

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ВЕЩЕСТВОМ

doi: 10.51639/2713-0568\_2021\_1\_2\_17

УДК 551.510

ГРНТИ 29.31.27

### Лазерная система для исследования аэрозольных потоков методом дифференциального ослабления и рассеяния лазерного излучения в видимой и ближней ИК области

<sup>1</sup> Веденин Е. И., <sup>1</sup> Сарычев И. А., <sup>1</sup> Чартий П. В., <sup>2</sup> Чербачи Ю. В., <sup>\*1,2</sup> Шеманин В. Г.<sup>1</sup> 353900, Россия, г. Новороссийск, ул. Карла Маркса 20, Новороссийский политехнический институт (филиал) КубГТУ<sup>2</sup> 353919, Россия, г. Новороссийск, Мысхакское шоссе 75, Новороссийский филиал БГТУ им. В. Г. Шуховаemail: [pvc-60@yandex.ru](mailto:pvc-60@yandex.ru), [cherbachi-yu-v@nb-bstu.ru](mailto:cherbachi-yu-v@nb-bstu.ru), [\\* shemanin-v-g@nb-bstu.ru](mailto:shemanin-v-g@nb-bstu.ru)

В работе построена автоматизированная многоволновая лазерная система для исследования зависимости лидарных сигналов от концентрации частиц и их распределения по размерам для зондируемого аэрозоля. Выполнены экспериментальные исследования зависимости лидарных сигналов от параметров функции распределения частиц цементного аэрозоля по размерам. Разработаны алгоритмы измерительных процедур и получены корреляционные зависимости измеренных экспериментально лидарных сигналов от концентрации частиц и их распределения по размерам.

*Ключевые слова:* лазерная система, длина волны лазерного излучения, лидарный сигнал, функции распределения частиц цементного аэрозоля по размерам.

### 1. Введение

Загрязнение атмосферного пограничного слоя над промышленными районами аэрозольными частицами очень актуально для юга России [1–4]. Учитывая повышенную роль атмосферного переноса в глобальном загрязнении контроль техногенной эмиссии особенно важен. Основная часть атмосферного загрязнения представлена аэрозолями различного происхождения. Эта роль аэрозолей в загрязнении атмосферы на юге России отмечалась неоднократно [5, 6] и заключается в том, что они не просто являются агентами загрязнения, но и сорбируют еще более мелкие частицы и молекулы на своей поверхности. Это характерно для наиболее тонкодисперсных аэрозолей, относящихся к классам PM10 и PM2.5 [7].

Методами лазерного зондирования установлены основные закономерности атмосферного аэрозоля, отмечена роль дефляции в образовании фонового аэрозоля и техногенных процессов - в появлении аномальных уровней загрязнения [5, 6, 8]. Эти аэрозоли характеризуются значительной полидисперсностью и высокими уровнями концентраций. Для контроля их параметров на сегодняшний день наибольшее распространение получили лазерные методы исследования аэрозолей [6, 8–10]. Такой выбор определен хорошо разработанной теорией распространения и взаимодействия электромагнитного излучения с различными средами и существованием большого количества промышленно выпускаемых разнообразных типов лазеров, оптических систем и их компонентов.

Существует много приборов, созданных для исследования параметров аэрозолей, однако большинство из них не отражают динамику характеристик объекта исследования и основаны на принципах пробоотбора. При использовании таких приборов необходимо при каждом измерении обеспечивать изокINETичность и представительность отобранной пробы, что неизбежно оказывает

влияние на исследуемую среду. Существующие приборы, основанные на бесконтактных методах измерений, как правило, не отображают динамики характеристик аэрозольного облака, не дают информации о размерах частиц в широком диапазоне или применимы лишь к конкретным типам аэрозолей, либо сложны в исполнении, что существенно ограничивает их использование.

Целью настоящей работы является разработка автоматизированной многоволновой лазерной системы для исследования зависимости лидарных сигналов от концентрации частиц и их распределения по размерам для зондируемого аэрозоля. Для этого будут разработаны алгоритмы измерительных процедур для регистрации концентраций аэрозольных частиц и выполнены экспериментальные исследования зависимости лидарных сигналов от параметров функции распределения аэрозольных частиц по размерам. Эти корреляционные зависимости измеренных экспериментально на автоматизированной многоволновой лазерной системе лидарных сигналов от концентрации частиц и их распределения по размерам для зондируемого аэрозоля.

## 2. Лазерный метод дифференциального ослабления

Для измерения параметров аэрозольных потоков была разработана лазерная система на основе метода дифференциального ослабления, позволяющая измерять сигналы ослабления на трех длинах волн. Сигналы ослабления представляют собой электрические сигналы фотоприемника прямо пропорциональные интенсивности ослабленного лазерного излучения.

