

И. К. Кабардин^{1}, М. Р. Гордиенко¹, В. Г. Меледин¹, С. В. Какаулин¹*

Оснащение лазерным доплеровским измерителем скорости ветроволнового стенда для диагностики кинематических параметров потока с образованием брызг

¹ Институт теплофизики им. С. С. Кутателадзе СО РАН, г. Новосибирск,
Российская Федерация
* e-mail: ivankabardin@gmail.com

Аннотация. Морские брызги – наименее исследованный фактор, влияющий на процесс образования смерчей. Для исследования того, как экстремально сильные ветры отрывают брызги от гребней волн, для классификации таких явлений и количественной оценки эффективности раскрытых механизмов был построен высокоскоростной ветроволновой бассейн. Для развития понимания образования брызг в условиях ураганного ветра необходима информация о распределении скоростей. Кинематика течения внутри ветровой волны исследовалась с помощью лазерного доплеровского анемометра (ЛДА) с адаптивной временной селекцией вектора скорости (ЛАД-08). Лабораторные эксперименты проводились на термостратифицированном ветровом бассейне Института прикладной физики РАН. Проведены предварительные эксперименты по измерению скорости капель аэрозоля с помощью доплеровского лазерного измерителя ЛАД-08 на ветровом волновом канале ИПФ РАН. Показано, что измерительная система позволяет измерять все три составляющие скорости аэродинамического потока при скорости ветра от 10 до 45 м/с. Продемонстрирована способность измерения скорости потока при инжекции трасеров. Регистрация вспышек происходила при скоростях до 30 м/с, когда наблюдалось интенсивное аэрозолеобразование, а вода попадала на стены и стекала в виде струй.

Ключевые слова: ветро-волновой бассейн, образование брызг, метод лазерной доплеровской анемометрии

I. K. Kabardin^{1}, M. R. Gordienko¹, V. G. Meledin¹, S. V. Kakaulin¹*

Equipment with a Laser Doppler Velocity Meter of a Wind-Wave Stand for Diagnosing the Kinematic Parameters of the Flow with the Formation of Splashes

¹ S. S. Kutateladze Institute of Thermophysics SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation
* e-mail: ivankabardin@gmail.com

Abstract. The sea droplets are the most unknown things controlling hurricanes. For exploration how highly strong winds tear off droplets from wave crests the high-speed wind-wave bassin was maden. For development of understanding of spray formation under hurricane wind condition the information about velocity distribution is required. The flow kinematics inside the wind-wave was studied using a laser Doppler anemometer. Investigations were carried out in the wind flume of the Institute of Applied Physics, Russian Academy of Sciences. Preliminary experiments were carried out to measure the velocity of aerosol droplets using a Doppler laser meter LAD-08 on the wind wave channel of the IAP RAS. It is shown that the measuring system makes it possible to measure all three components of the aerodynamic flow velocity at wind speeds from 10 to 45 m/s. The ability of measuring wind speed by adding smoke tracers to the flow is demonstrated. Dopler bursts were collected at wind

speeds up to 30 m/s, when intense aerosol formation was observed, and water fell on the walls and flowed down in the form of jets.

Keywords: wind-wave pool, splash formation, laser Doppler anemometry method

Введение

Морские брызги, особенность, присущая морскому пограничному слою атмосферы, являются одним из наиболее неопределенных факторов, влияющих на ураганы и сильные штормы [1]. Для исследования того, как экстремально сильные ветры срывают брызги с гребней волн, для классификации таких явлений и количественной оценки эффективности раскрытых механизмов в Институте прикладной физики РАН был построен высокоскоростной ветро-волновой бассейн.

На основании исследований в ветро-волновом канале Института прикладной физики РАН, нацеленных на исследование образования капель при сильном ветре, найдено три основных механизма образования капель, и выполнен их анализ [2]. Выявлено, что самым частым является срывание капель при механизме типа «парашют». На гребнях горбов на поверхности воды создаются и разрываются тоненькие пленки, наполняемые ветром. Крупные брызги из «парашютов» вносят большой вклад в тепловой поток, а также могут сильно влиять на тепло-массообмен между атмосферой и океаном, особенно при шторме [3].

Для развития понимания образования брызг в условиях ураганного ветра необходима информация о распределении скоростей. Требуются оптические методы измерения скорости. Поэтому целью экспериментов была проверка технических возможностей метода лазерной доплеровской анемометрии (ЛДА).

