

Влияние дефокусировки на корректность детектирования aberrаций волнового фронта с использованием согласованного фильтра

Г.К.Ищанов
Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева
Самара, Россия
Gumer2001@mail.ru

Введение

Проблема детектирования aberrаций волнового фронта одна из самых значимых в оптике и особенно актуальна при конструировании телескопов, микроскопов, в промышленной лазерной технике, в медицине. Существует много известных методов решения этой задачи, которые, однако, обладают как различными достоинствами, так и недостатками, в частности, возможностью применения в узком диапазоне величин aberrаций. Поэтому не перестают появляться новые методы, в том числе, на основе применения цифровых методов интеллектуального анализа.

Для детектирования aberrаций волнового фронта было предложено использовать многоканальный дифракционный оптический фильтр, согласованный с базисом функций Цернике. В данной работе исследуется влияние дефокусировки на точность детектирования aberrаций волнового фронта с использованием такого оптического элемента.

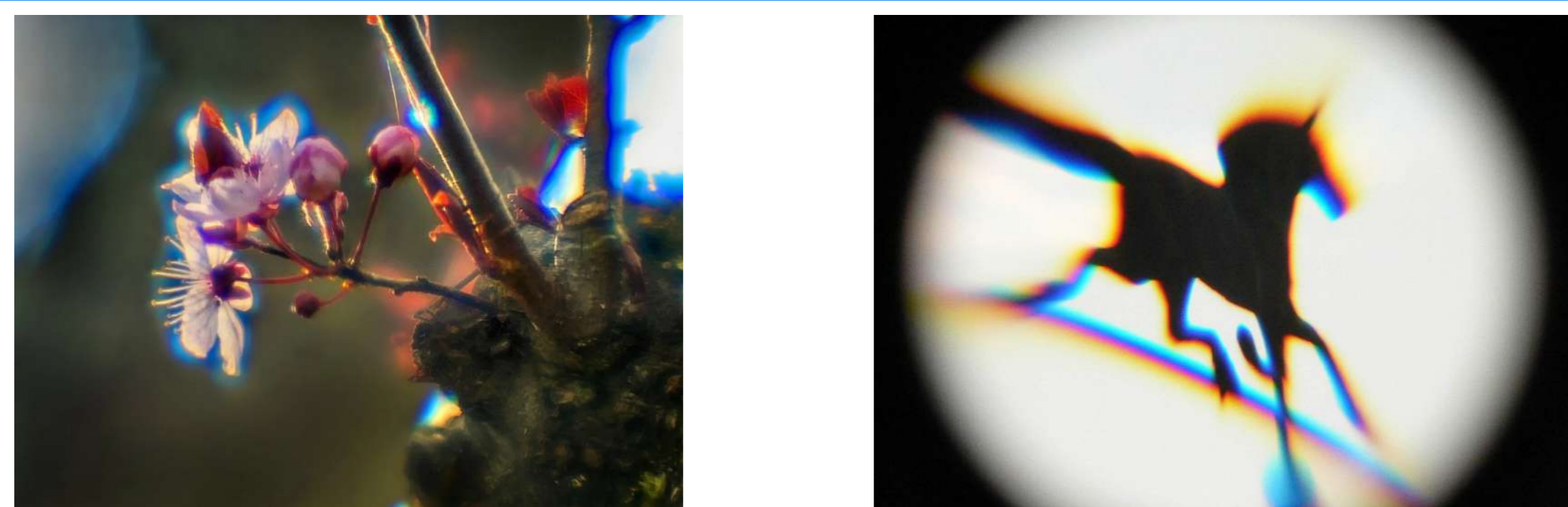


Рисунок 1. Примеры влияния aberrаций

Теоретическая информация

Базисные функции Цернике [11] имеют следующий вид:

$$Z_{nm}(r, \varphi) = \sqrt{\frac{n+1}{\pi r_0^2}} R_n^m(r) \begin{cases} \cos(m\varphi) \\ \sin(m\varphi) \end{cases}, \quad (1)$$

где $R_n^m(r)$ - радиальные полиномы Цернике.

