

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА РАДИОЛОКАЦИОННОГО МЕТОДА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРОФИЛЯ ВЕТРА

Денисенков Д.А.¹, Жуков В.Ю.¹, Щукин Г.Г.¹

¹ - Военно-космическая академия имени А.Ф.Можайского, Санкт-Петербург, Россия, dimasden@yandex.ru, vuzhukov2002@list.ru, ggshchukin@mail.ru

Аннотация: Описывается эксперимент по подтверждению возможности восстановления профиля ветра радиолокационным методом, основанным на анализе карт распределения ширины спектра радиальных скоростей гидрометеоров. Приводится методика эксперимента и основные полученные результаты.

Ключевые слова: метеорологическая радиолокация, сдвиг ветра, профиль ветра, ширина спектра сигнала, слой Экмана.

Введение. В предыдущих работах авторов [1,2] описывался новый метод обнаружения такого опасного явления погоды, как сдвиг ветра. В его основе лежит анализ пространственного распределения ширины спектра отражений от гидрометеоров, принимаемых радиолокатором. Главное достоинство этого метода состоит в том, что для его реализации не требуется изготовления специальных дорогостоящих устройств типа профайлеров. Достаточно использовать стандартно получаемые современным метеорологическим радиолокатором данные совместно с новым блоком, добавляемым в штатную систему вторичной обработки информации. При этом фиксируется суммарная величина сдвига, зависящая от изменений ветра как по величине, так и по направлению.

Основная часть. Следующим шагом в начатом исследовании должно стать построение алгоритма восстановления вертикального профиля ветра, для чего достаточно разделить влияние градиентов величины и направления вектора скорости частиц с последующим определением величины упомянутых градиентов. Возможность выделить одну из данных составляющих дает появление на карте ширины спектра радиальных скоростей частиц спирали малых значений данного параметра [3,4,5]. Скорость ее вращения в большинстве случаев зависит только от сдвига ветра по направлению и связана линейной зависимостью со скоростью поворота исследуемого вектора [6].

Данный теоретический вывод нуждается в проверке на практике. Наиболее простое решение при этом - сравнение получаемых данных с данными аэрологического зондирования. Однако тот факт, что зонды запускаются только два раза в день, значительно уменьшает размер подлежащей анализу выборки [7,8,9]. Поиск альтернативных вариантов построения эксперимента заставил обратить внимание на существование в интересующем нас участке атмосферы слоя Экмана, внутри которого вектор движения частиц поворачивается на 60 градусов с известной скоростью [10]. Таким образом, у нас фактически имеется эталон, по которому можно проверить теоретические выкладки. Трудность здесь заключается в том, что изменение величины вектора начинается с нуля, что не позволяет игнорировать его влияние на формирование спирали и делает возникающие при этом зависимости параметров нелинейными. Положение спасает то, что вращение происходит в пределах 60 градусов. Это дает возможность линеаризовать наблюдаемые процессы без существенных отклонений от реальности.

На основе сделанных расчетов была разработана методика извлечения практических данных и сравнения их с теоретическими. Полученные результаты показали хорошее их совпадение [11].

Заключение. Таким образом, доказана линейная зависимость между скоростью «завития» спирали малых значений параметра на карте ширины спектра радиальных

скоростей частиц и скоростью вращения вектора скорости ветра с высотой. Это открывает возможность вычленить влияние сдвига ветра по направлению из суммарного воздействия градиентов величины и направления данного вектора и перейти от простого обнаружения рассматриваемого опасного явления к оцениванию его параметров и восстановлению вертикального профиля ветра.

Литература

1. Метод обнаружения сдвига ветра при помощи доплеровского метеорологического радиолокатора / Д.А. Денисенков, В.Ю. Жуков, Р.В. Первушин, Г.Г. Щукин // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. - 2016. - № 3 (23). - С. 68-73.
2. Денисенков Д.А. Обнаружение сдвига ветра на основе анализа карт ширины спектра сигнала, принимаемого метеорологическим радиолокатором / Д.А. Денисенков, В.Ю. Жуков // Вестник РосНОУ. - 2015. - № 10. - С. 10-13.
3. Денисенков Д.А., Жуков В.Ю. Определение величины сдвига ветра по направлению с помощью карт ширины спектра радиолокационного сигнала // Сборник трудов VII Всероссийских Армандовских чтений «Современные проблемы дистанционного зондирования, радиолокации, распространения и дифракции радиоволн». - Муром: ВлГМУ, 2017. - С. 402-406.
4. Денисенков Д.А., Жуков В.Ю. Метод восстановления профиля ветра по оценкам ширины спектра радиолокационного сигнала // Сборник трудов VIII Всероссийских Армандовских чтений «Современные проблемы дистанционного зондирования, радиолокации, распространения и дифракции радиоволн». - Муром: ВлГМУ, 2018. - С. 315-318.
5. Радиолокационные исследования поля ветра в атмосфере / Д.А. Денисенков, В.Ю. Жуков, Д.М. Караваев, Г.Г. Щукин // Известия высших учебных заведений. Физика. - 2016. - № 12/2. - С. 15-19.
6. Восстановление поля скорости воздушных потоков в метеорологической доплеровской радиолокации / А.М. Девяткин, Д.А. Денисенков, В.Ю. Жуков, Ю.В. Кулешов, С.В. Чернышев, Г.Г. Щукин // Метеорология и гидрология. - 2018. - № 1. - С. 107-115.
7. Верификация метода обнаружения сдвига ветра по оценкам ширины спектра радиолокационного сигнала / Д.А. Денисенков, В.Ю. Жуков, О.А. Сивак, Г.Г. Щукин // Труды Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского. - 2016. - № 2 (653). - С. 159-163.
8. Исследование эффективности метода обнаружения сдвига ветра по оценкам ширины спектра радиолокационного сигнала. / Д.А. Денисенков, В.Ю. Жуков, О.А. Сивак, Г.Г. Щукин // Ученые записки РГГМУ. - 2016. - № 42. - С. 109-116.
9. Экспериментальная проверка метода определения сдвига ветра по ширине спектра радиолокационного сигнала. / Д.А. Денисенков, М.А. Жданова, В.Ю. Жуков, Г.Г. Щукин // Ученые записки РГГМУ. - 2016, - №45, С. 113-118.
10. Руководство по сдвигам ветра на малых высотах. Руководящий документ РД. Монреаль: Международная организация гражданской авиации, 2008. - 258 с.
11. О возможности измерения сдвига ветра по направлению в доплеровском метеорологическом радиолокаторе / Д.А. Денисенков, В.Ю. Жуков, Г.Г. Щукин // Труды Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского. - 2018. - № 4 (662). - С. 124-128.

THE EXPERIMENTAL TO CONFIRM OF THE METHODS OF RECONSTRUCTION THE WIND'S PROFILE BY RADAR

Denisenkov D.A.¹, Zhukov V.Y.¹, Shchukin G.G.¹

¹ - *Mozhaisky Military Aerospace Academy, Saint-Petersburg, Russia, dimasden@yandex.ru, vuzhukov2002@list.ru, ggshchukin@mail.ru*

Abstract. An experiment is described to confirm the possibility of reconstruction the wind's profile by radar based on the analysis of the spectral width of radial velocities of the particles. Presents the methods of the experiment and main results obtained.

Keywords: meteorological radar, wind shear, wind profile, spectrum width of signal, the Ekman layer.