Методы и материалы

Лабораторные эксперименты проводились на термостратифицированном ветровом бассейне Института прикладной физики РАН. Длина лотка составляла 10 м. Сечение воздуховода 0,4 x 0,4 м. Скорость ветра изменялась от 0 до 40 м/с. Подробное описание этой установки и принципы построения и управления воздушным потоком в ней представлены в [2, 3]. Фотографии установки представлены на рис. 1.

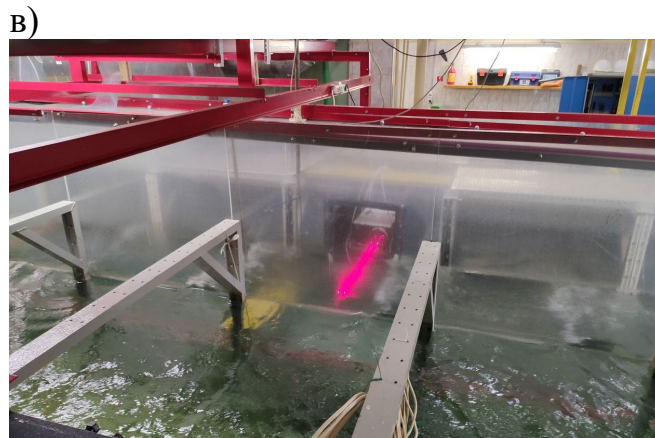
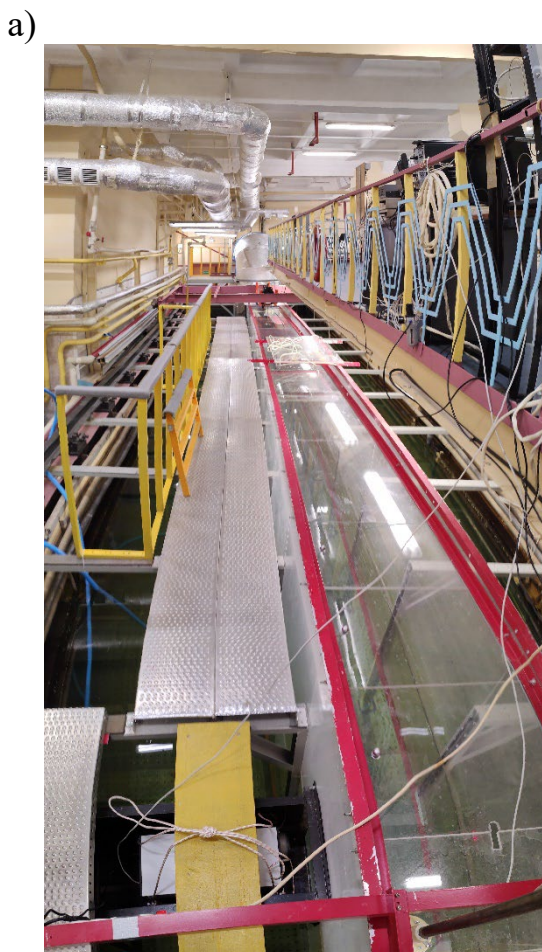


Рис. 1. Фотографии ветроволнового лотка: а) вид сверху; б) вид сбоку; в) ЛАД-08 на экспериментальном стенде во время измерения скорости капель

Измерение скорости

Кинематика течения внутри ветроволнового лотка исследовалась с помощью лазерного доплеровского анемометра (ЛДА) с адаптивной временной селекцией вектора скорости ЛАД-08 (рис. 2) [4].

Координатно-перемещающее устройство перемещает блок измерения в области 250 x 250 x 250 мм с точностью до 0,1 мм. Измерительная система устанавливалась на высоте 10 см над уровнем воды при отсутствии ветра (рис. 3).

Обсуждение

Измерения осевой проекции скорости V_x проводились при скоростях ветра от 10 до 45 м/с. Количество доплеровских вспышек достигало 45000 событий в минуту. Измерения вертикальной проекции скорости V_z выполнены при ветре от 10 до 45 м/с. Количество доплеровских вспышек достигало 1000 событий в минуту.