Aberrации волнового фронта, встречающиеся в оптических системах, обычно описываются в терминах функций Цернике следующим образом:

$$W(r, \varphi) = \exp[i\psi(r, \varphi)], \quad (2)$$

$$\psi(r, \varphi) = \sum_{n=0}^N \sum_{m=-n}^n c_{nm} Z_{nm}(r, \varphi), \quad (3)$$

Для регистрации различных aberrаций в данной работе используется многоканальный фильтр, комплексная функция пропускания которого описывается следующим выражением:

$$\tau(x, y) = \sum_{p=1}^{16} Z_n^m \cdot e^{i(\alpha_p \cdot x + \beta_p \cdot y)}, \quad (4)$$

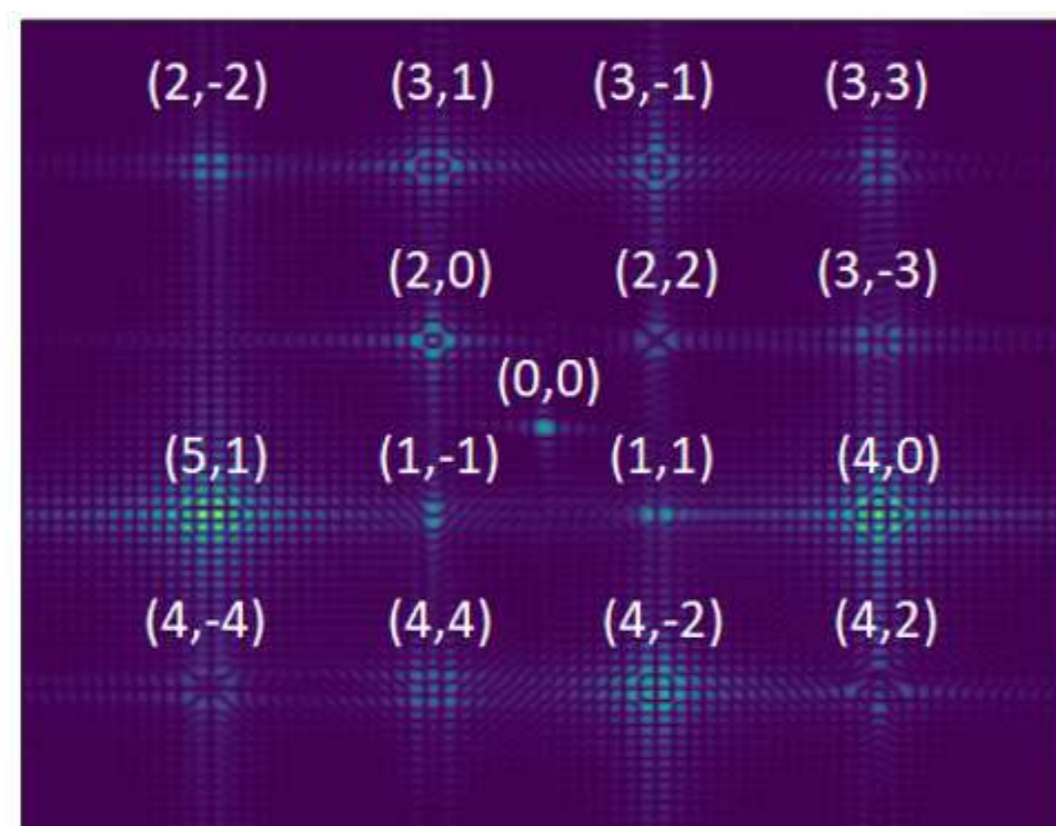


Рисунок 2. Действие многоканального фильтра, согласованного с 16 полиномами Цернике, при освещении плоской волной

