

АНАЛИЗ СИНОПТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ГРОЗ В АЭРОПОРТУ МИНСК-2

Д. А. Куценко, Д. Л. Иванов

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь,
danilkut23@gmail.com, geoivanov@mail.ru*

Рассматриваются основополагающие синоптические процессы, приводящие к возникновению грозовой активности в аэропорту г. Минск-2. Проанализированы 22 случая гроз за период 2021-2023 гг. В рамках исследования были проанализированы различные типы циклонов, их траектории и условия, при которых развивалась грозовая активность. Основное внимание уделено влиянию ныряющих и западных циклонов. Дается оценка оправдываемости прогнозов гроз различными методами. Предложены рекомендации для улучшения прогнозирования и повышения авиационной безопасности.

Ключевые слова: грозы; синоптические условия; циклоны; метеорология; прогнозирование; безопасность полетов; авиационная метеорология.

Введение. Грозы – одно из наиболее сложных и опасных атмосферных явлений, оказывающих значительное влияние на безопасность авиационных полетов [4, 7]. Турбулентность, молнии, снижение видимости и порывы ветра во время грозы представляют серьезные риски для воздушных судов. Пилоты вынуждены изменять маршруты, чтобы избегать грозовой активности, так как полеты через грозовые облака могут привести к непредвиденным и опасным ситуациям [3, 6].

Важнейшим аспектом прогнозирования таких явлений является точное определение регионов, где возможно развитие грозовой активности. Особенно важно понимать механизмы формирования гроз для аэропортов с высокой интенсивностью воздушного движения, таких как Минск-2.

Аэропорт Минск-2 сталкивается с грозами преимущественно в теплый период года. Метеорологические условия данного региона, такие как неустойчивость воздушных масс и взаимодействие различных типов циклонов, создают предпосылки для интенсивной грозовой деятельности.

Цель исследования – выявить основные синоптические процессы, влияющие на грозовую активность на аэродроме Минск-2, дать оценку оправдываемости прогнозов грозовой деятельности с учетом использования разных методов прогноза и разработать рекомендации по совершенствованию методов прогнозирования гроз.

Материалы и методы исследований. В основу работы положены материалы сводок METAR и SPECI и архивные синоптические карты,

предоставленные авиационной метеорологической станцией гражданской (АСМГ) аэропорта Минск-2. В ходе исследования были проанализированы 22 случая гроз на аэродроме Минск-2.

Расчет повторяемости гроз на аэродроме Минск-2 проводился на основе стандартных расчетных методов для летнего периода (с 1 мая по 15 сентября), в период наиболее высокой активности грозовой деятельности. В ходе исследования рассмотрены различные типы циклонов в т. ч. западные, ныряющие и южные, которые оказывают наибольшее влияние на развитие гроз в данном регионе. Проведена оценка эффективности расчетных методов прогнозирования грозовой активности на аэродроме Минск-2.

Результаты и их обсуждение. При развитии холодных фронтов происходит резкий подъем теплого воздуха и его столкновение с холодной воздушной массой. Это создает условия для развития мощной конвекции и образования кучево-дождевых облаков, которые часто сопровождаются молниями и интенсивными ливнями [2]. На территории региона грозы, возникающие на холодных фронтах с волнами, возникают в 64 % случаев. Эти грозы сопровождаются сильными осадками, порывами ветра (до 24 м/с) и значительным ухудшением видимости.

Западные циклоны приносят теплый и влажный воздух с Атлантики, что способствует развитию фронтальных систем. Анализ синоптических материалов, показал, что прохождение этих циклонов в рассматриваемом регионе вызывали грозы в 54 % случаев.

Грозы на западных циклонах часто развиваются на холодных фронтах с интенсивной конвекцией, создающей мощные кучево-дождевые облака (Cb). Такие грозы могут сопровождаться сильными ливнями, градами и мощными порывами ветра. Кроме того, важным фактором является развитие шквалов, что создает дополнительные опасности для авиации. Часто такие грозы имеют значительную продолжительность, что увеличивает риски для воздушных судов, находящихся в зоне действия таких погодных условий [5].

Южные циклоны характеризуются фронтами окклюзии, что способствует образованию мощных грозových ячеек, особенно в летний период. Такие циклоны нередко сопровождаются интенсивной электрической активностью. Прохождение таких циклонов сопровождалось грозами в 14 % случаев. Часто развитие гроз в таких условиях происходит ночью или ранним утром, что усложняет их прогнозирование и требует специальных метеорологических наблюдений.

