

## МНОГОДИАПАЗОННЫЕ ЛИДАРНО-РАДАРНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ВСЕПОГОДНОГО ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ

Борейшо А.С.<sup>1,2</sup>, Васильев Д.Н.<sup>1,2</sup>, Коняев М.А.<sup>2</sup>, Морозов А.В.<sup>1,2</sup>,  
Савин А.В.<sup>1,2</sup>, Щукин Г.Г.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> -АО «Лазерные системы», Санкт-Петербург, Россия, office@lsystems.ru

<sup>2</sup> - БГТУ «Военмех», Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup> - ВКА им. А.Ф. Можайского, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Рассмотрены разрабатываемые, опытные и серийно производимые лидарные и комбинированные лидарно-радарные системы для дистанционного мониторинга метеорологической обстановки.

Ключевые слова: лидар, радар, дистанционный мониторинг, опасные метеоявления, сдвиг ветра, нижняя граница облачности, атмосферная турбулентность, метеорологическая дальность видимости.

Лидарные и радарные системы являются в настоящее время мощными и универсальными инструментами для дистанционного метеорологического мониторинга [1]. Поскольку их действие основано на регистрации рассеянного атмосферной средой зондирующего электромагнитного излучения, они способны, работая круглосуточно в автоматическом режиме, в реальном времени предоставлять информацию об аэрозольных образованиях, полях скорости ветра, сдвиге ветра, границах и плотности облачности, атмосферной турбулентности, опасных метеоявлениях, вихревых следах летательных аппаратов и т.п.

В работе рассмотрены разрабатываемые в АО «Лазерные системы» опытные и серийно производимые лидарные и комбинированные лидарно-радарные системы для дистанционного мониторинга метеорологической обстановки.

Импульсный ветровой лидар ИВЛ-5000 - это мощный инструмент сбора и создания базы данных для систем вихревой безопасности аэропортов, метеорологических служб и мониторинга экологической обстановки. Система регистрирует сдвиг ветра, опасные метеоявления, вихревые следы летательных аппаратов и работает в режимах Plan Position Indicator (PPI) - круговое сканирование в заданном диапазоне углов азимута с постоянным углом места, Range Height Indicator (RHI) - сканирование в вертикальной плоскости в заданном диапазоне углов места с постоянным азимутом, измерение вертикального профиля ветра, измерение профиля ветра в произвольном заданном направлении. В 2018 г. на базе ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» проведены испытания ИВЛ-5000 как средства измерения в целях утверждения типа с положительными результатами. Оценка метрологических характеристик проведена на аэродинамическом стенде АДС 700/100 из состава первичного Государственного специального эталона единицы скорости воздушного потока. В июне 2017 г. был запущен в эксплуатацию комплекс из 3 лидаров ИВЛ-5000 для Университета Хангук (Сеул, Южная Корея), который успешно работает в разных частях страны в режиме 24/7. С 9 по 25 февраля 2018 г. ИВЛ-5000 были задействованы в работах по обеспечению XXIII зимних Олимпийских игры в Пхенчхане.

Ветровой лидар ПЛВ-300 (конического сканирования) служит для обеспечения информацией в режиме реального времени диспетчерской и метеорологической служб аэродромов о вертикальном профиле вектора скорости ветра (три компоненты), местоположении и динамике развития потенциально опасных метеорологических явлений, а также может применяться для задач ветровой энергетики.

Измеритель нижней границы облачности - компактный автоматический метеорологический прибор для непрерывного мониторинга облачности и осадков в диапазоне высот до 7,5 км. В основе прибора - импульсный лидар ближнего ИК диапазона. Прибор способен распознавать до трех слоев облачности. Прибор предназначен для включения в измерительные метеорологические системы.

Одним из перспективных направлений на пути совершенствования метеорологических комплексов дистанционного зондирования является комплексирование лазерных и радиолокационных систем. Моно-диапазонные метеорологические системы имеют естественные ограничения по погодным условиям. Так, для нормальной работы радиолокационных систем необходима высокая отражательная способность атмосферных объектов, поэтому измерения скорости ветра, атмосферной турбулентности, выявление эффекта сдвига ветра в ясную погоду радиолокаторами невозможны [2]. В то же время для лазерного локатора оптического диапазона (лидара) ситуация обратная: поскольку длина волны зондирующего излучения порядка 1 мкм, то для ее эффективного рассеяния в атмосфере достаточно незначительного количества аэрозоля, который всегда имеется в атмосфере даже в ясную погоду [2, 3].

Двухдиапазонный лидарно-радарный комплекс, основанный на комплексировании метеорадиолокатора X-диапазона при работе с метеорологической дальностью видимости (МДВ) менее 500 м и импульсного ветрового лидара ближнего ИК диапазона для работы при МДВ более 500 м [2], обеспечивает определение скорости, направления и сдвига ветра на основе измерения доплеровского смещения частоты рассеянного излучения, рассеянного атмосферной средой, а также классификацию зон облачности, осадков, опасных метеоявлений. Комплекс предназначен для всепогодного обеспечения метеорологической информацией метеослужб аэропортов, сбора данных о скорости и направлении ветра в местах установки ветровых ЭС, исследований в области аэронавигации, метеорологии и экологии. В составе комплекса: лидар с длиной волны в ИК области (1.5 мкм), радар X-диапазона и видеосистема для наблюдения за местностью. Комплекс обеспечивает всепогодную непрерывную работу при дальности зондирования до 25 км.

### Литература

1. Шукин Г.Г., Булкин В.В. «Метеорологические пассивно-активные радиолокационные системы», Муром, 2009, 166 с.
2. Борейшо А.С., Ильин М.Ю., Коняев М.А., Михайленко А.С., Морозов А.В., Страхов С.Ю. Комплексирование в оптоэлектронных системах. ИФЖ, 89(3), 2016, с. 736-741.
3. Ахметьянов В.Р. Васильев Д.Н. Ключков Д.В. и др. «Лидарный доплеровский профилометр для измерения параметров ветра в составе наземного комплекса метеорологического обеспечения аэронавигации», Авиационное приборостроение, 2013, №9, с. 41-52.

## MULTI-WAVE LIDAR-RADAR SYSTEMS FOR ALL-WEATHER REMOTE METEOROLOGICAL MONITORING

**Boreysho A.S.<sup>1,2</sup>, Vasiliev D.N.<sup>1,2</sup>, Konyaev M.A.<sup>2</sup>, Morozov A.V.<sup>1,2</sup>, Savin A.V.<sup>1,2</sup>, Schukin G.G.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> - Laser Systems Ltd., Saint Petersburg, Russia, office@lssystem.ru

<sup>2</sup> -BSTU "Voenmeh", Saint Petersburg, Russia

<sup>3</sup> -Mozhaisky Air&Space Academy, Saint Petersburg, Russia

**Abstract.** Lidar and lidar-radar combined systems for remote meteorological monitoring are under consideration, which are under development as well as serially manufactured.

Key words: lidar, radar, remote sensing, dangerous meteorological phenomena, wind shift, clouds lower edge, atmospheric turbulence, meteorological visibility distance.