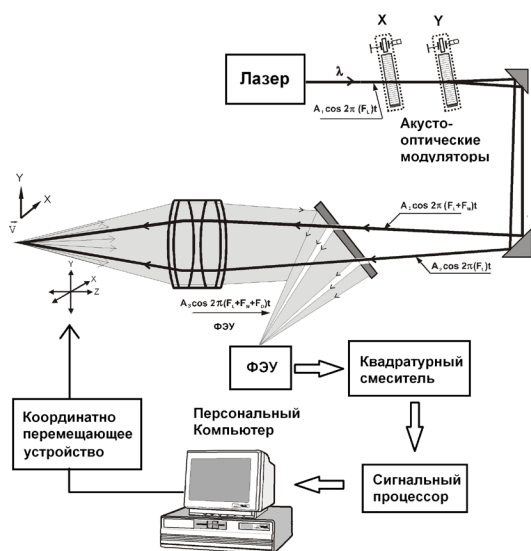


Рис. 2. Схема, иллюстрирующая принцип работы комплекса ЛАД-08

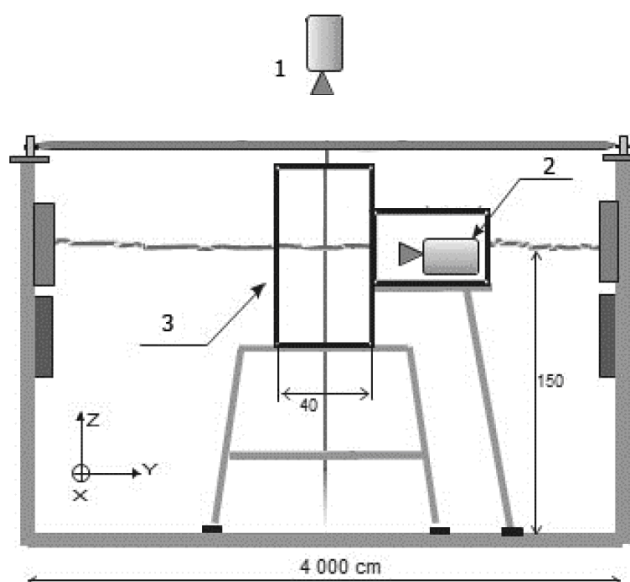


Рис. 3. Измерение скорости распыления лазерным доплеровским измерителем ЛАД-08 в ветроволновом канале ИПФ РАН. 1 – прибор для отслеживания поперечной V_y проекции скорости; 2 – прибор, установленный в подводном боксе для измерения осевой V_x и вертикальной V_z составляющей скорости; 3 – погружной бокс

Измерения траверсной составляющей скорости V_y проводились при скорости ветра от 10 до 45 м/с. Скорость распыления варьировалась от 0 до 3 м/с. Количество регистрируемых событий достигало 2400 в минуту.

Необходимо отметить, что события фиксировались даже при скорости ветра более 30 м/с, когда наблюдалось интенсивное аэрозолеобразование, а вода попадала на стены и стекала в виде ручейков.

Заключение

Проведены предварительные эксперименты по измерению скорости капель аэрозоля с помощью доплеровского лазерного измерителя ЛАД-08 на ветровом волновом канале ИПФ РАН. Продемонстрирована возможность измерять все три проекции скорости при скорости ветра от 10 до 45 м/с. Показана возможность диагностирования скорости ветра при добавлении в поток частиц дыма. Необходимо отметить, что события фиксировались даже при скорости ветра более 30 м/с, когда наблюдалось интенсивное аэрозолеобразование, а вода попадала на стены и стекала в виде струй.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания ИТ СО РАН.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Troitskaya Y. I., Kandaurov A., Ermakova O., Kozlov D., Sergeev D., Zilitinkevich S. The "Bag breakup" spume droplet generation mechanism at high winds. Part I: spray generation function // Journal of physical oceanography. - 2018. – Vol. 48, No. 9 . – P. 2168–2188.
2. Troitskaya Yu. I., Sergeev D. A., Kandaurov A. A., Baidakov G. A., Vdovin M. A., Kazakov V. I. Laboratory and theoretical modeling of air-sea momentum transfer under severe wind conditions // J. Geophys. Res. Ocean. - 2012. – Vol. 117. - C00J21.
3. Troitskaya Yu. I., Kandaurov A. A., Sergeev D. A., Ermakova O., Kozlov D. and Zilitinkevich S. Bag-breakup fragmentation as the dominant mechanism of sea-spray production in high wind// Sci. Rep. - 2017. – Vol. 7. – P. 1614.
4. Meledin V. G. Informational electron-optic diagnostic: Science and innovative industrial technologies. – Novosibirsk-Academizdat. – 2015. –142 p.

© *И. К. Кабардин, М. Р. Гордиенко, В. Г. Меледин, С. В. Какаулин, 2023*