Грозы на холодных фронтах чаще всего наблюдаются в дневное время, с пиком активности в период с 12 до 21 UTC, что связано с интенсивным солнечным прогревом нижних слоев атмосферы. Это приводит к развитию конвективных потоков, которые усиливаются с приближением холодных фронтов. Внутримассовые грозы, вызванные нагревом поверхности земли и последующим подъемом теплого воздуха, наблюдались

реже, однако они также представляют опасность для полетов из-за возможной турбулентности, электрической активности (молнии) и резкого изменения ветра в вертикальном профиле [3, 2].

Внутримассовые грозы наблюдаются в условиях малоградиентного барического поля, когда фронтальные системы отсутствуют, но имеются мощные конвективные потоки. Особенностью таких гроз является их быстрая локальная интенсивность, что может создавать внезапные угрозы для воздушных судов. Такие грозы могут развиваться практически в любой момент, что делает необходимым постоянное наблюдение за динамикой атмосферных процессов в районе аэродрома Минск-2 [5].

Регистрация повторяемости гроз на аэродроме Минск-2 проводилась для теплого времени года (с 1 мая по 15 сентября), исходя из климатических особенностей и исторической статистики грозовых явлений на данной территории. В течение этого времени инженеры-синоптики проводят необходимые расчеты и анализы для прогнозирования возможных грозовых очагов, что позволяет эффективно планировать и организовывать деятельность на аэродроме и обеспечивать безопасность полетов во время грозовой активности [1].

Для прогноза гроз (АМСГ) аэропорта Минск-2 используются несколько методов, точность и оправдываемость которых существенно различается. Нами была проведена общая оценка эффективности четырех методов прогнозирования гроз за период с 2021 по 2023 годы. Результаты оправдываемости расчетных методов, используемых для прогнозирования грозовой деятельности на аэродроме Минск-2 отражены в таблице.

Оправдываемость расчетных методов гроз на аэродроме Минск-2 за период 2021-2023 гг.

Расчетный метод	2021 год	2022 год	2023 год
Решетова	62 %	63 %	100 %
Славина	75 %	77 %	82 %
Вайтинга	51 %	48 %	59 %
Минск гроза	74 %	94 %	93 %

Результаты показали, что средняя оправдываемость всех методов составила около 73 %. Наиболее высокий процент эффективности демонстрирует метод «Минск гроза», оправдываемость которого составила в среднем 87 % за три года. Метод Вайтинга показал наименьшую эффективность, его средний процент оправдываемости составил около 53 %.

Заключение. Анализ синоптических данных показал, что основными причинами возникновения гроз в районе аэродрома Минск-2 являются активные циклоны, особенно западные и ныряющие. Эти циклоны сопровождаются значительными метеорологическими изменениями, которые создают

условия для развития грозовой активности, представляющей угрозу для авиации. Грозы, возникающие на холодных фронтах, сопровождаются интенсивными осадками, сильными порывами ветра и ухудшением видимости, что создает серьезные риски для безопасности полетов.

Анализ эффективности методов прогноза, показал, что наиболее высокую оправдываемость имеет метод «Минск гроза». Поэтому при выборе метода прогноза грозовых явлений важно учитывать статистику оправдываемости прогнозов, что позволит повысить точность предсказаний и минимизировать риск возникновения чрезвычайных ситуаций, особенно в периоды интенсивной авиационной деятельности.

Для повышения безопасности полетов в районе аэродрома необходимо продолжать развитие методов и совершенствование методик прогнозирования гроз, используя современные метеорологические инструменты, такие как радарные наблюдения, спутниковые снимки и системы молниезащиты.

Рекомендуется также проводить дополнительные исследования условий возникновения грозовых факторов, влияющих на развитие гроз в данной местности, с целью уточнения существующих методов прогнозирования.

Библиографические ссылки

1. Белгидромет. Руководство по использованию автоматизированных расчетных методов явлений погоды на аэродромах Республики Беларусь. Минск : Белгидромет, 2021. 82 с.
2. Гидрометеоздат. Руководство по прогнозированию метеорологических условий для авиации. Л. : Гидрометеоздат, 1985. 305 с.
3. *Jeppesen S.* Private Pilot Handbook. Englewood, CO: S. Jeppesen. 2004. 744 pp.
4. *Зверев А. С.* Синоптическая метеорология / А. С. Зверев. Л. : Гидрометеоздат, 1977. 711 с.
5. *Сумак Е. Н., Семенова И. Г.* Циклоническая активность и повторяемость опасных явлений погоды над территорией Беларуси // Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология. 2019. № 2. С. 79-93.
6. *Шакина Н. П.* Динамика атмосферных фронтов и циклонов. Л. : Гидрометеоздат, 1985. 264 с.
7. *Wallace John M. (John Michael), Peter V. Hobbs.* Atmospheric science: an introductory survey. 1940. 2nd ed.