Метод дифференциального ослабления основан на решении обратной задачи [11], которое можно представить в виде уравнения:

$$\tau_{\lambda} = \frac{\pi \cdot C_n \cdot l}{4} \cdot \int_0^{\infty} x^2 \cdot Q(x, \lambda, m) \cdot f(x) dx, \quad (1)$$

где  $\tau_{\lambda}$  – оптическая плотность;  $C_n$  – счетная концентрация частиц;  $\lambda$  – длина волны зондирующего излучения;  $Q$  – фактор эффективности ослабления для одиночных частиц;  $l$  – оптическая длина зондирования;  $x$  – диаметр частиц;  $m$  – комплексный показатель преломления материала частиц.

Усредненный фактор эффективности ослабления вычисляется по формуле:

$$\bar{Q}(x, \lambda, m) = \frac{\int_0^{\infty} x^2 \cdot Q(x, \lambda, m) \cdot f(x) dx}{\int_0^{\infty} x^2 \cdot f(x) dx}. \quad (2)$$

Массовая концентрация взвешенных частиц через счетную выражается формулой:

$$C_m = C_n \frac{\pi \cdot \rho_p}{6} \cdot \int_0^{\infty} x^3 \cdot f(x) dx. \quad (3)$$

При замене в уравнении (3) счетной концентрации на массовую получаем выражение:

$$\tau_{\lambda} = \frac{1,5 C_m \cdot l \cdot \bar{Q}(x, \lambda, m)}{\rho_p \cdot d_{32}}, \quad (4)$$

где  $\rho_p$  – плотность материала частиц.

Экспериментально измеренная оптическая плотность и рассчитанное значение среднего объемно-поверхностного диаметра частиц позволяют рассчитать массовую концентрацию по формуле:

$$C_m = \frac{\tau_{\lambda i} \cdot \rho_p \cdot d_{32}}{1,5 l \cdot \bar{Q}(x, \lambda, m)}. \quad (5)$$

Физическая модель метода основана на взаимодействии монохроматического излучения с полидисперсной средой по теории Ми [12] и сохранения инвариантности усредненного фактора эффективности ослабления относительно вида функции распределения частиц по размерам [11, 13].

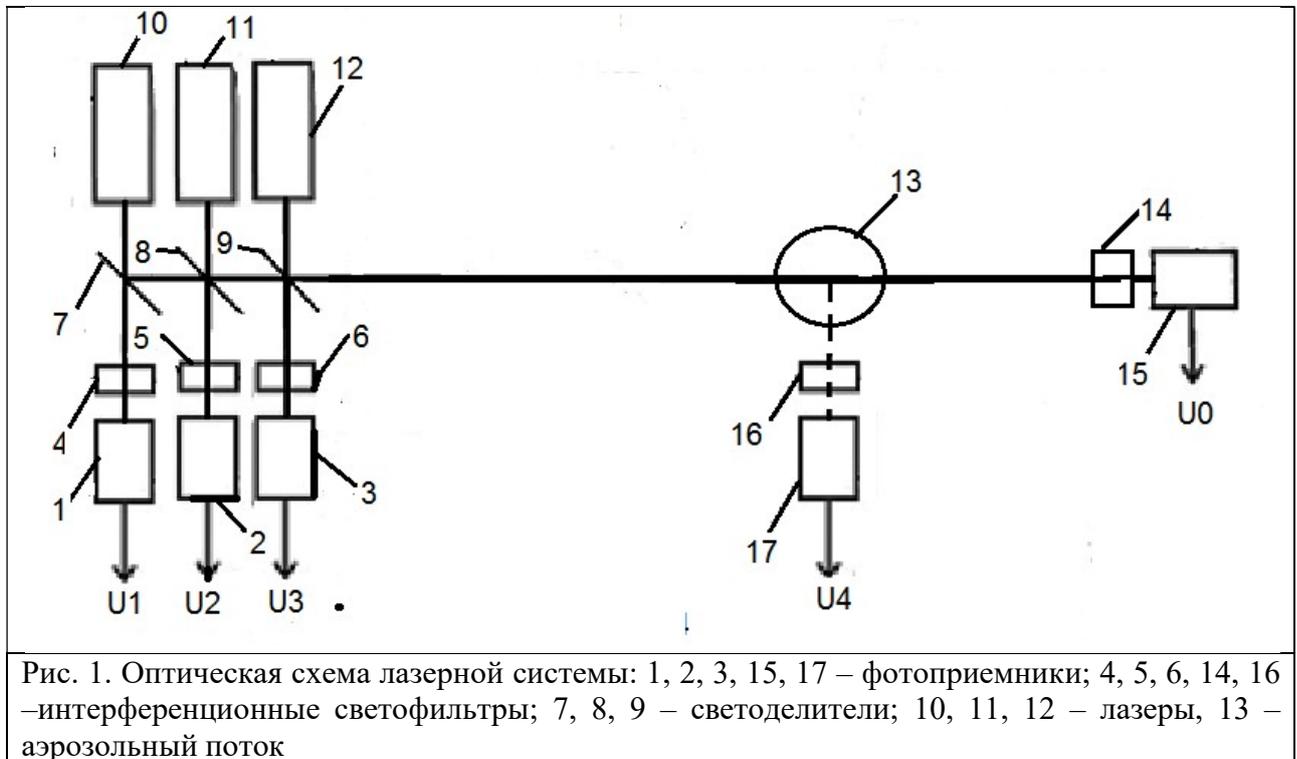
Средний объемно-поверхностный диаметр аэрозольных потоков определяется путем измерения оптической плотности исследуемого аэрозоля на нескольких длинах волн и вычисления усредненных факторов эффективности ослабления для этих длин волн. Отношение измеренных оптических плотностей на двух длинах волн равно отношению рассчитанных усредненных факторов эффективности ослабления и выражает функцию среднего размера частиц [11]:

$$\frac{\tau_{\lambda_i}}{\tau_{\lambda_j}} = \frac{\bar{Q}(x, \lambda_i, m)}{\bar{Q}(x, \lambda_j, m)} = F_{ij}(d_{32}). \quad (6)$$