Детектирование в фокусе

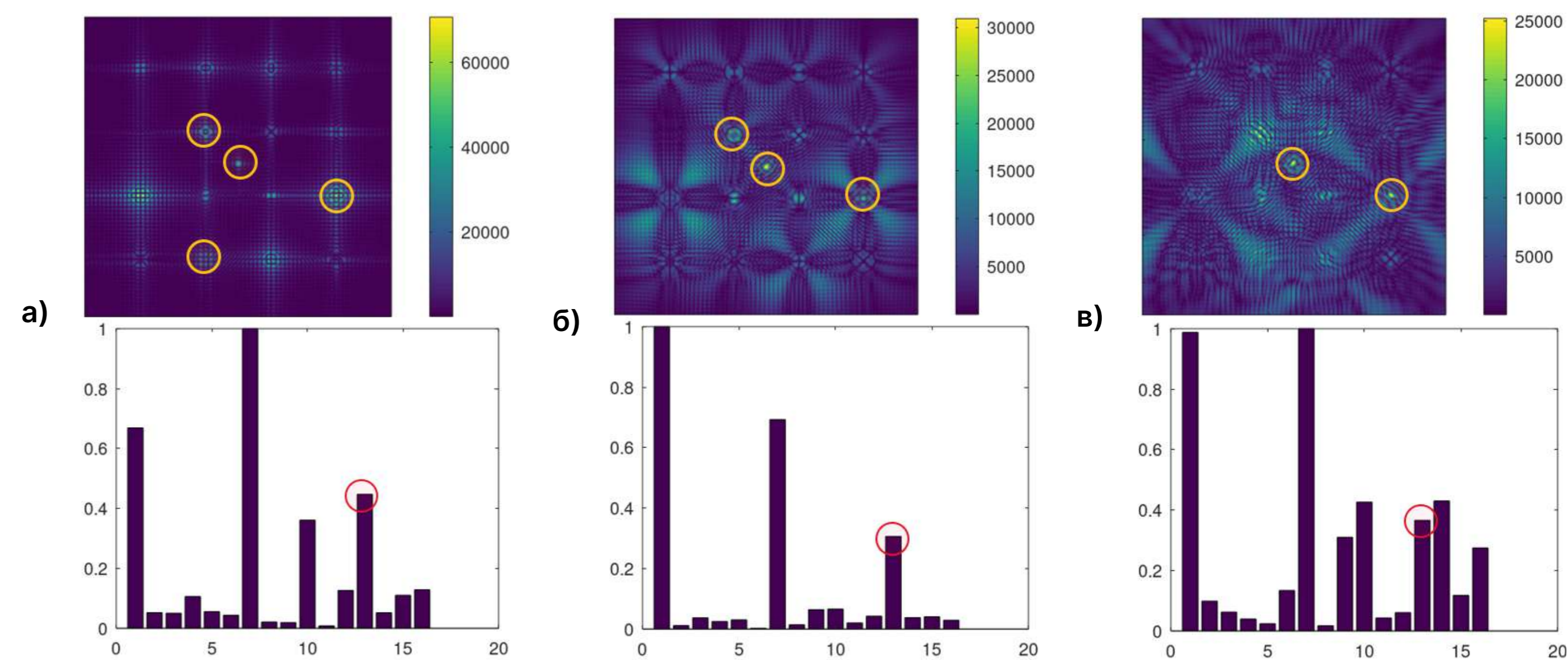


Рисунок 3. Результаты моделирования при подаче на фильтр пучка света с aberrацией Z_0^4 при разных коэффициентах интенсивности aberrаций "с" в фокусе: а) $c=0.1$; б) $c=1$; в) $c=2$

