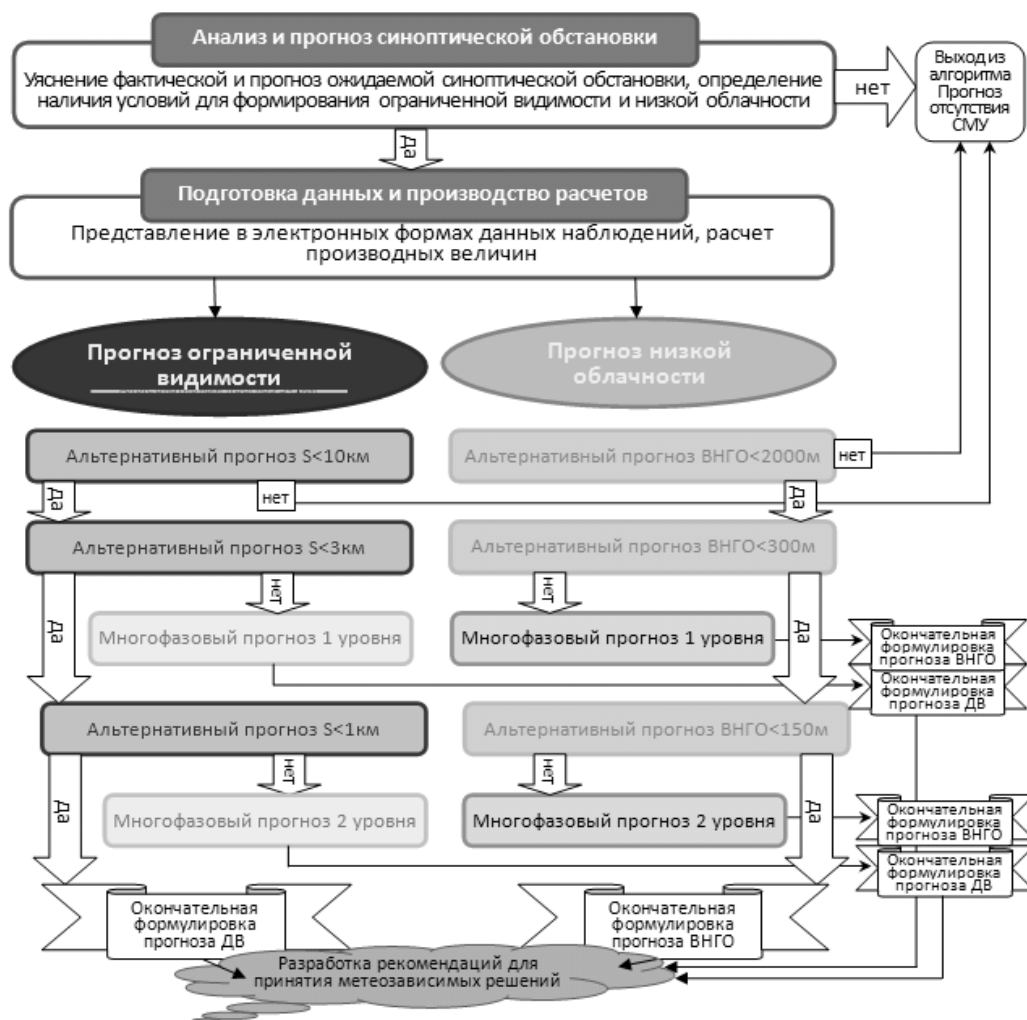


Рис.1. Схема реализации прогностической методики.

Таким образом, в результате проведённого исследования выполнены поставленные задачи и достигнуты преследуемые цели, получены результаты, применимые в практической деятельности ведомственных метеоподразделений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Скирда И.А., Ульшин И.И., Мартышкин А.Б., Мозиков В.А. Авиационные прогнозы погоды. – Воронеж: ВАИУ, 2010. – 476с.
2. Ульшин И.И. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. – Воронеж: ВВВАИУ: 2006. – 150с.