Диапазон измерений средних размеров частиц определяется длинами волн зондирующего излучения.

## 3. Лазерная система для измерения концентрации и среднего объемно-поверхностного диаметра аэрозольных частиц по дифференциальному ослаблению лазерного излучения

Для решения задачи восстановления функции распределения аэрозольных частиц по размерам и измерения их концентрации разработана экспериментальная лазерная система на основе моностатического лидара дифференциального ослабления и рассеяния Ми. Рассмотрим оптическую схему такой лазерной системы, представленную на рис. 1.



Через поток аэрозоля 13, сформированный на выходе газохода и проходящий перпендикулярно лазерному лучу, пропускались три луча лазеров 10, 11 и 12 с длинами волн 405, 650 и 1064 нм, которые в схеме дифференциального ослабления направлялись на один фотоприемник 15 со своей схемой обработки сигнала. Измеренные сигналы ослабления позволяют рассчитать средний объемно-поверхностный диаметр аэрозольных частиц цемента. Как видно на рис. 2 для получения максимально объективной информации об инжектируемом аэрозоле кроме канала ослабления (фотоприемник ослабления 15) был использован канал рассеяния Ми излучения лазера 12 с фотоприемником 17, применяемые для определения ФРЧ и концентрации аэрозоля различными методами. Сигнал аэрозольного рассеяния Ми под углом  $90^\circ$  из измерительного объема 13, сформированного лабораторным генератором частиц цементного аэрозоля в воздушном потоке, регистрировался через интерференционный светофильтр 16 фотоприемником 17. Сигналы с выходов фотоприемников  $U_0$ ,  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $U_3$  и  $U_4$  регистрировались системой сбора данных, работающей на линии с ПК. В экспериментальной лазерной системе для определения только концентрации аэрозоля в качестве излучателя 12 использовалась вторая гармоника YAG-Nd лазера, работающий на длине волны 532 нм в непрерывном режиме с мощностью до 0,2 Вт.

Блок сбора данных включает в себя блок формирования, регистрации и обработки сигналов, состоящий из измерительных и опорных синхронных детекторов, усилителя мощности и генератора импульсов [14]. Синхронное детектирование измерительных сигналов предназначено для повышения чувствительности фотоприемного устройства.

Лазерами 10, 11 и 12 генерируется излучение на трёх длинах волн (405, 532 и 1064 нм) с частотой  $5 \cdot 10^5$  Гц. С целью выделения в модулированном излучении нужных длин волн на пути лазерных лучей размещены интерференционные светофильтры 4, 5 и 6.

Последовательности импульсов лазерного излучения проходят через светоделительные пластины 7, 8 и 9. Часть прошедшего через светоделительные пластины 7, 8 и 9 излучения поступает на

опорные фотоприемники 1, 2 и 3, а основная часть излучения проходит сквозь аэрозольный поток 13.

Многократное отражение лазерных лучей от параллельно расположенных зеркал позволяет увеличить оптический путь проходимый лучами и таким образом увеличить ослабление лазерного излучения регистрируемого фотоприемником ослабленного излучения 15. Зеркала в описываемой лазерной системе установлены под углом, обеспечивающим прохождение лучами девяти проходов сквозь аэрозольный поток.

Проходящее сквозь аэрозольный поток излучение ослабляется и поступает на фотоприёмник ослабленного излучения 15, где регистрируется.

Зарегистрированное фотоприёмником 8 излучение в форме электрических сигналов проходят через дифференциальный усилитель и синхронный детектор, после чего проходят повторное усиление дифференциальным усилителем. Электрический сигнал со второго дифференциального усилителя поступает на АЦП, где преобразуется в цифровой сигнал и далее поступает на обработку в ПК. Блок обработки сигналов использует шесть каналов аналогово-цифрового преобразователя.

Таким образом, разработана четырех волновая лазерная система, которая позволяет измерять сигналы ослабления лазерного излучения методом дифференциального поглощения на трех длинах волн и сигнал рассеяния Ми на частицах аэрозоля излучения четвертого лазера.

