

Комплексный алгоритм выявления пространственных зон обледенения по авиационному маршруту

М. В. Гришаев (mishagrishaev@gmail.com), М. А. Волкова(mv2101@mail.ru), В. В. Чурсин (skriptym@mail.ru)

Национально исследовательский Томский государственный университет

Введение

Одним из наиболее опасных явлений для авиации является отложение льда на поверхности воздушного судна (ВС) во время полета.

Для оперативного выявления таких зон необходим алгоритм, который по имеющимся данным метеопараметров, будет быстро выявлять зоны потенциального обледенения и оперативно предоставлять информацию заинтересованным потребителям в области авиационно-метеорологического обеспечения.

Цель

Разработка алгоритма и программного кода для составления вертикального разреза атмосферных параметров по авиационному маршруту.



Рисунок 1 – Маршрут Братск–Якутск

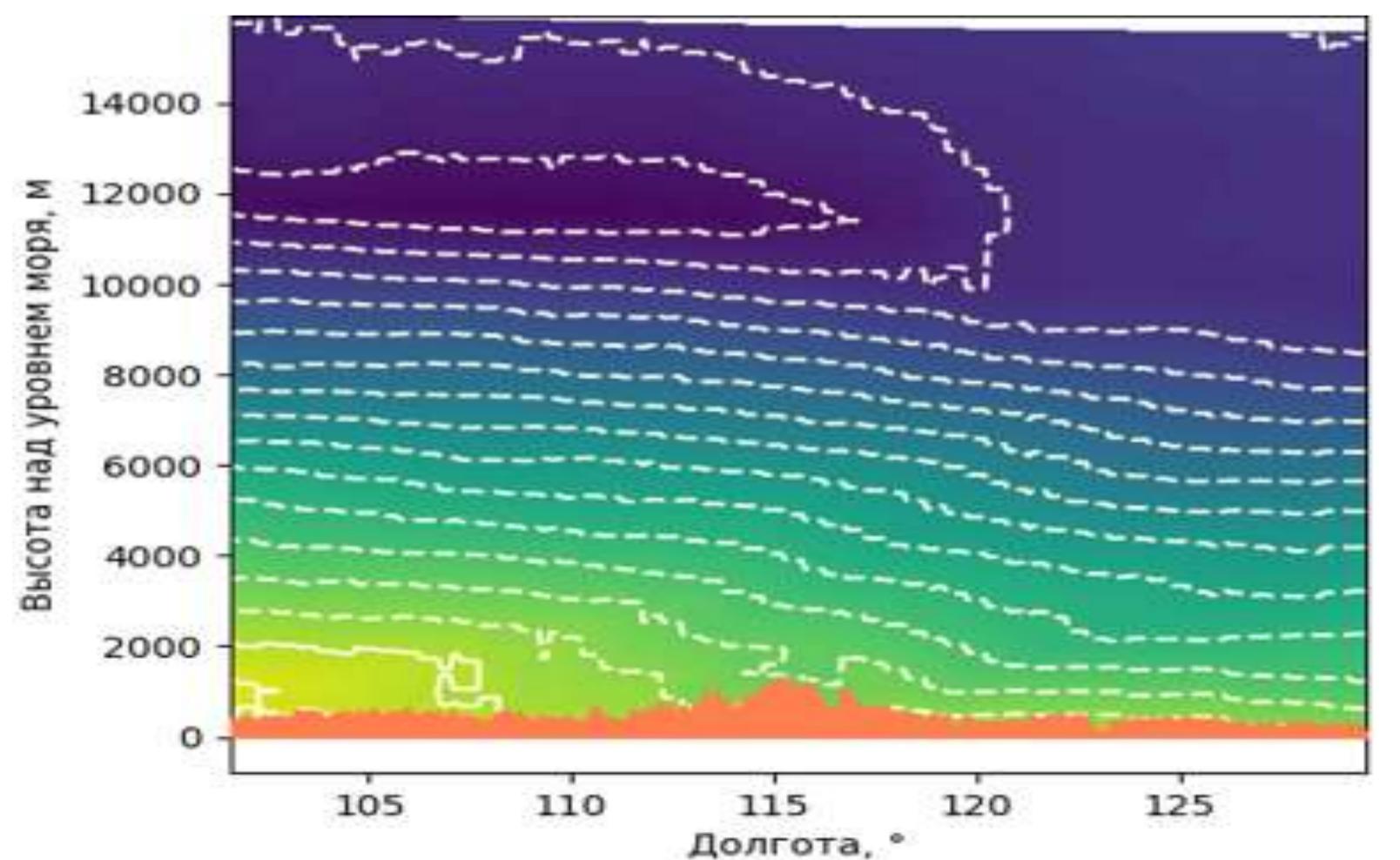


Рисунок 2 – Вертикальный разрез температуры (°C) воздуха по маршруту следования Братск – Якутск

Методы и материалы

Для расчета в программном коде использовались данные цифровой модели рельефа (digital elevation model (DEM)) и модели прогноза погоды Национального центра прогнозирования окружающей среды (NCEP).

Снимки облачности по маршрутам были сделаны спутником Артика-М №1 17.04.2022 в срок 03:00 СГВ. Снимки были сделаны в ИК диапазоне, а именно через температурный канал (9 канал, 10,7 мкм).

Для выявления зон возможного обледенения были использованы методы К. Годске и NCEP.

Метод К. Годске: $T(z) \leq -8 \cdot \{T(z) - Td(z)\}$, где $T(z)$ – температура на высоте z , $Td(z)$ – температура точки росы на высоте z . Величина $-8 \cdot \{T(z) - Td(z)\}$ есть температура насыщения по отношению ко льду.

Метод NCEP: $-16^{\circ}\text{C} \leq T(z) \leq 0^{\circ}\text{C}$, $Rh(z) \geq 63\%$, где $T(z)$ – температура на высоте z , $Rh(z)$ – относительная влажность на высоте z .

На рисунках 3 и 4 зоны возможного обледенения представлены желтым цветом, фиолетовыми зоны в которых обледенение не прогнозируется.

На рисунках 2, 3 и 4 рельеф отображен оранжевым цветом.