Детектирование в дефокусировке

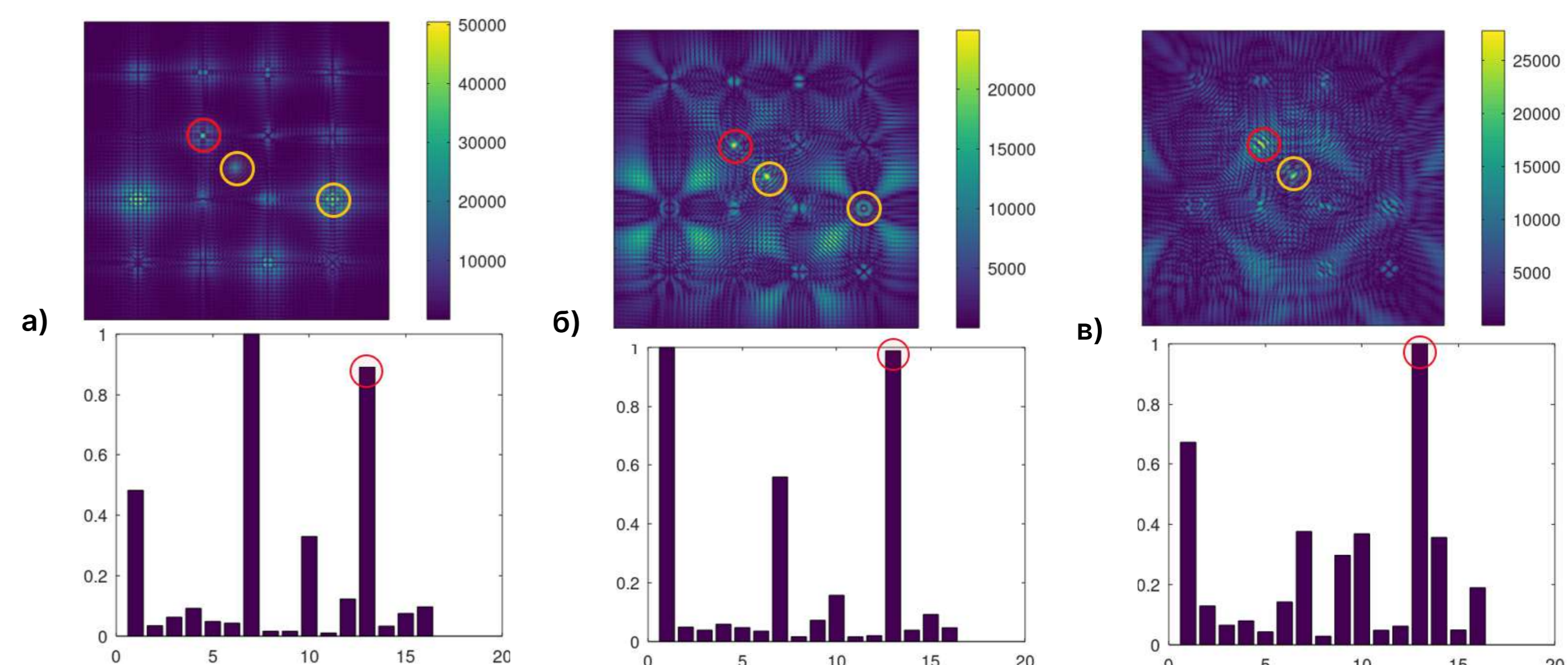


Рисунок 4. Результаты моделирования при подаче на фильтр пучка света с aberrацией Z_0^4 при разных коэффициентах интенсивности aberrаций "с" в дефокусировке при $z=2500$: а) $c=0.1$; б) $c=1$; в) $c=2$

Заключение

В данной работе было рассмотрено влияние коэффициента интенсивности aberrации на ФРТ, как в фокальной плоскости, так и в дефокусировке. Было обнаружено, что при $0.1 < c \leq 1$ aberrационная структура может быть уверенно обнаружена, но при увеличении или уменьшении с распознавание становится проблематичным. Также было исследовано детектирование в расфокусе при $z=2500$. Было установлено, что при $0.1 < c \leq 1$ обнаружение aberrаций возможно.