#### **4. Экспериментальное исследование зависимости сигналов ослабления и рассеяния от среднего объемно-поверхностного диаметра частиц**

Экспериментальное исследование зависимости сигналов ослабления от массовой концентрации и среднего объемно-поверхностного диаметра частиц методами дифференциального ослабления и рассеяния Ми разработан экспериментальный генератор частиц цементного аэрозоля. Воздушный поток цементных частиц схожие по своим свойствам с потоками реального производства поступают в измерительный объем 13 перпендикулярно лазерному лучу (плоскости чертежа на рис. 1), а также изменяя параметры сгенерированных аэрозольных потоков исследовать зависимости лидарных сигналов от этих параметров.

Рассмотрим алгоритм проведения измерений. В интервале времени от 0 до 60 секунд осуществляется «нулевое» измерение. На этом этапе нагнетатель воздуха и питатель цементного порошка отключены, аэрозольный поток отсутствует. В интервале времени от 60 до 120 секунд включается нагнетатель воздуха, создающий воздушный поток, питатель цементного порошка отключен. Аэрозольный поток на данном этапе отсутствует, однако в воздушный поток попадает некоторое количество цементного порошка, высыпавшееся при размещении питателя в отверстии трубки Вентури, что выражается в залповом выбросе частиц при включении питателя. В интервале времени от 120 до 420 секунд включены нагнетатель воздуха и питатель цементного порошка. На данном этапе через измерительный объем лазерной установки проходит аэрозольный поток. Из-за спрессовывания цементного порошка поступление аэрозольного потока в измерительный объем лазерной установки происходит не в момент включения питателя (120 с), а через некоторое время. Устойчивый аэрозольный поток формируется в интервале от 180 до 200 секунд и продолжается до 380...400 секунд.

В промежутке от 420 до 480 секунд питатель отключен, нагнетатель воздуха включен. На данном этапе аэрозольный поток отсутствует, генерируется только воздушный поток, в который может попадать некоторое количество цементного порошка, оставшееся на стенках газохода после пропускания через него цементной пробы. В интервале времени от 480 до 540 секунд осуществляется «нулевое» измерение. На данном этапе нагнетатель воздуха и питатель цементного порошка отключены, аэрозольный поток отсутствует (см. рис. 2).

Регистрация сигналов ослабления осуществлялась посредством аналого-цифрового преобразователя LA50USB подключенного к ПК [4]. Запись сигналов ослабления с фотоприемника осуществлялась в программе ADClab. Сигналы записывались в виде значений напряжения в вольтах и в таком виде использовались для дальнейшей обработки и проведения расчетов массовой концентрации и среднего объемно-поверхностного диаметра аэрозольных частиц цемента.

Обработка измеренных сигналов заключается в усреднении, а для приведения графиков к первоначальному значению нулевого сигнала ликвидируется его смещение [7]. Графики сигналов ослабления, приведенные к первоначальному значению нулевого сигнала, представлены на рис. 2.

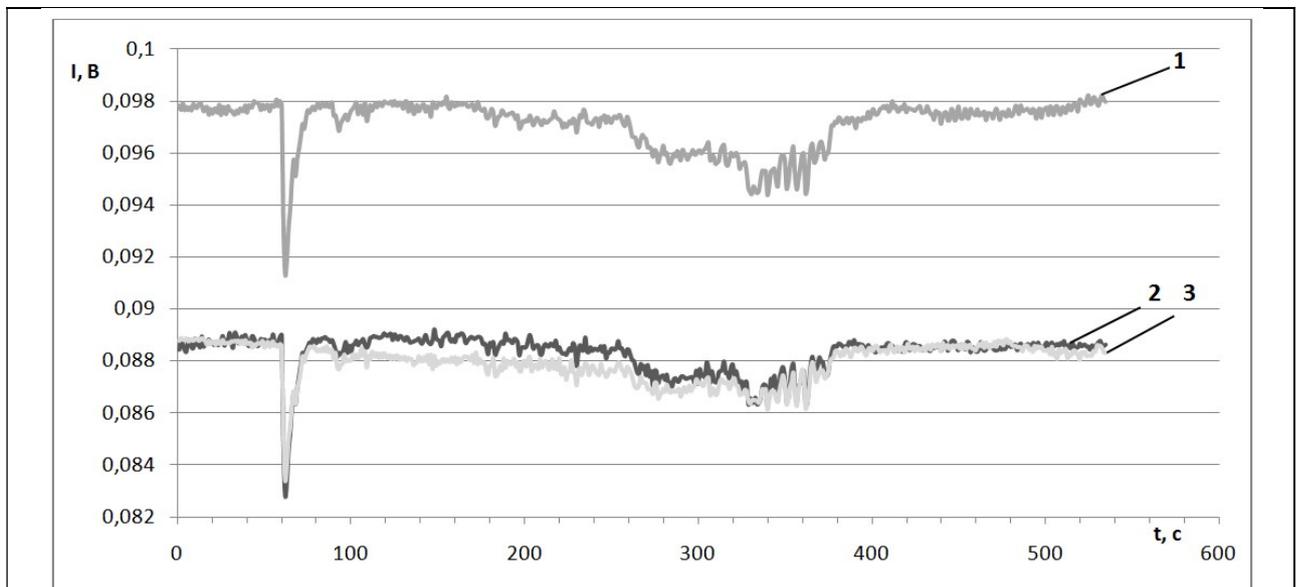


Рис. 2. График зависимости экспериментально измеренного сигнала ослабления от времени измерения после приведения к первоначальному значению нулевого сигнала для длин волн лазерного излучения: 1 – 650 нм; 2 – 1064 нм; 3 – 405 нм

На графике рис. 2 видно, что на участке от 165 до 400 с отмечается непрерывное ослабление сигнала в результате формирования устойчивого аэрозольного потока.