Рисунок 3 – Зоны возможного обледенения (по методу NCEP) по маршруту следования Братск – Якутск

Список литературы

1. Волкова М.А., Кужевская И.В. и др. Детерминирование зон обледенения воздушных судов на юго-востоке Западной Сибири// Геосферные исследования. – 2021. – №4. – с. 94 – 102.
2. Schultz P., Politovich M.K. Toward the improvement of aircraft icing forecasts for the continental United States // Weather and Forecast. 1992. V. 7. No. 9. P. 491–500.
3. Thompson G., Bruintjes R.T., Brown B.G., Hage F., 1997: Intercomparison of in-flight icing algorithms. Part 1: WISP94 real-time icing prediction and evaluation program. Weather and Forecasting, v. 12, pp. 848-889
4. Богаткин О.Г. Основы авиационной метеорологии: Учебник. – СПб: Изд. РГГМУ, 2009. – 339 с.
5. Шакина Н.П., Иванова А.Р. Прогнозирование метеорологических условий для авиации: Научно-методическое пособие. – Москва: Триада лтд. 2016 – 312 с.

Результаты работы

Рассмотрим результаты наличия обледенения по Маршруту Братск – Якутск. На рис. 1 представлен снимок и пункты вылета и прилёта. На рис.2 представлено распределение температуры и рельеф. На рис.3 зона обледенения рассчитанная по методу NCEP, а на рис.4 по методу К. Годске. По NCEP получилось, что на протяжении маршрута есть зона обледенения до высоты 5 км, а по Годске 2 зоны возможного обледенения на высоте до 2,5 км.

Выводы

- 1) В результате работы был разработан алгоритм и создан программный код на языке программирования Python для построения потенциальных зон обледенения по авиационным маршрутам.
- 2) В качестве демонстрации его работы были рассмотрены 3 маршрута, по ним были визуализированы полученные результаты, а именно пространственное распределение температуры по маршруту и возможные зоны обледенения по методам К. Годске и NCEP.
- 3) Сравнение выявленных зон на основе методов К. Годске и NCEP показало, что алгоритм К. Годске выявляет более фрагментированные зоны.
- 4) В дальнейшем, качество определения потенциальных зон обледенения может быть оценено с привлечением фактических данных о случаях обледенения с бортов самолетов.