По полученным сигналам ослабления можно рассчитать массовую концентрацию и средний объемно-поверхностный диаметр частиц [4, 7, 10]. Оценим возможность расчета массовой концентрации по измеренным сигналам. Измеренная оптическая длина зондирования  $l$  составила 493 мм. Масса цементного порошка  $m$  впрыскиваемого в ходе экспериментального измерения объемом  $V = 0,6$  мл составляет в среднем 0,51 г [7].

Среднее рассчитанное значение коэффициента ослабления для сигнала на длине волны 650 нм составило  $k_x = 0.174$ , для сигнала на длине волны 405 нм составило  $k_\phi = 0.250$ , для сигнала на длине волны 1064 нм составило  $k_{ин} = 0.137$ . По этим средним значениям коэффициента ослабления рассчитаем массу пробы для каждой серии измерения. Рассчитанные массы для длины волны 650 нм составили значения от 0,491 до 0,551 г ( $m_{ср} = 0,51$  г), для длины волны 405 нм от 0,480 до 0,542 г ( $m_{ср} = 0,51$  г), для длины волны 1064 нм от 0,489 до 0,594 г ( $m_{ср} = 0,51$  г). По результатам расчетов относительная погрешность определения массы пробы цемента составляет 1,6 %.

По измеренным сигналам ослабления рассчитаем средний объемно-поверхностный диаметр аэрозольных частиц цемента. Средний объемно-поверхностный диаметр можно определить, исходя из зависимости усредненного фактора эффективности ослабления от среднего объемно-поверхностного диаметра [14]. Кривые зависимости усредненного фактора эффективности ослабления на трех длинах волн от среднего объемно-поверхностного диаметра представлены на рис. 3.

По известным зависимостям усредненного фактора эффективности ослабления на трех длинах волн от среднего объемно-поверхностного диаметра построены кривые зависимости отношения усредненных факторов эффективности на двух длинах волн от среднего объемно-поверхностного диаметра (рис. 4).

Исходя из формулы (6) рассчитанные кривые зависимости среднего объемно-поверхностного диаметра от отношения усредненных факторов эффективности на двух длинах волн применимы для отношения оптических плотностей на двух длинах волн. Для рассчитанных оптических плотностей на трех длинах волн были найдены отношения  $\tau_{\lambda_{650}}/\tau_{\lambda_{405}}$ ,  $\tau_{\lambda_{1064}}/\tau_{\lambda_{405}}$ ,  $\tau_{\lambda_{1064}}/\tau_{\lambda_{650}}$ . По построенным кривым зависимости среднего объемно-поверхностного диаметра от отношения

усредненных факторов эффективности на двух длинах волн были определены значения среднего объемно-поверхностного диаметра частиц для каждого рассчитанного отношения оптических плотностей на двух длинах волн. Для каждой серии измерений было рассчитано среднее значение среднего объемно-поверхностного диаметра измеренного на трех длинах волн. Для полученных значений  $d_{32}$  было рассчитано среднее значение, которое составило  $d_{32} = 0,61$  мкм с относительной погрешностью 6,5 %.

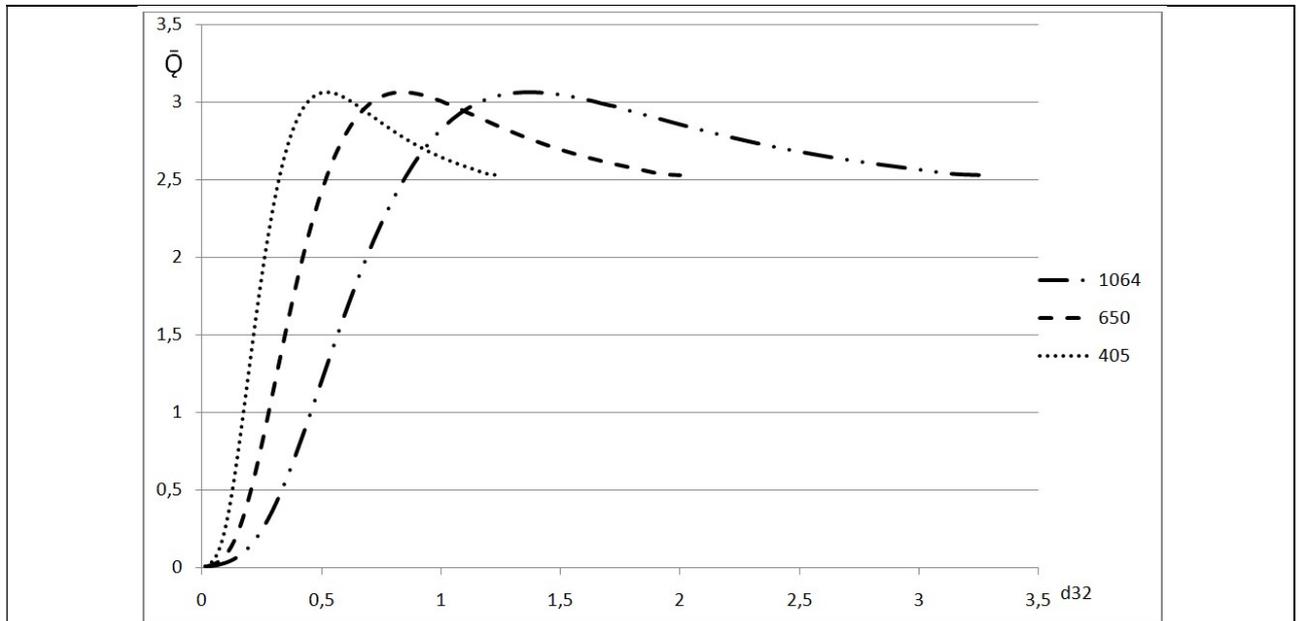


Рис. 3. Зависимость среднего объемно-поверхностного диаметра от усредненных факторов эффективности

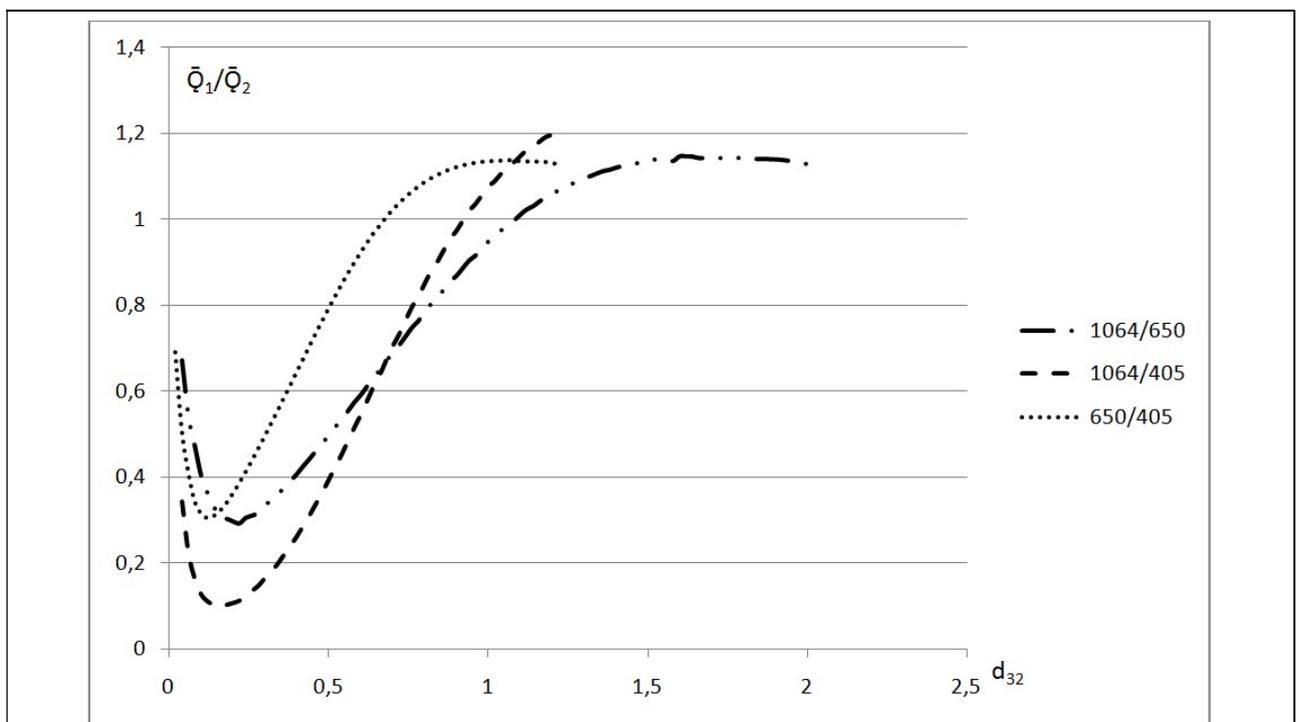
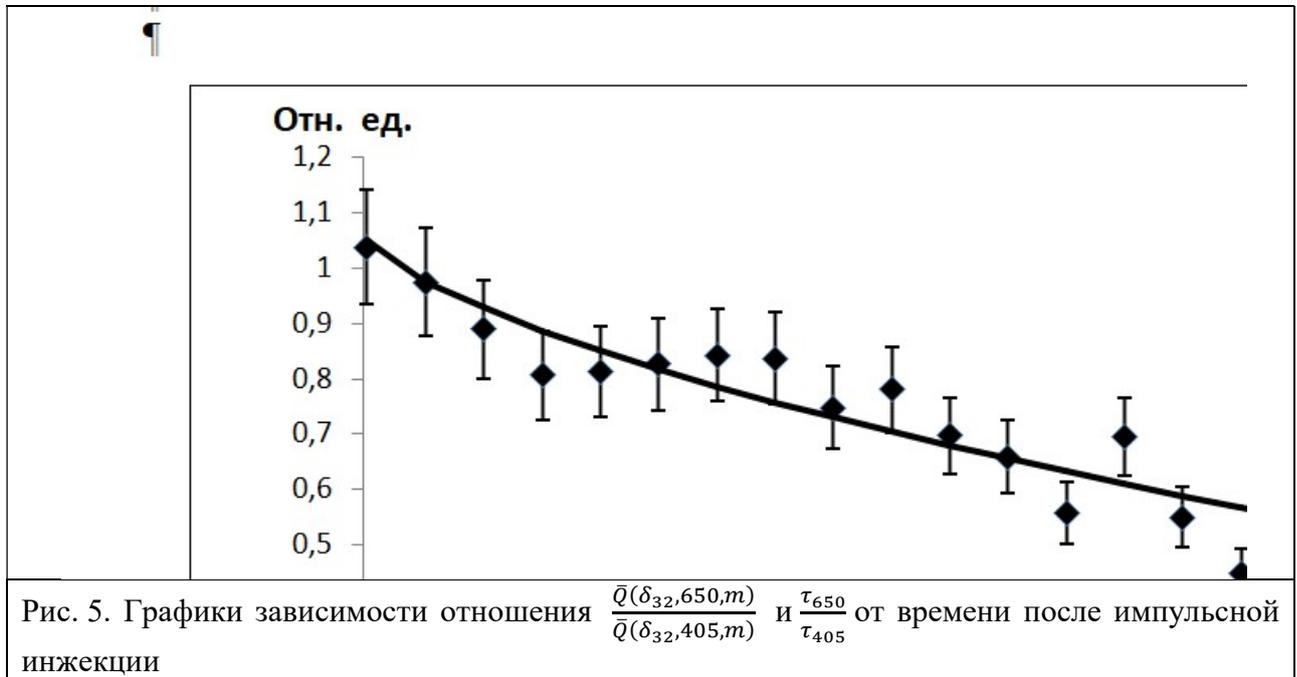