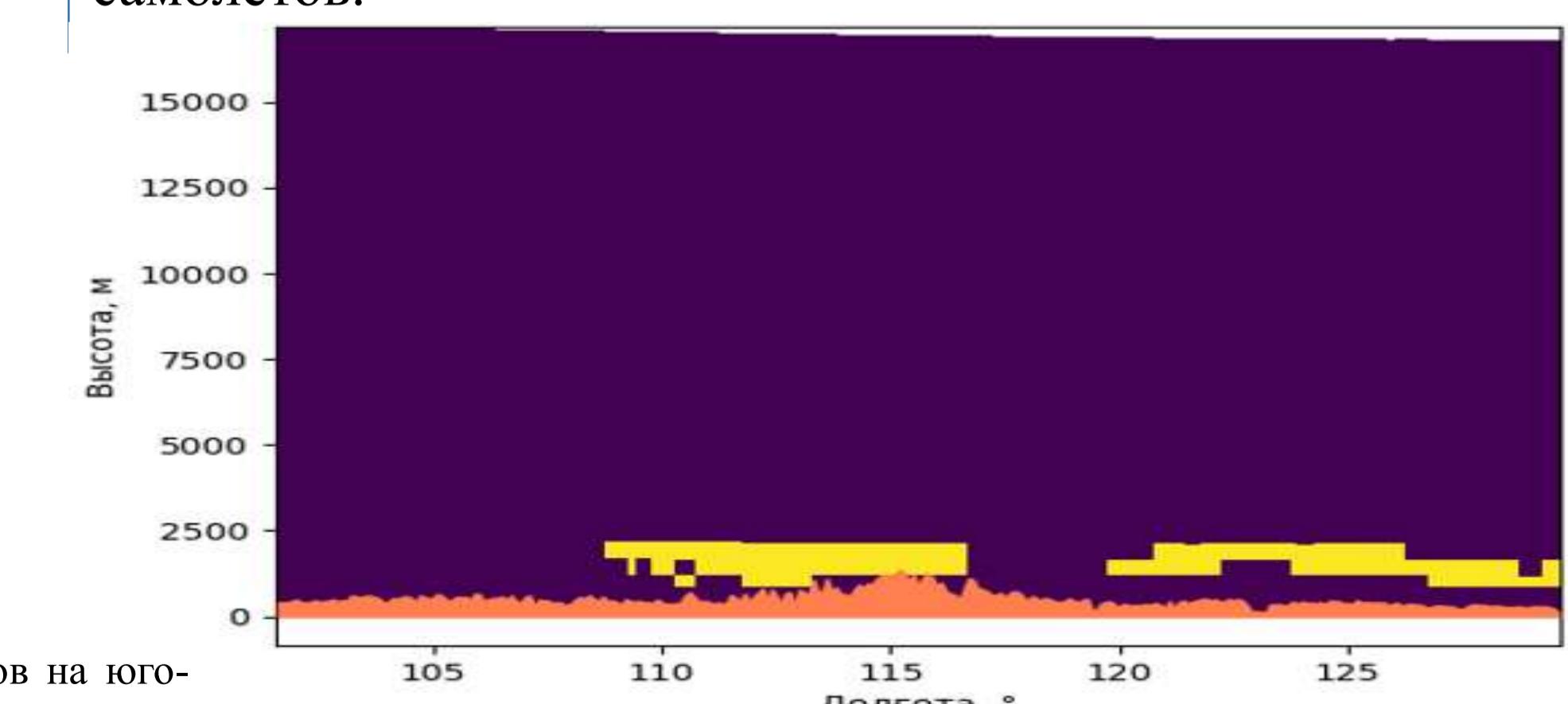


Рисунок 4 – Зоны возможного обледенения (по методу Годске) по маршруту следования Братск – Якутск