Рис. 4. Зависимость среднего объемно-поверхностного диаметра от отношения усредненных факторов эффективности на двух длинах волн

Затем было сопоставлено отношение  $\frac{\bar{Q}(\lambda_i)}{\bar{Q}(\lambda_j)}$  с экспериментально измеренным отношением  $\frac{\tau_{\lambda_i}}{\tau_{\lambda_j}}$ . На рисунке 3.6 показаны графики рассчитанного отношения  $\frac{\bar{Q}(\delta_{32,650,m})}{\bar{Q}(\delta_{32,405,m})}$  и измеренное отношение  $\frac{\tau_{650}}{\tau_{405}}$



По графикам на рис. 5 нетрудно заметить, что расчетное отношение  $\bar{Q}_{\lambda_i}/\bar{Q}_{\lambda_j}$  и экспериментальное отношение  $\tau_{\lambda_i}/\tau_{\lambda_j}$  совпадают в пределах заданной погрешности. Таким образом, по измеренному отношению оптических плотностей  $\tau_{\lambda_i}/\tau_{\lambda_j}$ , находим отношение усредненных факторов эффективности ослабления  $\bar{Q}_{\lambda_i}/\bar{Q}_{\lambda_j}$  и определяем величину  $d_{32}$ , пользуясь графиком на рис. 5. Таким образом, разработанная экспериментальная лазерная система позволяет измерять в реальном времени сигналы ослабления лазерного излучения и рассчитывать по измеренным сигналам ослабления достоверные значения массовой концентрации и среднего объемно-поверхностного диаметра частиц с достаточной точностью.

## 5. Регрессионные зависимости для функции распределения частиц по размерам

По результатам исследования трансформации функций распределения частиц по размерам в потоке были получены функции распределения частиц в аэрозольном потоке [7, 14]. Между измеренным средним объемно-поверхностным диаметром и остальными средними значениями диаметров установлены регрессионные зависимости с коэффициентом детерминации не менее 0,85. Аппроксимируя полученные функции распределения частиц логарифмически-нормальным законом, можно определить его параметры по полученным линейным зависимостям для максимума распределения и его полуширины

$$\begin{aligned} x_p &= 0,7723 \delta_{32} + 0,1430, \\ \sigma_p &= -1,2409 \delta_{32} + 0,9793. \end{aligned}$$

Таким образом, по этим результаты можно по измеренному среднему объемно-поверхностному диаметру возможно восстанавливать функцию распределения частиц по размерам для мелкодисперсного аэрозоля [15].

Предложенная методика определения среднего объемно-поверхностного диаметра по сигналам ослабления и рассеяния на трех длинах волн позволила выявить корреляционные зависимости между средним объемно-поверхностным диаметром и параметрами логарифмически-нормального закона распределения частиц по размерам, что подтверждено хорошим совпадением с экспериментальными данными [55].

## 6. Заключение

1 Создана экспериментальная автоматизированная четырехволновая лазерная система для измерения концентраций аэрозольных частиц и их распределения по размерам аэрозольных частиц в атмосферном пограничном слое по дифференциальному ослаблению и рассеянию лазерного излучения в видимой и ближней ИК области.

2 Разработаны алгоритмы измерительных процедур и соответствующее программное обеспечение для обработки данных лазерного зондирования [14, 15].

3 Получены корреляционные зависимости измеренных экспериментально лидарных сигналов от концентрации частиц и их распределения по размерам для зондируемого аэрозоля.

## Конфликт интересов

Авторы статьи заявляют, что у них нет конфликта интересов по материалам данной статьи с третьими лицами, на момент подачи статьи в редакцию журнала, и им ничего не известно о возможных конфликтах интересов в настоящем со стороны третьих лиц.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 19-42-230004 и 19-45-230009

## Список литературы

1. Дьяченко В. В. Региональные проблемы техносферной безопасности Северного Кавказа. Безопасность жизнедеятельности. 2003. № 2. С. 32–37.
2. Привалов В. Е., Фотиади А. Э., Шеманин В. Г. Лазеры и экологический мониторинг атмосферы. СПб.: Изд. Лань. 2012. 288 с.
3. Грин Х., Лейн В. Аэрозоли – пыли, дымы и туманы. Л.: Изд «Химия», ЛО, 1969. 428 с.
4. Веденин Е. И. Чартий П. В., Шеманин В. Г. Лазерная система предупреждения аэрозольных выбросов. Безопасность в техносфере. 2014. № 5(50) сентябрь–октябрь. С. 25–31.
5. Донченко В. А., Кабанов М. В., Кауль Б. В., Самохвалов И. В. Атмосферная электрооптика. Томск: Изд-во НТЛ. 2010. 220 с.
6. Веденин Е. И. Чартий П. В., Шеманин В. Г. Лазерная система предупреждения аварийных выбросов промышленных аэрозолей в атмосферу. Известия высших учебных заведений. Физика. 2013. Т. 56, № 8/3. С. 278–280.
7. Веденин Е. И., Половченко С. В., Чартий П. В., Шеманин В. Г. Изменение функции распределения частиц по размерам при различных режимах работы пылеулавливающего оборудования. Безопасность в техносфере. 2016. № 1(58). С. 41–47.
8. Зуев В. Е., Наац И. Э. Обратные задачи оптики атмосферы. Л.: Гидрометеиздат. 1990. 287 с.
9. Привалов В. Е., Шеманин В. Г. Учет ширины линии лазерного излучения в лидарном уравнении для комбинационного рассеяния света. Оптический журнал. 2015. Т. 82. № 9. С. 11–15.
10. Архипов В. А. Лазерные методы диагностики гетерогенных потоков. Томск : Изд-во Томского ун-та. 1987. 140 с.
11. Архипов В. А., Ахмадеев И. Р., Бондарчук С. С., Ворожцов Б. И., Павленко А. А., Потапов М. Г. Модифицированный метод спектральной прозрачности измерения дисперсности аэрозолей. Оптика атмосферы и океана. 2007. Т. 20, № 01. С. 48–52.
12. Борен К., Хафмен Д. Поглощение и рассеяние света малыми частицами. М.: Мир. 1986. 660 с.
13. Пришивалко А. П. Рассеяние света сферическими частицами и полидисперсными средами. А. П. Пришивалко, Е. К. Науменко: препринт ИФ АН БССР. Минск. 1972. Ч. 1. 61 с.
14. Половченко С. В., Привалов В. Е., Чартий П. В., Шеманин В. Г. Восстановление функции распределения частиц по размерам на основе данных многоволнового лазерного зондирования. Оптический журнал. 2016. Т. 83. № 5. С. 43–49.
15. Половченко С. В. Оптические характеристики полидисперсных систем в широком диапазоне изменения входящих параметров. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014621475 от 22 октября 2014.

## **Laser system for investigating aerosol flows by the method of differential attenuation and scattering of laser radiation in the visible and near-infrared regions**

<sup>1</sup> Vedenin E. I., <sup>1</sup> Sarychev I. A., <sup>1</sup> Chartiy P. V., <sup>2</sup> Cherbachi Yu. V., <sup>\*1,2</sup> Shemanin V. G.

<sup>1</sup> *Novorossiysk Polytechnic Institute (branch) KubSTU, 353900, Russia, Novorossiisk, Karl Marx st. 20*

<sup>2</sup> *Novorossiysk Branch of Belgorod V G Shukhov State Technology University, 353919, Russia, Novorossiysk, Myskhakskoe shosse 75*

The controlled multi-wavelength laser system has been built In this work to study the lidar signal dependence on the particles concentration and their size distribution function for the remote sensed aerosol. The experimental studies of these dependence on the cement aerosol particle size distribution function parameters have been carried out. The measurement procedures algorithms were developed and correlation dependences of the experimentally measured lidar signals on the particles concentration and their size distribution were obtained.

*Keywords:* laser system, laser radiation wavelength, lidar signal, size distribution functions, cement aerosol particles.